



Plan Climat Air Energie 2021-2027

Diagnostic et état initial de l'environnement

Délibération du Conseil métropolitain
Aix-Marseille-Provence du 16 décembre 2021

SOMMAIRE

1 Propos liminaires – Pourquoi un PCAEM ? 7

- 1.1 S'engager dans la lutte collective contre le changement climatique et ses conséquences 7
- 1.2 Fédérer les forces vives du territoire métropolitain et permettre l'émergence d'initiatives concrètes 8
- 1.3 Les étapes clés du PCAEM 12
- 1.4 Processus d'évaluation environnementale stratégique intégrée au PCAEM 12

2 Présentation du territoire de la Métropole 14

- 2.1 Une métropole atypique en construction 15
- 2.2 Une métropole polycentrique 15
- 2.3 Les 7 paradoxes métropolitains 16
- 2.4 Les territoires de la Métropole 17
- 2.5 Un territoire aux composantes physiques fortes 18
 - 2.5.1 Des reliefs structurants 19
 - 2.5.2 Un réseau hydrographique complexe 20

3 L'empreinte carbone de la Métropole et des métropolitains 26

- 3.1. Analyse des évolutions et des sources d'émission de gaz à effet de serre 26

3.1 La séquestration du dioxyde de carbone dans les sols agricoles et les forêts de la Métropole 30

- 3.1.1 Le rôle potentiel des sols agricoles et des forêts dans l'atténuation des gaz à effet de serre 30
- 3.1.2 Estimation de la séquestration du carbone à l'échelle de la métropole 33

4 Le profil énergétique du territoire 46

4.1 État des lieux des consommations et de la production d'énergie 47

- 4.1.1 Évaluation des consommations énergétiques finales 47
- 4.1.2 Potentiel – Gisement d'économies d'énergie 52
- 4.1.3 Caractérisation de la production d'énergie 74
- 4.1.4 État des lieux de la production d'énergie renouvelable 77
- 4.1.5 Potentiel de production d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) 79

4.2 Analyse et interprétations du profil énergie 117

- 4.2.1 Répartition des consommations 117
- 4.2.2 Synthèse des gisements énergétiques 120
- 4.2.3 Enseignements sur la production d'énergie locale 124

4.3 État des lieux des réseaux d'énergie 126

- 4.3.1 Les réseaux de gaz 126
- 4.3.2 Les réseaux électriques 127
- 4.3.3 Les réseaux de chaleur 132
- 4.3.4 Vers une synergie entre réseaux d'énergie 134

5 Focus – Les consommations énergétiques et les émissions du secteur agricole 136

5.1 Evaluation des consommations d'énergie 136

- 5.1.1 Energie directe 137
- 5.1.2 Energie indirecte 138

5.2 Evaluation des émissions de Gaz à Effet de Serre du secteur agricole 138

- 5.3 Qualité de l'air et agriculture 139
- 5.4 Performance nourricière du territoire 139

6 La vulnérabilité du territoire aux effets du changement climatique 143

6.1 Enjeux climatiques actuels et futurs sur le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence 143

- 6.1.1 Données et méthodologie pour l'analyse du climat actuel et futur de la métropole Aix-Marseille Provence 143
- 6.1.2 Diversités climatiques et tendances passées de la Métropole Aix-Marseille Provence 148
- 6.1.3 Les perspectives climatiques de la métropole Aix-Marseille Provence 159

6.2 Diagnostic de vulnérabilité du territoire au changement climatique 177

- 6.2.1 Méthodologie retenue pour la Métropole Aix-Marseille-Provence 177
- 6.2.2 Une vulnérabilité socio-sanitaire accrue par le changement climatique 180

- 6.2.3 Vulnérabilité environnementale : une métropole aux multiples facettes fragilisées par le changement climatique 187
- 6.2.4 Des activités économiques impactées par les effets du changement climatique 195
- 6.2.5 Zooms géographiques 214
- 6.2.6 Analyse des coûts de certains risques 222

7 La qualité de l'air dans la Métropole 227

- 7.1 Présentation des principaux polluants atmosphériques 227
- 7.2 Évaluation des émissions de polluants atmosphériques 228
- 7.3 Exposition de la population à la pollution atmosphérique 231
- 7.4 Les conséquences d'une mauvaise qualité d'air 235
- 7.5 Approche de la qualité de l'air par secteur 237
 - 7.5.1 Le résidentiel 237
 - 7.5.2 Les transports 237
 - 7.5.3 L'industrie 238

8 Des nuisances sonores essentiellement dues aux infrastructures de transport 240

- 8.1 Contexte général 240
 - 8.1.1 Notions préliminaires 240
 - 8.1.2 Conséquences du bruit sur la santé 241
 - 8.1.3 Cadrage réglementaire 242
- 8.2 Nuisances sonores par types d'activités 243

8.2.1	Général	243	10.1	Ressources agricoles et forestières	270
8.2.2	Bruit routier	243	10.1.1	Des espaces agricoles diversifiés	270
8.2.3	Bruit aérien	245	10.1.2	Une répartition inégale des types d'espaces agricoles sur le territoire	271
8.2.4	Bruit ferré	246	10.1.3	Des productions de qualité	272
8.2.5	Bruit industriel	246	10.1.4	Un marqueur du paysage	273
8.3	Les impacts sur la santé	246	10.1.5	Une ressource forestière importante mais peu exploitée	273
8.3.1	Origines du bruit	247	10.2	Ressource en eau	277
8.3.2	Les Points Noirs Bruits	248	10.2.1	Les eaux superficielles	277
9	Une forte présence d'espaces naturels sur la Métropole	252	10.2.2	Les eaux souterraines	281
9.1	Connaissance et protection de la biodiversité du territoire	252	10.2.3	Usages de la ressource par bassin versant et entité hydrogéologique	285
9.1.1	Périmètres d'inventaire	252	10.2.4	L'eau potable	287
9.1.2	Protections réglementaires	255	10.3	Les sols	290
9.1.1	Protections foncières	257	10.3.1	Des sols de qualité sur le territoire	290
9.1.2	Protections contractuelles	258	10.3.2	Des sols producteurs de bénéfices	292
9.2	Continuités écologiques	260	10.3.3	Des sols menacés	292
9.2.1	Des cœurs de nature bien conservés	260	10.4	Les carrières	292
9.2.2	Des grandes liaisons écologiques encore fonctionnelles à préserver	260	10.4.1	Gisements et exploitations sur le territoire	292
9.2.3	Des corridors fragilisés par l'artificialisation	263	10.4.2	Analyse des besoins	293
9.3	Nature en ville	267	10.4.3	Nuisances	293
9.3.1	Une nature peu présente dans les villes du territoire	267	10.4.4	Devenir des carrières après exploitation	294
9.3.2	Les actions menées sur le territoire	268	10.5	Energies renouvelables	294
10	Des ressources naturelles à protéger, préserver et exploiter	269	11	Des paysages divers et emblématiques face à des secteurs à préserver	295
			11.1	Les paysages régionaux	295
			11.2	Des paysages emblématiques	296

11.3	Une identité paysagère porteuse d'enjeux	299
11.3.1	Les paysages d'entrée de ville et les axes de traversées	299
11.3.2	Des paysages difficiles à lire dans les espaces de lisière	299
11.3.3	Les zones d'activités : un fort enjeu d'intégration paysagère	300
12	Un patrimoine important	301
12.1	Le patrimoine culturel protégé	301
12.1.1	Sites classés et sites inscrits	301
12.1.2	Monuments historiques	303
12.2	Les enjeux et les tendances d'évolution au sein du territoire Métropolitain	305
13	Des défis à relever concernant la gestion des déchets sur le territoire	307
13.1	Cadrage réglementaire	307
13.2	Etat des lieux des organisations en place	307
13.3	Equipements de transfert et de traitement	308
13.4	Etat des lieux des performances	308
13.5	Prévention des déchets	309
13.6	Production énergétique à partir des déchets	310
13.7	Déchets du Bâtiment et Travaux publics	310
14	L'économie circulaire	310

14.1	De l'économie linéaire à l'économie circulaire	310
14.2	Initiatives sur le territoire de la Métropole	311

15 Un territoire avec des risques naturels très présents et des risques technologiques à encadrer

15.1	Risques naturels	313
15.1.1	Le risque inondation	313
15.1.2	Le risque mouvement de terrain	319
15.1.3	Le risque sismique	320
15.1.4	Le risque incendie	321
15.1.5	Les enjeux et tendances d'évolution au sein du territoire Métropolitain	326
15.2	Risques technologiques	327
15.2.1	Les risques industriels	327
15.2.2	Les autres risques	330

16 Synthèse et hiérarchisation des enjeux environnementaux

17 Perspectives d'évolution de l'environnement en l'absence de PCAEM

17.1	Le scénario tendanciel	347
17.1.1	Les hypothèses pour le résidentiel	347
17.1.2	Les hypothèses pour le tertiaire	347
17.1.3	Les hypothèses pour les transports	347
17.1.4	Les hypothèses pour l'agriculture	347
17.1.5	Les hypothèses pour l'industrie	347

17.2	Les tendances d'évolution des nuisances sonores	350
17.3	Les tendances d'évolution du milieu naturel	350
17.4	Les tendances d'évolution du paysage	352
17.5	Les tendances d'évolution des ressources naturelles	352
17.5.1	Ressources en eau	352
17.5.2	Agriculture et ressource en sol	353
17.5.3	Carrières	354
18	Glossaire	355
19	Bibliographie	357
20	Liste des figures et tableaux	359
21	Annexes	370

1 Propos liminaires – Pourquoi un PCAEM ?

La Métropole Aix-Marseille-Provence a lancé l'élaboration de son Plan Climat Air Énergie Métropolitain (PCAEM) par la Délibération du Conseil métropolitain du 17 octobre 2016, afin de se doter d'une stratégie ambitieuse et mobilisatrice de transition énergétique, de reconquête de la qualité de l'air et d'adaptation au changement climatique.

Le présent diagnostic, préalable à l'élaboration du PCAEM, doit permettre d'alimenter les débats à venir pour définir les enjeux stratégiques métropolitains. Il est une invitation à la réflexion collective pour partager les défis à relever et construire une ambition commune pour la Métropole.

1.1 S'engager dans la lutte collective contre le changement climatique et ses conséquences

Dans son dernier rapport publié en octobre 2018, le Groupe intergouvernemental d'experts sur le changement climatique (GIEC) expose les conséquences d'un réchauffement des températures au-delà de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels. Ces conséquences sont multiples : vagues de chaleur, extinctions d'espèces, déstabilisation des calottes polaires, montée des océans sur le long terme... Toute augmentation des températures au-delà de 1,5 °C aggraverait ces impacts sur l'environnement, selon le GIEC.

Les impacts territoriaux aux échelles régionales et locales du changement climatique concernent aussi bien les sociétés (santé des populations, cadre de vie), l'environnement (biodiversité, ressources en eau, etc.) que les secteurs économiques (agriculture, industrie, tertiaire).

Face à ce constat, les politiques climatiques à l'échelle des territoires européens se sont progressivement structurées autour de deux volets majeurs :

- La réduction des émissions de GES des territoires (volet atténuation) ;
- L'adaptation des territoires aux effets du changement climatique, afin d'en diminuer la vulnérabilité (volet adaptation). D'après le 5ème rapport du GIEC (2014),

l'adaptation correspond à une démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences. Dans les systèmes humains, il s'agit d'atténuer ou d'éviter les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques. Dans certains systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'adaptation au climat attendu ainsi qu'à ses conséquences.

En France, institués par le premier Plan Climat de 2004 et repris par les lois Grenelle 1 et 2, les plans climat-énergie territoriaux (PCET) ont constitué le premier cadre opérationnel d'implémentation des politiques climatiques pour les collectivités territoriales obligées de plus de 50 000 habitants. Cette première génération de PCET s'est principalement concentrée sur le volet atténuation au regard des compétences des collectivités, l'adaptation territoriale étant dans la plupart des cas au second plan. L'articulation des PCET entre eux et par rapport aux autres plans et outils territoriaux reste par ailleurs perfectible.

La Loi sur la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV, 2015) apporte certaines réponses en étendant le périmètre des plans climat au volet air et renforce considérablement leur rôle et ambition, notamment en matière de stratégie bas carbone mais aussi sur le volet adaptation au changement climatique. Les nouveaux Plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET) sont désormais confiés aux intercommunalités (EPCI) de plus de 20 000 habitants, et ce, dans un souci de simplification des démarches territoriales. Ces dernières sont nommées coordinatrices de la transition énergétique.

Au sein des politiques territoriales air-énergie-climat, on assiste progressivement à un rééquilibrage en faveur de l'adaptation à mesure que les impacts se font ressentir et que la nécessité d'agir devient inévitable. Fort du succès de la COP 21 (2015), la France s'est engagée à réviser en 2017 son Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC) en conformité avec l'Accord de Paris (2016). L'objectif est ainsi de viser une adaptation effective dès le milieu du XXIe siècle à un climat régional en France métropolitaine et dans les outre-mer cohérent avec une hausse de température de +1,5 à 2 °C au niveau mondial par rapport au XIXème siècle.

Alors que pour les experts, limiter la hausse à 1,5 °C passe par une réduction des émissions de CO2 de 45 % d'ici 2030 et la réalisation d'une « neutralité carbone » en 2050, les efforts à fournir par les métropoles sont considérables.

Effectivement, les métropoles sont particulièrement concernées par le changement climatique du fait de la densité des activités et des populations. A la fois impactée par le changement climatique et grandes émettrices de CO2, les métropoles sont aussi créatrices de solutions concrètes et parfois innovantes : protection des biens et

des personnes (plan inondation, lutte contre la précarité énergétique, etc.), l'entretien et la préservation de la biodiversité et des écosystèmes, l'urbanisme et l'aménagement (végétalisation, techniques de rafraîchissement, etc.). Elles sont amenées à jouer un rôle moteur en matière d'adaptation au changement climatique. Des synergies fortes sont à rechercher entre atténuation et adaptation. En effet, une mauvaise adaptation peut par exemple avoir des effets en retour sur les consommations d'énergie et les émissions de GES induites (recours à une climatisation intensive pour lutter contre les fortes chaleurs par exemple).

Plus particulièrement, les métropoles méditerranéennes, par leurs configurations spatiales et géographiques - proximité du littoral, forte demande en eau, climat favorisant les sécheresses estivales et les événements météorologiques extrêmes comme les pluies intenses - et par leur croissance, sont considérées comme des milieux particulièrement vulnérables, "hot-spot" du changement climatique.

Ainsi, le réchauffement climatique est en cours et ses conséquences sont d'ores et déjà suffisamment sérieuses, y compris pour la Métropole Aix Marseille Provence, pour justifier une mobilisation de grande ampleur. Partageant ce constat, la Métropole entend bien assumer sa part de responsabilité dans la relève de ce défi et faire de cette transition écologique et solidaire une formidable opportunité tant économique, environnementale que sociétale.

1.2 Fédérer les forces vives du territoire métropolitain et permettre l'émergence d'initiatives concrètes

L'Accord de Paris, cap vers une société post-carbone

L'Accord de Paris, premier accord universel sur le climat juridiquement contraignant, est entré en vigueur le 4 novembre 2016. Sur les 195 États signataires, 146 États ont à présent ratifié l'accord, et 3 États se sont retirés (États-Unis, Nicaragua, Syrie).

L'Accord de Paris retranscrit les engagements pris lors de la COP21 de Paris en 2015, où 195 États du monde entier se sont engagés à réduire leurs émissions de GES, afin de limiter la hausse de la température « bien en deçà de 2°C ». L'accord vise à réaliser la neutralité carbone le plus tôt possible après 2050 (zéro émission nette de GES). Cet horizon implique notamment une transformation rapide de notre système de

production et de consommation d'énergie au cours des 35 prochaines années : les énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz) devront être abandonnées au profit d'énergies renouvelables et décarbonées, et 80% des réserves d'énergie fossile devront être sanctuarisées.

L'Accord de Paris reconnaît une responsabilité partagée mais différenciée des États : il prend notamment en compte le niveau de développement et les besoins spécifiques des pays particulièrement vulnérables. Outre les engagements financiers, les pays industrialisés devront faciliter les transferts de technologie, et plus largement l'adaptation à une économie décarbonée. Avant et durant la conférence de Paris, les États ont présenté des plans d'actions nationaux sur le climat, les « *Intended Nationally Determined Contributions* » (INDC). Ceux-ci ne sont pas encore suffisants pour maintenir le réchauffement planétaire sous les 2° C, mais l'accord trace la voie pour y parvenir : il prévoit que chacun des pays signataires revoie tous les cinq ans ses engagements pour atténuer ses émissions de GES. Chaque nouvelle contribution déterminée au niveau national devra intégrer une progression par rapport à la précédente. En termes d'adaptation, les pays ont convenu de renforcer leur capacité à faire face aux conséquences du changement climatique et d'apporter un soutien international continu et renforcé aux efforts d'adaptation des pays en développement.

Enfin, l'Accord de Paris reconnaît le potentiel d'action des acteurs non-étatiques, notamment les villes, les autorités locales, la société civile et le secteur privé, qui permettront de concrétiser la transition vers une économie bas-carbone.

Des objectifs fixés à l'échelle nationale et régionale encourageant une mobilisation plus locale

Les politiques du climat, de l'air et de l'énergie tendent à se rejoindre dans une logique d'intégration croissante des objectifs fixés à l'échelle nationale et régionale.

(i) Une politique climatique, pour la transition vers une économie résiliente et bas-carbone

Ainsi, en matière d'atténuation et dans le cadre du protocole de Kyoto (1997), la France s'est tout d'abord engagée à stabiliser ses émissions de GES sur la période 2008-2012 avant de s'engager à les réduire de 20% sur la période 2013-2020. Au niveau communautaire, la France met notamment en œuvre les dispositions relatives au Paquet Energie Climat de l'Union Européenne 2030. Celui-ci fixe notamment des objectifs contraignants de réduction de 40% des émissions de GES, de 27% d'amélioration de l'efficacité énergétique, de 27% d'énergies renouvelables dans le

mix énergétique final de l'Union Européenne (UE) par rapport à 1990. Dès 2003, puis avec la loi Grenelle 1 en 2009 et la LTECV en 2015, la France a pris l'engagement de diviser par quatre ses émissions de GES à l'horizon 2050 (objectif dit du « facteur 4 »). La LTECV introduit un objectif intermédiaire de réduction de 40% des émissions par rapport à 1990 à horizon 2030, cohérent avec l'ambition de l'UE dans son ensemble, alors même que la France compte d'ores et déjà parmi les pays industrialisés les moins émetteurs de GES, tant en termes d'émissions par habitant que d'émissions par unité de PIB.

La Stratégie Nationale de développement Bas-Carbone (SNBC) de novembre 2015 vise à renforcer les moyens mis en œuvre pour atteindre les objectifs de long terme fixés par la LTECV. Elle doit permettre d'orchestrer la mise en œuvre de la transition vers une économie bas-carbone et s'appuie notamment sur des « budgets carbone » qui déterminent les plafonds nationaux d'émissions de GES, sur des périodes de quatre à cinq ans. Les trois premiers budgets carbone portent sur les périodes 2015-2018, 2019-2023 et 2024-2028.

	1990	2013	Budget #1 2015-2018	Budget #2 2019-2023	Budget #3 2024-2028
Emissions moyennes (en Mt CO2eq/an)	552	492	442	399	358
Réduction par rapport à 1990	-0%	-11%	-20%	-28%	-35%

Figure 1 : Trajectoire de baisse des émissions pour les trois premiers budgets carbone (source SNBC)

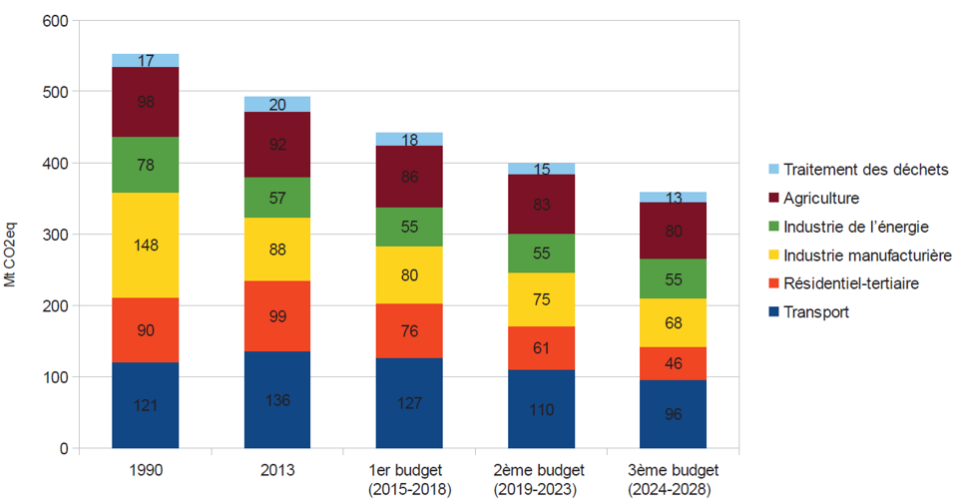


Figure 2 - Répartition sectorielle indicative des objectifs de la SNBC (source SNBC)

Le 15 juin 2016, François Hollande a signé la loi autorisant la ratification par la France de l'Accord de Paris. Le Plan Climat présenté par Nicolas Hulot le 6 juillet 2017 vise à rendre l'Accord de Paris « irréversible ». Il prévoit l'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050.

La feuille de route de la Commission européenne vers une économie à faible intensité de carbone (2011) recommande que d'ici à 2050, l'UE réduise ses émissions de 80 % par rapport aux niveaux de 1990. Dans le cadre du remaniement de cette feuille de route encore provisoire, la neutralité carbone devient un objectif européen pour 2050, en alignement avec l'objectif +1,5°C de l'accord de Paris.

En matière d'adaptation, une stratégie nationale d'adaptation au changement climatique a été adoptée dès novembre 2006 : c'est le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC) qui a été publié en juillet 2011, pour la période 2011-2015. Les premiers résultats des travaux d'élaboration du PNACC pour la période 2017-2021 ont été présentés en juillet 2017, après un an de concertation nationale.

Le Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE), arrêté le 17 Juillet 2013 par le Préfet de la région Provence-Alpes-Côtes d'Azur, définit les grandes priorités régionales en matière de climat, d'air et d'énergie. En termes d'atténuation du changement

climatique, il est aligné avec les objectifs du paquet climat énergie de 2020 (-20% d'émissions de GES à 2020), et le facteur 4 (-75% d'émissions de GES à 2050). En matière d'adaptation, il définit un panel d'actions visant à accroître la résilience du territoire métropolitain aux effets du changement climatique : x Améliorer les connaissances sur les sujets climat, air, énergie, x Faire des choix de gestion foncière et d'aménagement anticipant l'accroissement des risques naturels et l'émergence de nouveaux risques, x Renforcer et développer localement une culture des risques naturels et relancer une culture de l'eau, x Prévenir et gérer les impacts du changement climatique sur la santé des citoyens, x Assurer la résilience des écosystèmes face aux effets du changement climatique.

Le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET), en cours d'élaboration par la Région SUD, définit les grandes orientations régionales en matière de climat, d'air et d'énergie et fixe des objectifs :

- Aller vers un nouveau référentiel de production et de consommation, vers une société post-carbone :
 - o Accompagner la transition vers de nouveaux modes de production et de consommation agricoles et alimentaires
 - o Augmenter la production d'énergie thermique et électrique en assurant un mix énergétique diversifié pour une région neutre en carbone à l'horizon 2050
 - o Accompagner le développement de « territoires intelligents » avec des services numériques utiles aux habitants, aux visiteurs et aux entreprises
- Améliorer la qualité de l'air et contribuer au développement de nouvelles pratiques de mobilité :
 - o Améliorer la qualité de l'air et préserver la santé de la population
 - o Contribuer au déploiement de modes de transport propres et au développement des nouvelles mobilités
 - o Faciliter tous les types de reports de la voiture individuelle vers d'autres modes plus collectifs et durables
- Prévenir et gérer les déchets : vers une économie circulaire plurielle :
 - o Décliner des objectifs quantitatifs régionaux de prévention, recyclage et valorisation des déchets
 - o Planifier les équipements de prévention et de gestion des déchets dans les documents d'urbanisme
 - o Favoriser le recyclage, l'écologie industrielle et l'économie circulaire

(ii) Une politique de l'air à renforcer et accélérer.

Les politiques publiques en faveur de la qualité de l'air visent à réduire les impacts sanitaires et environnementaux, ainsi que les coûts induits par la pollution.

A l'échelle nationale, depuis plusieurs décennies, l'État français met en œuvre des mesures sectorielles en faveur de la qualité de l'air, visant à réduire les sources de pollution, ces mesures étant souvent issues de la transposition de textes européens. Elles sont complétées par des mesures fiscales (Taxe Générale sur les Activités Polluantes) et des incitations financières (Crédit d'Impôt Transition Énergétique pour les appareils de chauffage ou l'installation de bornes de recharge de véhicules électriques, système de bonus/malus pour les véhicules individuels, etc.).

La stratégie communautaire de surveillance de la qualité de l'air se base sur la directive européenne (2008/50/CE) du 21 mai 2008 et sur la directive n°2004/107/CE du 15 décembre 2004, qui assurent un cadre commun pour l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air. Elles sont transposées dans la réglementation française. Ces directives fixent des niveaux de concentrations dans l'air pour 12 substances polluantes dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine : dioxyde d'azote (NO2), oxydes d'azote (NOx), dioxyde de soufre (SO2), plomb, particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres (PM10) et 2,5 micromètres (PM2.5), Monoxyde de carbone (CO), Benzène (C6H6), Ozone (O3), arsenic, cadmium et nickel.

A ce jour, 10 pays de l'Union européenne sur 28, dont la France, présentent des dépassements pour les concentrations ambiantes de PM10, NO2 et O3 par rapport aux normes. Par ailleurs, des objectifs de réduction des émissions de certains polluants atmosphériques ont été fixés par l'UE, pour chaque État membre à horizon 2020 et 2030, afin de réduire de 50% la mortalité prématurée au niveau européen. Pour la France cela se traduit par les objectifs suivants :

	2020	2030
SO₂	-55 %	-77 %
NO_x	-50 %	-69 %
COVNM	-43 %	-52 %
NH₃	-4 %	-13 %
PM_{2,5}	-27 %	-57 %

Figure 3 : Objectifs de réduction des émissions fixées pour la France par la directive NEC révisée (exprimés en % par rapport à 2005)

Le Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) de mai 2017, prévu par la LTECV, fixe la stratégie de l'État pour réduire les émissions de polluants atmosphériques au niveau national et respecter les exigences européennes :

- Il fixe les objectifs de réduction des émissions à horizon 2020, 2025 et 2030,
- Il détermine les orientations et actions pour réduire les émissions sectorielles (industrie, transport, résidentiel, agriculture), mobiliser les acteurs locaux et améliorer les connaissances pour la période 2017-2021.

	2020 à 2024	2025 à 2029	Après 2030
SO₂	-55 %	-66 %	-77 %
NO_x	-50 %	-60 %	-69 %
COVNM	-43 %	-47 %	-52 %
NH₃	-4 %	-8 %	-13 %
PM_{2,5}	-27 %	-42 %	-57 %

Figure 4 : Objectifs de réduction des émissions inscrits dans le PREPA (exprimés en % par rapport à 2005)

Le SRADDET considère les enjeux de qualité de l'air dans le cadre de l'orientation : Améliorer la qualité de l'air et contribuer au développement de nouvelles pratiques de mobilité

Le futur Plan de Déplacement Métropolitain (PDU) en cours d'élaboration fixera le cadre de la politique de mobilité pour l'ensemble de la Métropole. Il intégrera des objectifs relatifs aux déplacements des personnes et des biens pour l'ensemble des modes de transport, alignés avec les réglementations en matière de qualité de l'air et les objectifs nationaux d'atténuation des émissions de GES.

Les Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) sont arrêtés par les préfets dans toutes les zones en dépassement des normes et les agglomérations de plus de 250 000 habitants, après concertation avec les collectivités locales et les parties prenantes. Ils contiennent des mesures adaptées aux situations et enjeux locaux. Après un premier Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) en 2007, un second en 2013, une nouvelle

révision du PPA du département des Bouches du Rhône est à venir. Le PPA actuel définit 37 actions répondant aux différents enjeux sectoriels (transports, industries, chauffage-résidentiel, agriculture, brulage). Il s'agit de répondre à l'exposition importante de populations du département :

- 243 000 personnes exposées à un dépassement de la valeur limite pour le dioxyde d'azote ;
- 277 000 personnes exposées à un dépassement de la valeur limite pour les particules PM 10

Le PPA des Bouches-du-Rhône est d'autant plus important dans le contexte actuel de contentieux de la France avec la Cour de justice de l'union européenne (CJUE). En effet, en mai 2018, la Commission européenne a annoncé sa décision de renvoyer la France devant la CJUE pour non-respect des normes de qualité de l'air. La Métropole Aix-Marseille-Provence a donc un rôle à jouer concernant l'amélioration de la qualité de l'air.

1.3 Les étapes clés du PCAEM

La Métropole s'est engagée dès octobre 2016 dans l'élaboration de son PCAEM. Résolument partenariale, cette démarche a poursuivi et poursuit encore différentes étapes décrites dans le schéma ci-après.



1.4 Processus d'évaluation environnementale stratégique intégrée au PCAEM

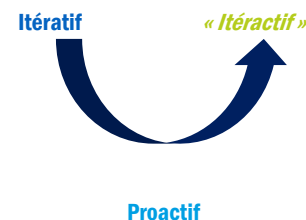
Le décret n°2005-613 du 27 mai 2005 impose la réalisation d'une **évaluation environnementale** permettant de mesurer l'impact environnemental des actions mises en œuvre dans le PCAEM.

L'évaluation environnementale c'est...

Une démarche stratégique intégrée à la conception du PCAEM. C'est un outil d'aide à la décision qui permet d'assurer la prise en compte des questions environnementales en lien avec les autres thématiques afin de garantir un développement équilibré du territoire.

Ainsi l'évaluation environnementale stratégique a contribué au projet de territoire de manière itérative avec les acteurs de l'élaboration du PCAEM.

La figure suivante schématise la démarche itérative entre élaboration du PCAEM et réalisation de l'évaluation environnementale :



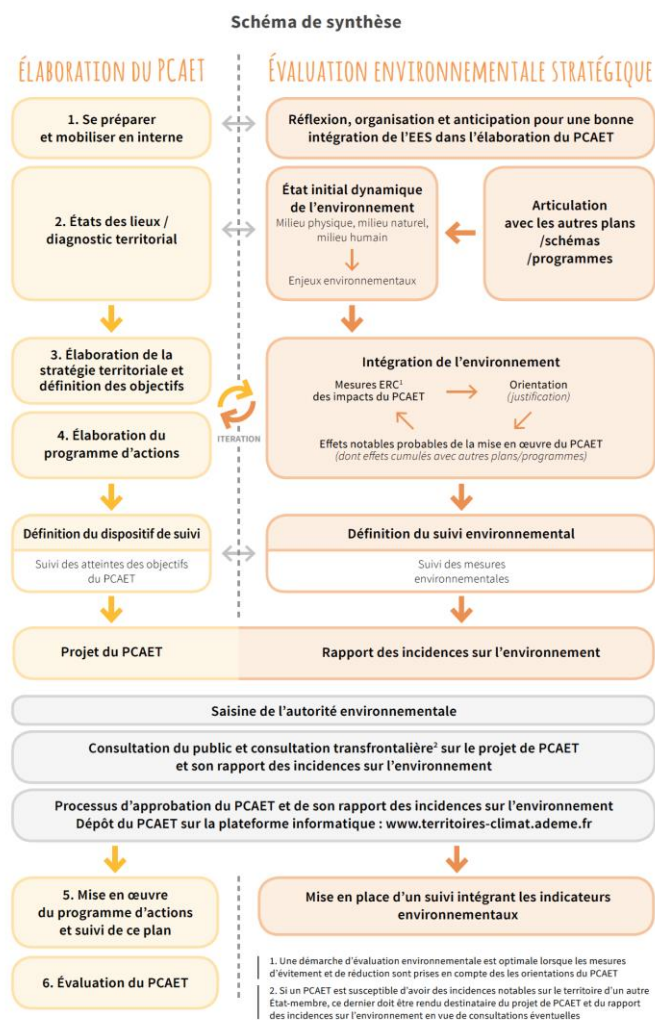


Figure 5 : Extrait du guide ADEME « PCAET, comprendre, construire et mettre en œuvre »

Le contenu du rapport environnemental du PCAEM est défini à l'article R.122-20 du Code de l'environnement et comprend notamment une analyse de l'état initial de l'environnement et des perspectives de son évolution.

Afin de garantir ce processus itératif, le diagnostic et l'état initial sont rédigé dans un document commun présenté ci-après.

2 Présentation du territoire de la Métropole

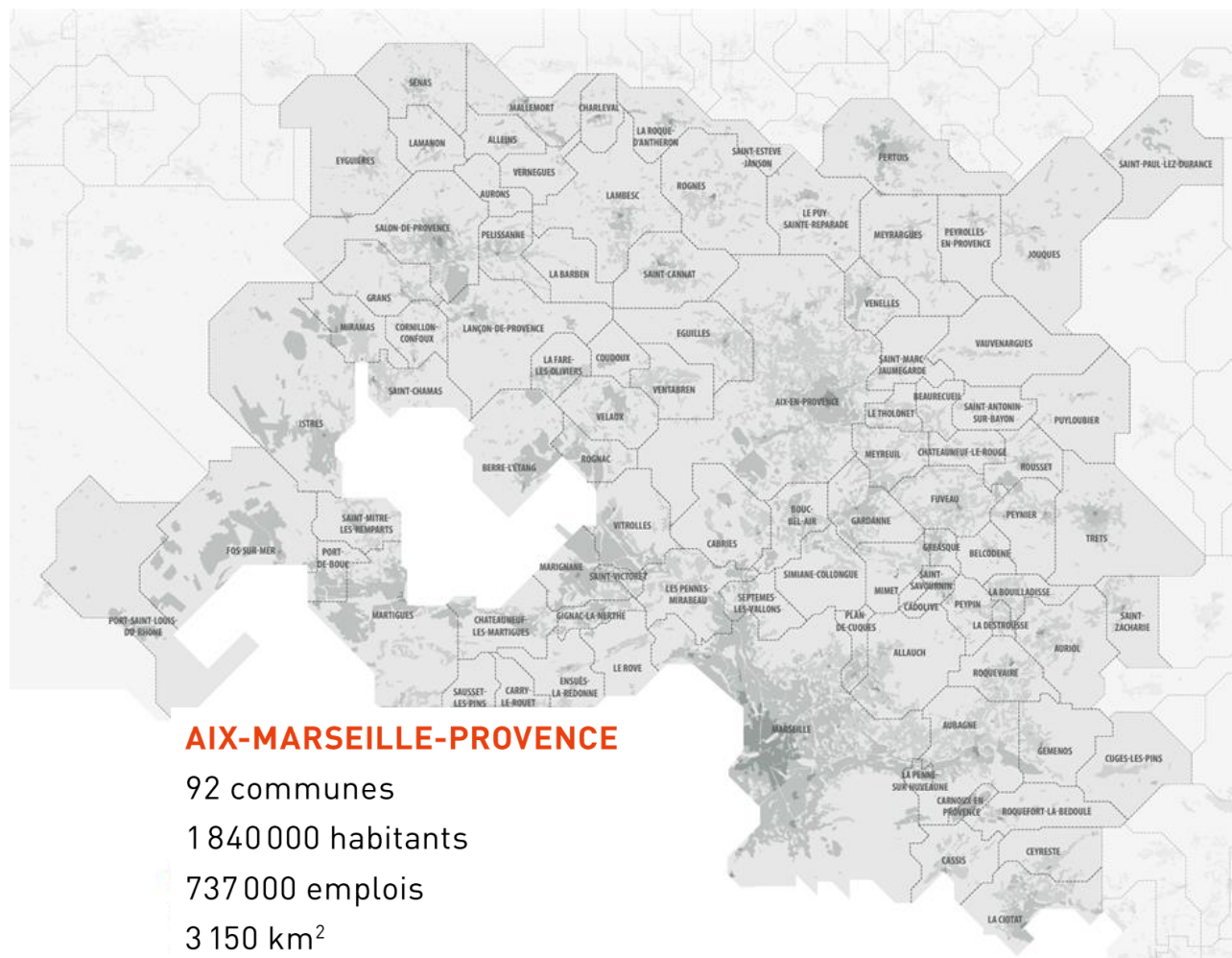
Créée au 1^{er} janvier 2016, la Métropole Aix-Marseille-Provence s'est substituée aux 6 intercommunalités préexistantes : la communauté urbaine Marseille Provence Métropole, les communautés d'agglomération du Pays d'Aubagne et de l'Étoile, du Pays d'Aix-en-Provence, du Pays de Martigues, de Salon-Étang-de-Berre-Durance et le syndicat d'agglomération nouvelle Ouest-Provence.

Nouvel établissement public de coopération intercommunale au périmètre et aux compétences étendus, il constitue une étape supplémentaire dans l'organisation territoriale dont la loi du 12 juillet 1999 relative au renforcement et à la simplification de la coopération intercommunale avait ouvert la voie. Les lois MAPTAM de janvier 2014 et NOTRe d'août 2015 l'ont renforcée en portant de profondes mutations dans l'organisation institutionnelle des territoires : Région, Département, intercommunalités évoluent et se recomposent.

C'est dans ce nouveau contexte institutionnel qu'Aix-Marseille-Provence se met en marche, pour un meilleur fonctionnement et rayonnement du territoire. La dimension de la nouvelle métropole offre l'opportunité d'une prise en compte des enjeux environnementaux à une échelle plus cohérente, celle des grands espaces naturels, des écosystèmes, des bassins versants, en les combinant avec les enjeux industriels et urbains.

La MAMP est la plus grande Métropole de France, avec ses 3 100 km² et ses 92 communes. La Métropole compte 4 niveaux de centres urbains : les pôles de Marseille et Aix en Provence (plus de 100 000 habitants), les grands centres du territoire (25 à 50 000 habitants - 9 communes), les communes « point d'appui » (8 000 à 25 000 habitants – 25 communes) et les communes de proximité (moins de 8 000 habitants – 57 communes). La population métropolitaine est largement urbaine : 1 850 000 habitants (densité près de 6 fois plus élevée qu'en France métropolitaine) dont 60% résident à Marseille ou Aix-en-Provence et 99% dans les 9 plus grandes villes du territoire.

Figure 6 : Carte de la Métropole Aix Marseille-Provence (janvier 2019)



2.1 Une métropole atypique en construction

Une métropole unique par sa taille

92 villes et villages

3150 km² de superficie, la plus vaste de France, elle est six fois plus étendue que le Grand Lyon, quatre fois plus que le Grand Paris.

Verte : 73% d'espaces agricoles et naturels

255 km de littoral

La ville au cœur de la nature

Parc national terrestre et marin des Calanques,

Quatre Parcs naturels régionaux,

Grand Site de France (La Sainte-Victoire),

Le plus grand étang salé d'Europe (l'Étang de Berre),

La plus haute falaise d'Europe (Cap Canaille)

73% d'espaces agricoles et naturels

Une grande richesse historique, géographique et culturelle

Position stratégique (Europe, méditerranée) de par le port

Diversité de villes et villages à forte identité patrimoniale, sociologique et économique : Métropole « polycentrisme », elle ne correspond pas au schéma classique « centre / périphérie ».

Une économie plurielle

Economie combinant des emplois de proximité à des filières d'excellence allant du portuaire, à la santé, à l'industrie, au numérique en passant par le tourisme,...

Une métropole « à la bonne taille »

Le périmètre de la Métropole se confond avec « l'aire urbaine » : le bassin de vie où résident et travaillent la plupart des deux millions de métropolitains.

Atout d'une Métropole « à la bonne échelle », en mesure d'agir sur les grands enjeux d'aménagement et de développement qui la modèleront pour les vingt prochaines années.

2.2 Une métropole polycentrique

(éléments issus de l'atlas de l'environnement 2017 – Agam)

La comparaison avec 8 principales aires urbaines françaises entre 1990 et 2012 révèle plusieurs aspects. En 22 ans, les espaces urbains de ces métropoles se sont accrus de 16 %, mais de très gros écarts les dissocient. Toulouse culminant à + 42,7 %, contre « seulement » 9,5 % pour la « tache urbaine » parisienne. Aix-Marseille se situe légèrement au-dessus de la moyenne à près de 20 % d'espaces urbanisés en plus, soit approximativement 10 000 ha supplémentaires (Source : Corin Land Cover (CLC) 1990- 2012).

Ces évolutions doivent être relativisées avec l'étendue spatiale des agglomérations : une croissance de 20 % de l'espace urbain pèse 10 000 ha à Aix-Marseille, mais 5 300 ha à Strasbourg ou encore 53 000 ha à Paris.

Aussi, cette évolution brute revêt des formes multiples selon les contextes, et nécessite une mise en perspective avec l'évolution de la population, la production de logements et le nombre d'emplois « créés ». Pour un hectare urbanisé supplémentaire entre 1990 et 2012, environ 20 habitants, 17 résidences principales et 8 emplois ont été créés à Aix-Marseille. C'est presque 2,5 fois moins qu'un « parisien », mais légèrement plus qu'un « bordelais ». La croissance urbaine paraît donc davantage « horizontale » (étalée) que « verticale » (densifiée), et figure en avant-dernière position parmi les 8 aires urbaines principales en termes de densification.

Dans ce contexte, si l'étalement urbain paraît généralisé à l'ensemble des grandes métropoles françaises, le polycentrisme de la métropole Aix-Marseille-Provence peut constituer un enjeu de taille. Aix-Marseille-Provence se distingue par sa structure multipolaire avec 92 villes et villages, et la force de son relief, avec des massifs au coeur de la métropole. Dans son développement urbain, ces caractéristiques ont favorisé un étalement urbain dans deux dimensions : en « tache d'huile » à partir des centres, là où la platitude du relief a favorisé l'urbanisation, et le long des vallées qui sont aussi devenues des corridors de déplacements et ont en quelque sorte « drainé » l'urbanisation.

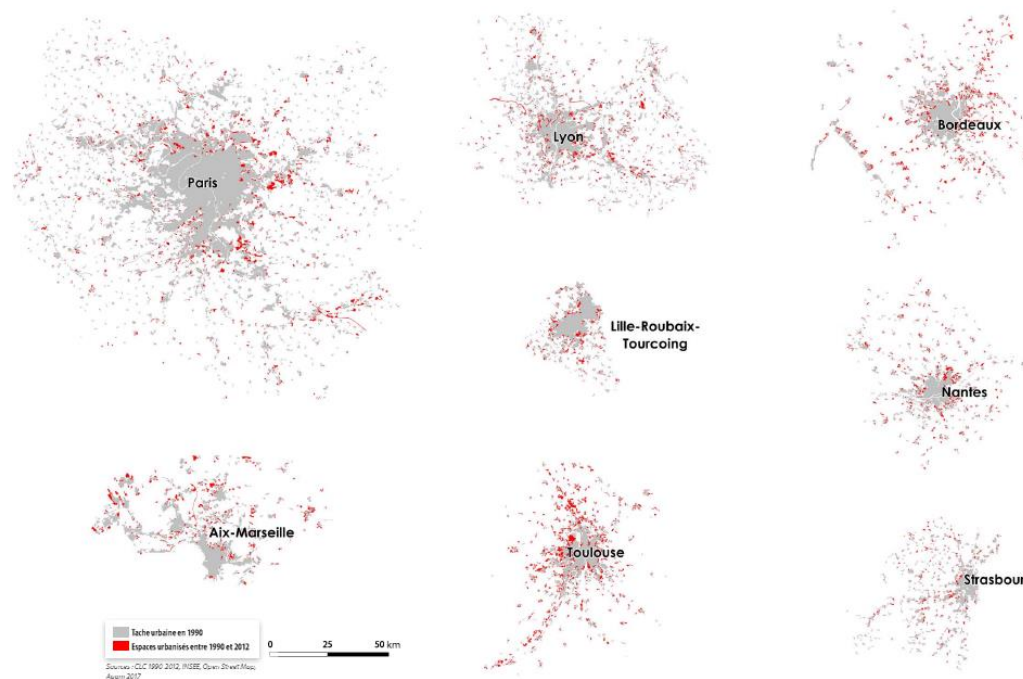


Figure 7 : L'étalement urbain en France – Comparaison de huit aires urbaines

2.3 Les 7 paradoxes métropolitains

La Métropole Aix Marseille Provence, peut être présentée sous 7 paradoxes, les 7 paradoxes métropolitains :

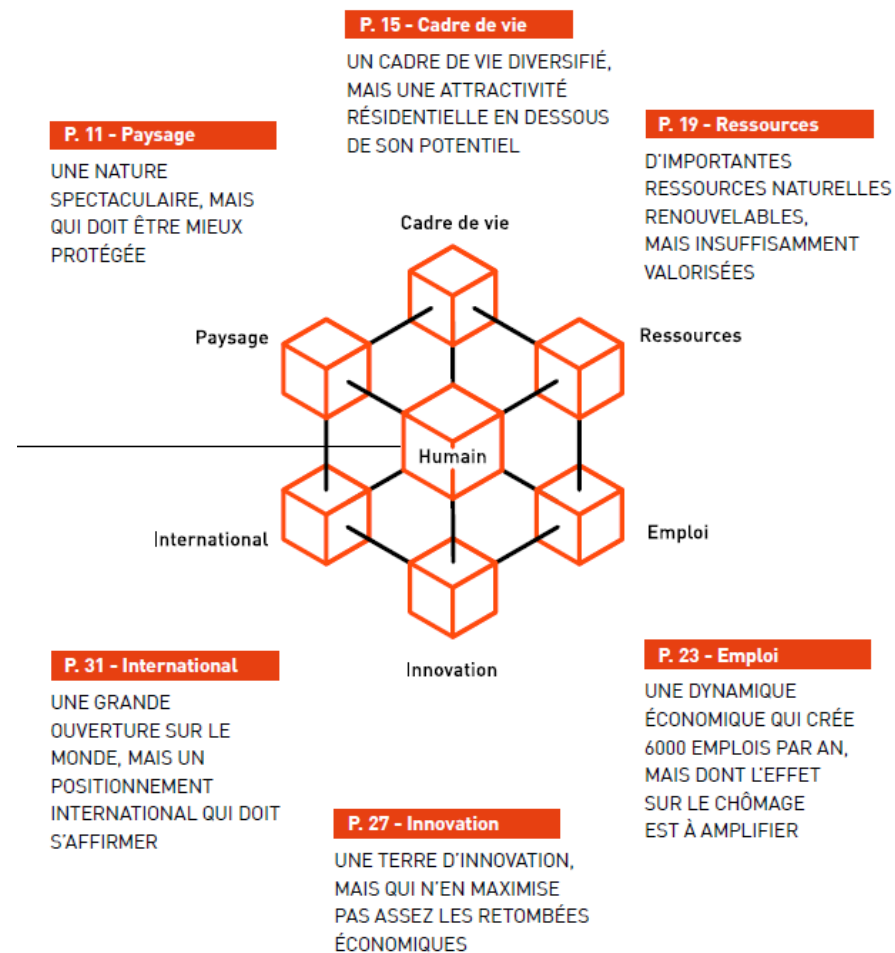


Figure 8 : les 7 paradoxes métropolitains

2.4 Les territoires de la Métropole

La métropole d'Aix Marseille Provence comprend 6 territoires (Cf. **Figure 9**) : le pays d'Aix, le pays salonais, Istres-Ouest Provence, le pays de Martigues, Marseille-Provence et le pays d'Aubagne et de l'Etoile



Figure 9 : Les 6 territoires de la Métropole
Source : Projet métropolitain 2040

2.5 Un territoire aux composantes physiques fortes

Fortement marqué par ses reliefs et son climat méditerranéen, le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence, est à la fois attractif et contraignant. Massifs collinaires, littoral, cours d'eau permanents et intermittants structurent l'actuelle armature du territoire et définissent ses modes de fonctionnements.

Un climat attractif mais à fortes amplitudes. Le territoire d'Aix Marseille Provence bénéficie d'un climat de type méditerranéen attractif, qui connaît ponctuellement des épisodes plus violents. Ces caractéristiques climatiques influent de manière forte sur le territoire : faune et flore spécifique, risques majeurs, potentiel d'énergie renouvelable, impacts sur la qualité de l'air, etc.

Ensoleillement élevé et températures douces

Le territoire d'Aix-Marseille-Provence fait partie des zones les plus ensoleillées de France métropolitaine avec en moyenne un ensoleillement annuel de 1550 kWh/m² et 300 jours de soleil par an. Les températures sont élevées en été et restent douces en hiver. Ces spécificités climatiques contribuent fortement à l'attractivité de la métropole.

Entre sécheresse estivales et pluies violentes

la Métropole Aix-Marseille-Provence bénéficie d'un climat de type méditerranéen avec des étés très secs et des pluies parfois violentes au printemps et durant les mois de septembre et d'octobre. La moyenne annuelle des précipitations sur la période 1981-2010 est de 515 mm, avec en moyenne 9,2 mm en juillet et 77 mm en septembre. Sur le littoral Sud de Marseille, le Cap Croisette est le site le plus sec de France, avec une pluviosité de l'ordre de 360 mm/an.

En automne et au printemps, des orages violents peuvent avoir lieu et provoquer des crues importantes des cours d'eaux. Les vallats peuvent alors se charger de manière très forte en un temps très court, induisant un risque inondation élevé dans les espaces urbains en aval. En hiver, les épisodes neigeux importants sont rares, mais certains peuvent apporter beaucoup de neige.

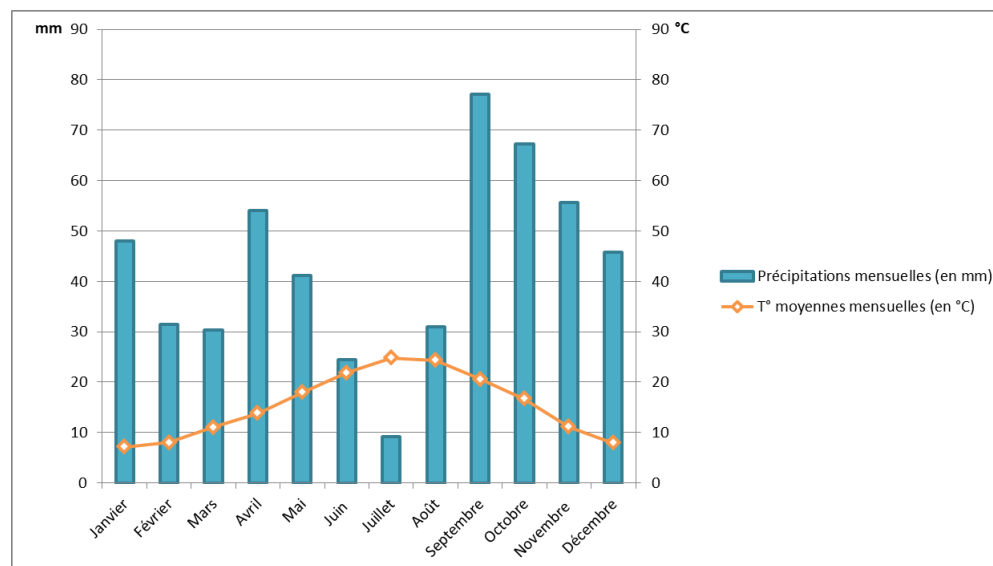


Figure 10 : Température moyenne mensuelles (en C°) et précipitation mensuelles (en mm) sur la période 1981-2010 (station MétéoFrance de Marignane).

Des variations au sein de la Métropole

Au centre et au Nord du territoire, le climat est de type méditerranéen, mais à caractère continental, à savoir chaud et sec en été avec des températures et des précipitations plus élevées qu'en bord de mer, et des périodes gélives beaucoup plus marquées en hiver avec des brouillards importants (au droit des berges de l'Arc et du Val de Durance par exemple).

Un territoire venté

Le territoire est soumis à deux vents principaux : le mistral et le vent de Sud-Est.

Le mistral, vent dominant, influence considérablement le climat provençal car il est froid, sec et peut souffler en fortes rafales. Il renforce considérablement le froid ressenti. Il est également craint en été pour son rôle dans la propagation des incendies.

Le vent de Sud-Est, plus rare, génère de la pluie. Il est à l'origine des épisodes orageux particulièrement importants pouvant se produire à l'automne et au printemps.

2.5.1 Des reliefs structurants

Les niveaux topographiques sur la Métropole vont de 0 m NGF (niveau de la mer) à 1000 m NGF. L'Ouest du territoire est globalement de faible altitude avec la plaine de Crau, la Camargue et l'étang de Berre. Les reliefs s'élèvent ensuite progressivement avec un ensemble de massifs séparés les uns des autres de plaines et vallées.

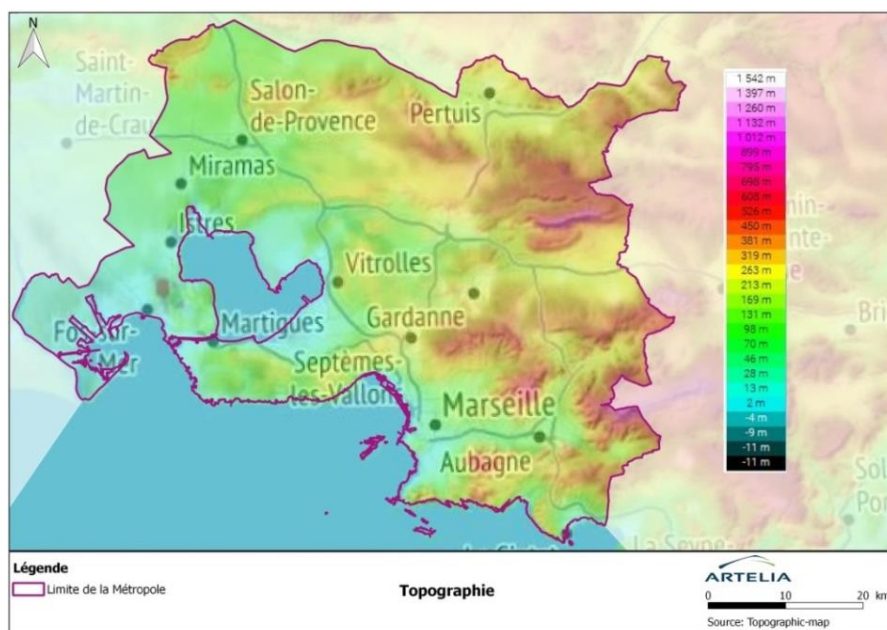


Figure 11 : Topographie du territoire

Des massifs calcaires orientés Est-Ouest

Le territoire d'Aix-Marseille-Provence appartient à la Provence méridionale calcaire. Il est fortement marqué par ses reliefs collinaires orientés sur un axe Est-Ouest. Les massifs sont constitués de strates calcaires ou dolomitiques datant principalement du crétacé. Ils se sont formés lors de la déformation, du plissement ou du déplacement des couches accumulées durant l'Ere secondaire, dans une mer qui occupait le territoire. La circulation de l'eau dans les massifs calcaires a créé des formations karstiques caractéristiques.

Des massifs délimitant l'espace urbain

Ces reliefs ont conditionné l'actuelle armature urbaine du territoire d'Aix-Marseille-Provence. L'urbanisation s'est préférentiellement développée sur les plaines et les plateaux, pour ensuite s'en affranchir et s'étendre sur les piémonts des massifs. De même, les grandes infrastructures de déplacement se sont installées dans les couloirs d'accès naturels (comme par exemple la vallée de l'Huveaune qui permet des échanges avec l'est vers Aubagne).

Les principaux massifs du territoire sont :

- Le **massif des Calanques**, organisé en deux entités : le massif de Marseilleveyre et les massifs de Puget et Carpiagne, séparés par le col de la Gineste. Son point culminant est à Carpiagne à 645 m.
- Le **massif de Saint-Cyr**, situé au Sud-Est du territoire. Sa ligne de crête atteint 360 mètres. Il fait partie de l'entité géographique plus vaste du massif des Calanques.
- Le **massif de Font Blanche**, situé au Sud du poljé de Cuges-les-Pins et culmine à 480 mètres. Le Poljé de Cuges-les-Pins est une formation géologique originale, correspondant à une dépression karstique formée par érosion des calcaires.
- Le **massif de la Sainte-Baume**, implanté sur les départements des Bouches-du-Rhône et du Var, domine la basse Provence. Sur le territoire, il culmine à 1 041 mètres au Pic de Bertagne.
- La **chaîne de l'Étoile-Garlaban**, situé à l'est du territoire, il culmine à 800 mètres (Tête du Grand Puech). Elle comprend le Mont du Marseillais, le Ruissat et le Garlaban, dont le profil reconnaissable surplombe la plaine d'Aubagne.
- La **montagne du Regagnas**, localisé à l'est du territoire, il culmine à 815 mètres. Elle sépare les vallées de l'Arc et de l'Huveaune.
- Le **massif de la Sainte Victoire**, situé au Nord-Est du territoire. Il s'étend sur 18 kilomètres de long et sur 5 kilomètres de large, suivant une stricte orientation Ouest-est. Il culmine au pic des Mouches à 1 011 m, près de l'extrémité Est de la chaîne.
- Le **massif du Concors**, petit massif montagneux du Nord-Est du territoire, situé entre la montagne Sainte-Victoire au Sud et la vallée de la Durance au Nord. Il culmine à 781 m d'altitude.
- Le **massif de l'Estaque**, ou de la Nerthe, barrière naturelle entre l'étang de Berre et la mer Méditerranée relativement peu élevée. Il culmine à 278 mètres au Jas de Rhodes.

- Le **massif de l'Arbois**, localisé au centre du territoire. Le relief de l'Arbois est constitué de plateaux superposés culminant à 270 mètres d'altitude.
- La **chaîne de la Fare**, qui s'étend du Sud de Célon, lieu-dit situé au Nord d'Aix-en-Provence, jusqu'au bord de l'étang de Berre près de Saint Chamas. Le relief est coupé en deux par le passage de l'autoroute A7 dans le vallon de la Vautubière et symbolise la séparation entre la chaîne littorale et la chaîne intérieure. La chaîne littorale culmine à 223 mètres entre la Fare les Oliviers et Lançon-Provence et la chaîne intérieure à 373 mètre à Celony.
- La **chaîne des Côtes**, située au Nord de la Métropole. La longueur du massif est de 10 kilomètres et sa largeur de 6 kilomètres. Son point culminant, non nommé, culmine à 482 m d'altitude.
- La **chaîne de la Trevarresse**, chaîne de collines longue de 15 kilomètres entre Lambesc et Venelles au Nord du territoire. Son point culminant est de 502 m à cheval sur les communes de Rognes et Aix-en-Provence.
- Le **massif des Alpilles**, situé au Nord-Ouest du territoire. Le point culminant est nommé les Opies et s'élève à 498 m d'altitude sur la commune d'Eyguières.

2.5.2 Un réseau hydrographique complexe

Le territoire de la métropole Aix Marseille Provence possède une hydrographie complexe, dictée par une géomorphologie marquée et fissurée et des conditions climatiques méditerranéennes conditionnant le régime hydrologique.

De type pluvio-méditerranéen, ce régime alterne avec des périodes de hautes eaux, appelées crues, et de basses eaux, appelées étiages, pouvant même aller jusqu'à l'assec pour les cours d'eau secondaires.

Les principaux cours d'eau du territoire métropolitain sont les suivants :

- **Le Grand Rhône** en limite Ouest (commune de Port Saint Louis du Rhône) ;
- **La Durance** (limite Nord) et ses affluents : Le Verdon et son affluent Le Ruisseau de Boutre, Le Réal, l'Abéou, L'Eze, Le Grand Vallat ;
- **L'Arc** et ses affluents : La Luynes, La Jouine / Le Grand Vallat / La Petite Jouine, Le Grand Torrent / le Ruisseau de Baume-Baragne, Le Bayeux, La Cause, La Torse, l'Aigue Vive ;
- **La Touloubre** et ses affluents : Le Ruisseau de Concernade, Le Ruisseau de Budéou ;
- **L'Huveaune** et ses affluents : le Jarret, le Fauge, Le Ruisseau de Vède
- **La Cadière** et ses affluents : Le Romartin, le Ruisseau Bondon ;

- **Le Ruisseau des Aygalades.**

De nombreux plans d'eau naturels ou artificiels viennent compléter ce maillage hydrographique naturel : l'Etang de Berre, l'Etang de Vainé, l'Etang de Bolmon, le Lac de Bimont, le Réservoir Zola, le Bassin du Réaltor, le Bassin de Saint-Christophe, le Bassin du Vallon Dol, l'Etang d'Entressen, l'Etang de l'Olivier, l'Etang de l'Estomac, l'Etang de Lavalduc, l'Etang de Citis, l'Etang du Pourra et l'Etang d'Engrenier

La Figure 12 présente une cartographie de ce réseau hydrographique.

Présentation des principaux cours d'eau permanents :

L'Huveaune est un fleuve côtier non navigable de 51 km. Son bassin versant constitue un territoire d'une superficie supérieure à 520 km². Ce fleuve prend sa source dans le massif de la Sainte-Baume, à Plan d'Aups. Son cours naturel se jette dans la mer à Marseille, au niveau des plages du Prado. 20 de ses 51 km se situent en milieu urbain sur la commune de Marseille. Son régime d'écoulement méditerranéen est très irrégulier, parfois même violent. C'est pourquoi l'Huveaune a été canalisée et mise en valeur dans les centres urbains et villageois qu'elle traverse. L'urbanisation intensive de ces 30 dernières années a parfois exacerbé le risque inondation, accroissant ainsi la vulnérabilité du territoire et de sa population. Le bassin versant de l'Huveaune est le bassin versant le plus peuplé du territoire. Il traverse les communes de Saint-Zacharie, Auriol, Roquevaire, Aubagne, La Penne-sur-Huveaune et Marseille avant d'être dévié pour se jeter au niveau de Cortiou.

Le Jaret est le principal affluent de l'Huveaune, long de 21 km avec un bassin versant de 150 km². Il prend sa source sur la commune d'Allauch, au-dessus du Pichauris, et se jette dans l'Huveaune à Montfuron (Sainte-Marguerite). Il est couvert sur une partie importante de son linéaire en site urbain, notamment sous la rocade dite "du Jarret".

La rivière du Merlançon (3,5 km) est un autre affluent de l'Huveaune. Elle se forme près de Valdonne (Peypin) et se jette dans l'Huveaune à Pont-de-Joux (Auriol). Ce cours d'eau, qui ne traverse pas de centre urbain, est globalement peu visible.

Les autres affluents de l'Huveaune sont :

- en rive droite, le torrent du Fauge et le vallon de Fenouilloux ;
- en rive gauche, le ruisseau de Vède et ruisseau de Peyruis.

La Cadière, ruisseau de 12 km drainant un bassin versant de 72 km², prend sa source dans le vallon de l'Infernet, au pied des falaises calcaires de Vitrolles. Il se jette dans l'étang de Bolmon à Marignane et a donc un statut de fleuve côtier du bassin-versant de l'Étang de Berre. Elle fait l'objet d'importants travaux de délestage de ses crues se traduisant par l'élargissement de son lit et la création d'un chenal et d'un chemin

longeant l'aéroport de Marignane jusqu'au Bolmon. Perturbée par la traversée de zones fortement urbanisées et industrialisées, la Cadière est victime d'une pollution importante et sujette à des crues aussi violentes que soudaines. Le cours d'eau traverse les communes de Vitrolles, des Pennes Mirabeau, de Saint-Victoret et de Marignane pour se jeter au niveau de l'Etang de Bolmon.

Ses affluents sont :

- en rive droite, le Merlançon, le Bondon et le Ravin d'Aix ;
- en rive gauche, la Marthe et le Raumartin.

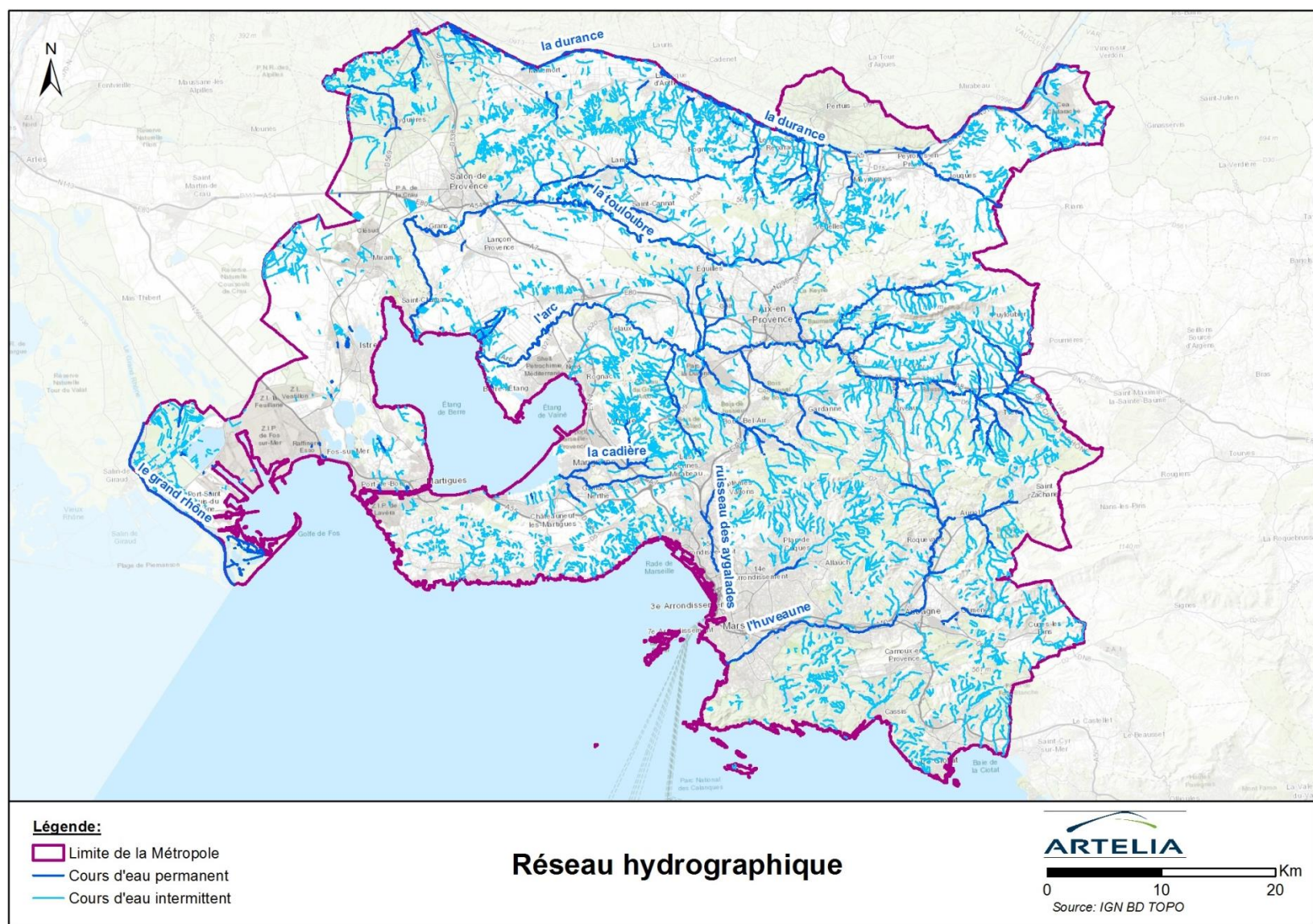


Figure 12 : Carte du réseau hydrographique du territoire

Les Aygalades est un ruisseau de 17 km qui prend sa source à Septèmes-les-Vallons, sur le site de la Gavotte (ruisseau de la Caravelle), et se jette dans les bassins Est du Grand Port Maritime de Marseille. Après la traversée de la ville de Septèmes-les-Vallons, il passe par les quartiers de Saint-Antoine et des Aygalades avant de poursuivre en plaine à travers les quartiers industriels du Nord de Marseille. Sur son parcours, certains segments ont été cuvelés ou busés, afin de faire face aux contraintes urbaines. En cas de pollution avérée, il est détourné dans le réseau d'assainissement de Marseille. Son bassin versant est fortement modifié. Il est le réceptacle des eaux pluviales et est soumis à des crues rapides pouvant impacter un grand nombre d'enjeux, tant humains que matériels. Une partie de la vallée des Aygalades fait l'objet d'un vaste projet de "renaturation", dans le cadre de l'opération d'intérêt national Euroméditerranée (périmètre d'extension).

L'Arc est long de 85 km et draine un bassin versant de 716 km². Il prend sa source en limite du Var et se jette dans l'étang de Berre. Son profil en long est accidenté de par la présence de barrières calcaires, ce qui explique l'alternance de zones de plaines et de vallées étroites à forte pente tout au long du parcours de la rivière. La ripisylve reste très clairsemée et étroite sur l'Arc et ses affluents. Soumise à un climat méditerranéen, la rivière présente des étiages prononcés, allant jusqu'à l'assèchement complet de certains affluents (en août, le débit de l'Arc au niveau de l'étang de Berre est de 1 m³/s), et des crues importantes (le débit de crue décennale est estimé à 200 m³/s, à l'entrée dans la plaine d'Aix-en-Provence, et à 700 m³/s au débouché dans l'étang de Berre).

Le risque d'inondation est très présent sur le bassin, il est aggravé par le développement urbain qui s'est fait au détriment du champ d'inondation. La surface de la zone inondable de l'Arc est estimée à 1.040 ha (pour une crue décennale).

Le cours d'eau traverse les communes de Trets, Peynier, Rousset, Fuveau, Châteauneuf-le-Rouge, Meyreuil, Le Tholonet, Aix-en-Provence, Ventabren, Velaux, Coudoux, La Fare-les-Oliviers, Berre-l'Etang.

Ses affluents sont :

- en rive droite, la Tune, la Partie, la Croule, l'Aigue Vive, le Bayeux, la Cause, la Torse, le Malvallat, le Vallat des Marseillais, le Vallat des Eyssarettes ;
- en rive gauche, le Vallat des Très Cabrès, la Gardi, le Longarel, le Ruisseau de Genouillet, le Ruisseau de la Foux, le Verdalaï, le Grand Vallat de Fuveau, la Luynes, la Jouïne, le Grand Torrent.

La Touloubre prend sa source à Venelles et parcourt 60 km jusqu'à son exutoire vers l'Étang de Berre à hauteur de Saint Chamas. Elle draine un bassin versant de 420 km². Elle traverse les communes de Venelles, Aix-en-Provence (Puyricard), Eguilles, Saint-Cannat, Lambesc, Barben, Pelissanne, Salon-de-Provence, Cornillon-Confoux, Saint-Chamas pour se jeter au niveau de l'Étang de Berre en formant une zone de marais dite "la petite Camargue".

Ses affluents sont en rive droite, le ruisseau du Budéou, le ruisseau de La Concernade-Lavaldenan et le ruisseau du Boulery.

La Durance, longue de 305 km, est le second plus grand affluent du Rhône (après la Saône) et la première rivière torrentielle de France. Elle possède un bassin-versant d'une superficie de 14.225 km² qui occupe 45 % de la surface de la région SUD Provence-Alpes-Côte d'Azur. Le territoire Métropolitain est situé dans la basse Durance allant de Mirabeau à la confluence du Rhône. Il s'agit d'une zone au caractère méditerranéen fort. La large vallée alluviale est marquée par une agriculture intensive, d'une grande richesse, qui s'appuie depuis toujours sur le réseau d'irrigation par les eaux de la Durance.

Les rejets des stations de traitement des eaux usées de ces communes se font directement dans le lit de la Durance ou bien dans ses affluents.

Le Rhône est un fleuve d'Europe, long de 812 kilomètres (un tiers en Suisse et deux tiers en France). Il prend sa source dans le glacier du Rhône, en Suisse, à une altitude de 2 209 m, à l'extrémité orientale du Valais, dans le massif des Alpes uranaises. Il termine son cours dans le delta de Camargue pour se jeter dans la mer Méditerranée. Le territoire d'Aix-Marseille-Provence comprend une petite partie du Grand-Rhône au niveau de son embouchure et de la commune de Port-Saint-Louis. Le cours inférieur du Rhône n'est plus navigable sauf pour les petits bateaux de pêche du fait de l'accumulation des dépôts d'alluvions.

Des cours d'eau intermittents

Le territoire comprend également des cours d'eau intermittents qui imitent les oueds d'Afrique du Nord. L'association des nombreux vallons et des eaux de ruissellement génèrent des cours d'eau intermittents. Leur fonctionnement est très irrégulier : ils peuvent rester à sec pendant de longues périodes et se charger rapidement en eau lors des épisodes de pluies. Leur exutoire est fréquemment le milieu marin.

Quelques exemples de vallats sur le territoire :

- sur la Côte Bleue : le vallon de l'Aigle, de la Graffiane, du Gipier ;
- à Marseille : le vallon de la Mûre, de Toulouse ;
- à Septèmes-les-Vallons : vallon de Fréguyères, du Maire ;
- à Allauch : vallon de l'Amandier ;
- à Cassis : vallat des Brayes ;
- à La Ciotat : vallats de la Bucelle et de Saint-Jean ;
- un affluent de l'Arc, le Grand vallat.

L'étang de Berre, une des plus grandes lagunes d'Europe

L'étang de Berre couvre une surface de 15 500 ha. Son volume est estimé à 900 millions de m³, sa profondeur moyenne est de 6 mètres et sa profondeur maximale est de 9 mètres. C'est le plus grand étang du littoral méditerranéen. Il se situe à mi-chemin entre le delta du Rhône et la ville de Marseille. Cette position centrale dans le département des Bouches du Rhône lui donne une importance particulière. Il est composé de trois sous-ensembles : le grand étang, qui s'étend du golfe de Saint-Chamas jusqu'au cordon du Jaï, l'étang de Vaïne, isolé du plan d'eau principal par un haut-fond et l'étang de Bolmon, au Sud, entre le cordon du Jaï et le canal de navigation.

L'Arc, la Touloubre et la Cadière sont les principaux affluents naturels de l'étang. Depuis 1966, le canal usinier de Saint Chamas rejette les eaux de la Durance dans l'étang. Au Sud, il est alimenté en eau de mer par le chenal de navigation de Caronte. Les industries les plus modernes se sont installées dans son voisinage immédiat : dérivés du pétrole (pétrochimie), produits chimiques, constructions maritimes et aéronautiques. L'Étang de Berre constitue un territoire à enjeu patrimonial de grande importance, et soumis à de fortes pressions d'usages.

L'écosystème aquatique de l'étang de Berre, dont les rives et le bassin-versant ont connu une industrialisation et une urbanisation importante tout au long du XXe siècle, présente un niveau de dégradation important.

Un réseau hydrographique complété par un maillage dense de canaux
(Cf. Figure 13)

La Métropole Aix-Marseille-Provence est riche d'un maillage dense de canaux d'irrigation, plus particulièrement au Nord et à l'Ouest du territoire, alimentés par les trois canaux principaux : le canal EDF sur la Durance, le canal de Provence et le canal de Marseille. Ces ouvrages sont les témoins de l'histoire de la maîtrise de l'eau en

Provence. Ils ont été, et sont toujours, déterminants dans l'occupation des sols et le façonnement des paysages agricoles.

Le Canal de Provence prend sa source dans le Verdon. Avec ses 5 000 kilomètres de canaux et de canalisations, la Société du Canal de Provence mobilise des eaux issues à 67 % des réserves du Verdon, à 24 % de la Durance, à 4,5 % de Saint-Cassien et à 4,5 % de ressources locales. Il irrigue environ 80 000 hectares de terres agricoles et alimente plus de 8 000 sites industriels de la région.

Le Canal de Marseille prend sa source dans la Durance. De 1839 à 1854, le Canal de Marseille a été construit avec ses 80 km de long dont 17 en souterrain et 18 ponts. La prise initiale est située au niveau du pont de Pertuis à une altitude de 185 mètres. L'eau s'écoule par gravité jusqu'à la ville de Marseille.

Le Canal de Craponne est une arborescence de canaux et de ramifications depuis la Durance jusqu'à trois émissaires : l'étang de Berre, le Rhône et la Touloubre. Sa longueur totale est de 124 km.

Le Canal EDF de la Durance court sur plus de 250 km, du barrage de Serre-Ponçon dans les Hautes Alpes à l'étang de Berre. Il a été aménagé à la suite de la réalisation du barrage de Serre-Ponçon pour acheminer l'eau nécessaire à la production hydroélectrique, l'irrigation et l'eau potable de la Provence. Il est à l'origine d'importants apports d'eau douce dans l'étang de Berre.

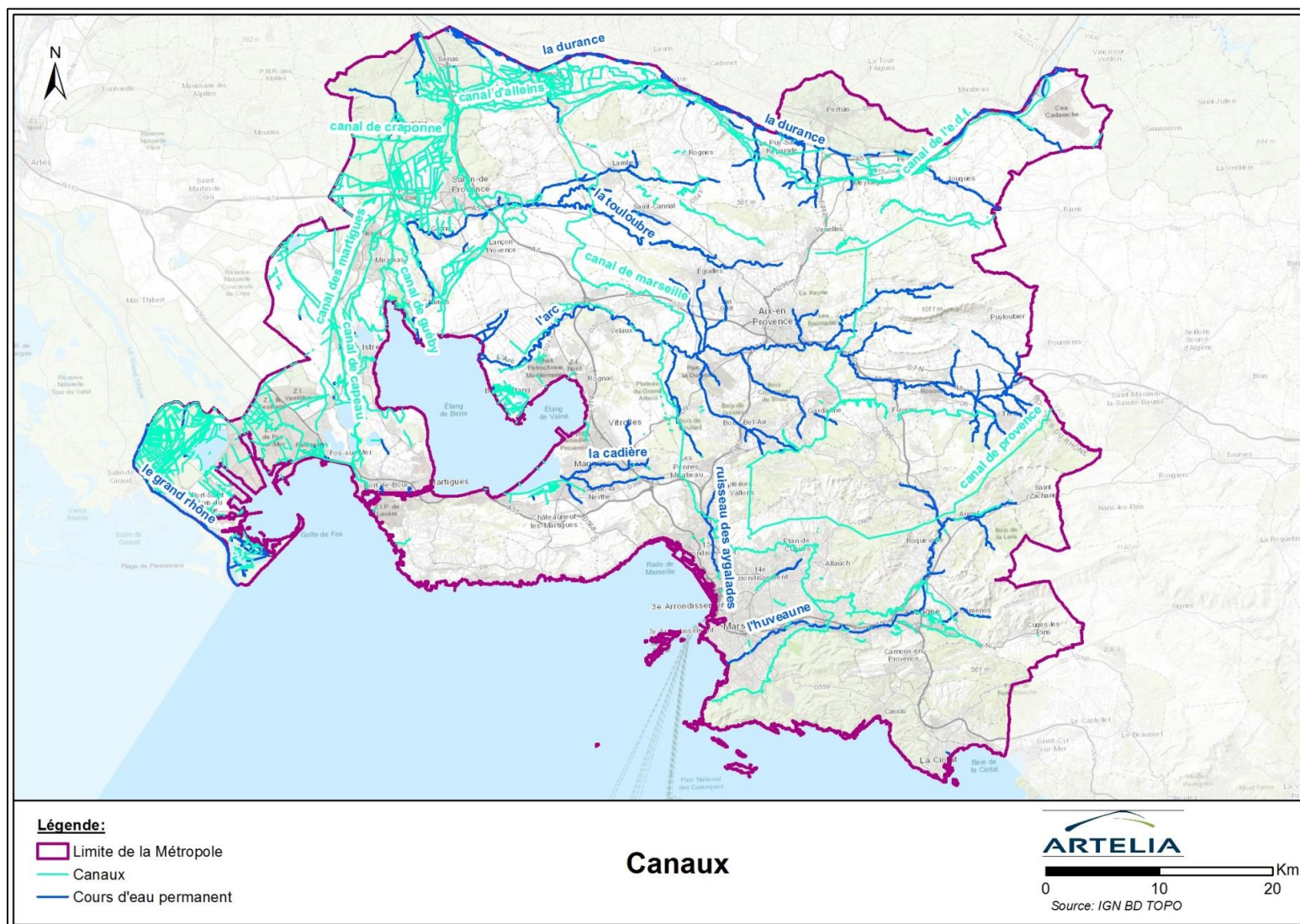


Figure 13 : Carte des canaux présents sur le territoire

3 L'empreinte carbone de la Métropole et des métropolitains

Le diagnostic du profil gaz à effet de serre (GES) de la Métropole Aix-Marseille-Provence a été réalisé à partir de la base de données CIGALE (Consultation d'Inventaires Géolocalisés Air Climat Énergie) alimentée par ATMOSud, l'association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air en région SUD.



Plus particulièrement, le présent chapitre reprend les éléments du Diagnostic air climat énergie du PCAEM de la Métropole Aix-Marseille-Provence réalisé par ATMOSud en février 2018. L'aspect polycentrique et multipolaire de la Métropole, associé à une économie industrielle, lui confère des caractéristiques très particulières comme le montre les éléments chiffrés développés en infra.

Quant à l'étude technique portant sur l'estimation de la séquestration du carbone dans les sols agricoles et forestiers sur le territoire de la Métropole Aix Marseille Provence, elle a été menée par AIR Climat avec l'appui du Groupe régional d'experts sur le climat en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD) et de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME).

3.1. Analyse des évolutions et des sources d'émission de gaz à effet de serre

La méthodologie suivie par ATMOSud :

L'inventaire des émissions de GES comptabilise les émissions directes liées à tous les secteurs d'activité hormis celui de la production d'électricité, de chaleur et de froid,

dont seule la part d'émissions indirectes liée à la consommation à l'intérieur du territoire est comptabilisée.

L'utilisation des terres, leur changement et la forêt (UTCf) n'est pas non plus pris en compte dans l'inventaire. Il s'agit à la fois d'un puits et d'une source d'émission de CO₂, CH₄ et N₂O. L'UTCf couvre la récolte et l'accroissement forestier, la conversion des forêts (défrichement) et des prairies ainsi que les sols dont la composition en carbone est sensible à la nature des activités auxquelles ils sont dédiés (forêt, prairies, terres cultivées). Les émissions de GES issues des transports aériens et maritimes internationaux sont prises en compte mais uniquement dans un cadre précis :

- Maritime : uniquement la phase à quai et la phase manœuvre, ce qui correspond aux émissions au port et à l'approche du port (phase à forts impacts)
- Aérien : uniquement la phase décollage/atterrissage (entre le sol et 1000 m d'altitude), car au-dessus de cette limite on considère qu'il n'y a pas d'impact en termes de polluants, et les émissions de GES ne sont pas définies comme faisant partie du territoire

Cette méthodologie répond à une logique de découpage territorial des émissions.

Enfin les sources naturelles (végétation, incendies) ne sont pas non plus pris en compte.

Le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) est un indicateur défini pour comparer l'impact de chaque gaz à effet de serre sur le réchauffement global, sur une période de 100 ans. Il est exprimé en équivalent CO₂. Par définition, le PRG du CO₂ est toujours égal à 1. Les coefficients utilisés dans ce diagnostic sont ceux issus du cinquième rapport d'évaluation du GIEC, le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, paru en 2013 (CO₂=1, CH₄=28, N₂O=265). Les gaz fluorés ne sont pas comptabilisés (entre 1 et 2% des émissions de GES en teqCO₂).

Les évolutions et les sources d'émission de GES :

Au total, **23 millions de Tonnes équivalent CO₂ (kteq CO₂) de GES** ont été émises durant l'année 2015 sur l'ensemble de l'aire métropolitaine. Cela représente **12,5 tonnes par habitant et par an (contre 8,4 en PACA et 6,9 en France en 2014), soit 55% des émissions totales de la région** de la même année.

La part combinée du méthane CH₄ et du N₂O, représentative de l'impact de l'activité agricole, compte pour seulement 3,1% des émissions métropolitaines.

Secteur	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kteq CO ₂)	N ₂ O (kteq CO ₂)	PRG100* total
Industrie	15285	17	61	15362
Résidentiel	1466	24	6	1496
Tertiaire	588	1	5	594
Agriculture	40	42	31	113
Transport routier	4012	2	32	4046
Autres transports	542	1	4	547
Déchets	444	461	26	931
TOTAL	22377	548	164	23088

Figure 14 : Bilan métropolitain des émissions de GES en 2015, hors UTCF et gaz fluorés – Source: ATMOSud 2018

Le secteur industriel représente à lui seul 67% des émissions de GES sur l'aire métropolitaine. Le secteur des transports routiers est le second poste d'émissions, avec 4 046 kteq CO₂. Le secteur résidentiel représente le troisième poste d'émissions, avec 1 496 kteq CO₂.

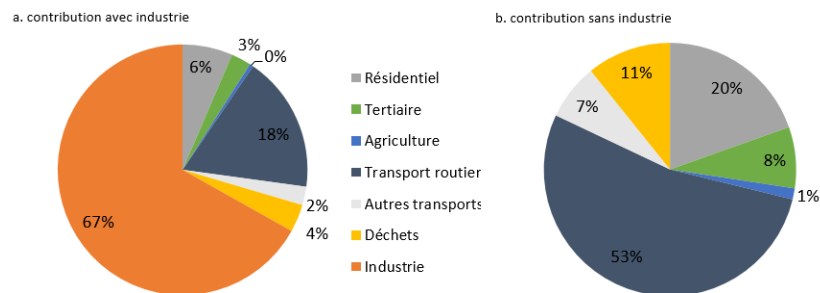


Figure 15 : Contribution des différents secteurs d'activité aux émissions de GES, hors UTCF et gaz fluorés – Source: ATMOSud 2018

L'analyse de l'évolution des émissions de GES montre une baisse de 5% entre 2007 et 2015. Celle-ci est essentiellement portée par une diminution dans le secteur industriel (-3,7%), qui même si elle apparaît faible en valeur relative, fait baisser de manière visible les émissions par son poids important dans l'ensemble.

Les émissions diminuent sensiblement entre 2007 et 2010, avant de repartir à la hausse jusqu'en 2014. Cela peut s'expliquer par l'impact de la crise économique de 2008 sur les activités industrielles. Les émissions du secteur résidentiel et du secteur tertiaire diminuent respectivement de 13,2% et de 9,5% entre 2007 et 2015. Les émissions du secteur des déchets montrent la plus forte baisse (-36%). Les émissions du transport routier restent stables, l'impact des nouvelles motorisations moins émettrices étant contrebalancé par l'augmentation générale du trafic. Les émissions des autres transports sont les seules qui augmentent (+10%), portées par l'augmentation des émissions du transport aérien (+74% depuis 2007).

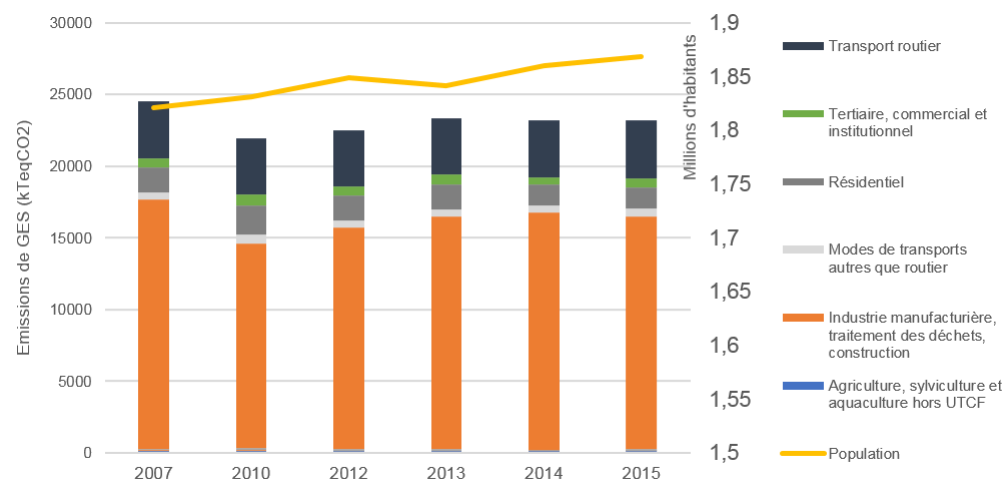


Figure 16 : Évolution des émissions métropolitaines de GES depuis 2007, hors UTCF et gaz fluorés, en kilotonnes équivalent CO₂ – Source : ATMOSud 2018

Quand on rapporte les émissions de GES du territoire au nombre d'habitants (Figure 17) on peut voir que la tendance depuis 2007 suit relativement celle des émissions globales avec une forte baisse entre 2007 et 2010 puis une relative stagnation depuis 2013.

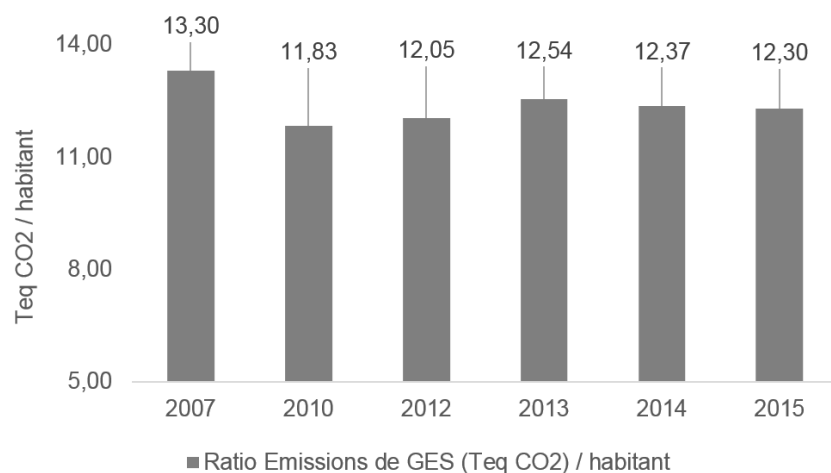


Figure 17 : Ratio des émissions de GES du territoire rapportées au nombre d'habitant - Source: INSEE et ATMOSud

La carte qui suit fait apparaître la distribution communale des émissions de GES (ramenées au km²) de la Métropole en 2015. On peut voir que la grande majorité des émissions de GES se situe au sein de la partie Sud de la Métropole. Essentiellement, ces émissions se concentrent sur les grands pôles industriels que sont le pourtour Est de l'Étang de Berre et Fos-sur-Mer. On remarque aussi l'importance du bassin Marseillais et ses environs (les Pennes Mirabeau, Septèmes les Vallons).

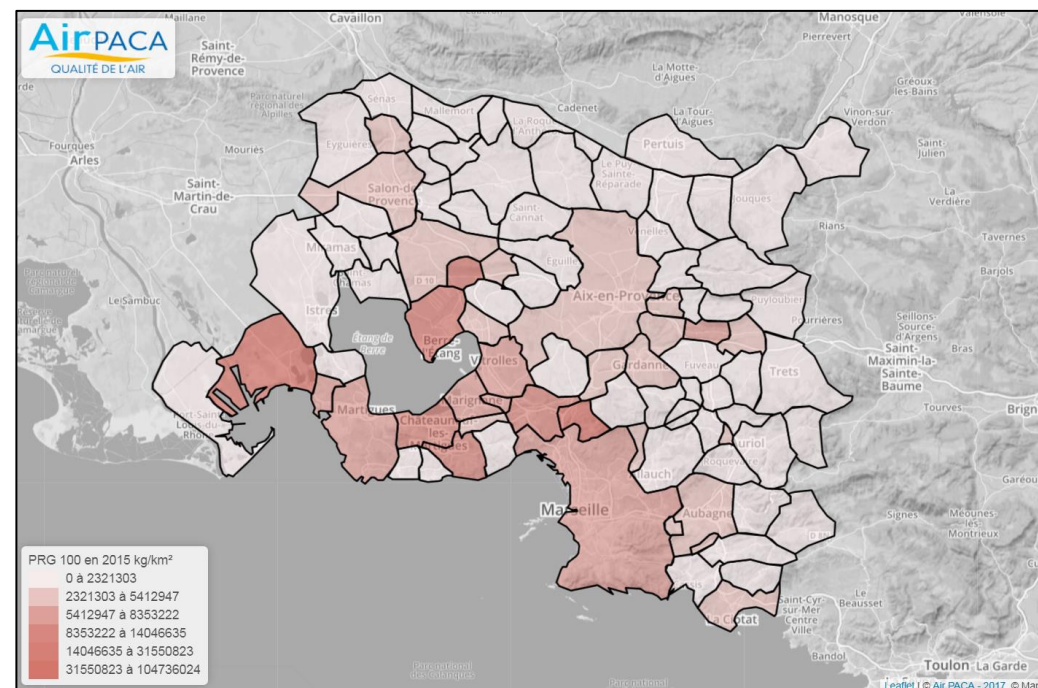


Figure 18 : Répartition des émissions de GES sur le territoire de la Métropole en 2015 – Source : Base de données CIGALE - ATMOSud ORECA

3.1 La séquestration du dioxyde de carbone dans les sols agricoles et les forêts de la Métropole

Cette étude fait un point sur la capacité de séquestration du carbone dans les sols agricoles et forestiers de la Métropole Aix-Marseille-Provence aujourd'hui.

3.1.1 Le rôle potentiel des sols agricoles et des forêts dans l'atténuation des gaz à effet de serre

Réduire les émissions de GES est une piste pour lutter contre le changement climatique. Augmenter la quantité de dioxyde de carbone dans les sols agricoles et forestiers est l'une des alternatives crédibles qui consiste à renforcer le puits de carbone. Optimiser les pratiques agricoles et forestières, privilégier certaines variétés culturales et espèces forestières, choisir des occupations du sol susceptibles de stocker plus de carbone sont des actions qui renforcent l'atténuation des GES, mais aussi de manière directe ou indirecte l'adaptation au changement climatique. Accumuler des matières organiques dans les sols est donc une orientation vers laquelle les collectivités territoriales doivent tendre de manière réglementaire (EPCI obligés) et/ou volontaires pour celles qui veulent s'engager de manière solidaire. La matière organique est la principale forme de stockage du carbone. Elle est constituée d'organes (racines, feuilles...) et organismes morts, de déjections animales et de rhizodéposition¹ dont la source provient des « molécules organiques excrétées par les racines dans le sol ». La matière organique inclut également la biomasse microbienne. Le stockage définitif n'est pas possible dans la mesure où la matière organique morte subit des « biotransformations (décomposition et finalement minéralisation par des micro-organismes, avec libération de CO₂) ». La vitesse de ces transformations dépend de « la composition de la matière organique et des conditions physico-chimiques locales (humidité, température, oxygène...) ».

Toute matière organique est « à terme minéralisée » ce qui empêche le stockage définitif. La durée de stockage du carbone organique dans les sols n'excède pas en moyenne quelques décennies, mais les pas de temps sont très variables (de quelques heures à plusieurs millénaires). Cette durée dépend notamment de la « vitesse du processus de minéralisation par lequel le carbone organique est finalement restitué à l'atmosphère sous forme de CO₂ ».

Selon l'Institut national de la recherche agronomique (Inra), les « sols mondiaux contiennent près de 1 500 milliards de tonnes de carbone organique ». Le potentiel des sols est donc considérable et toute augmentation relative du stockage est la bienvenue pour limiter le flux net (déperdition) de GES vers l'atmosphère. **L'enjeu est à la fois de réduire les émissions de GES, contenir le carbone piégé dans les sols et contribuer à la hausse du carbone séquestré dans les sols agricoles et forestiers à court, moyen et long terme.** Parallèlement, les espaces habités et urbanisés doivent aussi jouer un rôle pour démultiplier les effets de la séquestration du carbone. Il est important de comprendre que le stockage temporaire peut s'avérer bénéfique, mais qu'il faut avant tout privilégier les pratiques qui accroissent la durée de stockage du carbone organique dans les sols. Viser le long terme est la priorité malgré la durée relative de stockage, même si les mesures à court terme ne sont pas à négliger selon le cas.

Vu le contexte du changement climatique et la dynamique des territoires urbains, périurbains et ruraux en France, il devient essentiel de repenser les pratiques agricoles et forestières, et proposer des pistes permettant l'accumulation du carbone organique dans les sols. L'objectif est de limiter l'effet de serre et ainsi de contribuer à l'effort collectif à l'échelle mondiale. Ces nouvelles pratiques doivent être réalistes à tous les niveaux (technique, économique, social, politique...) afin de les rendre acceptables par tous.

Les enjeux sont majeurs d'autant que le « Protocole de Kyoto, ratifié en mai 2002 par les pays de l'Union européenne, autorise les pays signataires à décompter de leurs émissions de GES la séquestration de GES induite par des "activités supplémentaires". Ces activités visent principalement le piégeage de carbone dans la biomasse et dans les sols. Elles concernent d'une part les opérations de boisement, d'autre part le secteur agricole et la gestion forestière ("utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie") ». La France s'est

¹ Injections de composés organiques, directement dans le substrat via les racines des plantes vivantes

d'ailleurs engagée à maintenir ses émissions de GES à leur niveau de 1990. Cet engagement vise donc une stabilisation par rapport à une date cible, malgré l'évolution démographique et les émissions anthropiques ces prochaines décennies à l'échelle nationale et globale.

Voici quelques ordres de grandeur à retenir :

- Selon le rapport de l'Inra, les « activités agricoles et forestières sont responsables de 16 % des émissions brutes de GES en France, soit près de 24 mégatonnes équivalent charbon (MTec). Ces deux secteurs assurent en contrepartie une fixation nette de CO₂, estimée à 15 MTec par an ;
- Les sols des territoires métropolitains français stockent environ 3 milliards de tonnes de carbone. Les émissions annuelles brutes (en équivalent CO₂) sont proches de 148 millions de tonnes par an, soit environ 4,9 % des stocks dans les sols. Une augmentation de ces stocks de 0,2 % par an (6 Mt) permettrait de compenser 4 % des émissions brutes annuelles de GES, ou un quart environ des émissions des secteurs agricole et forestier. En ce sens, l'initiative « 4 pour 1000 » (Figure 19), lancée par un collectif (États, collectivités territoriales, entreprises, organisations professionnelles, ONG, laboratoires de la recherche...) le 1er décembre 2015 à l'occasion de la COP 21 à Paris, a l'objectif de démontrer que les sols agricoles notamment « peuvent jouer un rôle crucial pour la sécurité alimentaire et le changement climatique. Il faut savoir que plus de la moitié de la superficie terrestre susceptible d'être couverte de végétation est utilisée pour l'agriculture (cultures ou prairies). Un taux de croissance annuel du stock de carbone dans les sols de 0,4 %, soit 4‰ par an, permettrait de stopper l'augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère liée aux activités humaines ». Le levier passe par le développement de l'agroécologie, l'agroforesterie, l'agriculture de conservation, la gestion des paysages... Ce type de pratiques a aussi l'avantage d'améliorer la fertilité des sols et la production agricole, d'éviter la dégradation des sols néfaste pour la sécurité alimentaire dans le monde

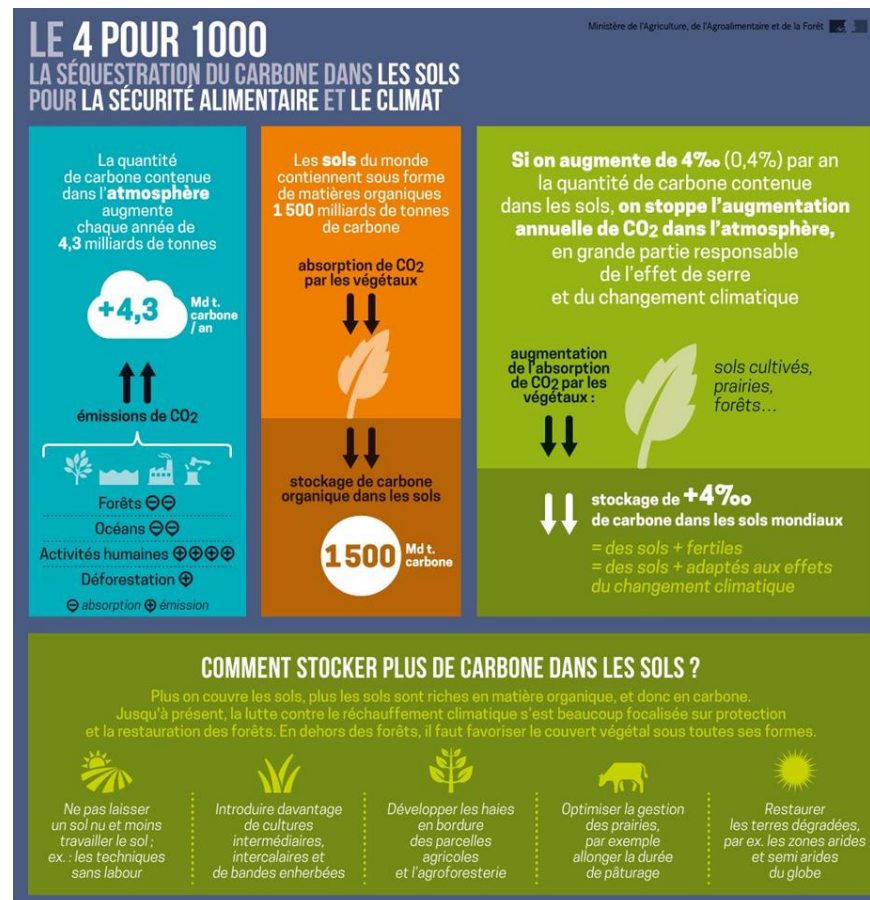


Figure 19 : L'initiative 4 pour 1000 lancée lors de la COP 21

Espaces forestiers et agricoles sur le territoire de la métropole Aix-Marseille-Provence (Métropole Aix Marseille Provence)

Les espaces forestiers et agricoles sont deux environnements où les stocks de carbone sont potentiellement les plus élevés, et où les actions de gestion des stocks sont bien connues (Arrouays *et al.*, 2002).

Les forêts (33 % de la surface totale de la Métropole Aix Marseille Provence) sont implantées principalement sur les nombreux chaînons calcaires du territoire. Lorsque la forêt est moins dense, elle laisse place à un paysage de garrigues largement répandu sur le territoire car il est très adapté au climat méditerranéen. Malgré une importante superficie couverte par la végétation, les horizons superficiels (premiers centimètres des sols) sont assez peu développés (faible taux de matière organique). Ces environnements calcaires sont soumis aux aléas inondation et incendie qui induisent une forte érosion des sols ne facilitant pas une implantation durable de la végétation.

Les territoires agricoles occupent aujourd'hui un peu moins d'un quart de la surface du territoire. Ils comprennent les cultures permanentes, les terres arables, les zones agricoles complexes ou en mutations, et les prairies. Les prairies de type agricole représentent un stock potentiel de carbone élevé mais ne représentent que 3 % de la superficie totale de la Métropole Aix Marseille Provence. Quant aux autres classes agricoles, elles présentent un stock potentiel moyen mais sont des zones à fort potentiel. En effet, modifier leur affectation en terres arables, par exemple, ne présente pas d'obstacles majeurs.

3.1.2 Estimation de la séquestration du carbone à l'échelle de la métropole

Ce chapitre aborde l'estimation de la séquestration du carbone sur le territoire métropolitain avec l'outil ALDO de l'ADEME.



Cornillon, ©Caroline Chevalier

3.1.2.1.1 Calcul des stocks de carbone

Le calcul des stocks de référence de carbone prend en compte d'un côté « l'occupation des sols » (hors produits bois) et de l'autre « les produits bois ».

Collecte de stocks de carbone de référence

Concernant l'occupation des sols, des stocks de référence (exprimés en tonnes carbone par hectare²: tC/ha) ont été définis pour chacun des réservoirs de carbone suivants : sol, litière, biomasse aérienne et racinaire. Les données des stocks de

3.1.2.1 Présentation de l'outil ALDO

ALDO a été conçu par Léna Perez, Miriam Buitrago et Thomas Englin (ADEME), dans le but de réaliser une « estimation des stocks et des flux de carbone des sols et forêts, liés aux changements d'affectation des sols et aux pratiques agricoles à l'échelle d'un EPCI » (ADEME, 2018). À partir de nombreuses bases de données (ADEME, Gis Sol, IGN, CITEPA), des valeurs de stock et de flux de carbone ont été calculées et référencées pour chaque type d'occupation des sols (typologie déterminée à partir de Corine Land Cover) et pour chaque EPCI français. Ainsi, à partir d'une multiplication de la surface d'un type d'occupation des sols par la valeur de référence de stock ou de flux de CO₂ qui lui est attribué, trois paramètres peuvent être calculés :

- l'état des stocks de carbone des sols et de la litière, de la biomasse et des produits bois en fonction de l'aménagement de son territoire (occupation du sol) ;
- la dynamique actuelle de stockage ou de déstockage liée aux changements d'affectation des sols, aux forêts et aux produits bois en tenant compte du niveau actuel des prélèvements de biomasse ;
- les potentiels de séquestration nette de CO₂ liés à diverses pratiques agricoles pouvant être mises en place sur le territoire (ADEME, 2018)

carbone des sols ont été obtenues à partir des travaux du Gis Sol et du réseau de mesure de la qualité des sols RMQS (échantillonnage réalisé entre 2001 et 2011) ; celles de la litière à partir du compte rendu de l'Académie d'agriculture de France (Vol. 85, n°6, 1999) ; celles de la biomasse hors forêts des travaux de l'IFN/FCBA/SOLAGRO

« Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020 » (novembre 2009) ; celles de la biomasse racinaire des travaux de l'IGN « Puits de CO₂ des forêts françaises » (volet 1, 2018), disponibles à l'échelle des grandes régions écologiques (GRECO). Les données des stocks de carbone des produits bois

² La tonne équivalent carbone (teq CO₂) est une unité permettant d'établir des bilans GES en comparant des gaz qui n'ont pas le même impact sur l'effet de serre

(exprimées en teq CO_2) correspondent au sciage (bois d'œuvre), aux panneaux et papiers (bois d'industrie). Elles proviennent des estimations du CITEPA (2018) à l'échelle de la France.

Représentation de l'occupation des sols

À partir de la base de données Corine Land Cover (CLC), l'outil ALDO dispose d'une représentation de l'occupation des sols des EPCI français en 2006 et en 2012. Les surfaces sont exprimées en hectare et en pourcentage à l'échelle de l'EPCI. Les surfaces des différents types de forêt (feuillus, mixtes, conifères, peupleraies) sont calculées à partir de la BD forêt de l'IGN (2012-2016). Les surfaces des haies (associées aux activités agricoles) sont issues du croisement des données du registre parcellaire graphique (2012) et de la couche végétation de la BD TOPO de l'IGN, réalisé par l'Observatoire du développement rural de l'Inra (2018)³. Des estimations théoriques des récoltes totales en bois (bois d'œuvre et bois d'industrie) ont été calculées à l'échelle de la France et de l'EPCI en prenant en compte les pertes d'exploitation.

Calcul du stock total de carbone

Le stock de carbone par occupation de sol est obtenu par le produit du stock de référence et de la surface de l'occupation du sol (Figure 20). La distribution du stock de carbone des produits bois français par EPCI est calculée selon l'approche consommation (répartition selon habitants) : le stock de carbone des produits bois de l'EPCI est obtenu en multipliant le stock national de produits par la part de l'EPCI dans la population nationale. Enfin, le stock total de carbone (en tC et teq CO_2) est calculé à l'échelle de l'EPCI par addition des stocks totaux de chaque occupation du sol et au sein de chaque réservoir.

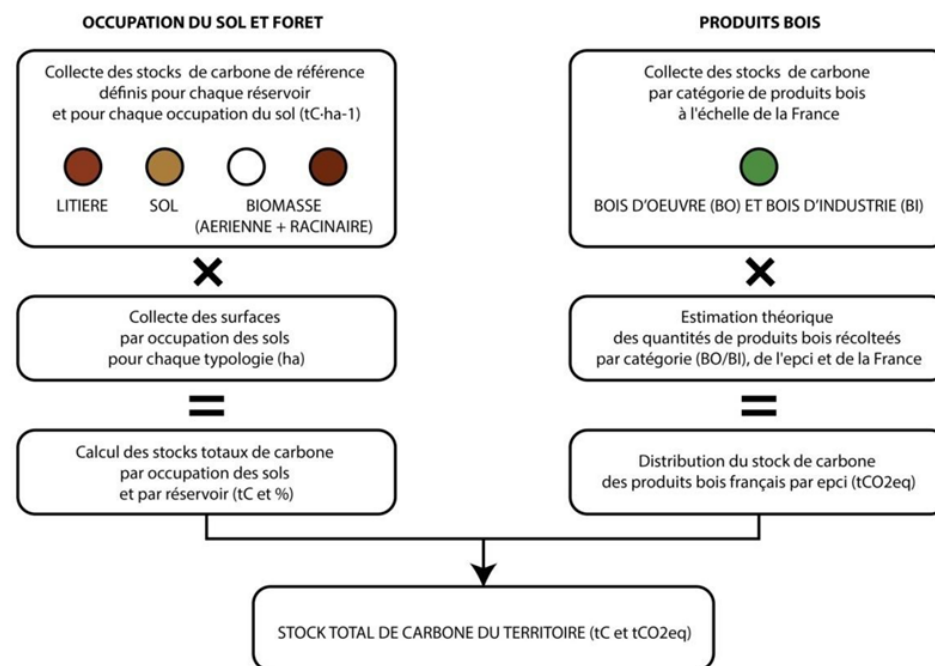


Figure 20 : Méthode d'estimation du stock de carbone par occupation du sol à l'échelle de l'EPCI (d'après ADEME, 2018)

3.1.2.1.2 Calcul des flux de carbone

Le calcul des flux de référence de carbone distingue également l'occupation des sols (hors produits bois) des produits bois. Le flux de carbone de référence est une variation de stock entre une occupation du sol initiale et une occupation du sol finale par hectare pour les stockages et déstockages immédiats, et par hectare et par an pour les stockages et déstockages progressifs. Pour la biomasse forestière, les flux de

³ Les surfaces de haie sont entachées d'incertitudes en raison d'un changement de nomenclature de la BD TOPO entre sa création et aujourd'hui (ADEME, 2018)

référence sont calculés en soustrayant à la production biologique des forêts la mortalité et les prélèvements de bois.

Collecte de flux de carbone de référence

Concernant l'occupation des sols, comme pour les stocks, des flux de référence unitaire (exprimés en tC/ha/an ou tC/ha) ont été définis pour le sol, la litière, la biomasse aérienne et racinaire. Les données des flux de carbone des sols par changement d'affectation des sols et par zone pédoclimatique ont été obtenues à partir de la méthode de calcul développée par l'Inra dans Arrouays *et al.* (2002) ; celles de la litière et de la biomasse aérienne et racinaire hors forêts à partir des données nationales du CITEPA (guide Ominea, 2017) ; celles de la biomasse aérienne et racinaire des forêts à partir de l'inventaire forestier 2012-2016 de l'IGN (2018), disponibles à l'échelle des GRECO⁴. Concernant les données des flux de carbone dans les produits bois (exprimé en teq CO₂/an), elles correspondent aux estimations du CITEPA (guide Ominea, 2017).

Variations des surfaces et changement d'affectation des terres

Les variations de surfaces associées à chaque changement d'affectation du sol sont basées sur les changements observés entre les base données Corine Land Cover de 2006 et 2012. Pour les produits bois (bois d'œuvre et bois d'industrie), les récoltes totales sont calculées à l'échelle de la France et de l'EPCI en prenant en compte les pertes d'exploitation. Celles-ci proviennent de données de prélèvements fournies par l'IGN croisées avec des proportions de récolte par catégorie de bois (BO/BI) régionales fournies par l'Agreste.

Calculs des flux de carbone par changement d'occupation des sols et par réservoir

Les flux totaux de carbone par changement d'occupation du sol par rapport à la composition forestière sont obtenus par le produit des flux unitaires en tC/ha/an ou tC/ha avec les variations de surfaces (ha/an) associées à chaque changement d'occupation du sol/occupation forestière correspondante (Figure 21). Le flux de CO₂ lié aux produits bois de l'EPCI est estimé par l'approche consommation (répartition selon nombre d'habitants) consistant à multiplier le stock national de produits par la

part de l'EPCI dans la population nationale. Enfin, les flux totaux de carbone (exprimés en tC et teq CO₂) sont calculés par addition des flux totaux de chaque changement d'occupation du sol ou composition forestière et évolution des stocks de produits bois pour l'EPCI.

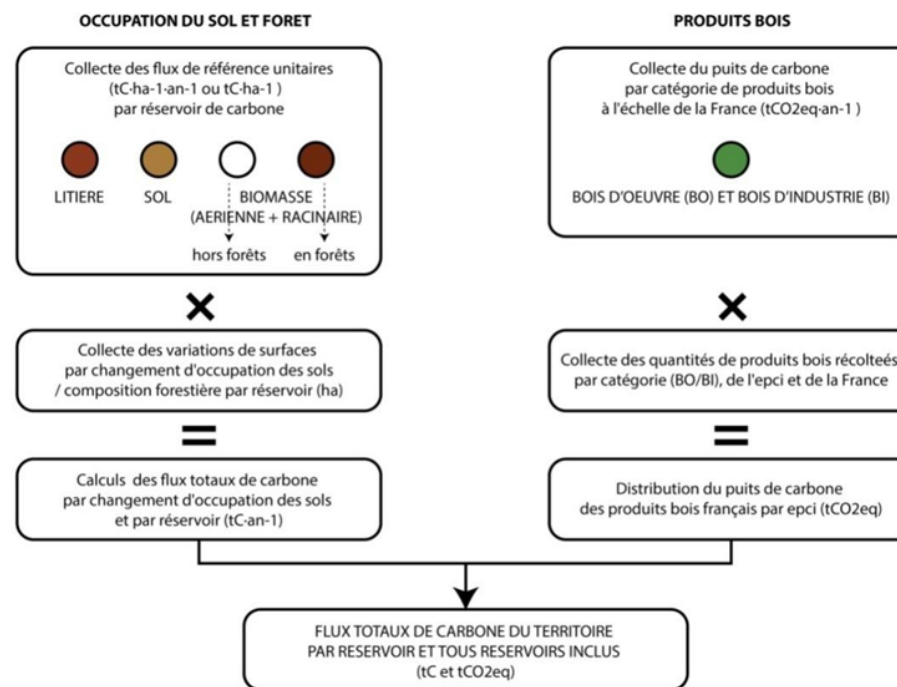


Figure 21 : Méthode d'estimation du flux de carbone par occupation du sol à l'échelle de l'EPCI (d'après ADEME, 2018)

⁴ Pour la biomasse forestière, Les flux de référence sont calculés en soustrayant à la production biologique des forêts la mortalité et les prélèvements de bois (ADEME, 2018)

3.1.2.1.3 Pratiques agricoles

Diverses pratiques agricoles favorisant un accroissement potentiel des stocks de carbone des réservoirs sol et biomasse sont désormais identifiées. Mais l'impact de ces pratiques sur d'autres postes du bilan GES, comme les consommations d'énergies, les émissions de N₂O et de CH₄, et le potentiel de production d'énergies renouvelables, est à prendre en compte. Pour cela, l'outil ALDO s'est basé sur l'étude de l'Inra « *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ?* » prenant en compte le potentiel d'accroissement des stocks de carbone, le potentiel d'atténuation d'autres GES, le coût technique de ces pratiques...

Au final, un flux de séquestration (en tC/ha) est estimé (Figure 22) en multipliant la surface associée à chaque pratique (à partir de données locales) par les valeurs de références nationales d'accroissement des stocks de carbone en tonnes par hectare et par an pour les réservoirs sol et biomasse. Cet accroissement dure 20 ans avant atteinte d'une saturation.

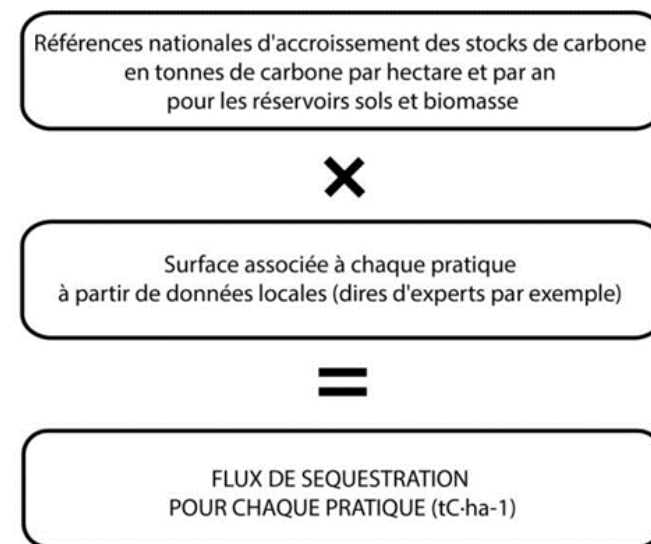


Figure 22 : Méthode d'estimation du flux de carbone par occupation du sol à l'échelle de l'EPCI (d'après ADEME, 2018)

3.1.2.1.4 Dendrométrie

Les données dendrométriques⁵ sont compilées dans l'outil ALDO par composition forestière (par hectare) représentative de la grande région écologique (GRECO) de l'EPCI pour les peuplements de conifères, feuillus et mixtes, et par bassin populaire pour les peupleraies (IGN, 2018).

⁵ La dendrométrie consiste à suivre l'évolution du diamètre des arbres

3.1.2.2 Estimation de la séquestration du carbone sur la période actuelle récente à l'échelle de la Métropole Aix-Marseille-Provence

Afin de mieux saisir l'importance des données d'entrée, les stocks de carbone dans le sol et la biomasse sont comparés entre CLC 2012 et OCSOL 2014.

3.1.2.2.1 Comparaison des surfaces par occupation des sols entre Corine Land Cover 2012 et l'OCSOL régionale 2014

Par défaut, l'outil ALDO utilise les surfaces d'occupation des sols disponibles dans CLC 2012, dont la résolution spatiale est de 25 ha. **Afin d'affiner les estimations réalisées par ALDO, des tests ont été réalisés en utilisant la base de données régionale OCSOL 2014 réalisée par le Centre régional d'information géographique régional (CRIGE PACA), disponible au 1/50 000^{ème}.** Pour comparer les stocks et flux de carbone calculés à partir des différentes bases d'occupation des sols, des correspondances entre les typologies, des bases de données d'occupation du sol ont été créées.

Concernant la typologie sol (Figure 23, A), il existe de grands écarts entre CLC 2012 et l'OCSOL 2014 au niveau des classes « cultures » et « sols artificiels enherbés ». Pour la typologie biomasse (Figure 23, B), de forts écarts sont constatés au niveau des classes « cultures », « forêts mixtes » et « sols artificiels arbustifs ». Les surfaces agricoles données par CLC 2012 sont largement surestimées (deux fois plus) par rapport à celles données par l'OCSOL 2014. En revanche, CLC 2012 sous-estime largement la surface couverte par des sols artificiels enherbés par rapport à l'OCSOL 2014. **Malgré ces écarts, l'occupation des sols totale calculée à l'échelle de la Métropole Aix-Marseille-Provence à partir de CLC 2012 est de 309 997 ha contre 305 264 ha à partir de l'OCSOL 2014, soit un écart de 4733 ha (moins de 2 % de la surface totale de la métropole AMP).**

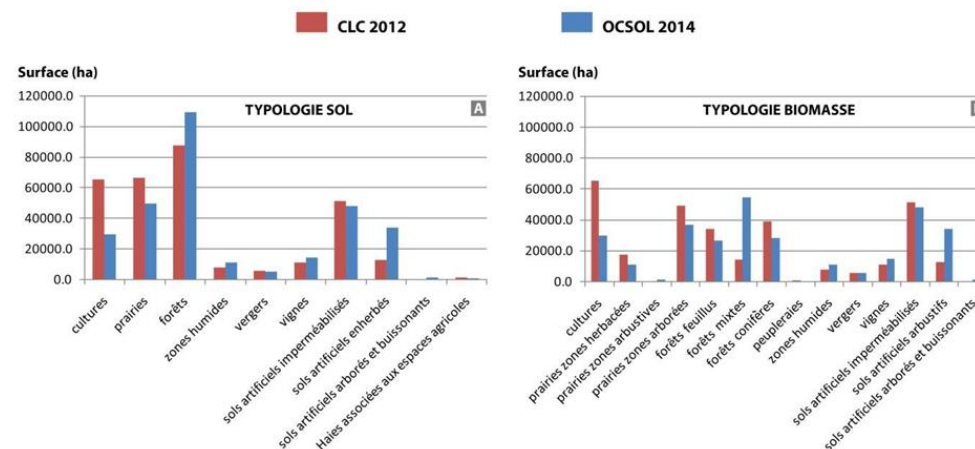


Figure 23 : Surface par occupation du sol de la Métropole AMP (tous réservoirs inclus) en tC/ha entre CLC 2012 et l'OCSOL 2014 pour les typologies sol et biomasse

Ces différences ne reflètent pas un réel recul des surfaces agricoles ou une augmentation des forêts mixtes entre 2012 et 2014, mais peuvent probablement s'expliquer par la différence de résolution spatiale des images satellitaires⁶ ayant permis de constituer les bases de données ainsi que les chaînes de traitements utilisées pour caractériser l'occupation des sols. De plus, CLC 2012 reflète peu le phénomène de mitage très répandu en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, alors qu'il est représenté dans l'OCSOL 2014 par la classe « Espaces de bâtis diffus et autres bâtis » recensant les zones de concentration de bâtiments en dehors des centres urbains, dispersées dans les zones agricoles et naturelles. Ainsi, sont soustraits des surfaces agricoles ces espaces bâtis dans CLC 2012. **Le mitage urbain qui traduit une réalité terrain est donc représenté dans OCSOL 2014 et non dans CLC.**

Les chiffres présentés par la base de données OCSOL 2014 s'avère être pour l'instant la plus précise à disposition des observateurs métropolitain, notamment sur les postes liés à l'agriculture.

⁶ Image SPOT (6 m de résolution spatiale) pour l'OCSOL2014 et image LANDSAT (30 m de résolution spatiale) pour Corine Land Cover

3.1.2.2.2 Stocks de carbone de référence estimés par occupation des sols

À l'échelle du territoire métropolitain, les occupations des sols (Figure 24) qui présentent le plus fort potentiel de stockage (> 100 tC/ha) sont les forêts (toutes catégories confondues), les prairies arborées, les zones humides et les espaces artificiels enherbés (dépendant du rapport entre les surfaces enherbées et imperméabilisées). À l'inverse, les occupations des sols peu « stockantes » sont les sols totalement imperméabilisés, les cultures, les vergers et les vignobles. Toutefois, la mixité de différentes pratiques, comme l'agroforesterie, permet d'augmenter le potentiel de stockage.

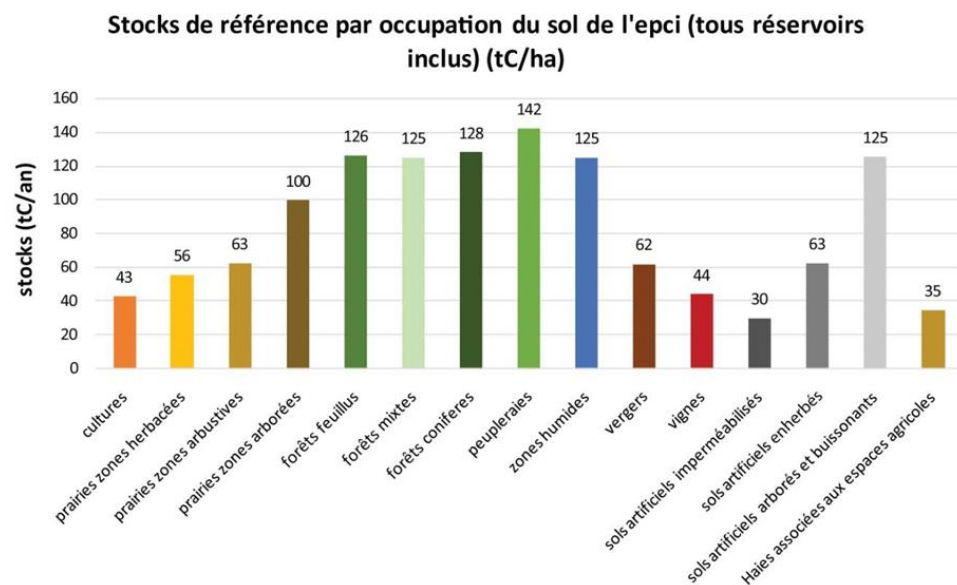


Figure 24 : Stocks de référence (tC/ha) par occupation du sol de la Métropole Aix-Marseille-Provence (tous réservoirs inclus)

3.1.2.2.3 Comparaison des stocks estimés par occupation des sols et par réservoir entre CLC 2012 et l'OCSOL 2014

Les différences dans la répartition des stocks de carbone (hors produits bois) dans les sols et la litière⁷, par occupation des sols à l'échelle de la métropole (Figure 25), proviennent des écarts de surface présentés précédemment. Ainsi, 12 % du carbone est stocké dans les sols agricoles d'après CLC 2012 (21 % de la surface totale) contre seulement 5 % d'après l'OCSOL 2014 (10 % de la surface totale). D'après CLC 2012, les prairies stockent près d'un quart du carbone à l'échelle de la métropole contre 17 % d'après l'OCSOL 2014. **Les prairies sont donc très « stockantes »** puisqu'elles représentent moins de 6 % de la surface totale. **Les surfaces forestières stockent environ la moitié du carbone du territoire** quelle que soit la base de données prise en compte (CLC 2012 : 47 % ; OCSOL 2014 : 54 %). Toutefois, la répartition du carbone par type de forêt est assez différente avec notamment 27 % du carbone stockés dans les forêts mixtes d'après l'OCSOL 2014 contre seulement 8 % d'après CLC 2012. Quant aux zones humides, malgré un stockage potentiel élevé (environ 125 tC/ha), elles présentent une trop faible surface (< 4 % de la surface totale) pour être considéré actuellement comme un environnement de stockage du carbone majeur à l'échelle de la métropole. Enfin, les sols artificiels enherbés (20 % d'herbe et 80 % de sols imperméabilisés⁸) représentent jusqu'à 8 % du stock de carbone d'après l'OCSOL 2014.

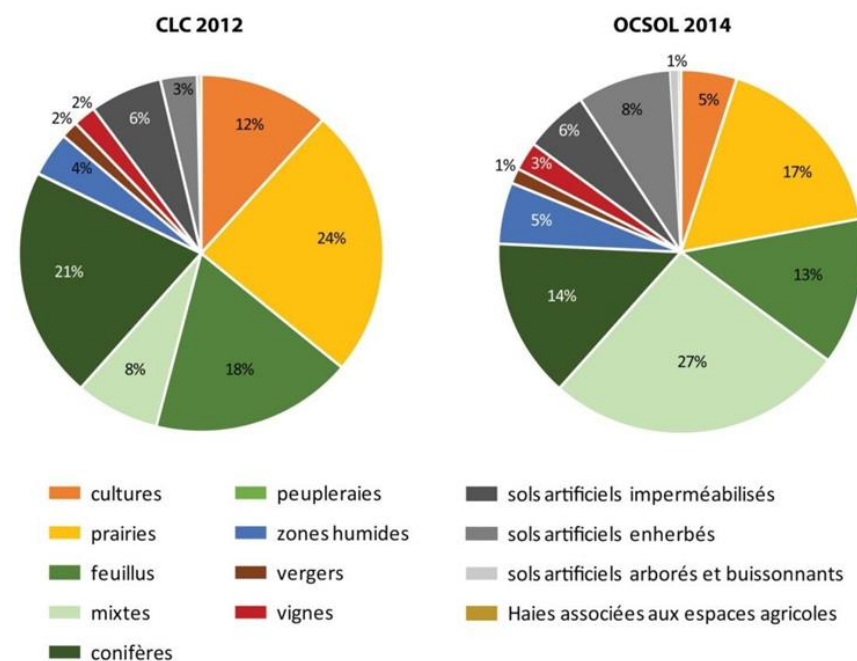


Figure 25 : Répartition en pourcentage des stocks de carbone (hors produits bois) par occupation du sol de l'EPCI. Comparaison des résultats entre Corine Land Cover 2012 et OCSOL 2014

⁷ Les modélisations de stockage du carbone « hors produits bois » et « dans les sols et la litière » présentent des résultats très similaires, d'où le choix de ne présenter qu'un document sur deux.

⁸ Valeurs choisies par défaut

Le stockage (Figure 26) dans la biomasse concerne essentiellement quatre types d'occupation des sols : la prairie (tous types confondus), les forêts mixtes, les forêts de résineux et les forêts de feuillus. Les écarts entre CLC 2012 et OCSOL 2014 sont conséquents notamment au niveau de la prairie et des forêts mixtes.

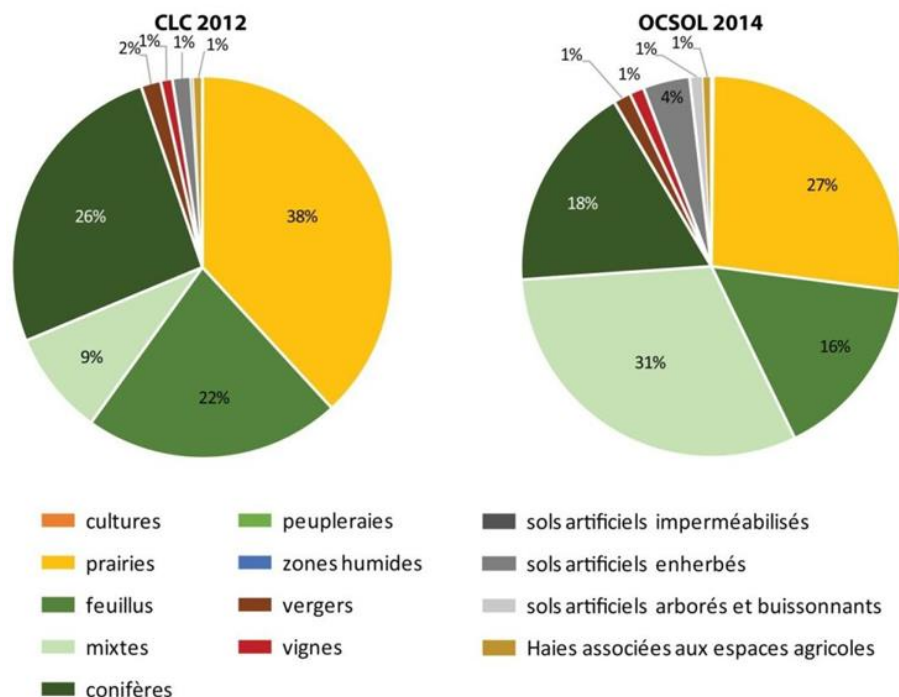


Figure 26 : Répartition en pourcentage des stocks de carbone dans la biomasse par occupation du sol de La Métropole AMP. Comparaison des résultats entre Corine Land Cover 2012 et OCSOL 2014

D'ailleurs, ces dernières représentent le principal poste de stockage du carbone dans la biomasse (31 %) d'après l'OCSOL 2014 contre 9 % d'après CLC 2012. À l'inverse, la prairie (tous types compris) représente 38 % de stock de carbone par la biomasse d'après CLC 2012 contre seulement 27 % d'après OCSOL 2014. Enfin, sur la base d'OCSOL 2014, les sols artificiels enherbés représentent jusqu'à 4 % du stock de carbone par la biomasse, ce qui n'est pas négligeable et qui montre que les milieux

urbanisés non totalement imperméabilisés ont également la capacité de stocker du carbone.

Pour conclure, le potentiel de captage du carbone est réel à l'échelle métropolitaine et il représente un puissant levier pour limiter les gaz à effet de serre dans l'atmosphère et par conséquent les impacts du changement climatique.

Synthèse – enjeux en lien avec le PCAEM :

En 2015, la Métropole Aix-Marseille-Provence est à l'origine de 55% des émissions totales de GES de la région.

Sur le territoire, le secteur industriel est le premier émetteur de GES (67% des émissions), suivi par le secteur des transports routiers, lui-même suivi par secteur résidentiel.

Une approche cadastrale de calcul des émissions permet de constater que l'essentiel des émissions provient des pôles industriels que sont l'Est de l'Etang de Berre et Fos sur Mer.

La Métropole présente un potentiel de captage de carbone important provenant des espaces forestiers et agricoles qui composent son territoire.

Les principaux enjeux du PCAEM seront de :

- Réduire les émissions de GES en agissant sur l'ensemble des secteurs émetteurs.
- Repenser les pratiques agricoles et forestières, et proposer des pistes permettant le maintien et l'accumulation du carbone organique dans les sols.

3.1.3 4.3. Scénarios prospectifs à horizon 2040

Afin d'anticiper l'évolution de la séquestration du carbone à l'échelle du territoire métropolitain, trois scénarios basés sur l'évolution démographique sont proposés. Ils ont l'ambition de montrer que le stockage de carbone peut sensiblement différer selon les modes d'occupation des sols. Pour affiner les résultats, il conviendrait de travailler en lien direct avec les services de la métropole Aix-Marseille-Provence en charge des plans locaux d'urbanisme, du schéma de cohérence territoriale (SCoT), des espaces forestiers et agricoles, de l'environnement, du transport... Une concertation générale permettrait d'ajuster les scénarios prospectifs. Associer les acteurs territoriaux, comme la Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône, AtmoSud, les Communes forestières, l'Office national des forêts, les laboratoires de recherche (Inra ou UMR ESPACE par exemple...), représenterait aussi une plus-value. En attendant, des tendances sont données à titre indicatif à l'horizon 2040, ce qui permet de se projeter sur plus de 20 ans, un délai raisonnable pour les politiques d'aménagement et la gouvernance.

3.1.3.1.1 Trois scénarios basés sur une évolution démographique virtuelle

Entre 1990 et 2009, la métropole AMP a connu une forte croissance démographique : +8000 habitants/an entre 1990 et 1999, et +12 200 hab./an entre 1999 et 2009. Cette dynamique a provoqué le développement de l'urbanisation au détriment des espaces agricoles (recul de deux tiers des surfaces entre 1990 et 2012) et naturels (recul d'un tiers des surfaces entre 1990 et 2012). Aujourd'hui, la métropole Aix-Marseille-Provence est la métropole régionale la plus peuplée de France (Grand Paris : environ 7 000 000 d'habitants) avec une population proche de 1 860 000 habitants (AGAM, 2017). Pourtant, le taux de croissance démographique actuel a largement baissé par rapport aux deux précédentes décennies et est désormais proche de celui de la Région Sud (environ 0,4 %). La MAMP est un territoire qui attire moins et qui est en concurrence avec les autres métropoles, notamment Montpellier Méditerranée et celles de la façade atlantique qui présentent une croissance démographique comprise entre 1 % et 1,7 % entre 2009 et 2014 (AGAM, 2017). Malgré ce ralentissement de la croissance démographique, la dynamique d'urbanisation a

perduré dans le temps avec notamment un phénomène croissant d'étalement urbain et une hausse de la surface allouée aux zones d'activités et zones commerciales. Cet étalement urbain se caractérise par un tissu urbain discontinu, plus ou moins végétalisé, mais également par un mitage agricole dû à l'accaparement des terres arables pour le bâti résidentiel.

Au regard de l'évolution démographique actuelle, des ambitions démographiques de la métropole AMP et de celles du schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), trois scénarios prospectifs à horizon 2040 ont été testés (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Le stockage de carbone a été calculé pour chaque scénario à partir de l'évolution potentielle des surfaces des différentes occupations des sols, l'objectif étant de répondre aux besoins socio-économiques du territoire. L'évolution de l'occupation des sols a été estimée à partir des observations passées (*Atlas de l'environnement*, AGAM, 2017 ; *Dynamiques démographiques*, AGAM, 2017 ; *La Métropole Aix-Marseille-Provence face au défi du changement climatique*, GREC-SUD, 2018) et a été appliquée à l'OCSOL 2014 en prenant en compte la saturation progressive théorique du foncier urbanisable.

Scénario	Objectif de croissance démographique en % et par an	Nombre d'habitants par an	Nombre d'habitants supplémentaires entre 2017 et 2040	Nombre d'habitants en 2040
Scénario 1 : objectif MAMP	+0,8	16 300	374 000	2 234 100
Scénario 2 : objectif SRADDET	+0,55	10 900	250 100	2 110 000
Scénario 3 : dynamique actuelle	+0,4	7 800	180 000	2 040 000

Figure 27 : Scénarios d'évolution démographique à l'échelle du territoire métropolitain à horizon 2040

3.1.3.1.2 Changements d'affectation des sols entre aujourd'hui et 2040 selon les scénarios

Au regard de l'occupation des sols actuelle (Figure 28, OCSOL 2014), une dichotomie nord-sud se dégage à l'échelle du territoire de la MAMP : d'un côté le Pays de Martigues, Marseille, le Pays d'Aubagne et de l'Étoile disposant de peu d'espaces agricoles appropriables par l'urbanisation et qui paraissent voués à une densification des pôles urbains existants ; de l'autre, le Pays d'Aix-en-Provence, le Pays salonais et Istres-Ouest-Provence qui disposent *a contrario* de grandes surfaces agricoles et de terres arables. Toutefois, si les vignobles, les cultures irriguées permanentes et l'arboriculture sont conservés à l'avenir, l'espace urbanisable (en dehors des grands centres urbains et des espaces naturels protégés) se situe entre l'est de Salon-de-Provence, le nord d'Aix-en-Provence et la vallée de la Durance.

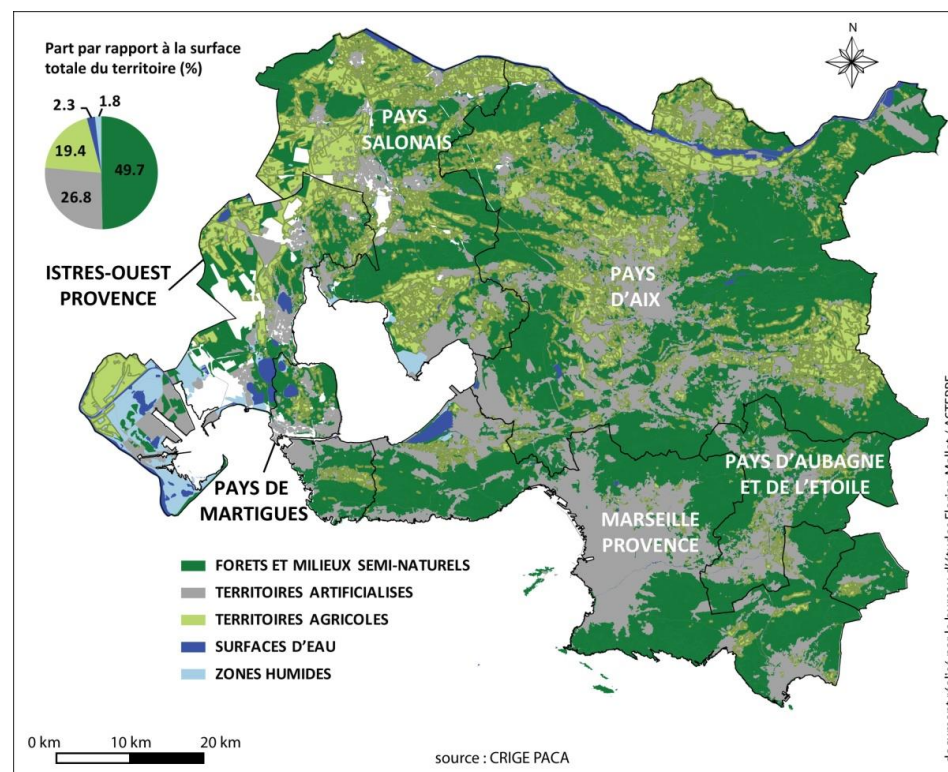


Figure 28. Représentation simplifiée (niveau 1) de l'OCSOL 2014 à l'échelle de la MAMP

La section suivante présente les grandes lignes de mutations de l'espace métropolitain, scénario par scénario. Le détail des variations de surface (positive ou négative) par occupation du sol est précisé dans la

Figure 29. Les changements d'affectation des sols en surface et entre occupation du sol par scénario sont donnés en **Erreur ! Source du renvoi introuvable..** Cette phase est purement exploratoire et les pourcentages d'évolution de l'occupation des sols proposés ici sont hypothétiques. Enfin, pour éviter d'accroître les incertitudes liées aux changements d'occupation des sols, les écarts bruts de stock et de flux entre 2017 et

2040 sont calculés sans incrémenter les évolutions année après année. En privilégiant un comparatif entre deux horizons (2017 et 2040), les incertitudes ne concernent que les surfaces soumises à un changement d'affectation des sols entre deux dates.

Les trois types de scénarios prospectifs à l'étude :

- scénario 1, objectif démographique de la MAMP : une croissance démographique de 0,8 % par an reviendrait à accueillir environ 374 000 nouveaux habitants à horizon 2040, ce qui aggraverait l'étalement urbain, si les logiques urbaines, foncières, économiques, environnementales, politiques, et en conséquence les besoins et contraintes des habitants ne bifurquent pas. Pour atteindre cet objectif, une mutation de 10 % de la surface totale de la métropole permettrait d'absorber cette croissance démographique. Ce chiffre de 10 % représente une surface de 300 km² (soit la surface cumulée des villes de Marseille et d'Aubagne) qui serait urbanisée au détriment des terres arables et des piémonts arbustifs (prairies, garrigues) et forestiers non protégés ayant une faible valeur patrimoniale. Si les centres urbains actuels ne se densifient pas et si les nouveaux arrivants s'installent sur ces 300 km², la densité de cette « nouvelle » population serait d'environ 1250 hab./km² ;
- scénario 2, objectif démographique du SRADDET : une croissance démographique de 0,55 % par an (objectif SRADDET) se traduirait par l'arrivée d'environ 250 100 nouveaux habitants à horizon 2040. Dans ce scénario, la densification et la verticalité des pôles urbains seraient encouragées afin de limiter le grignotage des espaces agricoles, forestiers et semi-naturels, l'étalement urbain, le transport (domicile-travail, domicile-commerce, domicile-santé par exemple)... Dans ces conditions théoriques qui exigeraient de repenser les espaces métropolitains, notamment la ville et ses réseaux périphériques multi-échelles, de privilégier des mutations favorisant la réduction des émissions de GES, d'économiser de l'espace, il serait nécessaire d'urbaniser 1 % du territoire métropolitain, soit environ 30 km², la superficie de Sénas, Fuveau ou encore La Ciotat. Ce scénario n'affecte pas les espaces naturels actuels, mais accroît la densité de la population au cœur des pôles urbains tout en augmentant la surface des espaces verts en milieu urbain. Les 30 km² urbanisés couvriraient des terres agricoles les moins fertiles. En termes d'emprise géographique, ce scénario ne révolutionnerait pas la situation actuelle, même si l'urbanisation gagnait en réalité 2 ou 3 % ;

- scénario 3, dynamique démographique ajustée : une croissance démographique de 0,4 % par an (tendance actuelle) porterait la population totale à environ 2 040 000 habitants en 2040 soit 180 000 habitants supplémentaires par rapport à 2017. À l'inverse du scénario 1, celui-ci préconise une augmentation de la surface occupée par les espaces naturels au détriment des espaces imperméabilisés. Pour cela, les objectifs principaux sont de mettre en place une politique de densification urbaine ambitieuse (verticalité, occupation des logements vides dans les cœurs urbains...). Afin de lutter contre l'étalement urbain, d'augmenter la nature en ville en favorisant les parcs urbains, l'agriculture urbaine, les jardins partagés, et de transformer en espaces naturels (notamment ceux qui stockent le plus de carbone dans les sols et la biomasse : forêts et prairies arbustives) les friches industrielles ou les espaces industriels jouant un rôle mineur ou marginal dans le dynamisme économique et social de la métropole et par extension de la Région Sud. Cette démarche vise à atténuer de manière forte les émissions de GES en augmentant d'au moins 10 % le stockage de carbone actuel à l'échelle de la métropole d'ici 2040.

Ces trois scénarios sont volontairement schématiques et différents, et dépendent des engagements politiques, économiques, financiers, environnementaux et sociaux à l'échelle territoriale, régionale et nationale. Pour la mise en œuvre de ces scénarios, il serait indispensable de mobiliser tous les acteurs métropolitains volontaires pour imaginer le territoire de demain, à la fois désirable, résilient et faiblement émetteur de GES, et ce, en toute transparence et en s'appuyant sur les connaissances des collectivités, des laboratoires de recherche, des bureaux d'études...

Pour mieux saisir les changements d'affectation des sols en fonction des trois scénarios⁹, l'illustration suivante indique les évolutions en pourcentage (Figure 29) :

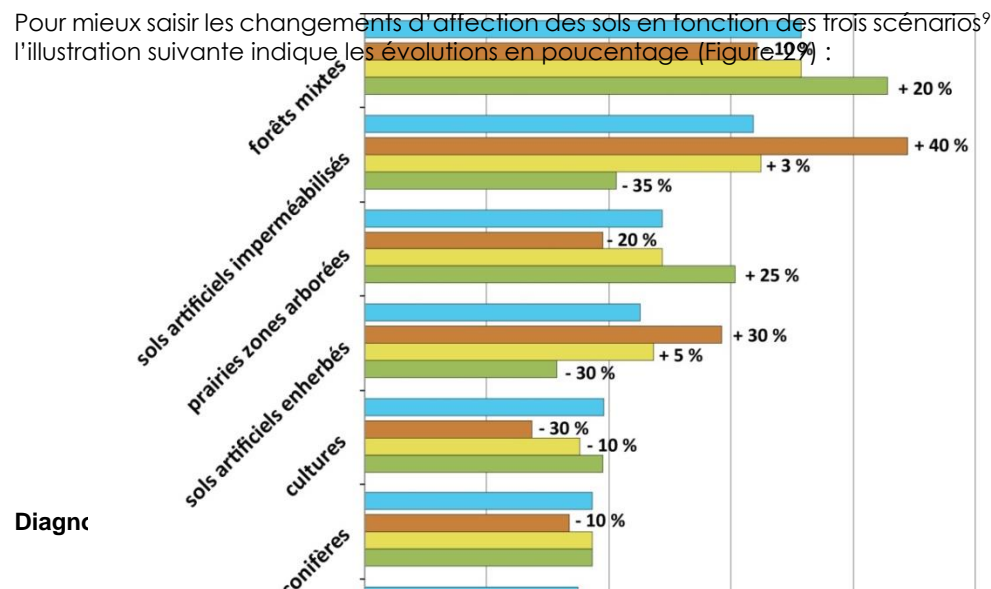


Figure 29. Changements d'affectation des sols potentiels en fonction des scénarios démographiques étudiés. Les évolutions sont calculées (en %) par rapport à l'occupation des sols actuelle (OCSOL 2014)

3.1.3.1.3 Effets des changements d'affectation sur la séquestration de carbone

Les résultats sont déclinés par scénario :

- scénario 1, objectif démographique de la MAMP : ce scénario est à éviter dans la mesure où les espaces agricoles, forestiers et semi-naturels reculeraient, se

traduisant par une baisse du stock de carbone d'environ 1 400 000 tonnes à l'échelle de la métropole par rapport à aujourd'hui (Tableau 1). Dans le contexte actuel, ce choix serait irresponsable et entraînerait de trop grandes mutations au sein de l'espace métropolitain. Au regard des nombreux espaces protégés (PNR, ZNIEFF, Natura 2000, etc.) et réglementés en termes de changement d'occupation des sols, les pressions sur le foncier à bâtir seraient très fortes et inégalement réparties sur le territoire. La grande perte de biodiversité associée à la disparition des surfaces forestières et de prairies provoquerait un appauvrissement des sols, une hausse de l'érosion et une plus grande vulnérabilité face aux aléas naturels. L'imperméabilisation des sols liée à la périurbanisation augmenterait le phénomène de ruissellement et accentuerait le risque inondation dans des communes actuellement peu vulnérables face à cet aléa. Enfin, ce scénario est très éloigné de la tendance démographique actuelle, et en ce sens, il paraît utopique ;

- scénario 2, objectif démographique du SRADDET : ce scénario est moins « agressif » que le précédent, mais également éloigné de la dynamique démographique actuelle. Ce choix raisonnable sur le papier permet de préserver les terres agricoles et forestières, de contenir l'urbanisation (1 % d'évolution tout en accueillant 250 100 nouveaux habitants d'ici 2040), en améliorant légèrement le stock de carbone actuel (Tableau 1). La densification et la verticalité des pôles urbains seraient indispensables pour limiter au maximum l'étalement urbain. Ce scénario contraignant en termes urbanistiques (repenser la ville et sa structure), mais permettant d'augmenter le stockage de carbone, n'est toutefois pas satisfaisant car le PCAEM vise à optimiser le potentiel de séquestration des sols agricoles et forestiers pour réduire les émissions de GES. Les bénéfices liés à la préservation de la biodiversité en conservant les espaces semi-naturels seraient par ailleurs réels ;
- scénario 3, dynamique démographique ajustée : suivant la tendance démographique actuelle, ce scénario est plus vertueux car il renforce significativement la séquestration du carbone, ce qui répond à la nécessité de réduire les GES. Cette action d'atténuation passe par l'augmentation des espaces semi-naturels « stockants » (forêts et prairies arbustives), la densification des villes, la végétation des espaces urbains et périurbains. Ce scénario permet d'élargir la « zone tampon » entre les espaces semi-naturels, agricoles et urbains sans pour autant interrompre les interactions entre l'homme et la nature. Il préserve la biodiversité et protège les corridors écologiques nécessaires au déplacement, à l'alimentation et à la

reproduction de la faune et de la flore locale. Si des efforts sont menés parallèlement pour accroître la nature en ville, les milieux urbains et les populations bénéficieront également des bienfaits apportés par des services écosystémiques, notamment en termes de stockage du carbone par la biomasse. En 2040, le stockage de carbone bondirait de 12 %, soit près de 8 000 000 t_{eq} CO₂ supplémentaires. Comme le scénario 2, repenser la ville, en particulier les bassins d'emploi et d'activités, le transport et les espaces de loisirs, serait obligatoire, mais cette démarche est positive pour l'homme et la nature : meilleure qualité de la vie, confort et santé des habitants assurés, pollution de l'air plus faible, protection de l'atmosphère, création d'emplois, développement d'une économie innovante, attractivité du territoire (à moduler en fonction des objectifs de réduction de GES)... Ce scénario n'est qu'une ébauche montrant ses bienfaits en termes de séquestration du carbone. Il doit être bonifié et faire appel à toutes les compétences locales pour le rendre crédible et réalisable

	Stock brut de carbone (en tC)	Stock de carbone (t _{eq} CO ₂)	Flux de carbone (tC)
Situation actuelle (OCSOL 2014)	29 162 785	106 930 212	non renseigné : correspond à l'évolution entre CLC 2006 et 2012
Scénario 1 : objectif MAMP	27 784 805	101 877 617	entre

			-1 036 686 et - 682 500*
Scénario 2 : objectif régional SRADET	29 231 282	107 181 369	35 060
Scénario 3 : dynamique ajustée	31 287 220	114 719 808	entre* 118 690 et 135 250

Tableau 1. Stock (tous réservoirs) et flux (hors produits bois) de carbone à l'échelle métropolitaine selon les différents scénarios de croissance démographique en 2040.

*Les flux peuvent varier selon le type de prairie pris en compte dans les changements d'affectation des sols.

L'estimation des flux de carbone annuels entre aujourd'hui et 2040 est entachée d'incertitudes puisqu'elle ne prend pas en compte les produits bois et qu'elle est basée sur des changements d'affectation des sols choisis arbitrairement. À titre d'exemple, le passage d'un hectare de forêt en zones imperméabilisées n'entraîne pas le même flux que le passage d'un hectare de parcelle agricole en zones imperméabilisées. Ces précisions ne sont malheureusement pas disponibles actuellement. Les différences entre les scénarios sont assez notables (Tableau 1) : le flux est fortement amoindri d'après le scénario 1, tandis que la séquestration additionnelle est comprise en 35 000 et 135 000 tC selon les scénarios 2 et 3.

4 Le profil énergétique du territoire

De la même manière que le diagnostic de l'empreinte carbone de la métropole, le diagnostic de la situation énergétique de la Métropole Aix-Marseille-Provence est également réalisé à partir de la base de données CIGALE alimentée par ATMOSud.



Figure : 30 Logo ATMOSud

La première partie de ce diagnostic énergie détaille l'état des lieux des consommations et de la production d'énergie en reprenant les éléments du *Diagnostic technique air climat énergie du PCAEM d'Aix-Marseille-Provence* réalisé par ATMOSud en février 2018. Il permet également de mettre en lumière les gisements d'efficacité énergétique et de développement des énergies renouvelables sur le territoire métropolitain.

La deuxième partie relative aux réseaux et aux énergies renouvelables, s'appuie notamment sur le *Livre Blanc de l'énergie de la Métropole Aix-Marseille-Provence* coréalisé par l'agence d'urbanisme et de l'agglomération marseillaise (AGAM), l'agence d'urbanisme du Pays d'Aix-Durance (AUPA) et le Service Energie de la Métropole Aix Marseille Provence.

La troisième partie portant sur l'état des lieux et des enjeux des réseaux d'énergie de la métropole reprend directement les éléments de l'Etat des lieux du territoire pour la production et la distribution d'énergie (Tome 1 du Livre Blanc de l'énergie) réalisé par l'AGAM, l'AUPA et le Service Energie de la Métropole Aix-Marseille-Provence dans le *Diagnostic énergétique métropolitain*.



Figure 31 : Logo de l'AUPA, de l'AGAM et de la Métropole Aix Marseille Provence

Ce diagnostic couvre le périmètre de la Métropole Aix-Marseille-Provence avec 92 communes et se base sur les données disponibles de l'année 2015.

4.1 État des lieux des consommations et de la production d'énergie

4.1.1 Évaluation des consommations énergétiques finales

La consommation d'énergie finale représente toute l'énergie consommée par les utilisateurs finaux. Cela comprend les consommations d'électricité et de chaleur (qui sont des énergies secondaires) des différents secteurs mais pas les consommations énergétiques de la branche énergie (énergie primaire).

L'industrie représente 52% des consommations énergétiques finales du territoire. Le secteur des transports (23%) arrive en seconde position des secteurs les plus consommateurs, et le secteur résidentiel (14%) en troisième position. Les

consommations du secteur résidentiel varient chaque année en fonction des conditions climatiques.

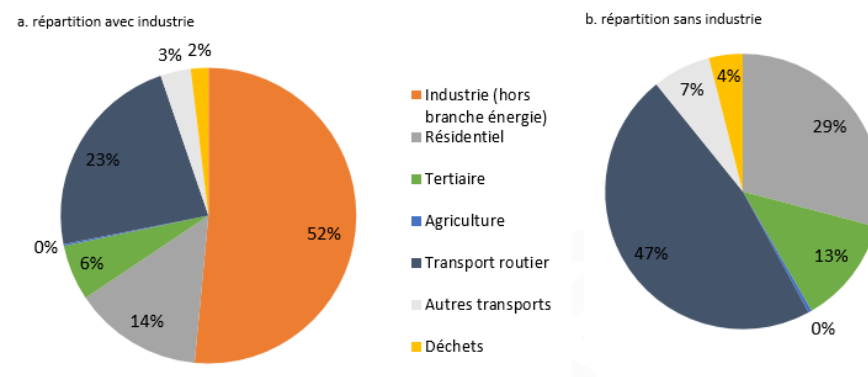


Figure 32: Répartition des consommations énergétiques métropolitaines finales par secteur, en 2015 – Source : ATMOSud 2018

Avec **66,3 TWh en 2015 (soit 5,7 Mtep)**, les consommations énergétiques métropolitaines représentent **47% des consommations énergétiques de la région**. Cela représente **3,10 tep/habitant**, contre 2,43 tep/habitant en moyenne régionale. Les consommations industrielles métropolitaines représentent **77% des consommations industrielles régionales**, cela reflète à nouveau le poids de l'industrie locale dans l'industrie régionale. Les consommations énergétiques du secteur des transports hors routier se détachent également, elles représentent 68% des consommations régionales. Cela s'explique par le fort trafic maritime sur le territoire.

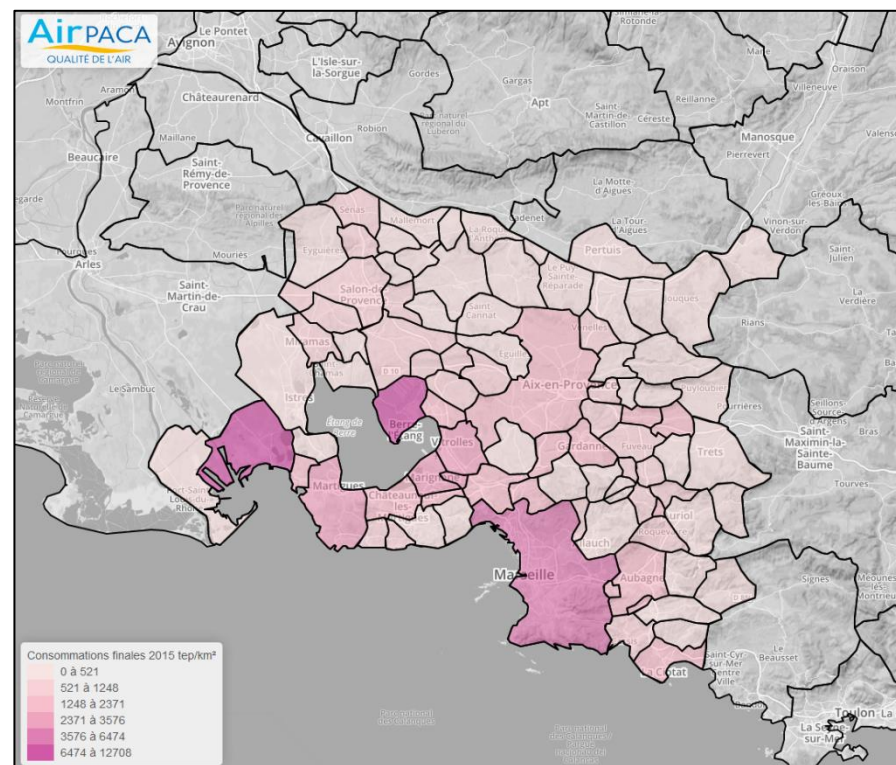


Figure 33 : Répartition des consommations finales sur le territoire de la Métropole en 2015 – Source: ATMOSud 2018

La carte ci-dessus fait apparaître la distribution communale des consommations énergétiques finales de la Métropole en 2015. Si la distribution de la population (la zone de Salon-de-Provence, les environs d'Aix-en-Provence et Marseille concentrent la majeure partie de la population du territoire) impacte les consommations, le pourtour de l'étang de Berre, très industrialisé, se dégage nettement, notamment sur les communes de Berre-Étang et Fos sur Mer. Plus subtilement, le bassin de Gardanne se détache également.

Les produits pétroliers sont à l'origine de 37% des consommations énergétiques finales du territoire, liées en grande partie au poids des transports routiers. La catégorie « autres non renouvelables » de la figure suivante comprend les déchets industriels solides, les pneumatiques, les plastiques, les solvants usagés, et certains gaz utilisés par l'industrie. Les combustibles minéraux solides comprennent : houille, lignite, produits de récupération, coke et agglomérés.

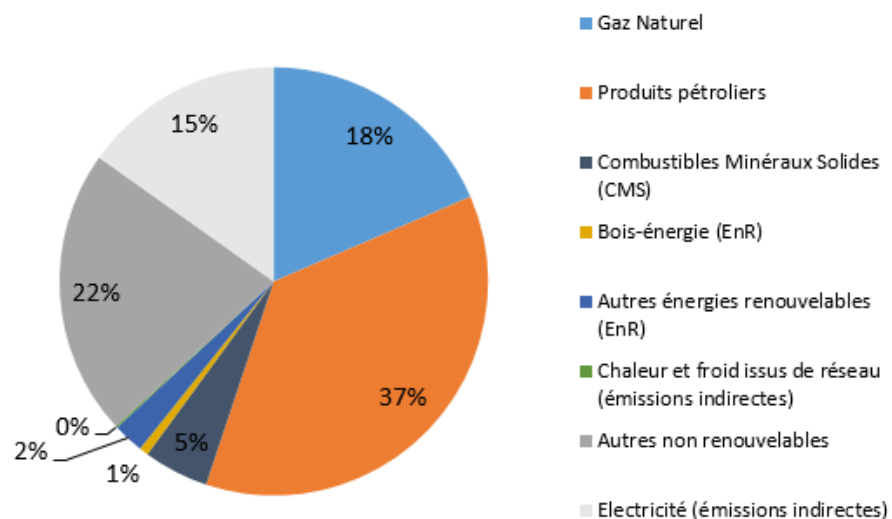


Figure 34 : Répartition des consommations énergétiques finales par énergie en 2015
Source: ATMOSud 2018

L'évolution des consommations énergétiques est très différente selon les secteurs. Le secteur industriel a fortement diminué ses consommations depuis 2007, cela peut s'expliquer par l'impact de la crise économique de 2008 sur les activités industrielles. Les consommations du secteur résidentiel et des transports routiers restent globalement stables, quand celles du secteur tertiaire et des transports autres que routiers montrent une légère augmentation.

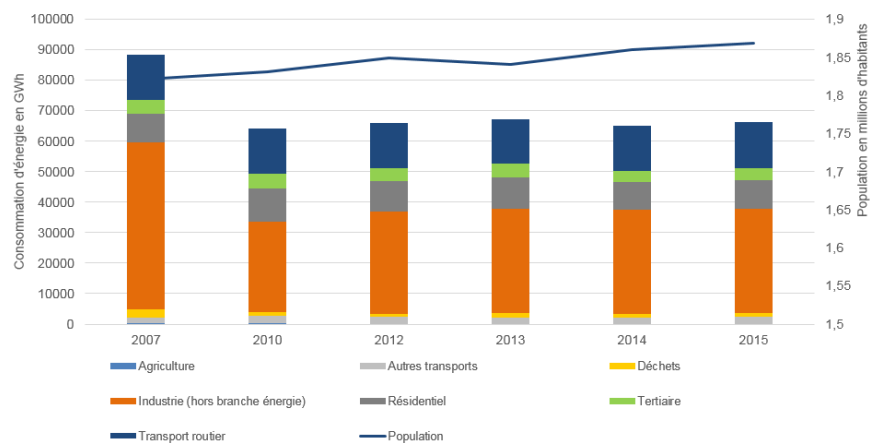


Figure 35 : Évolution des consommations énergétiques par secteur de 2007 à 2015 -
Source: ATMOSud et INSEE

Le secteur des déchets montre une diminution importante de ses consommations énergétiques, parce qu'il est fortement dépendant du brûlage des déchets industriels, pratique en forte régression sur la période considérée. Le brûlage des déchets ménagers étant valorisé énergétiquement, cette pratique est considérée comme un consommatrice d'énergie primaire, et n'est pas comptabilisée dans le secteur des déchets pour le bilan des consommations d'énergie finales. Il faut également rappeler que cette baisse relative ne traduit en réalité qu'une variation absolue très faible par rapport aux autres secteurs (les déchets ne pesant que 2 % dans la consommation totale en 2015).

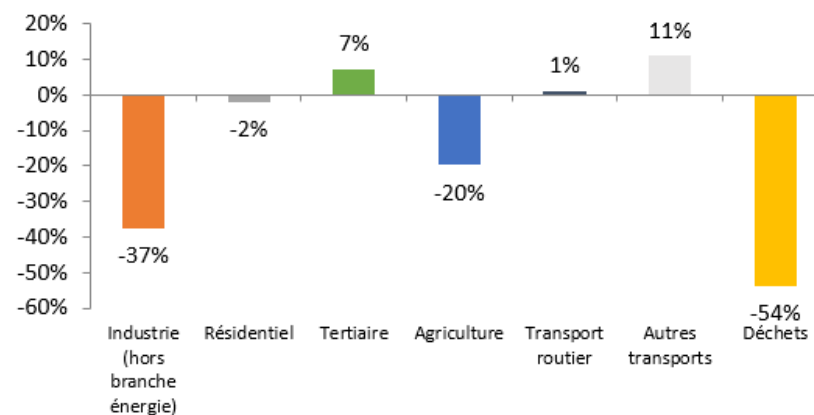


Figure 36 : Évolution des consommations énergétiques par secteurs depuis 2007–
Source: ATMOSud 2018

Depuis 2007, les consommations énergétiques globales au sein de la Métropole ont diminué de 25%, passant de 86 TWh (7 608 ktep) à 66,3 TWh (5 710 ktep) en 2015.

La Métropole remplit donc pleinement les objectifs régionaux (SRCAE 2013) qui visent une réduction de la consommation d'énergie finale de 13% à horizon 2012.

Il convient malgré tout de relativiser ce résultat. Hors industrie, la baisse des consommations n'est plus que de 4,9% et la mise en parallèle des consommations d'énergie avec l'évolution de la population (Figure 37) fait apparaître une relative stagnation du bilan depuis 2012.

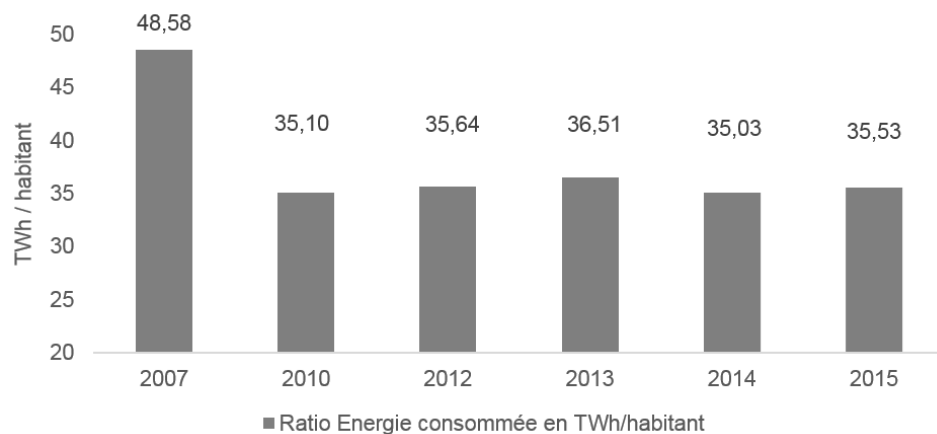


Figure 37 : Ratio des consommations d'énergie par rapport au nombre d'habitants entre 2007 et 2015 - Source: INSEE et ATMOSud

4.1.2 Potentiel – Gisement d'économies d'énergie

4.1.2.1 Résidentiel

Situation initiale

Le résidentiel est le troisième secteur le plus énergivore de la Métropole après l'industrie et le transport routier. Il représente 14% de la consommation d'énergie finale métropolitaine.

Les graphiques ci-dessous permettent d'analyser la consommation du résidentiel selon le vecteur énergétique et les usages associés.

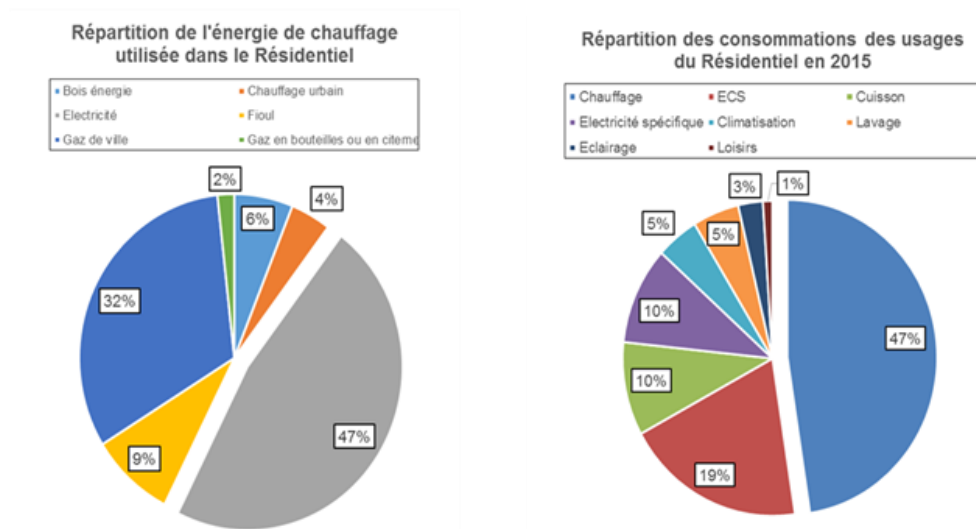


Figure 38 : Graphe de répartition des consommations du secteur résidentiel par énergie de chauffage utilisée et par usage en 2015 et de - Source : AtmoSud

En 2015, l'analyse des usages fait ressortir une consommation prépondérante du chauffage. Cet usage est principalement couvert par, l'électricité, le gaz et le fioul.

Également, l'analyse du parc résidentiel fait ressortir une part de 51% de logement construit avant 1970. Ces logements construits avant l'apparition de la première réglementation thermique en 1975 sont reconnus pour être des constructions à faible isolation thermique.

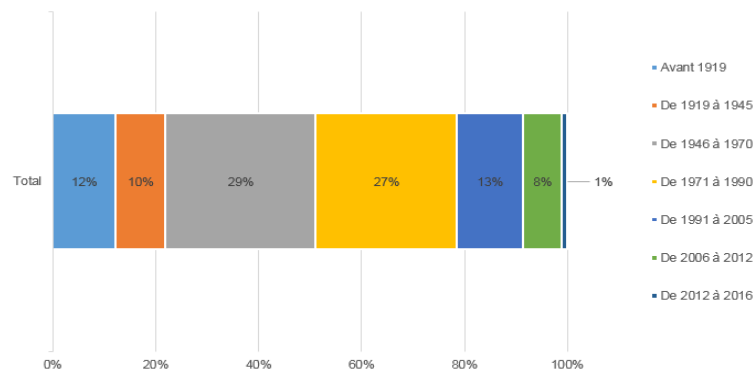


Figure 39 : Répartition du parc de résidences principales métropolitain selon la date de fin de construction

La réduction des consommations de chauffage est le premier gisement d'économie d'énergie dans le résidentiel, notamment en ciblant les logements construits avant 1970 ainsi que les habitations chauffées au fioul et à l'électrique.

Actions d'économie d'énergie et potentiel associé

Le tableau ci-dessous illustre par des actions le potentiel d'économie d'énergie qui pourraient être réalisées dans le secteur résidentiel.

Action	Description	Fourchette basse ⁹	Fourchette haute	Application
Sobriété	Réduction de la consommation d'électricité spécifique par des éco-gestes	10%	15%	Parc de résidences principales
Rénovation	Travaux de performance énergétique: Maisons	35% des besoins RT	70% des besoins RT	90% des Maisons avant 2005
	Travaux de performance énergétique: Appartement	30% des besoins RT	60% des besoins RT	90% des Appartements avant 2005
Évolution du mix énergétique	Fioul vers gaz	Amélioration du rendement des chaudières (85% fioul contre 100% pour une chaudière gaz nouvelle génération)		Résidences principales au fioul sur les communes desservies en gaz
	Fioul vers PAC	Amélioration du rendement (85% fioul contre 300% pour une pompe à chaleur)		Maisons au fioul sur les communes non desservies en gaz
	Fioul vers bois	Amélioration du rendement des chaudières (85% fioul contre 95% pour une chaudière bois nouvelle génération)		Résidences principales au fioul sur les communes non desservies en gaz
Efficacité énergétique	Efficacité des appareils domestiques (électroménager, TV...)	Diminution de la consommation des appareils domestiques de 50%		75% des Résidences principales avant 2005

Tableau 2 – Illustrations par des actions du potentiel d'économies d'énergie du secteur résidentiel

⁹ Il s'agit de fourchettes sur l'intensité de l'action. Pas d'échéance associée – Les scénarios de déploiement sont visibles dans la partie scénarisation et précisent les échéances 2025-2030-2050

Les gains estimés de l'action de sobriété et de changements de comportements sont issus des retours d'expérience de l'expérimentation « familles à énergie positive ». Ils permettent d'évaluer un gain énergétique moyen de l'ordre de 12% sur les consommations d'énergie

La "fourchette basse" de l'action de rénovation, pose l'hypothèse de travaux de type "mise aux normes standard". La fourchette haute est calculée sur une rénovation performante correspondant au niveau du label BBC Rénovation. Ces gains sont associés à l'ensemble des postes de consommation "réglementaires", exprimés en pourcentage des besoins RT : chauffage – refroidissement– eau chaude sanitaire – éclairage et auxiliaires (pompes et ventilateurs) ; Ces usages réglementaires représentent environ 75% de la consommation d'un logement moyen de la métropole. Enfin, on considère que l'applicabilité des actions de rénovation concerne 90% des résidences principales. En effet, selon l'association Négawatt, 10% des logements sont considérés impropres à la rénovation.

Concernant l'évolution du mix énergétique, on considère que le gain s'opère sur l'efficacité énergétique des équipements remplacés. En effet, les chaudières récentes au gaz et au bois présentent des rendements bien supérieurs aux anciennes chaudières notamment en raison de leur capacité de récupération de la chaleur grâce à la condensation des fumées.

La dernière action concerne l'efficacité énergétique des appareils domestiques et en particulier les appareils électroménagers. Une analyse des étiquettes énergie des appareils performants par rapport aux appareils "d'ancienne génération" nous permet d'estimer des gains énergétiques de l'ordre de 50%.

Le tableau ci-dessous expose les gains énergétiques associés à chacune des actions. Ces gains sont exprimés par rapport à la consommation totale du résidentiel de l'année 2015.

Action	Description	Fourchette basse	Fourchette haute
Sobriété	Réduction de la consommation d'électricité spécifique par des éco-gestes	1.2%	1.9%
Rénovation	Travaux de performance énergétique: Maisons	13.9%	27.8%
	Travaux de performance énergétique: Appartement	14.5%	29.1%
Évolution du mix énergétique	Fioul vers gaz	1.2%	
	Fioul vers PAC	0.4%	
	Fioul vers bois	0.1%	
Efficacité énergétique	Efficacité des appareils domestiques (électroménager, TV...)	4.9%	
Potentiel d'économie d'énergie global		34.6%	65.3%

Tableau 3 : Impacts énergétiques associés aux différentes actions d'économie d'énergie exprimés par rapport à la consommation d'énergie du secteur résidentiel de la Métropole

Ainsi, selon l'intensité des actions de rénovation menées sur le parc résidentiel, on peut envisager une économie d'énergie moyenne de l'ordre de 50% par rapport aux consommations de 2015.

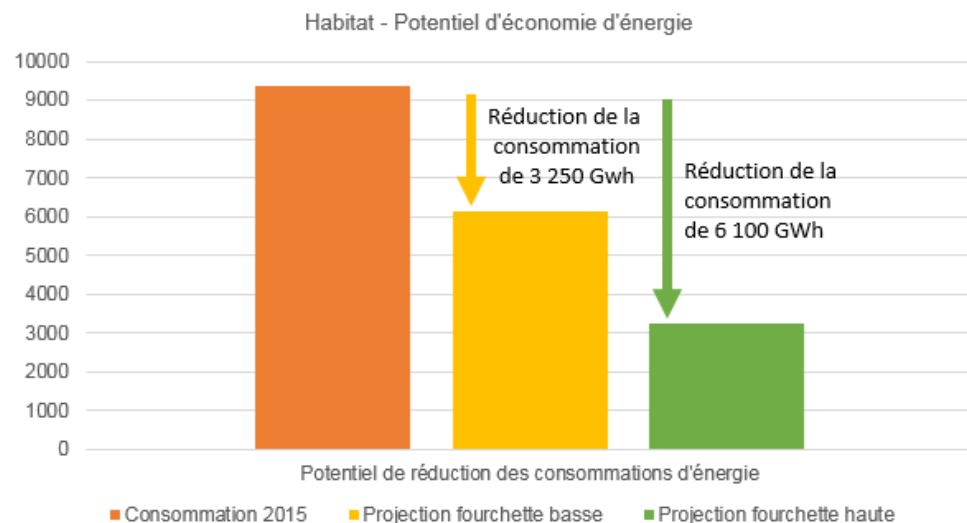


Figure 40 : Projection de la consommation d'énergie en Gwh du secteur résidentiel résultant des actions d'économies d'énergie mises en œuvre

4.1.2.2 Tertiaire

Situation initiale

Le secteur tertiaire est composé de l'analyse des bâtiments appartenant aux catégories :

- Enseignement et recherche
- Habitat communautaire
- Café, hôtels et restaurants
- Santé et action sociale
- Commerce
- Bureaux et administrations
- Transports,
- Sport et loisir

Le secteur tertiaire présente, dans une moindre mesure, des similitudes avec le secteur résidentiel. L'analyse des consommations du secteur tertiaire fait ressortir une part d'origine fossile de 36% et 42% de l'énergie consommée est destinée à un usage de chauffage.

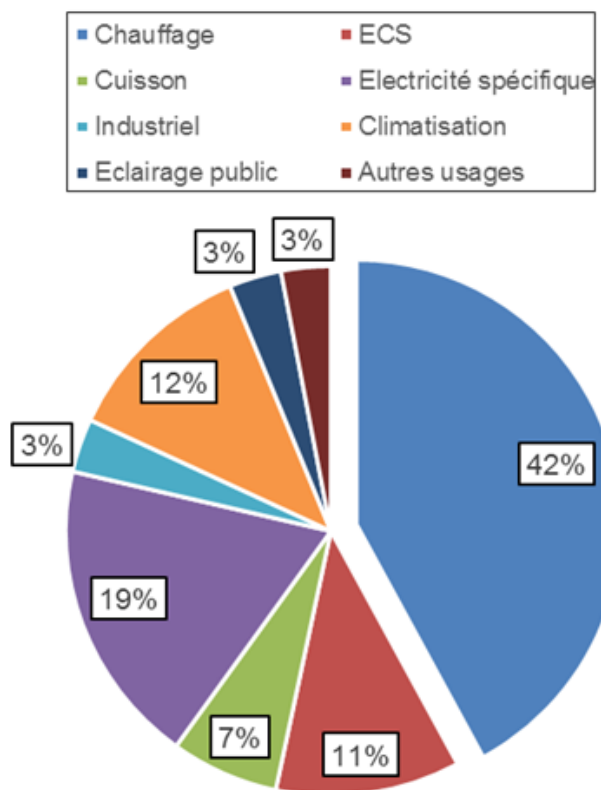


Figure 41 : Répartition des consommations par usage du secteur Tertiaire en 2015 (source: AtmoSud)

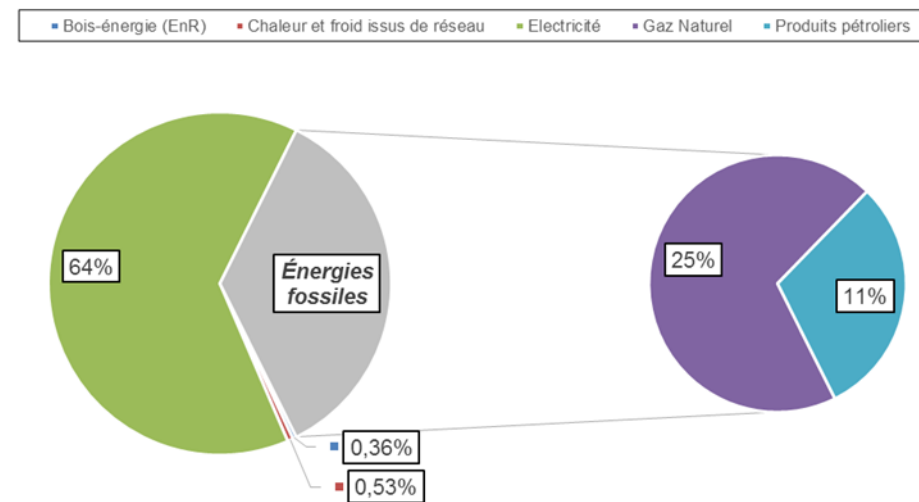


Figure 42 : Répartition des consommations par type d'énergie dans le secteur Tertiaire en 2015 (source: AtmoSud)

Actions d'économie d'énergie et potentiel associé

Le tableau ci-dessous illustre par le biais d'actions le potentiel d'économie d'énergie qui pourraient être réalisées dans le secteur tertiaire .

Action	Description	Fourchette basse	Fourchette haute	Application
Sobriété	Réduction de la consommation d'électricité spécifique (sensibilisation des usagers à éteindre les appareils le soir et le week-end)	10% de la consommation d'électricité spécifique		Totalité du parc tertiaire
	Généralisation des thermostats permettant de contrôler la température de chauffage dans les bureaux	7% sur la consommation de chauffage		Totalité du parc tertiaire
Rénovation	Travaux de performance énergétique	30% des besoins RT	70% des besoins RT	90% du parc tertiaire
	Focus sur le remplacement des luminaires par des LED	50% de la consommation d'éclairage		Totalité du parc tertiaire

Figure 43 : Illustrations par des actions des économies d'énergie potentielles du secteur tertiaire

Concernant les actions de sobriété, les retours d'expérience de l'Ademe nous permettent d'estimer 10% d'économie d'énergie sur la consommation des appareils électriques (équipements informatiques, éclairage...) et 7% sur les consommations de chauffage (correspondant à une baisse de 1°C dans les bureaux dans le cas où les employés peuvent maîtriser la consigne de chauffage).

La "fourchette basse" des gains relatifs aux travaux de rénovation, est associée à des travaux de "mise aux normes réglementaires" dont les gains sont ceux de la réglementation thermique existant. Les travaux associés à la "fourchette haute" correspondent au niveau du label BBC rénovation. Ces gains ne sont pas exprimés par rapport à l'intégralité des usages. Ils sont associés à l'ensemble des postes de consommation "réglementaires" et exprimés en pourcentage RT: chauffage – refroidissement– eau chaude sanitaire – éclairage et auxiliaires (pompes et ventilateurs). D'après les données d'AtmoSud, les usages réglementaires représentent environ 78% de la consommation d'un équipement tertiaire moyen de la métropole. Enfin, on considère que l'applicabilité des actions de rénovation concerne 90% des du parc tertiaire. En effet, selon l'association Négawatt, 10% des locaux sont considérés impropres à la rénovation.

Enfin, nous avons envisagé un dernier type d'action de rénovation. Celui du remplacement des luminaires par des LED. En effet, l'efficacité énergétique des LED par rapport aux tubes fluorescents permet de réaliser des gains énergétiques estimés à 50%, ainsi que des gains en besoin de climatisation (non calculés).

Le tableau ci-dessous expose les gains énergétiques potentiels associés à chacune des actions. Ces gains sont exprimés par rapport à la consommation totale du résidentiel de l'année 2015.

Action	Description	Fourchette basse	Fourchette haute
Sobriété	Réduction de la consommation d'électricité spécifique (sensibilisation des employés à éteindre les appareils le soir et le week-end)	1.9%	
	Généralisation des thermostats permettant de contrôler la température de chauffage dans les bureaux	2.9%	
Rénovation	Travaux de performance énergétique	21.0%	48.9%
	Focus sur le remplacement des luminaires par des LED	4.7%	
Potentiel d'économie d'énergie		30.5%	58.4%

Tableau 4 : Impacts énergétiques associés aux différentes actions d'économie d'énergie potentielles exprimés par rapport à la con-sommation d'énergie du secteur tertiaire de la Métropole

Ainsi, selon l'intensité des actions de rénovation menées sur le parc tertiaire, on peut envisager une économie d'énergie moyenne de l'ordre de 45% par rapport aux consommations de 2015.

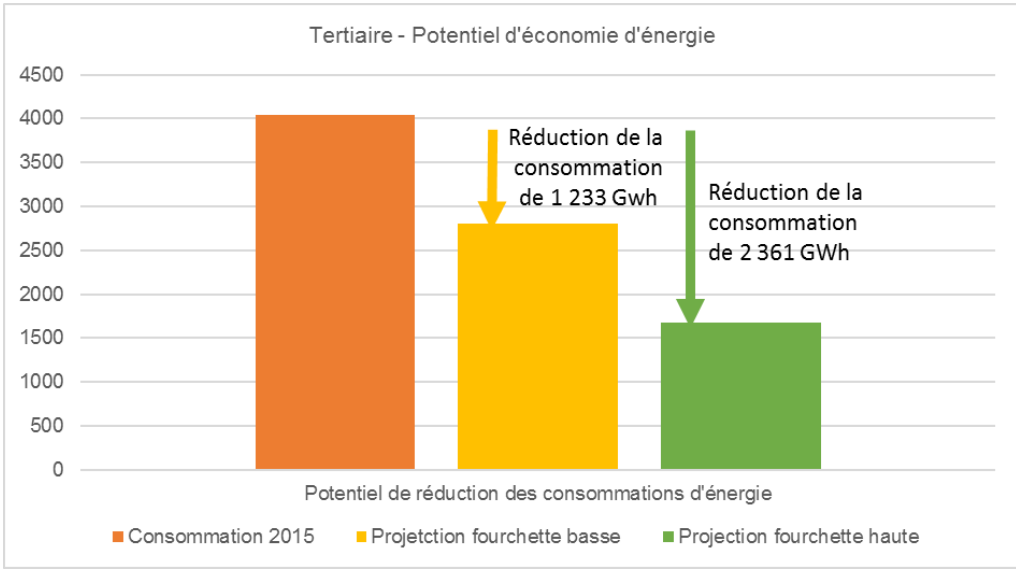


Figure 44 : Projection de la consommation d'énergie du secteur tertiaire résultant des actions d'économies d'énergie mises en œuvre

4.1.2.3 Transport routier

Situation initiale

Les transports routiers représentent le deuxième secteur le plus consommateur d'énergie et le plus émetteur de gaz à effet de serre mais le premier pour lequel la Métropole possède les compétences d'influence.

Les graphiques ci-dessous permettent d'analyser la répartition de la consommation énergétique du transport routier en 2015.

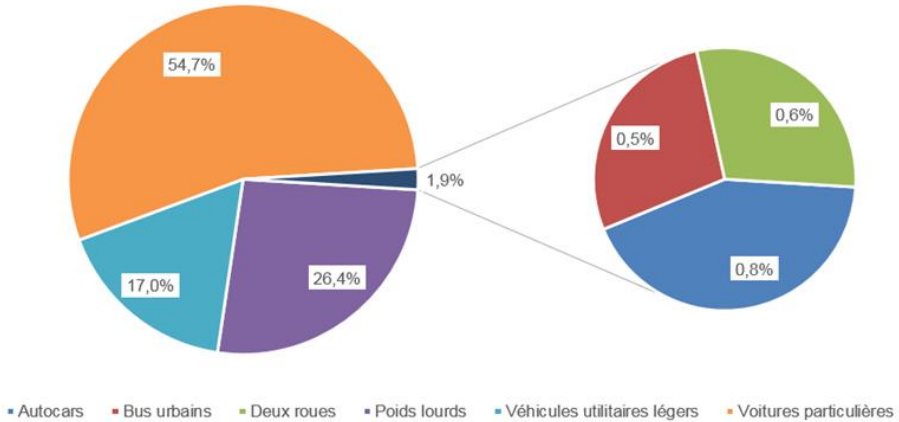


Figure 45 : Répartition de la consommation énergétique du transport routier en 2015 - Source: AtmoSud

Plus de la moitié des consommations d'énergie sont imputables aux voitures particulières.

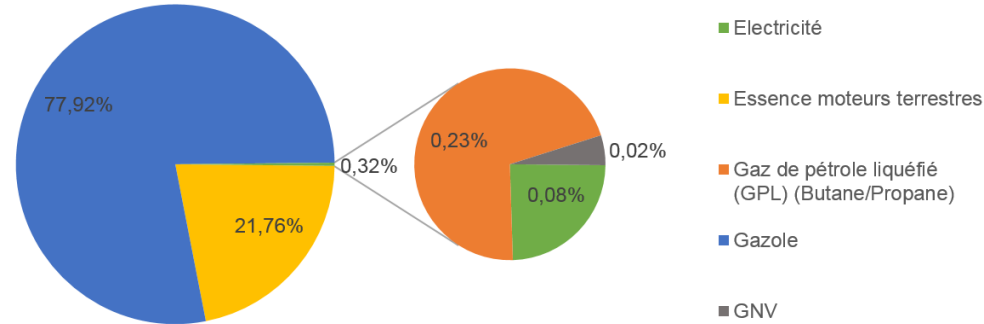


Figure 46 : Répartition des déplacements en fonction du type de motorisation - Source: AtmoSud

Grâce aux extractions plus fines sur les déplacements transmises par Air PACA, l'importance des trajets effectués selon le type motorisation a pu être mesurée. Ces éléments mettent en avant que la plus grosse part des transports terrestres s'effectue avec une motorisation diesel.

En revanche, les déplacements effectués sur les nouvelles motorisations, considérées comme "plus propres" (GPL, Électrique et GNV), restent aujourd'hui marginaux.

Action d'économie d'énergie et potentiel associé

Le tableau ci-dessous expose des illustrations du potentiel d'économies d'énergie sur le secteur du transport routier.

Action	Description		Application
Sobriété	Modification du comportement des usagers: augmentation du nombre de personnes par voiture	Nombre de personnes par véhicule de 1 à 2	Trajets domicile travail en voiture particulière
		Nombre de personnes par véhicule de 1 à 1.5	Autres trajets en voiture particulière
	Développement du télétravail et des espaces de coworking	1 jour de télétravail pour 20% des actifs	Trajets domicile-travail en voiture particulière et deux roues
	Report modal	Transfert d'une partie des trajets en voiture particulière vers les transports en commun	Trajets en voiture particulière
		Transfert d'une partie des trajets motorisés vers les modes doux	Trajets en voiture particulière, transports en commun et deux roues de moins de 5 km
		Transfert d'une partie du transport de marchandise poids lourds vers le ferroviaire	Trajets en poids lourds
Efficacité et mix énergétique	Évolution des équipements des particuliers	Remplacement des véhicules anciens par des véhicules neufs	Trajets en voiture particulière
		Développement de l'autopartage dans les grandes villes (véhicules électriques)	Trajets en voiture particulière dans les grandes villes
		Introduction des véhicules GNV	Trajets en voiture particulière

		Introduction des véhicules électriques	Trajets en voiture particulière
	Évolution des équipements publics	Introduction des autocars interurbains GNV	Trajets en autocar
		Introduction des bus urbains électriques	Trajets en bus urbain
	Évolution des poids lourd	Remplacement des poids lourd par des poids lourds neufs	Trajets en poids lourds

Tableau 5 : Illustration d'un potentiel d'économies d'énergie du secteur du transport routier

Il est tout important d'agir de façon cocomittante sur la réduction du nombre de voitures individuelles et sur l'évolution du mix énergétique du parc routier.

Le report modal d'une partie des voitures particulières sur le transport en commun engendre à la fois une baisse de consommation des voitures particulières mais en même temps une hausse de consommation des transports en commun. Ces éléments ont été pris en compte dans l'élaboration des scénarios.

Contrairement aux domaines résidentiel et tertiaire, le tableau des gains énergétiques n'est pas pertinent pour le secteur des transports. Ceci pour deux raisons:

- Les gains énergétiques sont calculés dans le cadre d'une action effectuée sur l'ensemble du domaine d'applicabilité. Ils dépendent donc à la fois du "gain énergétique unitaire" mais aussi et surtout de l'importance du domaine d'applicabilité concerné. Ce qui peut rendre l'interprétation trompeuse pour plusieurs actions (transfert vers les modes doux, introduction des autocars GNV...)
- Les gains énergétiques de chacune des actions ne peuvent pas être "sommés" étant donné que certaines actions ne peuvent pas se superposer.

Pour mesurer le plus justement possible les gains énergétiques, il est donc nécessaire de définir au préalable des scénarios de déploiement. Ce travail est visible dans le volet scénario du PCAEM.

4.1.2.4 Industrie

Situation initiale

Le secteur industriel est, de loin, celui qui a l'impact énergie-climat le plus important.

Le graphique ci-dessous permet de décrire la répartition des consommations d'énergie du secteur par vecteur énergétique:

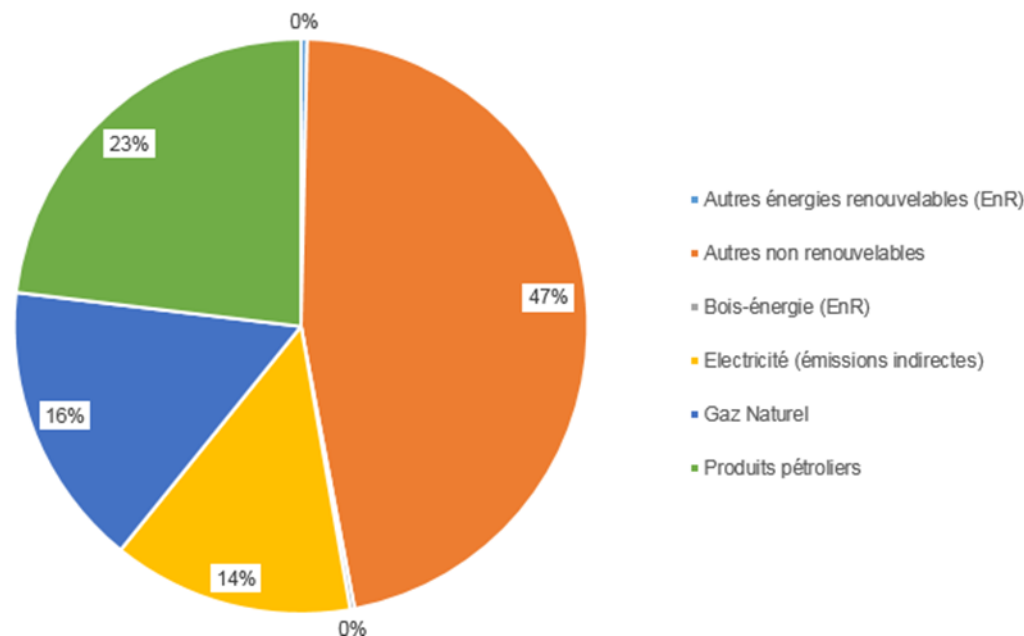


Figure 47 : Répartition des consommations d'énergie du secteur Industriel en 2015 - Source: AtmoSud

Illustration du potentiel d'économie d'énergie

Le tableau ci-dessous illustre par l'action les potentiels d'économie d'énergie du secteur industriel.

Action	Description	Applicabilité
Sobriété	Mise en place d'un système de management de l'énergie (ex: ISO 50 001)	Entreprises non couvertes par un système de management de l'énergie soit 97% des entreprises du territoire
Efficacité	Amélioration de l'existant, investissement dans du matériel performant et dans des solutions éprouvées	Toutes les entreprises
	Optimisation du process, mise en œuvre d'équipements très performants / innovants	Toutes les entreprises
	Évolutions technologiques de long terme	Toutes les entreprises

Tableau 6 : Illustration du potentiel d'économie d'énergie du secteur industriel

La mise en place d'un système de management de l'énergie vise à intégrer des actions destinées à optimiser la consommation énergétique et en particulier faire "la chasse" au gaspillage "au quotidien". Ces mesures permettent aussi de pérenniser les économies d'énergie et d'éviter toute dérive. D'après les statistiques France de l'organisme ISO, 3% des industries françaises ont déjà adopté un système de management de l'énergie ISO 50 001.

Concernant les actions d'efficacité énergétique liées à l'optimisation des process industriels et de leurs auxiliaires, elles sont classées en deux catégories par le CEREN dans leur méthode de détermination des gisements "théoriques et techniques" de l'industrie.

- Les actions d'amélioration de l'existant par l'investissement dans du matériel performant et dans des solutions éprouvées se caractérisent par des économies d'énergie "matérielles" (exemples: moteurs performants, récupération de chaleur, échangeur plus performant).
- Les actions d'optimisation du process et d'investissement dans du matériel innovant très performant apportent un gain supplémentaire en matière de réduction des consommations d'énergie par rapport aux investissements dans des solutions éprouvées.

L'action "évolution technologique de long terme" se base sur l'hypothèse qu'une solution technologie ou une évolution réglementaire émergente se généralisera à l'ensemble du secteur et engendrera des gains énergétiques conséquents (exemples : taxe carbone, forte hausse des prix de l'énergie...)

Le tableau ci-dessous expose les gains énergétiques associés à chacune des actions potentielles. Ces gains sont exprimés par rapport à la consommation totale de l'industrie de l'année 2015 et sont basées sur l'exercice de prospective 2030-2050 de l'ADEME.

Action	Description	Gain énergétique
Sobriété	Mise en place d'un système de management de l'énergie (ex: ISO 50 001)	2.3%
Efficacité	Amélioration de l'existant, investissement dans du matériel performant et dans des solutions éprouvées	13.0%
	Optimisation du process, mise en œuvre d'équipements très performants / innovants	5.0%
	Évolutions technologiques de long terme	40.0%
Potentiel d'économie d'énergie		60.3%

Tableau 7 : Impacts énergétiques associés aux différentes illustrations d'actions d'économie d'énergie exprimés par rapport à la consommation d'énergie du secteur industriel de la Métropole

Ainsi, on peut envisager une économie d'énergie de l'ordre de 60% par rapport aux consommations de 2015. À noter que sans l'action "évolutions technologiques de long terme" ce gisement est ramené à 20%.

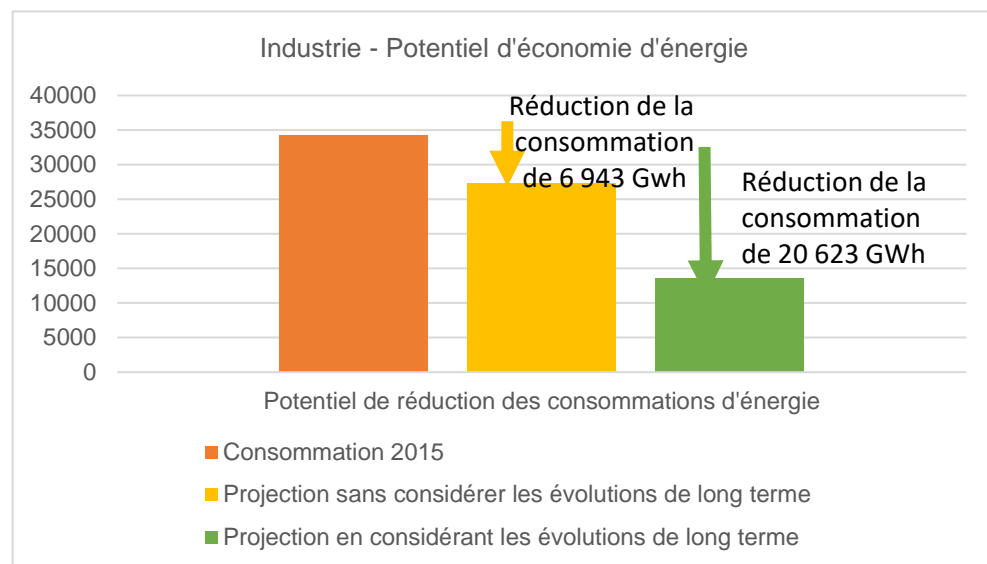


Figure 48 : Projection de la consommation d'énergie du secteur industriel résultant des illustrations d'actions d'économies d'énergie mises en œuvre

4.1.2.5 Agriculture

Situation initiale

Le secteur agricole représente une part marginale de la consommation énergétique du territoire. En 2015, la consommation énergétique du secteur agricole représentait 0.20% de la consommation d'énergie métropolitaine.

Le graphique ci-dessous expose la répartition des consommations d'énergie du secteur agricole.

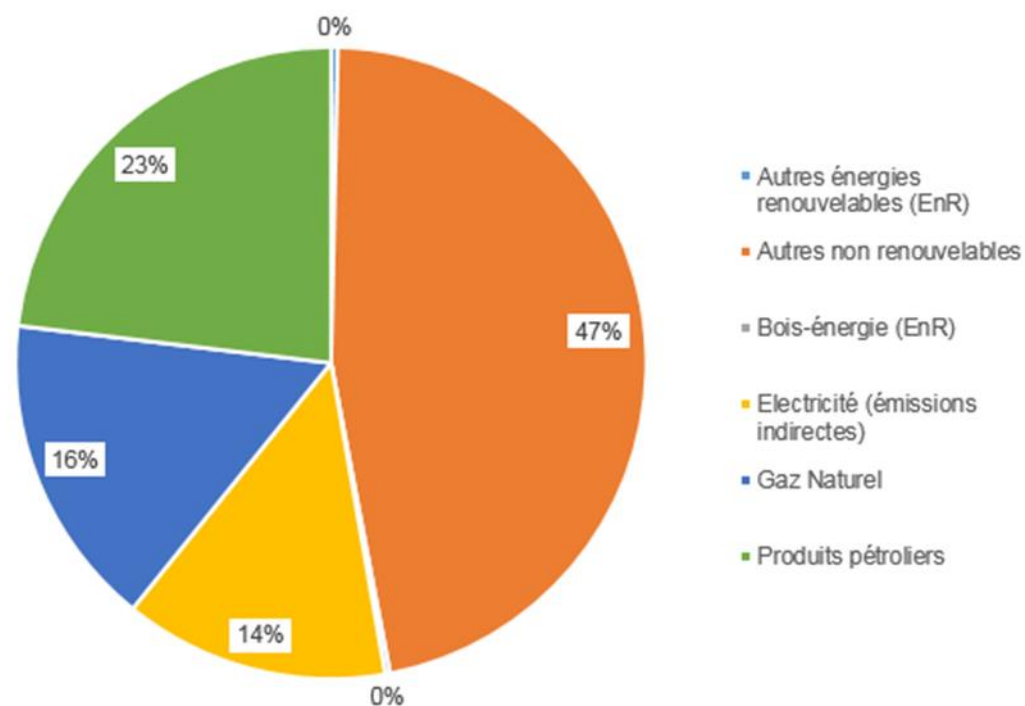


Figure 49 : Répartition des consommations d'énergie du secteur agricole en 2015 - Source: AtmoSud

Actions d'économie d'énergie et potentiel associé

Le tableau ci-dessous expose les différentes actions d'économie d'énergie sur le secteur agricole.

Action	Description	Applicabilité
Sobriété	Bonnes pratiques sur le chauffage et la ventilation	90% des exploitations agricoles
Efficacité	Rénovation énergétique des bâtiments. Amélioration de l'isolation des bâtiments, des serres...	90% des exploitations agricoles
	Amélioration des performances des engins mobiles	90% des exploitations agricoles
	Changement d'équipements: réduction de la consommation d'électricité en améliorant les équipements	90% des exploitations agricoles

Figure 50 : Actions d'économie d'énergie du secteur agricole

Selon l'ADEME, la seule généralisation des bonnes pratiques sur le chauffage et la ventilation conduit, à économiser 5 à 10% des consommations.

La rénovation énergétique des bâtiments concerne aussi bien les travaux sur l'enveloppe des exploitations, les serres que sur la mise en œuvre de systèmes de chauffage et de ventilation plus performants. Ces différents travaux ont des gains énergétiques variables mais qui en moyenne se rapprochent des 35%.

Les gains sur les engins mobiles sont le fruit de plusieurs facteurs: économies grâce à la formation à la conduite économe et aux passages au banc moteur, évolution des technologies (téléguidage, motorisation), des pratiques (labours moins profond par exemple) et des systèmes.

Enfin, le changement des équipements de process agricole (consommant de l'électricité spécifique) permet aussi d'effectuer des économies d'énergie significative de l'ordre de 15% à 20%.

Le tableau ci-dessous expose les gains énergétiques associés à chacune des actions. Ces gains sont exprimés par rapport à la consommation totale du secteur agricole de l'année 2015 et sont basées sur l'exercice de prospective 2030-2050 de l'ADEME.

Action	Description	Gain énergétique
Sobriété	Bonnes pratiques sur le chauffage et la ventilation	1.2%
Efficacité	Rénovation énergétique des bâtiments. Amélioration de l'isolation des bâtiments, des serres...	2.3%
	Amélioration des performances des engins mobiles	4.8%
	Changement d'équipements: réduction de la consommation d'électricité en améliorant les équipements	0.5%
Potentiel d'économie d'énergie		8.8%

Figure 51 : Impacts énergétiques associés aux différentes actions d'économie d'énergie exprimés par rapport à la consommation d'énergie du secteur agricole de la Métropole

Ainsi, on peut envisager une économie d'énergie de l'ordre de 9% par rapport aux consommations de 2015.

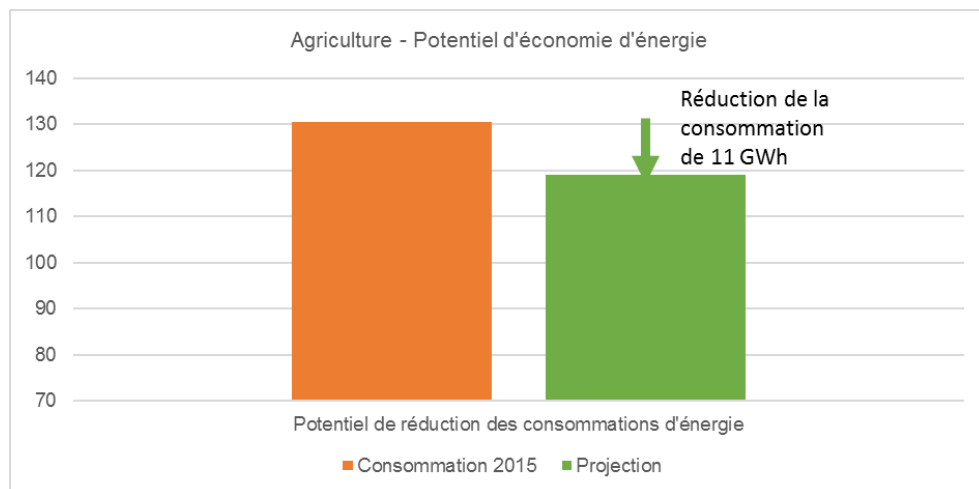


Figure 52 : Projection de la consommation d'énergie du secteur agricole résultant des actions d'économies d'énergie mises en œuvre

4.1.3 Caractérisation de la production d'énergie

En 2015, la production totale d'énergie au sein du périmètre de la Métropole s'élève à 9100 GWh.

Les différents graphiques suivant permettent de mieux comprendre la nature de l'énergie produite ainsi que les grandes filières de production.

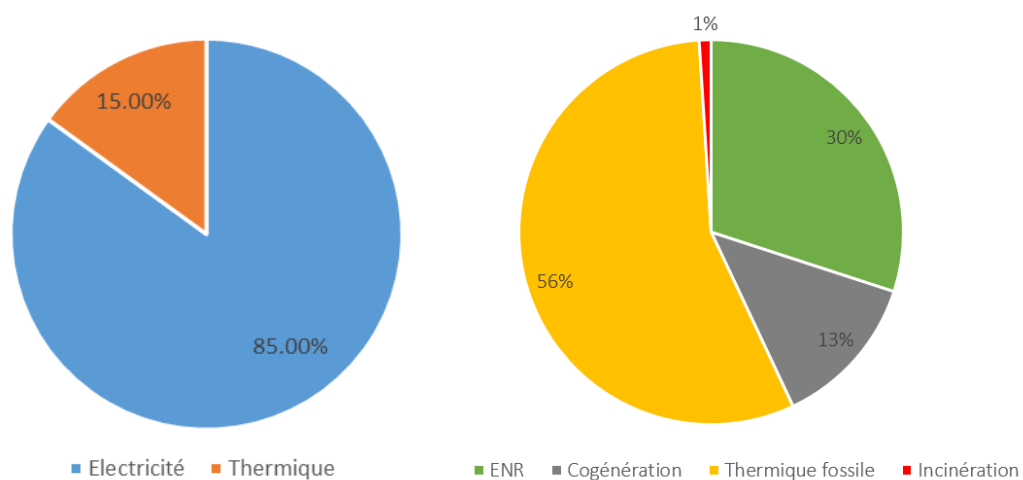


Figure 53 : Répartition de la production d'énergie au sein de la Métropole selon le type d'énergie produite (à gauche) et les grandes filières de production (à droite) – Source : Base de données ATMOSud

La grande majorité de l'énergie produite au sein de la Métropole est de l'énergie électrique. Cette production d'électricité est essentiellement issue des filières centrales thermiques et grande hydraulique (cette dernière est comptabilisée dans la filière ENR).

La filière thermique fossile représente un peu plus de la moitié de la production d'énergie métropolitaine. Elle est essentiellement constituée des grandes centrales de production de Fos-sur-Mer, Meyreuil/Gardanne et Martigues. Le tableau ci-dessous recense **les principales unités** de production d'énergie :

Commune	Unité de production énergétique
Fos-sur-Mer	- Centrale thermique Combigo (ENGIE) – 424 MW - Centrale thermique Cycfos (Engie) – 480 MW
Meyreuil/Gardanne	- Centrale thermique de Provence (Uniper) – 825 MW
Martigues	- Centrale thermique de Ponteau (EDF) – 930 MW
Saint Chamas	- Centrale hydroélectrique (EDF) – 165 MW
Saint-Estève Janson	- Centrale hydroélectrique (EDF) – 156 MW
Salon de Provence	- Centrale hydroélectrique (EDF) – 102 MW
Mallermort	- Centrale hydroélectrique (EDF) – 103 MW
Jouques	- Centrale hydroélectrique (EDF) – 78 MW

Le graphique ci-dessous donne, dans le détail, les niveaux de productions des différentes filières pour l'année 2015 (l'ensemble des filières ENR est volontairement regroupé car la filière ENR fait l'objet d'un focus dans le paragraphe suivant) :

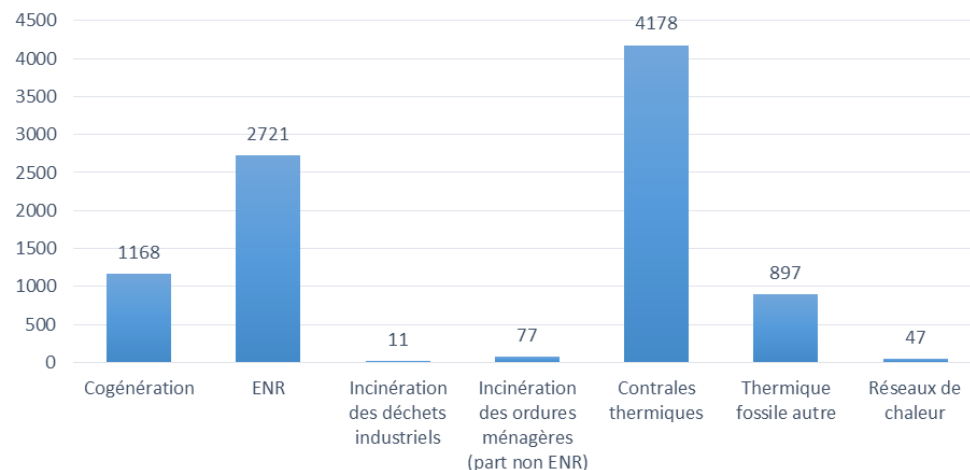


Figure 54 : Production d'énergie par filières en 2015 (en GWh) – Source : Base de données ATMOSud

En complément de la répartition de la production d'énergie par filière, la carte ci-dessous permet de faire le lien avec les différents points de production d'énergie sur le territoire ainsi que les projets en cours :

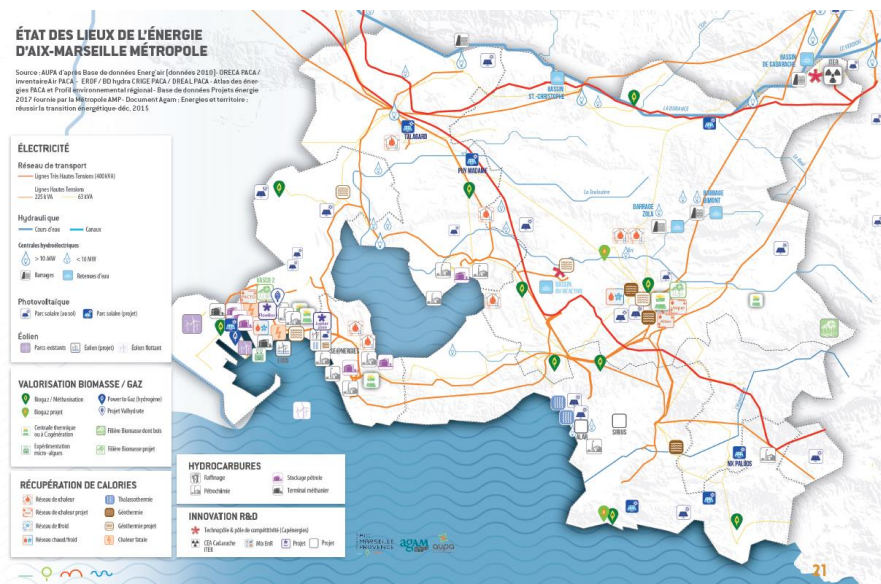


Figure 55 : Localisation des différents points de production d'énergie au sein de la Métropole (AUPA) – Source : Livre blanc de l'énergie métropolitain AMP AUPA AGAM 2018

Enfin, en ce qui concerne l'**autonomie énergétique**, on peut constater qu'en 2015, la Métropole a un **niveau de production d'énergie à hauteur de 14% de sa consommation d'énergie** (hors branche énergie). Ce constat fait de la Métropole un territoire encore fortement dépendant des importations d'énergie, comme en témoigne sa **balance commerciale énergétique négative de 5,5 milliards d'euros en 2014**.

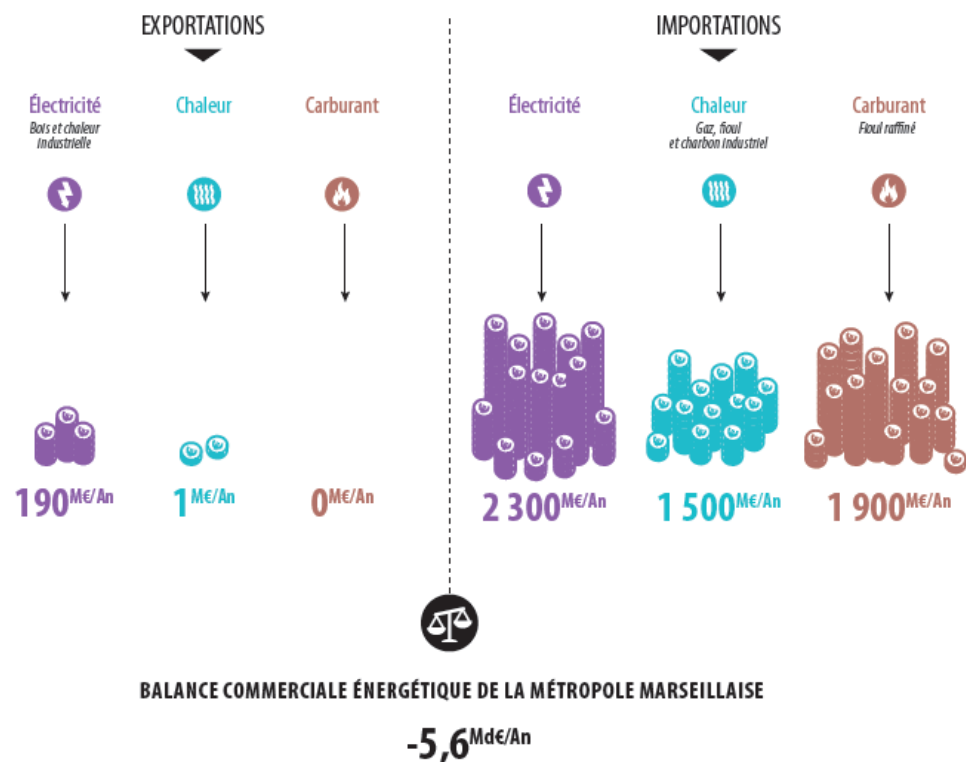


Figure 56 : Balance commerciale énergétique de la Métropole (AGAM) sur la base des données SRCAE de 2014 – Source : Livre blanc de l'énergie métropolitain AUPA AGAM 2018

4.1.4 Etat des lieux de la production d'énergie renouvelable

Ce chapitre détaille les filières de production renouvelable d'électricité (éolien terrestre, solaire photovoltaïque, solaire thermique, hydraulique, biomasse solide, biogaz, géothermie) et de chaleur (biomasse solide, pompes à chaleur, géothermie, solaire thermique, biogaz) sur le territoire.

L'énergie primaire caractérise l'ensemble des produits énergétiques avant transformation. La production d'énergie primaire consiste en l'extraction de combustibles fossiles (pétrole brut, gaz naturel, combustibles minéraux solides, etc.), la production d'énergie nucléaire et la production d'énergie renouvelable.

La première source d'énergie renouvelable du territoire est l'hydroélectricité, notamment grâce au canal usinier de la Durance entre Jouques et Saint-Chamas. La filière biomasse arrive en seconde position, puis la filière photovoltaïque. Au total, la production d'énergie renouvelable représente **2 721 GWh en 2015**. Ce productible représente 20% de la production d'énergie totale régionale.

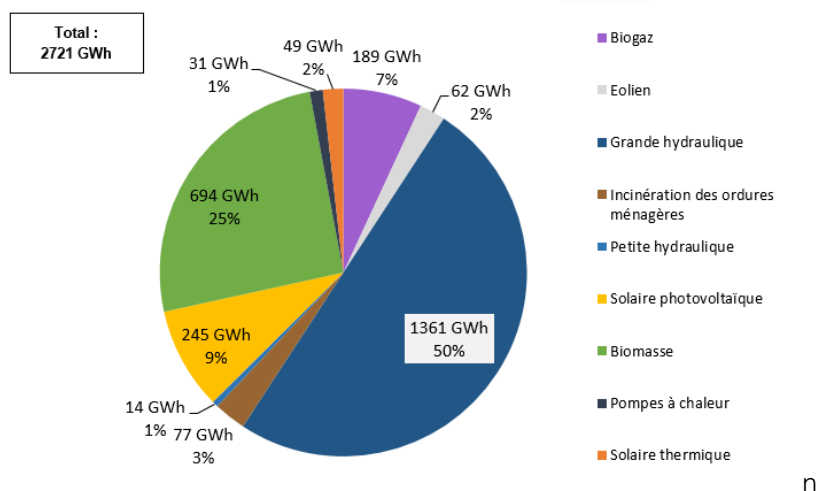


Figure 57 : Production métropolitaine d'énergie primaire en 2015 – Source: ATMOSud 2018

Cette production renouvelable représente seulement 4% de la consommation finale d'énergie du territoire. En comparaison, la part des énergies renouvelables dans les consommations finales d'énergie en PACA en 2015 est de 7,6%.

La production d'électricité métropolitaine (7,7 TWh) représente 50% de la consommation électrique du territoire (15,5 TWh). Les énergies renouvelables représentent 25% de cette production électrique (soit 12,5% de la consommation), encore largement dominée par les énergies fossiles (65%).

La production d'énergie thermique métropolitaine (1.4 TWh) représente 3% de la consommation d'énergie thermique du territoire (51 TWh). Cette production thermique est majoritairement assurée par la cogénération et la biomasse. En effet, ces deux ressources représentent 87% de la production d'énergie thermique métropolitaine.

	Renouvelable	Fossile	Cogénération	Incinération ¹⁰	TOTAL
Production d'électricité	1948 GWh	5075 GWh	600 GWh	88 GWh	7710 GWh
Production de chaleur	774 GWh	47 GWh	568 GWh	0 GWh	1389 GWh
TOTAL	2721 GWh	5122 GWh	1168 GWh	88 GWh	9099 GWh

Figure 58 : Répartition des sources d'énergie dans les filières de production d'électricité et de chaleur en 2015 – Source: ATMOSud 2018

La cogénération est considérée à part car c'est une énergie issue de la réutilisation des « déchets » de la production électrique. Si elle n'avait pas été récupérée, la quantité de combustible utilisée pour produire de l'énergie aurait été la même.

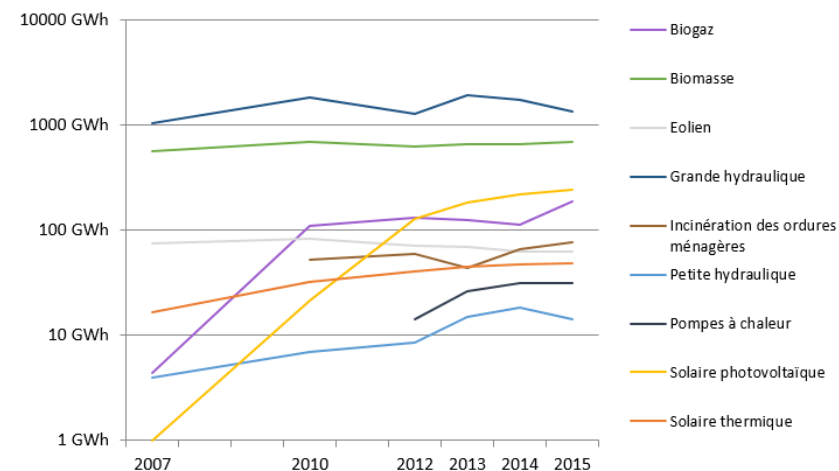


Figure 59 : Répartition des productions d'énergies renouvelables métropolitaines depuis 2007 – Source: ATMOSud 2018

Depuis 2007, les filières du biogaz et du solaire photovoltaïque ont pris de l'ampleur sur le territoire. La variabilité de la production d'énergie hydraulique s'explique par la variation des débits annuels (essentiellement les précipitations) et par l'adaptation de la production à la demande globale.

L'inventaire des puissances ENR installées sur le territoire ne recouvre pas la totalité des installations. Certaines installations solaires thermiques (particuliers), chauffage au bois ou pompes à chaleur en fonctionnement ne sont actuellement pas recensées.

¹⁰ La législation européenne indique que seulement 50% de l'énergie récupérée lors de l'incinération des déchets ménagers est considérée comme renouvelable, pour départager la part de la production liée à la combustion de biomasse de la part de production liée à la combustion de matière non renouvelable.

Type d'énergie	Électricité					Chaleur		
	Biogaz	Incinération des déchets	Éolien	Hydraulique	Solaire photovoltaïque	Solaire thermique collectif	Bois-énergie collectif	Géothermie collective
Puissances installées (MW)	16,5	38,3	35,3	566,4	167,5	4,5	29,9	20,1

Figure 60 : Inventaire des puissances ENR installées sur le territoire métropolitain en 2015 – Source: ATMOSud 2018

La déclinaison à l'échelle de la Métropole Aix-Marseille-Provence du scénario énergie du SRADDET (juillet 2018) de la région PACA établit des objectifs ambitieux de développement des énergies renouvelables. Notamment, en visant une couverture à 110% par des énergies renouvelables des consommations énergétiques finales en 2050. Ces objectifs sont repris dans le plan climat région Sud "Une COP d'avance" adopté en décembre 2017.

4.1.5 Potentiel de production d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R)

4.1.5.1 Méthode d'évaluation des gisements énergétiques du territoire

Dans la mesure du possible, les informations locales issues des entretiens avec les acteurs locaux ou études/rapports réalisées à l'échelle de la Métropole, sont utilisées.

A défaut d'informations et données locales, l'évaluation du gisement à l'échelle de la Métropole Aix-Marseille-Provence est basée sur la territorialisation de différentes études réalisées à l'échelle du département des Bouches-du-Rhône ou de la région SUD.

La méthode utilisée est précisée pour chaque ressource.

La logique générale est illustrée dans le logigramme ci-dessous. En fonction du type de ressource considérée, de la nature des données disponibles et des hypothèses prises dans les différentes études analysées, la définition de gisement brut et gisement net peut varier.

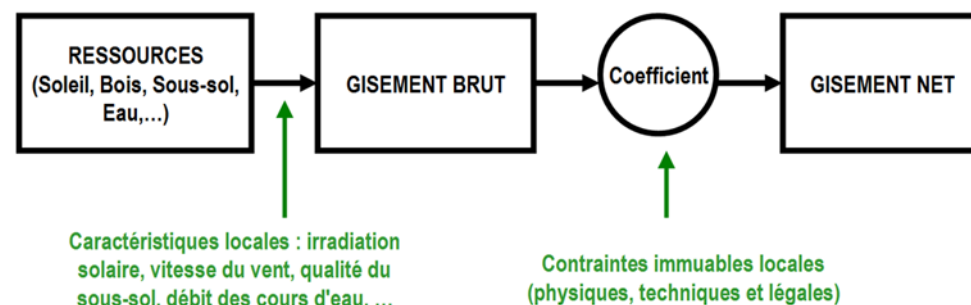


Figure 61 : méthode d'évaluation du gisement

Les ressources suivantes sont considérées :

La ressource solaire:

- Solaire photovoltaïque
- Solaire thermique

La ressource air:

- Aérothermie
- Éolien

La ressource biomasse

- Bois énergie (bûche, granulés, plaquettes, chaleur, cogénération, etc.)
- Biogaz (méthanisation des matières organiques)

La ressource géothermique :

- Géothermie basse profondeur < 500 m (sondes verticales, nappes 12-14°C), basse température, chaud et froid
- Géothermie marine : thalassothermie
- Moyenne profondeur entre 500-1000 m (nappes 40-70°C), moyenne température, chaud
- Grande profondeur > 1000 m, haute température, chaud et électricité

La ressource eau:

- Hydroélectricité
- Valorisation thermique des eaux usées

Les rejets thermiques:

- Incinération des ordures ménagères (cogénération, turbinage, vapeur)
- Rejets thermiques industriels (process, production de froid) : usines de production
- Datacenter

Ce travail a consisté à identifier et quantifier les potentiels de l'ensemble des ressources ENR. En complément, la carte ci-dessous réalisée dans le Livre Blanc de l'énergie, permet de localiser ces potentiels par communes.

POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DES ENR D'AIX-MARSEILLE- MÉTROPOLE

Sources : AUPA d'après Base de données Energ'air (données 2010) - DRECA PACA / inventaire AUPA - ERDF / BD hydra CRIGE PACA / DREAL PACA - Étude potentiel dev éolien régional (2010) - Base de données Projets énergie 2017 fournie par la Métropole AMP - Document Agam : Énergies et territoire : réussir la transition énergétique-déc. 2015

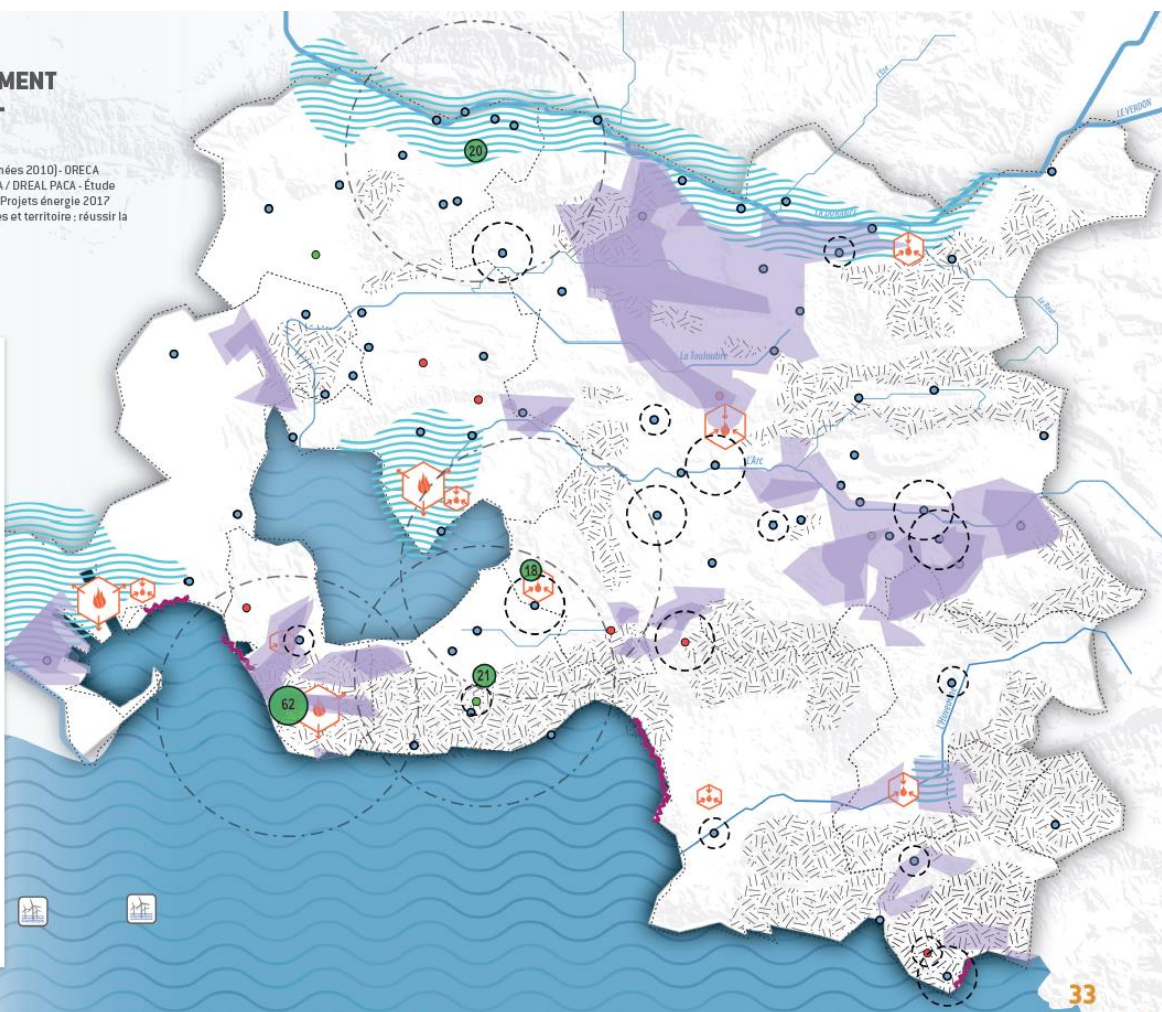


Figure 62 : Carte de localisation du potentiel de développement des énergies renouvelables sur la Métropole Aix-Marseille Provence - Source : Livre Blanc de l'énergie

4.1.5.2 La ressource solaire

4.1.5.2.1 Le solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs, comme le silicium ou les couches minces métalliques, qui libèrent des électrons sous l'action des rayonnements solaires. Un courant électrique est généré par la rencontre des photons (composants de la lumière) et des électrons (libérés par les semiconducteurs). Ce courant continu, calculé en watt crête (Wc), peut être transformé en courant alternatif grâce à un onduleur. L'électricité produite est disponible sous forme d'électricité directe qui peut être consommée, stockée en batterie ou injectée dans le réseau électrique. Les performances d'une installation photovoltaïque dépendent de l'orientation des panneaux solaires et de l'ensoleillement de la zone dans laquelle elle se trouve.

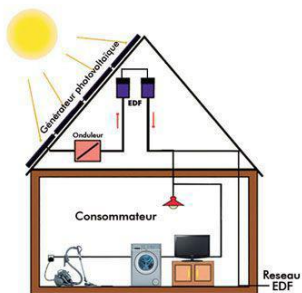


Figure 63 : schéma de principe du fonctionnement de panneaux solaires photovoltaïques

Niveau régional : Région SUD

L'évaluation du potentiel solaire net régional se base sur la mise en cohérence du gisement solaire brut avec la capacité réelle d'un territoire à recevoir des installations photovoltaïques.

On distingue principalement 2 leviers pour exploiter ce gisement: l'installation de centrales au sol et l'exploitation des toitures.

De nombreux critères peuvent rendre une zone impropre à l'installation de panneaux photovoltaïques malgré un potentiel solaire a priori intéressant. A ce titre, on peut citer : les contraintes réglementaires, le relief, les risques naturels (séisme, inondation...), les milieux naturels (biodiversité protégée), la superficie de la parcelle, ou encore la présence d'un patrimoine ou paysage remarquable à préserver.

La région SUD est l'une des régions de France qui bénéficie du plus fort gisement solaire brut. Cette caractéristique est illustrée par la carte suivante:

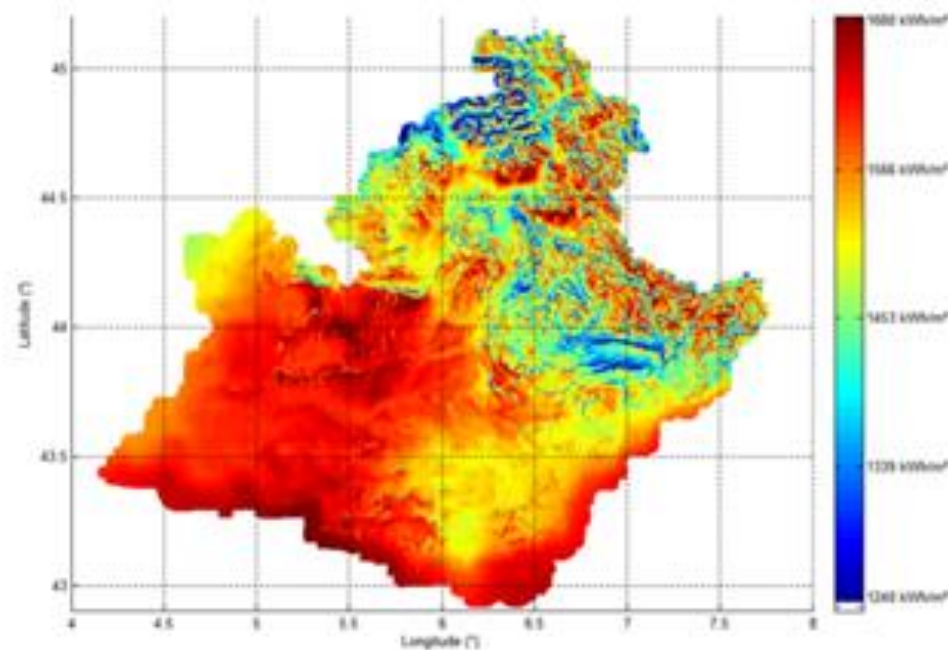


Figure 64 : Moyenne de la somme annuelle d'irradiation globale sur le plan horizontal en région PACA en kWh/m² - Source : www.atlas-solaire.fr

A l'échelle de la métropole, une moyenne de 2 900 heures d'ensoleillement est estimée ce qui en fait un véritable atout pour le développement de cette forme d'énergie et toute la filière. Son essor contribue au développement économique local et la production peut pallier aux pics de consommation électrique saisonniers.

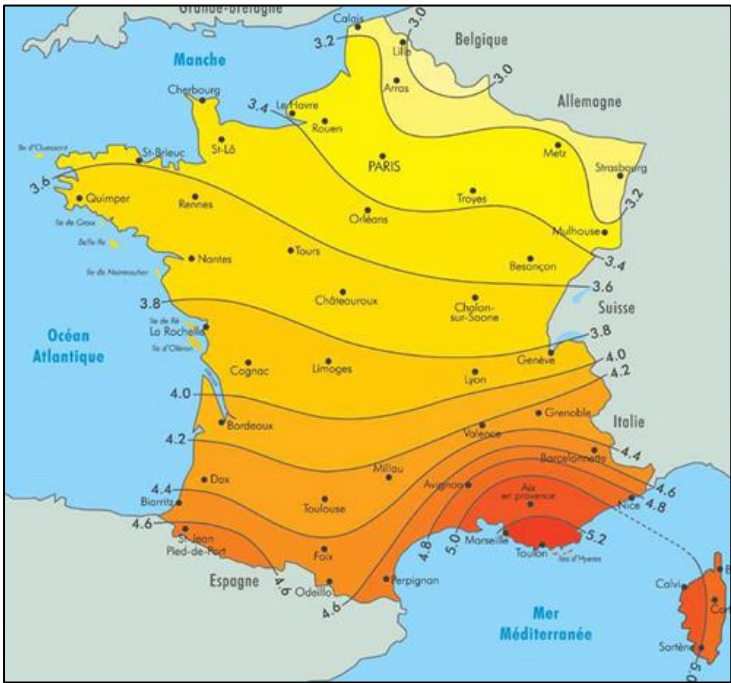


Figure 65 : Potentiel en énergie solaire - kWh/m² jour
Source : atlas européen du rayonnement solaire

Niveau territorial : Métropole Aix-Marseille-Provence

Centrales photovoltaïques au sol :

Méthode basée sur les études existantes : La fiche-outil de déclinaison des objectifs de la Stratégie Neutralité Carbone – SRADDET de la Région SUD de la Métropole Aix-Marseille-Provence fournit des chiffres potentiels disponibles sans prise en compte des spécificités métropolitaines (occupation des sols, urbanisme, topographie, etc ;) :

- pour l'installation de centrales photovoltaïques au sol :

Sur le territoire de		
Métropole d'Aix Marseille Provence		
119 192 700	m²	(friches, décharges, etc.)
potentiellement disponibles		
Soit	90%	des m² potentiel du département

Figure 66 : Surface au sol potentiellement disponible pour l'installation de centrale photovoltaïque - Source : fiche-outil objectifs de la SNBC - SRADDET de la région PACA de la Métropole d'Aix Marseille Provence

D'après le gisement énergétique théorique de 1286 kWh/kWc.an pour un module photovoltaïque dans le département des Bouches-du-Rhône (source : Institut National de l'Énergie Solaire), on peut donc évaluer le **gisement énergétique associé à 31 724 GWh/an.**

- Pour le potentiel en grande toiture :

Sur le territoire de	
Métropole d'Aix Marseille Provence	
62 637 200 m ²	de grandes toitures
potentiellement disponibles	
Soit	82% des m ² potentiel du département

- Pour le potentiel en toiture de particuliers :

Sur le territoire de	
Métropole d'Aix Marseille Provence	
18 958 000 m ²	de toiture "particuliers"
potentiellement disponibles	
Soit	86% des m ² potentiels du département

Figure 67 : Surface en toiture potentiellement disponible pour l'installation de panneaux photovoltaïques - Source : fiche-outil objectifs de la SNBC - SRADDET de la région PACA de la Métropole d'Aix Marseille Provence

Le même calcul conduit à un **gisement énergétique associé de 21 717 GWh/an**.

Perspective d'évolution de la ressource

la ressource solaire n'est pas vouée à spécialement évoluer à moyen terme. On peut donc estimer une tendance constante dans les prochaines années.

Conclusion sur le potentiel du solaire photovoltaïque

Le tableau de synthèse ci-dessous permet de rendre compte de la dynamique de production et du potentiel restant de la filière :

	Situation actuelle		
	Production 2012	Production 2015	Potentiel
Région PACA	675 GWh/an	1'206 GWh/an	Non identifié
Métropole Aix Marseille Provence	127 GWh/an	245 GWh/an	53 442 GWh/an

Tableau 8 : gisement de production photovoltaïque

Remarque importante: la surface des friches et toitures de la Métropole évoquées dans le SRADDET n'est pas valorisable en l'état pour la production énergétique : il existe de nombreuses contraintes environnementales et géographiques qui viennent minorer ce potentiel. Les puissances présentées ici ne peuvent qu'être théoriques et devront être recalculées, notamment à partir d'études complémentaires de faisabilité, pour approcher la production réelle estimée.....

4.1.5.2.2 Le solaire thermique

L'énergie solaire thermique est la transformation du rayonnement solaire en énergie thermique.

Les rayonnements sont captés par des capteurs vitrés qui transmettent l'énergie solaire à des absorbeurs métalliques, capteurs plans ou capteurs à tube sous vide, lesquels réchauffent un réseau de tuyaux de cuivre dans lequel circule un fluide caloporteur. Un échangeur chauffe à son tour l'eau stockée dans un réservoir d'eau qui est ensuite injectée dans le réseau de chauffage. Les capteurs solaires thermiques peuvent produire de l'eau chaude pour l'eau chaude sanitaire (ECS) et/ou le chauffage (Système solaire combiné - SSC). Ils peuvent également servir au séchage solaire des fourrages et au chauffage des piscines. La quantité d'énergie fournie par les capteurs va dépendre, entre autres, de la région (météo), de la surface de capteurs ou encore de la technologie employée.



Figure 68: schéma de principe de fonctionnement des capteurs solaires thermiques

Le gisement est évalué au niveau régional en considérant :

- Un fort développement de l'Eau Chaude Sanitaire (ECS) solaire dans l'existant et particulièrement dans le résidentiel (hypothèse: 4,5 m² pour une maison individuelle et 2m² en collectif par logement)
- Un très haut niveau d'équipement ECS solaire en logement neuf (individuel et collectif)

Niveau régional

Le potentiel plausible est ainsi estimé à un productible de 1 200 GWh/an au niveau régional. En considérant les enjeux et les freins au développement de la filière (notamment le coût des systèmes, la concurrence d'autres technologies et l'impact visuel en toiture), ce potentiel solaire thermique est réévalué entre 396 GWh/an et 1 200 GWh/an.

Niveau territorial Métropole Aix-Marseille-Provence

la méthode utilisée avec le PCAEM est différente de la territorialisation des objectifs du SRADDET

La base de calcul est le l'énergie de chauffage des logements du territoire selon la base de données de l'INSEE année ? .

Le gisement brut considère l'installation de capteurs solaires thermiques sur l'ensemble du parc de logements existants de la Métropole Aix-Marseille-Provence (collectif et individuel) dont la production valorisable permet de couvrir 40% des besoins d'ECS. Ce potentiel brut est estimé à 847 GWh/an.

Le gisement net est évalué, quant à lui, en privilégiant les logements présentant un système qui permet une conversion aisée, c'est-à-dire chauffés au gaz et au fioul ou à l'électricité (hors chauffage urbain et bois). Nous considérons l'hypothèse que seul 50% des logements collectifs et 66% des maisons individuelles existants sont compatibles avec une installation solaire thermique couvrant 40% des besoins d'ECS. **Ce potentiel net est de 485 GWh/an.**

À ce parc existant, nous ajoutons le potentiel des projets à construire, soit 90% des maisons individuelles et 60% des logements collectifs prévus selon la tendance actuelle de construction au niveau de la Métropole Aix-Marseille-Provence (ambition de construire 14 000 logements par an jusqu'à 2040 selon les chiffres du projet métropolitain), qui seront équipés d'une installation solaire thermique.

Ce potentiel additionnel est évalué à 47 GWh/an en 2024 – 78 GWh/an en 2030 et 181 GWh/an en 2050.

Avec un productible local de 668 kWh/m².an (source: Calsol), on quantifie ainsi le potentiel territorial de production solaire thermique en 2030.

*CESC: Chauffe-eau solaire Collectif, CESI: Chauffe-eau solaire Individuel, SSI: Système Solaire Combiné

Perspective d'évolution de la ressource

En ce qui concerne l'évolution de la ressource solaire, elle est évidemment amenée à évoluer à moyen terme.

Conclusion sur le potentiel du solaire thermique

	Situation actuelle				
	Production 2012	Production 2015	Potentiel net 2023	Potentiel net 2030	Potentiel net 2050
Région PACA	139 GWh	164 GWh	Non évalué	Non évalué	Non évalué
Métro pole	41 GWh	49 GWh	532 GWh	563 GWh	666 GWh

Tableau 9 : gisement de production solaire thermique

4.1.5.3 La ressource air

4.1.5.3.1 L'aérothermie

L'aérothermie consiste à prélever la chaleur contenue dans l'air ambiant (intérieur ou extérieur au local à climatiser) afin de chauffer ou rafraîchir un local. Cette ressource est nécessairement exploitée via une pompe à chaleur (PAC) qui adapte son fonctionnement selon la saisonnalité.

Pour fonctionner, une pompe à chaleur a besoin d'électricité. Cependant, cette consommation d'électricité est inférieure à la production de chaud ou de froid qu'elle délivre. La performance énergétique d'une pompe à chaleur est déterminée par son coefficient de performance (COP).

De manière générale, le COP chaud d'une pompe à chaleur aérothermique est de l'ordre de 3 et le COP froid de l'ordre de 2.5/3. Un COP de 3 signifie que la PAC consomme 1 kWh d'électricité pour une restitution de 3 kWh de chauffage ou de refroidissement. Les aides fiscales ne se déclenchent que pour des COP supérieurs à 3,3 (seuil à partir duquel les équipements sont considérés comme efficaces).

Les niveaux de température en hiver étant relativement doux sur le territoire de la Métropole, le recours à l'aérothermie sur ce territoire permet de bénéficier d'un

excellent COP chaud. C'est donc une ressource particulièrement pertinente à exploiter sur ce territoire en ce qui concerne la production de chauffage et/ou ECS. Ce diagnostic est confirmé dans le SRCAE PACA 2013.

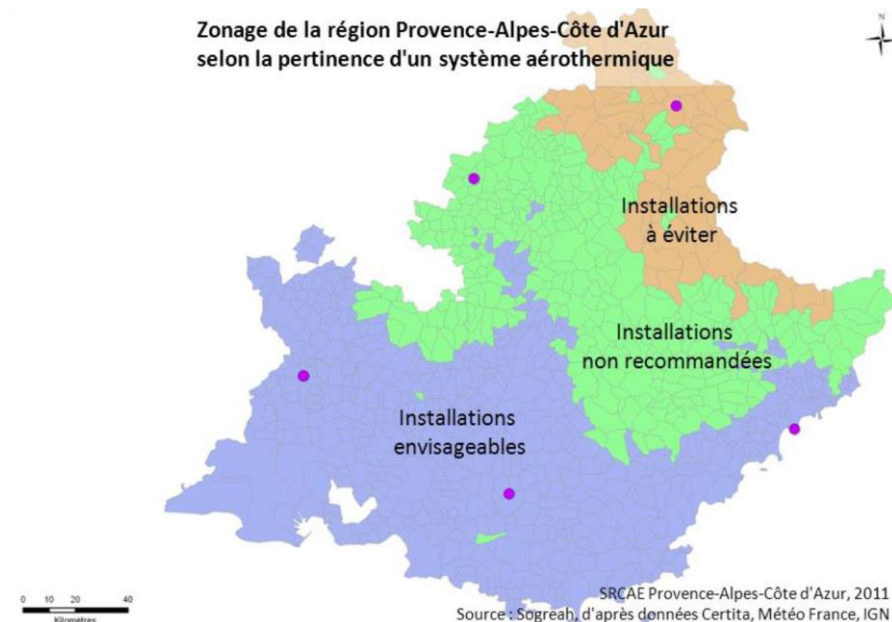


Figure 69 : Zonage de pertinence de recours à un système aérothermique - Source: SRCAE 2013

Seule les deux tiers de la production de la pompe à chaleur est considérée comme une ENR. On peut également citer le risque d'augmentation de la consommation électrique par création d'un nouvel usage (climatisation). Enfin, une mise en œuvre optimale dans l'existant nécessiterait au préalable le remplacement des émetteurs pour abaisser la température de fonctionnement et la rénovation du bâti pour réduire le besoin de pointe et améliorer le COP de l'installation.

Niveau régional: Région SUD

Les seules données existantes sur la filière aérothermie en région PACA sont celles contenues dans le SRCAE 2013.

En 2010, la production d'énergie renouvelable par un système aérothermique s'est élevée à plus de **690 GWh** pour près de **12 000 000 m²** de bâtiments résidentiels et tertiaires chauffés par un système aérothermique. Cette production représentait environ 30% de la production aérothermique en France. Elle est présente majoritairement dans les bâtiments tertiaires, comme on peut le voir dans l'illustration ci-dessous:

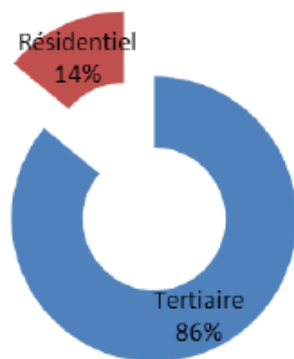


Figure 70 : Répartition des installations aérothermiques à fin 2010 - Source: SRCAE PACA 2013

Selon le SRCAE 2013, l'utilisation de cette ressource pour l'ensemble des bâtiments pour lesquelles celle-ci est pertinente conduirait à un potentiel additionnel de près 8 500 GWh pour 235 000 000 m² de bâtiments chauffés. En 2010, le taux d'exploitation de la ressource s'élevait à 8%.

Niveau territorial: Métropole Aix-Marseille-Provence

Méthode par territorialisation des données existantes: Pour évaluer le gisement aérothermique à l'échelle métropolitaine, on se base sur l'évaluation des potentiels par département à horizon 2030 et qui a été faite dans le SRCAE 2013 et dont les résultats sont exposés ci-dessous:

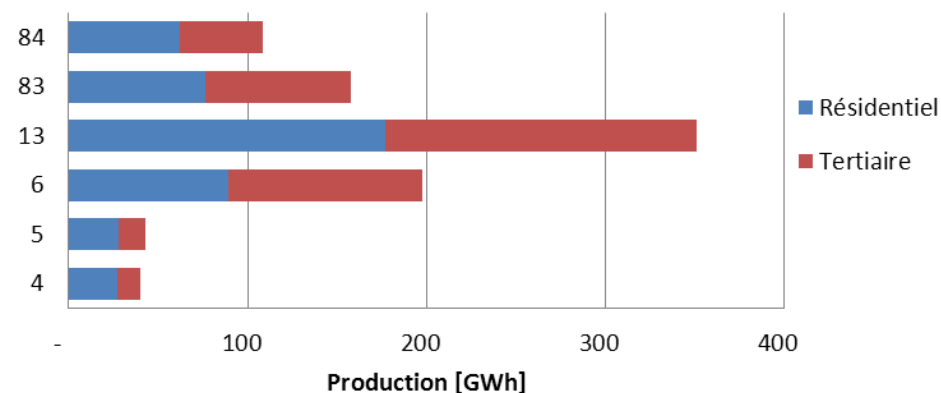


Figure 71 : Potentiel additionnel 2020-2030 de l'aérothermie par département de la région PACA – Source: SRCAE PACA 2013

En appliquant un ratio de population sur le potentiel des Bouches du Rhône, on obtient un potentiel productible additionnel issu de l'aérothermie de **325 GWh à horizon 2030**. Ce potentiel est équiréparti entre installations résidentielles et tertiaires.

Perspective d'évolution de la ressource

Dans le contexte de réchauffement climatique que nous connaissons à l'heure actuelle, les perspectives sur la ressource aérothermique sont amenées à évoluer. L'augmentation générale des températures aura des conséquences positives sur les rendements des installations de chauffage (COP chaud) mais dans le même temps ces dernières seront moins souvent utilisées.

En revanche, les installations de refroidissement verront leurs coefficients de performance diminuer alors qu'elles fonctionneront plus souvent sur une année.

Conclusion sur le potentiel aérothermique

	Situation actuelle		
	Production 2010	Production 2015	Capacité totale (2030)
Région PACA	690 GWh/an	Non évaluée	8 500 GWh/an
Métropole	258 GWh/an	Non évaluée	325 GWh/an

4.1.5.3.2 L'éolien

La valorisation de l'énergie éolienne consiste à convertir l'énergie cinétique du vent en énergie cinétique de rotation, exploitable principalement pour produire de l'électricité ou pour le pompage de l'eau sur sites isolés.

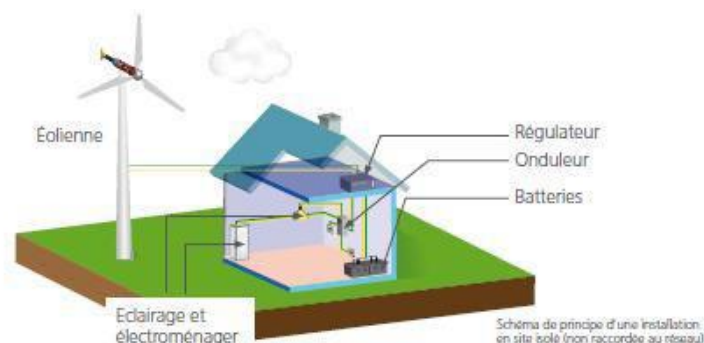


Figure 72: Exemple d'une installation micro-éolienne (source: ADEME)

On distingue le développement de l'éolien terrestre, ou onshore et le développement de l'éolien en mer, ce qu'on appelle l'éolien offshore.

3 catégories d'éoliennes sont identifiées pour l'éolien terrestre en fonction de leur puissance. On parle de :

- Grand éolien: puissance > 350 kW – hauteurs de machine de 80 à 150 mètres

- Moyen éolien: puissance entre 36 kW et 350 kW – hauteurs de machine inférieures à 80 mètres
- Petit éolien: puissance entre 1 kW et 36 kW – hauteurs de machine de 10 à 20 mètres environ

Niveau régional : Région SUD

La caractérisation du gisement éolien brut a été réalisée dans le Schéma Régional Éolien (SRE) de la région PACA (annulé en 2012 par le Tribunal Administratif de Marseille). Selon la circulaire du 19 juin 2006, le potentiel de vent est considéré comme favorable au développement de l'énergie éolienne au-delà d'une vitesse de vent de 4 m/s à 50 m au-dessus du terrain naturel. Bien que le SRE ait été annulé, la quantification du gisement a été reprise dans ce chapitre afin d'avoir une vision plus précise.

En région SUD, on distingue un potentiel brut de production pour le grand éolien principalement dans les départements à l'Ouest de la région: le Vaucluse, les Bouches-du-Rhône et le Var. Une fois ce potentiel brut corrigé des contraintes techniques, environnementales, patrimoniales et paysagères on obtient la carte de potentiel de développement de l'Éolien suivante:

2011 : 45 MW
2020 : 545 MW
2030 : 1245 MW

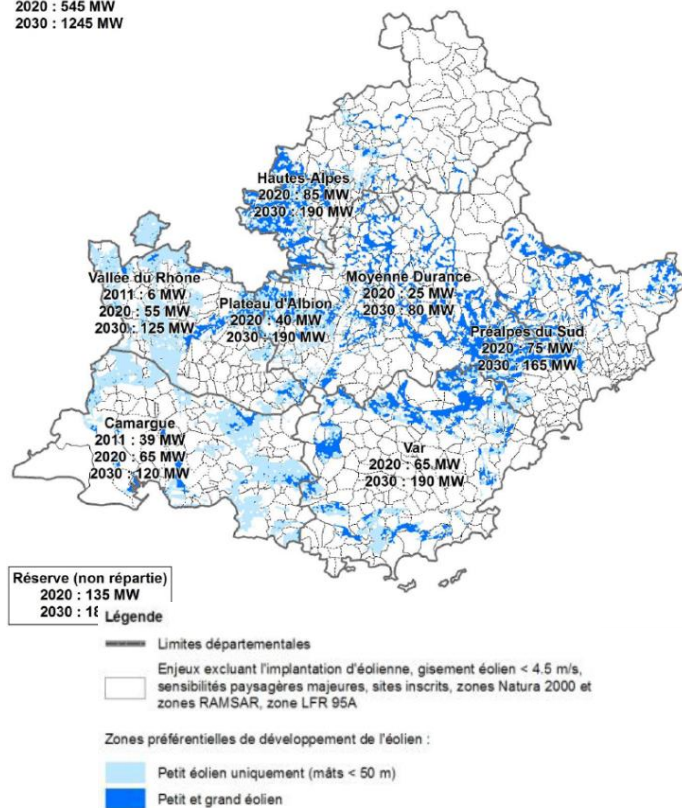


Figure 73 : Zones préférentielles et objectifs de développement du petit et du grand éolien en région SUD (Source: SRE de la région PACA 2012, annulé fin 2012)

Selon ce même document, le gisement net de production d'électricité d'origine éolienne à l'échelle régionale est ainsi évalué à court terme à **680 MW** pour un productible de près de **1600 GWh/an**.

A ce potentiel, s'ajoute un potentiel réalisable à moyen terme estimé à 580 MW pour un productible supplémentaire de 1430 GWh/an. **Le potentiel total à horizon 2030 pour la Région Sud PACA est donc estimé à 3030 GWh/an.**

Remarques : étant donné le manque de données disponibles et l'absence d'étude de potentiel détaillée, l'éolien flottant n'a pas été considéré dans le cadre de cette étude.

Niveau territorial : Métropole Aix-Marseille-Provence

À l'heure actuelle, les principales productions locales d'électricité issues du grand éolien au sein de la Métropole sont les suivantes :

- Parc de Port-Saint-Louis-du-Rhône – 21.25 MW
- Parc de Fos-sur-Mer – 10 MW
- Parc de Fos-sur-Mer "Nénuphar" – 2 MW

Au total, ces 3 parcs éoliens représentent un productible d'environ **82 GWh/an**.

Le SRE PACA définit 7 zones géographiques se répartissant les objectifs régionaux de développement de l'éolien: Camargue, Var, Préalpes du Sud, Moyenne Durance, Plateau d'Albion, Vallée du Rhône et Hautes Alpes.

Aucune d'entre elles ne se situe sur le territoire métropolitain, et il semble trop hasardeux d'évoquer des chiffres précis de potentiel de production à l'échelle de la Métropole.

Néanmoins, l'étude du SRE permet de constater que le territoire de la Métropole comporte davantage de zones favorables au développement du petit éolien que du grand éolien. Les rares mats de plus de 50 m seraient relégués sur des espaces naturels, réservoir de biodiversité de la trame verte et bleue de la Métropole et sur l'Etang de Berre.

Les contraintes liées au régime des vents sont également à coupler avec les contraintes d'urbanisation, notamment l'éloignement de 500 m des habitations pour les mats de plus de 50 m.

Il faut ajouter un paragraphe sur le projet offshore ... cp voit avec H BARRAU

D'importantes perspectives se dessinent à l'Ouest du territoire avec l'éolien offshore, autour de 2 projets : le projet Vertiwind (Nénuphar), pour lequel des essais ont été réalisés à terre à Fos-sur-Mer et le projet Provence Grand Large (EDF Energie nouvelles), initialement prévu pour accueillir les éoliennes Nénuphar, et actuellement en cours de redéfinition en lien avec l'appel à projet national qui a retenu le site de Faraman au large du golfe de Fos. L'objectif est, à terme, d'aménager une ferme d'une centaine d'éoliennes en mer et de créer une filière industrielle sur la zones industrialo-portuaire de Fos.

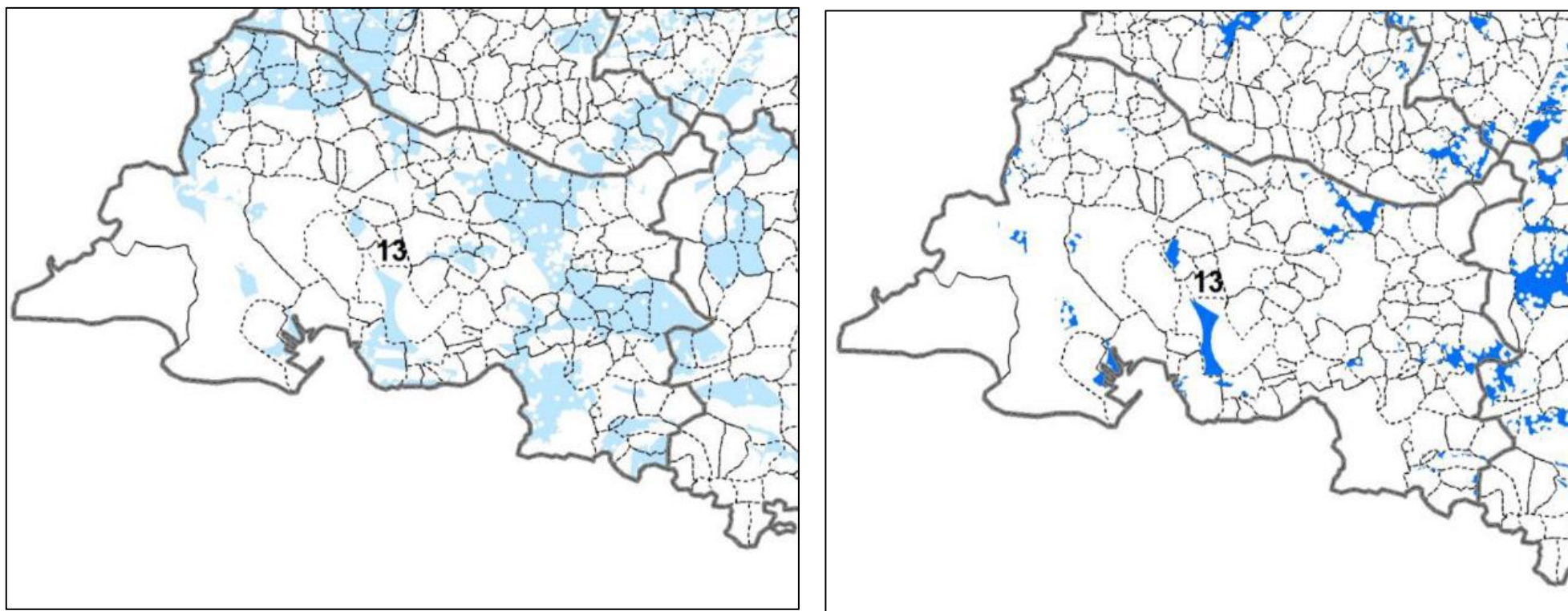


Figure 74 : Zones préférentielles favorables au développement du petit éolien (à gauche) et du grand éolien (à droite) – Source: SRE PACA 2012

D'après ces deux cartes, on peut identifier les territoires suivants comme étant ceux présentant le plus grand potentiel de développement éolien:

- Grand Éolien: Étang de Berre
- Petit Éolien:
 - o Zone 1 – Marseille, Cassis, La Ciotat, Roquefort-la-Bédoule
 - o Zone 2 – Trets, Peynier, Belcodène, Fuveau, Gréasque, Meyreuil Gardanne
 - o Zone 3 – Aix-en-Provence (nord), Éguilles, Saint Cannat, Rognes, Le Puy-Sainte-Réparate

Bien qu'aucune étude précise du potentiel éolien sur le territoire n'a cependant été réalisée, le diagnostic du Schéma Directeur des Energies, publié en 2020 par le groupement Setec, permet d'apporter des éclaircissements sur le potentiel éolien du territoire de la métropole.

Le cadastre énergétique de la Région, mis en ligne début 2020, propose une cartographie de la densité énergétique des vents à, respectivement, 10 m et 80 m d'altitude, selon un maillage de 250 m. Selon les indications du cadastre : « Cette donnée est issue d'une simulation, réalisée avec le logiciel de calcul d'énergie de METEODYN pour calculer la production d'énergie avec un pas de maillage de 250m. Elle a été réalisée en 2008 dans le cadre du contrat de projet Etat-Région 2007-2013, et piloté par l'ADEME PACA ».

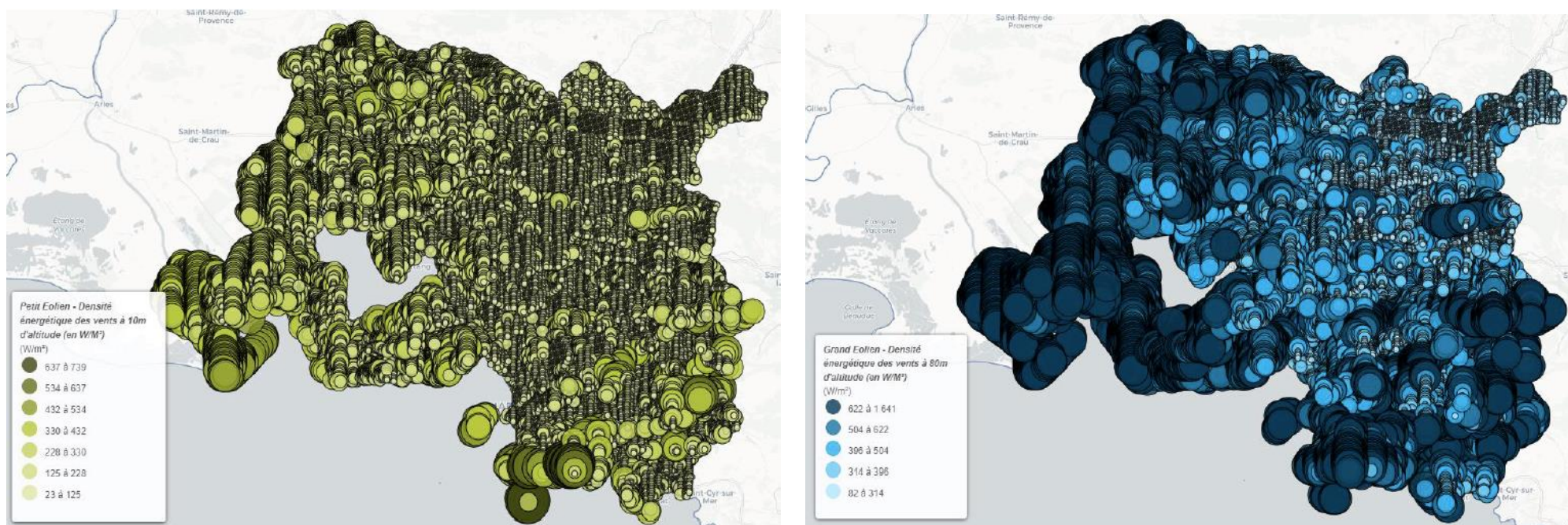


Figure 75 : Densité énergétique des vents à 10 m (en haut) et 80 m (en bas) - Source: cadastre énergétique régional

Les zones les plus ventées se situent à priori dans les parties ouest et sud-est du territoire mais des études complémentaires seraient nécessaires pour estimer les contraintes à prendre en compte (paysagère, environnementales, radars, capacités d'accueil du réseau, proximité habitations, etc.).

Pour identifier le plus précisément le potentiel éolien disponible, il faudrait reprendre les travaux, invalidés en 2015, présentés dans le Schéma Régional Eolien.

Acteurs, maturité

Aucune dynamique particulière n'a été identifiée localement sur l'éolien terrestre, hormis la présence de grands acteurs du développement privé (Voltaia, EDF Energies Nouvelles...) mais qui ne travaillent pas particulièrement sur le territoire. Il semble que les obstacles à franchir en termes d'acceptabilité soient trop importants, rendant la région très en retard sur le développement de l'éolien (alors que paradoxalement elle avait été pionnière et elle bénéficie de bonnes conditions de vent).

Quoiqu'il en soit, en l'absence de Schéma Régional Eolien, pour pouvoir bénéficier de l'obligation de rachat de l'électricité produite, il faudrait préalablement que les communes ou groupements de communes potentiellement intéressées par le déploiement de l'éolien sur leur territoire définissent une zone de développement de l'éolien (ZDE).

Perspective d'évolution de la ressource

En ce qui concerne l'évolution de la ressource vent, on peut dire qu'elle sera probablement impactée par le réchauffement climatique global. En revanche, il est incertain de prédire une évolution à la hausse ou à la baisse de la ressource vent exploitable par les éoliennes.

Conclusion sur le potentiel éolien

	Situation actuelle		
	Production 2012	Production 2015	Potentiel net
Région PACA	116 GWh/an	105 GWh/an	2 925 GWh/an
Métropole	71 GWh/an	62 GWh/an	Non évalué

4.1.5.4 La ressource biomasse

4.1.5.4.1 Le bois énergie

Le bois-énergie consiste à utiliser le bois à des fins de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire et même, dans certains cas, de production d'électricité. Les méthodes d'utilisation sont presque similaires aux chaudières classiques où le bois remplace le fuel ou le gaz comme combustible.

Il existe trois types principaux de combustibles produits à partir du bois:

- Les plaquettes: Qu'elles soient issues de l'industrie (scieries, déchets de bois,...) ou de l'exploitation forestière, les plaquettes prennent la forme d'éclats de bois de tailles et formes variées. Elles proviennent essentiellement d'éclaircies de sujets, de travaux forestiers, de scieries et de menuiseries. Elles nécessitent un séchage pour une combustion optimale.
- Les granulés: Composés de sciure compactée en éléments de petite taille (cylindre de 4-6 mm de diamètre par 10-20 mm de long), ils sont obtenus par pressage. L'agglomération des éléments fins résulte de l'importante pression même si certains procédés de fabrication utilisent des liants (amidon de maïs,...).
- Les bûches: Combustible bois-énergie le plus connu, la bûche est utilisée directement pour la production d'énergie sans processus de transformation. Elle nécessite cependant une préparation en amont comme le séchage par exemple.

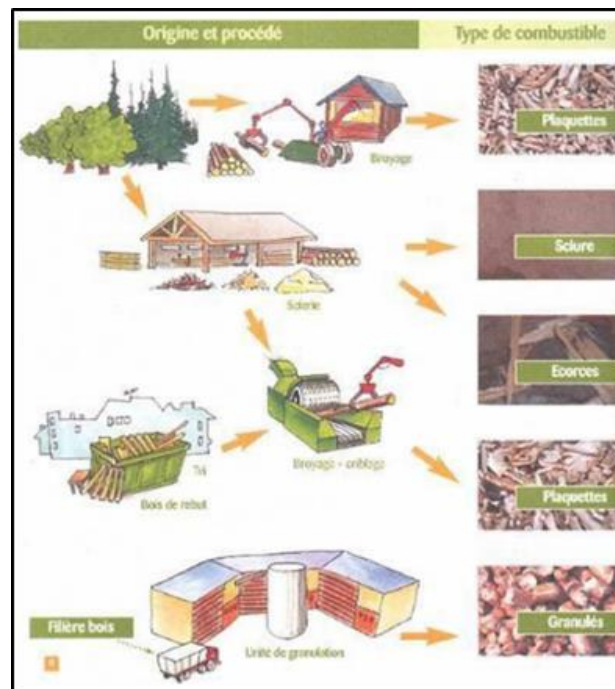


Figure 76 : Type de valorisation de la ressource bio-masse forestière (source: ADEME)

De plus, d'autres sources permettent de produire de l'énergie à partir des matières organiques: biomasse agricole, déchets verts,...

Niveau régional : Région Sud PACA

La ressource bois-énergie est considérée comme ressource renouvelable si le bois utilisé est produit localement dans le cadre d'une gestion durable des forêts. La biomasse forestière est un combustible efficace pour produire de la chaleur à disposition des particuliers, des collectivités ou même des industries.

Le bois énergie est un des secteurs énergétiques les plus actifs en région. Si le principal enjeu demeure la structuration de la filière, le domaine connaît une croissance régulière des installations mises en service. Le potentiel brut est important étant donné que la région est recouverte à environ 50% de surface forestière.

Après une période pionnière autour des années 1990, le nombre d'installations bois énergie a réellement pris son envol au début des années 2000 pour atteindre un rythme de croisière d'environ 8 à 9 MW installés par an. Le tableau ci-dessous permet d'appuyer ce constat (source ORECA):

	Nombre d'installations en service	Puissance installée (en kW)
Avant 2010	174	66 831
2011	206	71 423
2012	236	80 530
2013	271	106 965
2014	284	111 914
2015	289	112 556
2016	300	127 000
2017	302	128 000

Figure 77 : Inventaire des installations bois-énergie en région PACA (source: ORECA)

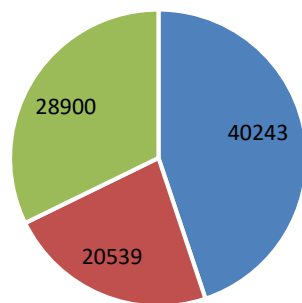
Le schéma régional biomasse de la région Sud PACA est en cours d'élaboration. En l'absence d'études récentes sur le sujet nous conservons le chiffre issu de l'étude du Potentiel de bois pour une utilisation à vocation d'énergie, communes forestières 2008 qui fait état d'un **potentiel de bois énergie mobilisable de 1 600 GWh/an à l'échelle régionale.**

Niveau territorial : Métropole Aix-Marseille Provence

La forêt métropolitaine occupe une surface de 127 800 ha, représentant un taux de couverture du territoire de 40% (pour comparaison : 23% à l'échelle du département des Bouches-du-Rhône et 31% au niveau national).

Les boisements métropolitains occupent 84% de la surface forestière du département des Bouches-du-Rhône (pour la partie métropolitaine strictement comprise dans les Bouches-du-Rhône) et 8% de la forêt régionale.

La production métropolitaine en bois commercialisé est estimée à près de 90 000 m3/an pour un volume exploitable sur pied estimé à environ 4 millions de m3 mais ces chiffres sont soumis à une grande variabilité en fonction des sources choisies.



■ Bois industrie ■ Bois d'œuvre ■ Bois énergie

Figure 78 : volume de bois commercialisé par les forestiers de la Métropole AMP (source EAB 2016) en m3

Des données plus précises seront disponibles à partir d'une étude métropolitaine dont le lancement par le service forêts est prévu en 2019.

Méthode basée sur les études existantes: En l'absence d'études détaillées sur le potentiel bois énergie en région PACA et ses territoires, l'évaluation du potentiel au niveau territorial se base sur l'étude des Plans d'Approvisionnement Territoriaux réalisés au sein de la Métropole. On en compte deux à ce jour :

- PAT du Pays d'Aubagne et de l'Etoile
- Charte Forestière du Concors Sainte Victoire

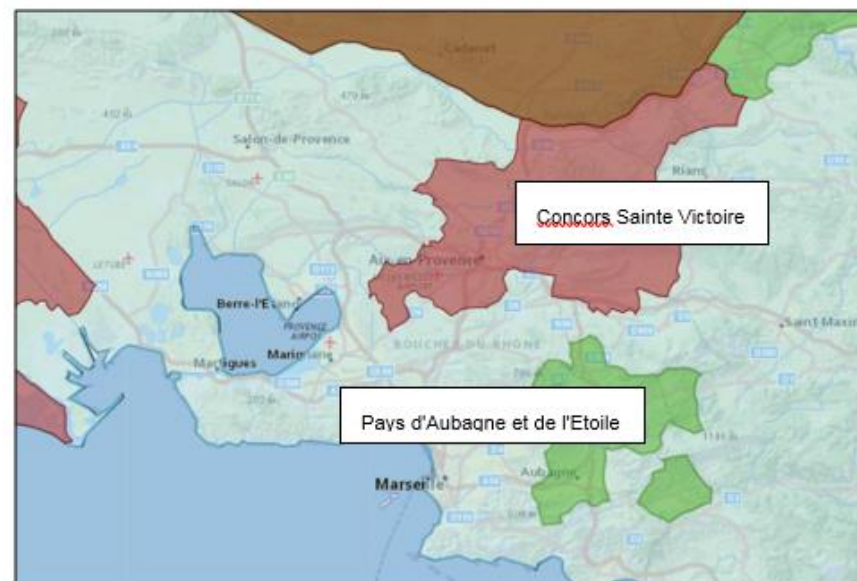


Figure 79 : Localisation des plans d'approvisionnement territoriaux à proximité de la Métropole AMP (source: communes forestières)

La Charte Forestière du Concors Sainte Victoire n'estime pas de potentiel de valorisation de bois énergie. En revanche, le PAT du Pays d'Aubagne et de l'Etoile fait état d'un gisement net de ressources forestières de 5 800 T/an en complément des 4 100 T/an actuellement consommées.

En considérant le pouvoir calorifique du bois cela confère un **potentiel disponible de 21GWh/an** par rapport au potentiel de 15 GWh/an déjà valorisé aujourd'hui.

Néanmoins, il est important de noter qu'en raison de la réalisation récentes de plusieurs grands projets locaux ayant recours à la ressource bois comme la centrale biomasse de Gardanne, ce potentiel théorique disponible et plus largement le potentiel bois énergie local et régional peut être soumis à de fortes sollicitations. La disponibilité potentielle du gisement bois énergie est donc à considérer avec précaution. Une étude de « stratégie intégrée des réseaux de production d'énergie de la Métropole » viendra préciser ces estimations en fin 2019.

Perspective d'évolution du potentiel biomasse

À ce jour, la forêt en PACA (48% de la surface régionale - 1 500 000 ha environ) est largement sous-exploitée ; moins d'un tiers de l'accroissement biologique annuel est récolté, en comptant l'économie parallèle. Or, le gisement supplémentaire potentiel de bois-énergie est estimé à environ 580 000 tonnes. Les difficultés d'exploiter davantage de bois sont liées notamment au fait qu'environ 40% de la forêt régionale est difficilement accessible (relief accentué et dessertes en routes et pistes forestières insuffisantes).

Le bois résineux d'industrie, généré chaque année par la croissance des arbres, produit une ressource exploitable estimée à 43 500 m³/an dans les Bouches-du-Rhône, équivalente à une puissance de 100 000 MWh/an ou 9 000 tep/an. La ressource est essentiellement disponible sur la côte Bleue jusqu'à Martigues, au Nord d'Aix-en-Provence, à l'Est des Bouches-du-Rhône (Nord du Parc national des Calanques, Sainte Baume, chaîne de l'Etoile, autour de l'Arbois).

Privée pour presque les 3/4 de sa surface, la forêt en PACA appartient à de très nombreux propriétaires (environ 220 000 propriétaires privés, dont un peu moins de 4 000 possèdent toutefois plus de 25 ha, représentant environ 45% des surfaces de forêts privées - source PPRDF 2011), assez peu enclins à vendre leur bois encore trop faiblement rémunéré.

Aussi, il existe un vrai potentiel d'évolution de la ressource en bois énergie lié à la au recyclage des déchets issus de l'industrie du bois. Dont la filière commence à se structurer.

Enfin, la tendance à la hausse de la ressource biomasse disponible localement dans les années à venir est à nuancer avec la présence de plusieurs industries fortement consommatrices de bois comme la centrale biomasse de Gardanne qui consomme environ 855 000 tonnes de bois par an ou encore la papeterie de Tarascon (280 000 tonnes de bois par an).

Estimation des potentiels de production et d'utilisation additionnels de biomasse à usages autres qu'alimentaires (forestière, agricole ou biodéchets pour la filière construction ou éco-matériaux)

Un travail est actuellement en cours par les services métropolitains pour réaliser cette estimation, sur la base :

- de l'état des lieux du Schéma Directeur des Energies-réseaux et productions
- des données issues du Schéma Régional Biomasse
- des éléments d'estimation du potentiel de méthanisation et du potentiel de pyrogazéification réalisée par GRDF

A l'heure actuelle, voici en résumé les éléments dont dispose la Métropole sur cette question (Extrait du DIAGNOSTIC : Cahier complémentaire Production d'Energies Renouvelables et de Récupération- SDE Energie et réseaux- MAMP- Juillet 2020)

Le PCAEM comprend un objectif sur le bois énergie (mais qui ne précise pas à ce stade s'il s'agit de production thermique ou électrique) et un objectif d'augmentation de la capacité de l'usine de valorisation énergétique de Fos-sur-Mer : +5% entre 2020 et 2025, + 5% entre 2025 et 2030 et +10% entre 2030 et 2050. Cette usine étant vouée à produire de l'électricité, on considère que cette augmentation se reportera sur le réseau électrique.

Concernant le bois énergie, on ne peut ignorer sa valorisation sous forme d'électricité puisque la centrale thermique de Gardanne comprend une tranche bois énergie qui pourrait produire jusqu'à 1000 GWh. Elle fonctionne actuellement à 25% de sa capacité. Afin de ne pas l'occulter dans le bilan énergétique du territoire, il a été pris en compte qu'elle atteigne peu à peu sa capacité maximale de production.

Source	Point de départ en 2017	Déploiement 2020-2025	Déploiement 2025-2030	Déploiement 2030-2050	Point d'arrivée en 2050
Déchets (UVE)	Part EnR : 79 GWh	4 GWh	4 GWh	8 GWh	95 GWh
Bois énergie	222 GWh	Si Atteinte de la production prévue			1 000 GWh

Tableau 10 : Potentiels d'utilisation des déchets et du bois-énergie

Bois énergie

Des schémas et plans d'approvisionnement territoriaux ont été réalisés avant la création de la Métropole par l'agglomération du Pays d'Aix et celle du Pays d'Aubagne et de l'Etoile (qui représente la majeure partie de la surface forestière du territoire métropolitain).

- Le Schéma d'Approvisionnement Territorial (SAT) du Pays d'Aix estimait la ressource totale mobilisable à 50 000 tonnes / an (tous usages confondus), dont 12 000 à 15 000 tonnes exploitées (en 2013).
- Le Plan d'Approvisionnement Territorial du Pays d'Aubagne et de l'Etoile fait état d'un gisement net de 9 900 tonnes / an dont 4 100 actuellement consommées.

Sur le territoire entier de la métropole, le gisement de bois disponible est estimé à 75 000 tonnes (source : www.ampmetropole.fr, page « Gestion forestière »). Une étude en cours va permettre d'affiner ce chiffre et de localiser précisément les gisements.

Considérant une valorisation possible à 15% en bois d'œuvre (ratio pris en considération dans le SAT du Pays d'Aix) et un contenu énergétique moyen de 3,5 MWh par tonne (résineux 30% d'humidité), on peut estimer le potentiel à : 223 GWh par an (incluant aussi le bois d'industrie).

Le cadastre énergétique régional estime quant à lui le potentiel à 149 GWh par an.

Dans l'attente des résultats de l'étude plus détaillée réalisée à l'échelle de la métropole, on retiendra un potentiel moyen d'environ 200 GWh par an, incluant tous les usages du bois énergie, c'est-à-dire la production électrique comme thermique.

Ainsi, l'atteinte des objectifs de production sur la centrale de Gardanne ne peut passer par l'utilisation exclusive de bois énergie produit localement (sur le territoire Aix-Marseille-Provence).

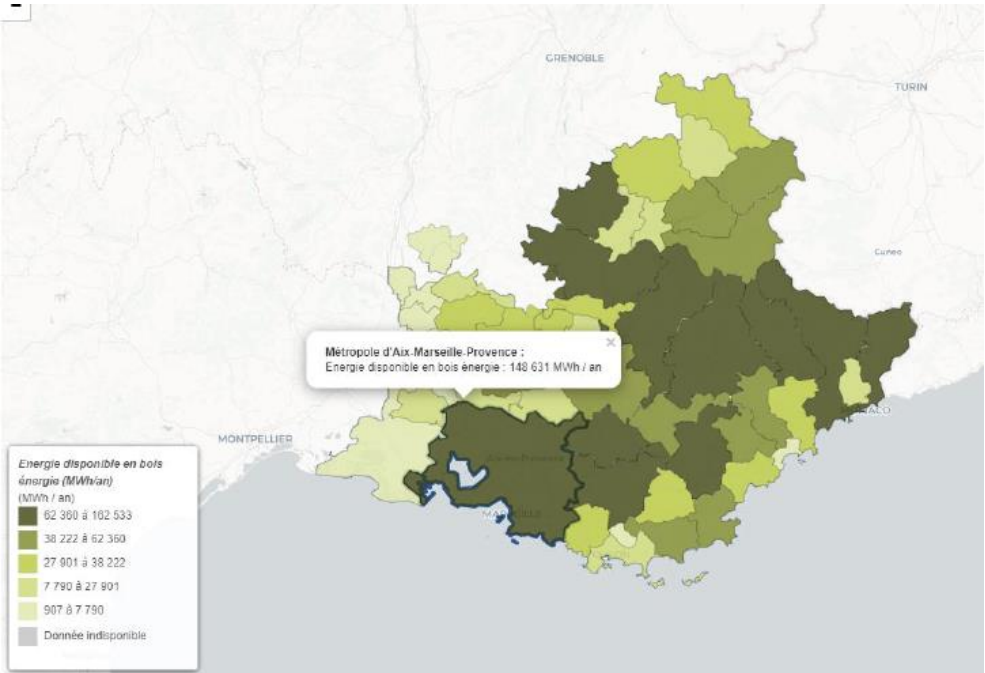


Figure 80 : Potentiel bois énergie sur la métropole (source : cadastre énergétique régional)

Conclusion sur le potentiel bois-énergie

4.1.5.4.2 Le	Situation actuelle			biogaz (via méthanisation des matières organiques)
	Production 2012	Production 2015	Potentiel net	
Région PACA	2450 GWh/an	2608 GWh/an	1600 GWh/an	
Métropole Aix	631 GWh/an	694 GWh/an	21 GWh/an	

Le biogaz est un gaz produit par fermentation de matière organique en l'absence d'oxygène. Après traitement, le biogaz est assimilable à un gaz naturel et à ce titre il

peut être injecté dans le réseau pour valorisation ultérieure (chauffage, cogénération, cuisine ou carburant) ou directement être valorisé comme un BioGNV (BioGaz Naturel pour Véhicules). Le développement de la méthanisation et de la production biogaz peut se faire dans 5 secteurs: le secteur agricole, le secteur industriel, les déchets ménagers, les boues urbaines et les Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND).

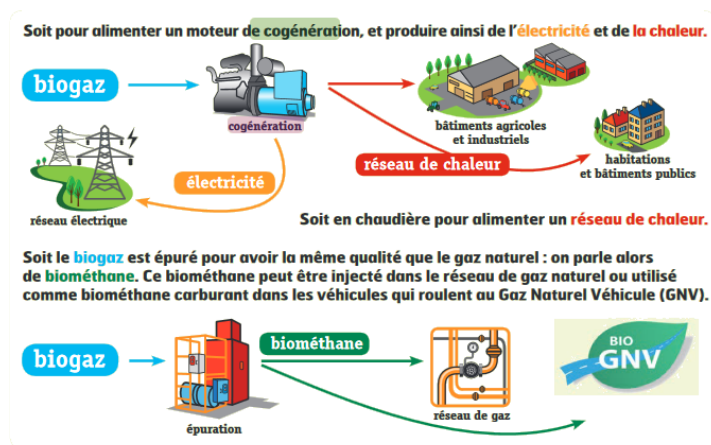


Figure 81: utilisation du biogaz (source: Vers l'autonomie énergétique des territoires - méthanisation et biogaz, une filière d'avenir - ATEE Biogaz)

L'évaluation des potentiels de production d'énergie issue du biogaz s'appuie sur des résultats d'études déjà réalisées.

Niveau régional

Dans la région Sud PACA, la filière méthanisation est en plein développement et représente à ce jour:

- 3 unités de méthanisation en fonctionnement (2 agricoles et 1 agro-industrielle) – autres que celles installées sur les stations d'épuration d'eaux usées (STEP urbaines ou agro-industrielles)
- 3 unités de méthanisation en phase d'investissement
- 6 unités de méthanisation en étude de faisabilité

- 7 projets de méthanisation en phase idée, opportunité qui par exemple bénéficie de l'accompagnement du GERES

La carte ci-dessous localise les centres de traitement dans la région (unités de méthanisation et projets en cours):



Figure 82 : Cartographie des centres de valorisation - Source: Portail des matières organiques en PACA

Une évaluation du potentiel énergétique des sources de méthanisation a été réalisée en 2015 par Hélianthe. Le potentiel brut en région PACA a ainsi été évalué à **1 386 GWh/an**.

Niveau territorial : Métropole Aix-Marseille-Provence

La production énergétique actuelle issue de la récupération de biogaz des sites d'enfouissement de déchets (process non contrôlé) et de la méthanisation (process contrôlé) de la Métropole s'élève à 187 GWh ce qui représente 73% de la production régionale.

Les sites de production métropolitain valorisent le biogaz via une production d'électricité et non de gaz renouvelable. En effet, le biogaz collecté est non raffiné, il ne peut donc pas être directement injecté sur le réseau. Il sert donc de combustible pour une production électrique.

Le tableau ci-dessous permet de synthétiser les lieux de production d'électricité issue du biogaz (non épuré) au sein de la Métropole :

LIEU	ÉNERGIE PRODUITE (GWH) EN 2015
FOS-SUR-MER	49.1
SEPTÈMES-LES-VALLONS	45.2
ENTRESSÈN	35.7
LA FARE-LES-OLIVIERS	24.5
LA CIOTAT	21.4
LES PENNES-MIRABEAU	17.9
AIX-EN-PROVENCE	16.3
LANÇON-PROVENCE	10.4
GARDANNE	4.0

Méthode par territorialisation: Le potentiel de la Métropole est évalué en utilisant un ratio surfacique à partir des résultats de l'étude de potentiel de la filière pour le département des Bouches-du-Rhône.

Ainsi, pour la Métropole Aix-Marseille Provence, le potentiel d'énergie produite via méthanisation est évalué à 341 GWh/an.

Perspective d'évolution du potentiel

Étant donné les multiples provenances de la ressource biogaz: valorisation des déchets industriels, déchets et produits agricoles, matières organiques issues du traitement des eaux usées..., il est difficile d'anticiper une tendance à la hausse ou à la baisse de la ressource tant les facteurs pris en considération sont nombreux (croissance économique, développement agricole, démographie...).

Conclusion sur le potentiel biogaz

	Situation actuelle		
	Production 2012	Production 2015	Potentiel net
Région PACA	146 GWh/an	257 GWh/an	1 129 GWh/an
Métropole	132 GWh/an	223 GWh/an	118 GWh/an

Les objectifs du SRADDET à horizon 2030 -2050 sont largement supérieurs au potentiel de la filière. Ce constat a été évoqué dans l'étude de potentiel d'Hélianthe qui souligne que les taux de mobilisation devront être revus à la hausse et que de nouveaux développements devront voir le jour pour respecter cet objectif, ce qui passera par:

- Une levée des freins liés à la compétition entre usages de la biomasse disponible
- Des améliorations techniques et économiques pour le captage des intrants
- Un développement de cultures agricoles ou forestières à vocation énergétique
- Des évolutions technologiques, réglementaires (capacité d'injection) et un contexte plus favorable sur le marché de l'énergie (hausse du prix du gaz naturel).

4.1.5.5 La ressource géothermique

La géothermie consiste à prélever ou à extraire les calories stockées au niveau du sous-sol ou des nappes aquifères. On distingue plusieurs types de géothermie :

- **Géothermie sur sondes verticales et capteurs horizontaux** : Ces technologies ne permettent pas une utilisation directe de la chaleur par simple échange. La mise en œuvre de pompes à chaleur est nécessaire pour le chauffage. Elles correspondent à l'exploitation de forages de faibles profondeurs (moins de 200 m).
- **Géothermie sur aquifère** : nappes souterraines et eaux thermales. L'exploitation de cette ressource peut se faire de manière directe ou indirecte via des pompes à chaleur selon la ressource et le type de besoins.
- **Géothermie marine – thalassothermie** : l'exploitation de cette ressource est similaire à l'exploitation de la géothermie sur aquifère.
- **Géothermie haute enthalpie (température supérieure à 100°C)** : failles et forages pétroliers. La chaleur est exploitée de manière directe et l'alimentation de centrales électriques peut être envisagée (production de vapeur pour le turbinage).

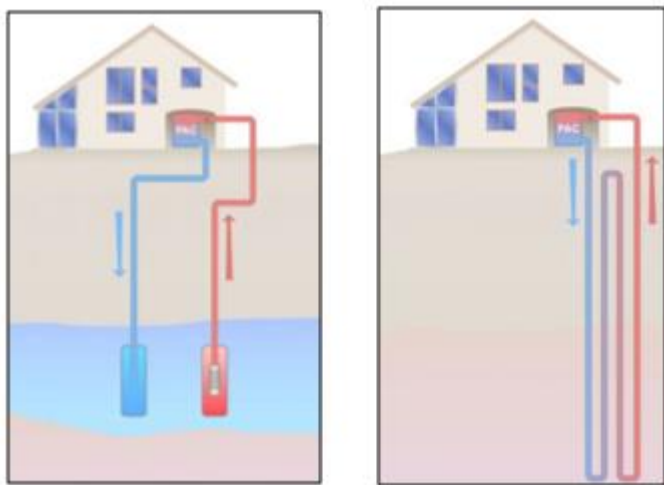


Figure 83 : Exemples d'exploitation de la géothermie basse énergie sur nappe (à gauche) et sur sonde verticale (à droite) - Source: Connaissance des énergies

4.1.5.5.1 La géothermie basse en moyenne enthalpie

Niveau régional : Région PACA

Pour évaluer le gisement géothermique, nous nous appuyons sur les données du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) qui a rendu en 2013, une étude d'évaluation du potentiel géothermique mobilisable en région PACA.

Il apparaît que le potentiel mobilisable (très différent du gisement) issu de la géothermie en nappe est du même ordre de grandeur que celui de la géothermie sur sondes (respectivement : 15 600 GWh/an et 22 400 GWh/an), avec cependant de fortes disparités entre les départements, qui tiennent aux contextes (hydro)géologiques différents, mais aussi à l'existence de contrastes en termes d'occupation de l'espace.

Les secteurs les plus « prometteurs » vis-à-vis de la géothermie en nappe sont les Alpes-Maritimes, les Bouches-du-Rhône et le Var, pour la géothermie sur sondes il s'agit plutôt des Bouches-du-Rhône, le Var ou les Alpes-Maritimes.

Ces constats s'expliquent par la répartition des principales nappes susceptibles de délivrer des débits importants et visible sur la carte ci-dessous :

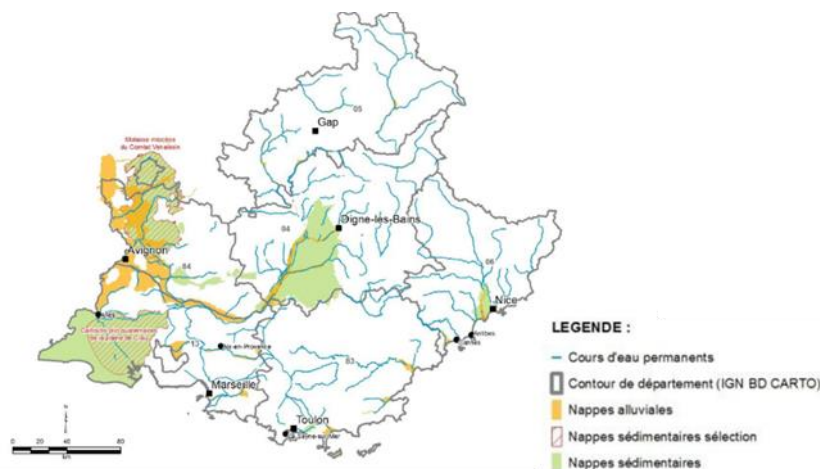


Figure 84 : Localisation des principales nappes susceptibles de délivrer des débits importants en région PACA (Source: BRGM)

Le potentiel total lié à la géothermie basse énergie est évalué à 38 000 GWh/an, il est réparti de la manière suivante:

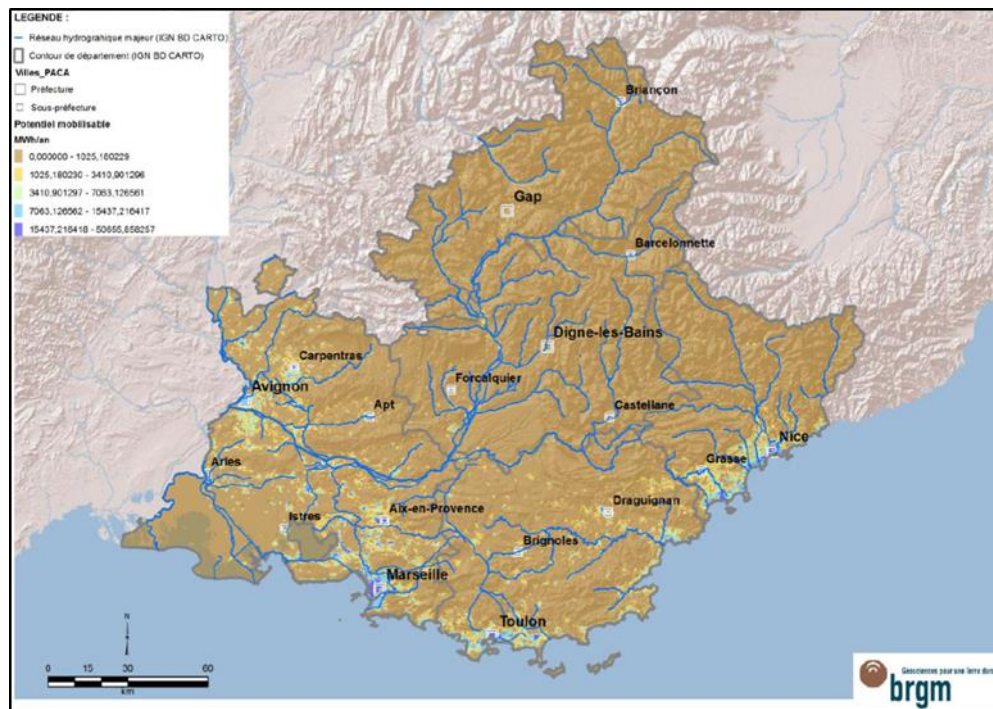


Figure 85 : Carte du potentiel mobilisable en géothermie pour la région PACA -Source: BRGM

En revanche, nous ne disposons pas de données concernant la production actuelle par géothermie. Celle-ci a été estimée à 80 GWh dans le SRCAE de la région PACA (2013).

Niveau territorial : Métropole Aix-Marseille-Provence

Méthode par territorialisation: peu de données sont disponibles aujourd'hui sur le potentiel réel de la géothermie sur nappe avec une précision à l'échelle communale mais les cartographies permettent de cibler les zones favorables au développement d'une valorisation de la ressource géothermique.

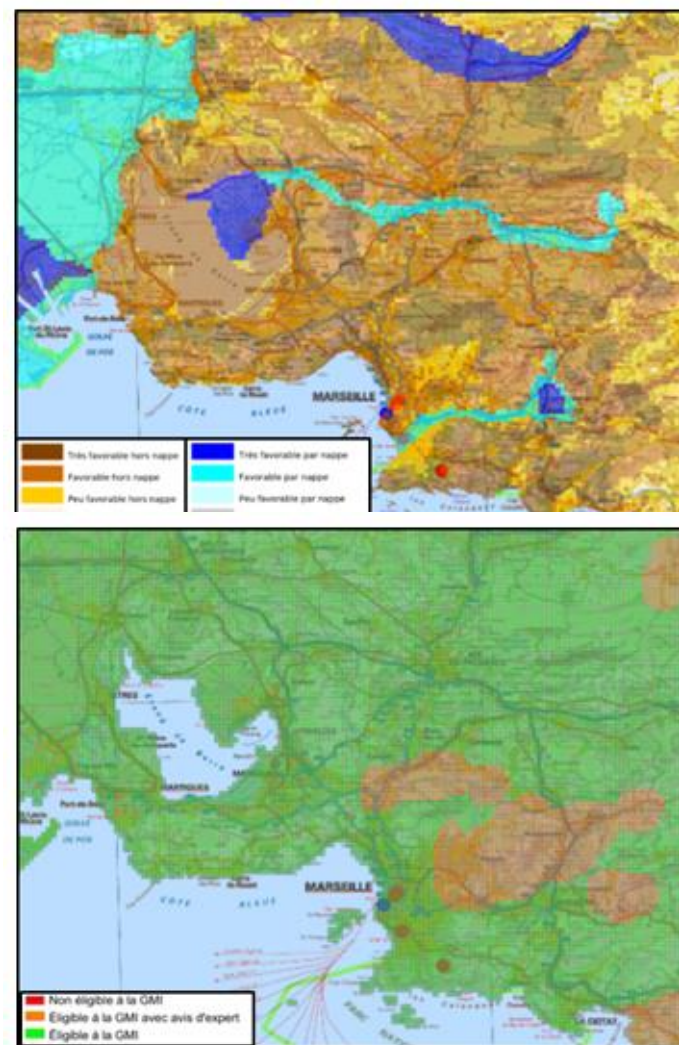


Figure 86 : Caractérisation du potentiel géothermique en et hors nappe (en haut) et zonage d'éligibilité à la géothermie (en bas) - Sources: Géothermie perspectives (BRGM)

La majorité du territoire métropolitain se situe en zone éligible au développement de la géothermie de minime importance (GMI), avec quelques zones nécessitant des autorisations complémentaires au niveau des massifs de l'Etoile et de la Sainte Baume.

Le potentiel évalué par le BRGM, est uniformément favorable pour ce qui est de la géothermie hors nappe. Concernant la géothermie sur nappe, plusieurs zones adjacentes sont identifiées comme étant potentiellement favorables : En particulier sur la ville d'Aubagne et le long du fleuve Huveaune et également à proximité du fleuve l'Arc et en partie Nord de l'Étang de Berre.

La territorialisation des données du département des Bouches-du-Rhône issue de l'étude de potentiel en PACA du BRGM permet d'évaluer le potentiel net du territoire de la Métropole à **11 860 GWh/an**.

Ce potentiel net se répartit entre 2 686 GWh/an pour la géothermie sur nappe et 9 174 GWh/an pour la géothermie hors-nappe. Cette territorialisation est obtenue par ratio de la surface de la Métropole sur la surface du département.

Perspective d'évolution de la ressource géothermie

Concernant les tendances liées à l'évolution de la ressource géothermique, on peut les dissocier selon le type d'installation:

Géothermie sur aquifère: On peut anticiper que le réchauffement climatique aura potentiellement tendance à réduire les débits des nappes ainsi qu'à augmenter leur température. Le potentiel lié à la ressource serait donc légèrement diminué dans le temps.

Géothermie sur sondes: Il est difficile de prédire un éventuel impact sur la ressource. Avec le réchauffement climatique, on peut anticiper une légère augmentation de la température des sols en surface mais les impacts sur les sols profonds sont difficilement appréhendables.

Conclusion sur le potentiel géothermique

	Situation actuelle		
	Production 2012	Production 2015	Potentiel net
Région PACA	80 GWh	Non identifiée	38 000 GWh/an
Métropole	Non identifiée	Non identifiée	11 860 GWh/an

Probablement en raison de la faible quantité de projets de géothermie existants, cette énergie n'est pas comptabilisée aujourd'hui de manière différenciée dans les bases de données énergie à l'échelle de la région. C'est une donnée agglomérée dans la dénomination "récupération de chaleur".

4.1.5.5.2 La géothermie moyenne profondeur

Premières données sur le potentiel

En complément, sur la ressource géothermique disponible dans le périmètre de la Métropole, nous pouvons ajouter à titre informatif que la compagnie de Géothermie et de Thermalisme (CG2T) a réalisé une étude de potentiel Géothermique sur l'aquifère du synclinal de la vallée de l'Arc.

Cet aquifère concerne 3 communes de la Métropole: Meyreuil, Aix-en-Provence et Fos-sur-Mer. Le productible potentiel cumulé sur ces 3 communes s'élèverait à 17 GWh/an.

La synthèse de ces travaux est visible dans les travaux ci-dessous:

Caractéristiques	Meyreuil et La Duranne (Aix en provence)	Fos sur Mer
Périmètres	99 km ² sur les Communes de Meyreuil, Aix en Provence, Gardanne, Bouc Bel Air	150 km ² sur la Commune de Fos sur Mer
Forages : situation et profondeur	Réalisé à Meyreuil, profondeur 808 mètres. Autorisé et à l'étude à La Duranne, profondeur environ 2200 mètres	Situé à La Feuillane dans la Zone Industrielle de Fos, profondeur 1600 mètres
Forages : techniques mises en œuvre	Meyreuil : forage vertical, tubé et cimenté La Duranne : tubage et cimentation, doublet de réinjection possible	La Feuillane : tubage et cimentation, forage dévié, doublet de réinjection possible
Volume d'exploitation	Sur l'ensemble des forages, le volume d'exploitation sollicité est de 1,75 Mm ³ /an, soit moins de 10% de la recharge naturelle de l'aquifère	
Température de l'eau	Meyreuil 22°C La Duranne 60°C	La Feuillane 55°C
Débit calorifique	10000 MWh/an	7000 MWh/an
Puissance thermique	5MW	7MW
Utilisation de la géothermie	Meyreuil : bâtiments industriels et habitat futur. La Duranne : habitat urbain, bâtiments industriels et serres agricoles	Fos sur Mer : industrie du stockage d'hydrocarbures, bâtiments industriels et projets d'habitat urbain

Figure 87 : Tableau de synthèse de l'étude de valorisation géothermique de l'aquifère du synclinal de la vallée de l'Arc - Source: CG2T - 2012

4.1.5.5.3 La géothermie marine – la Thalassothermie

La thalassothermie consiste à exploiter la capacité de stockage ou de déstockage de calories du milieu marin pour chauffer ou rafraîchir des bâtiments à l'aide de systèmes adaptés (groupes froids, pompes à chaleur, etc.). En général, la technologie est souvent assimilable à une pompe à chaleur eau/eau, dont le coefficient de performance peut être très élevé selon la température de la ressource initiale.

La chaleur de la ressource est utilisable pour couvrir des besoins de chauffage et de refroidissement. Le principe de fonctionnement général est assimilable à celui de la géothermie sur nappe.

En hiver, si la température de la ressource n'est pas suffisante pour chauffer directement les locaux, la pompe à chaleur le permet. La chaleur de la ressource en alimente l'évaporateur. La température stable et élevée de cette source froide en comparaison à la chaleur de l'air, permet d'obtenir une haute efficacité, de l'ordre de 5 (Coefficient de Performance). Cette efficacité signifie que la pompe à chaleur fournit 5 kWh de chaleur chaude et utile avec 1 kWh d'électricité consommée, 4 kWh étant prélevés dans la ressource. En comparaison, l'efficacité d'une pompe à chaleur air-eau en hiver est de l'ordre de 2.5 à 3, la chaleur prélevée dans l'air étant plus froide que dans l'eau de lac ou de la mer.

En été, l'eau de la ressource plus froide que l'ambiance des bâtiments permet en majeure partie du temps un échange direct qui économise la consommation électrique des machines frigorifiques.

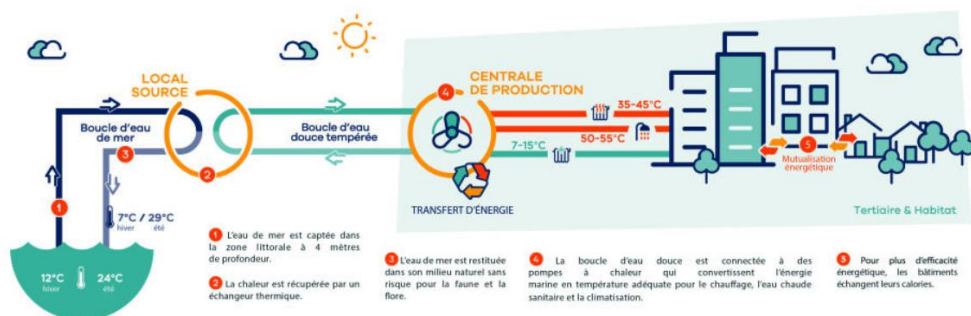


Figure 88 : Schéma de fonctionnement de la boucle thalassothermique Massiléo à Marseille

Niveau régional: Région Sud PACA

Une étude de détermination du potentiel géothermique marin de la région PACA a été réalisée par BG Ingénieurs Conseils en 2011, elle a montré que le département des Alpes Maritimes était le plus favorable à l'exploitation de la ressource thalassothermique, cette ressource n'en était pas moins intéressante pour les autres communes littorales de la région.

La synthèse de ces résultats est donnée dans l'illustration suivante:

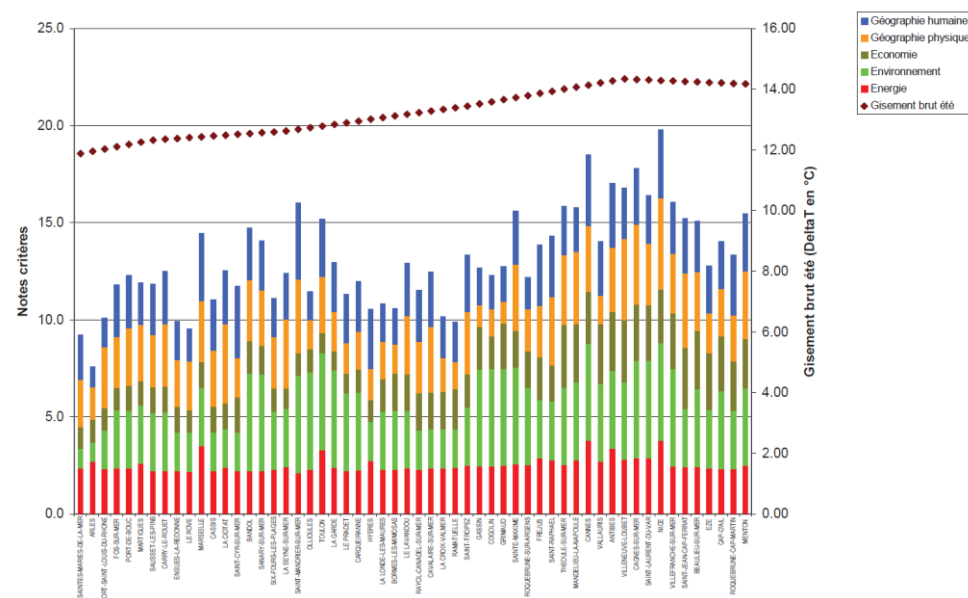


Figure 89 : Gisement brut, contraintes et opportunités de développement de la filière thalassothermique par commune - Source: Étude du potentiel thalassothermique de la région PACA, BG 2011

Globalement, cette illustration-synthèse montre que le potentiel thalassothermique est globalement plus pertinent à l'Est de la région PACA. Ceci s'explique par des températures de surfaces plus élevées dans les Alpes Maritimes qui rendent possibles une plus forte exploitation du potentiel thalassothermique en été (couverture des besoins en froid).

Niveau territorial: Métropole Aix-Marseille-Provence

D'après cette même étude, il ressort que le potentiel thalassothermique de la Métropole est particulièrement intéressant à exploiter dans une configuration hiver (couverture des besoins de chaud) en raison d'une température de surface plus basse que dans le Var ou les Alpes Maritimes. C'est ce même facteur qui limite le potentiel de couverture thalassothermique en été (besoins de froid).

Enfin, on peut hiérarchiser les communes de la Métropole présentant le plus fort potentiel thalassothermique été-hiver confondu. La note globale tient compte du critère démographique, géophysique, économique, énergétique et environnemental:

Ville	Note globale développement thalassothermie
MARSEILLE	14,5
LA CIOTAT / CARRY-LE-ROUET	12,5
PORT-DE-BOUC	12,3
MARTIGUES	11,9
SAUSSET-LES-PINS / FOS-SUR-MER	11,8
CASSIS	11,1
PORT-SAINT-LOUIS-DU-RHONE	10,1
ENSUES-LA-REDONNE	9,9
LE ROVE	9,6

Réseaux déjà en place

Le Schéma Directeur de l'Energie apporte des informations concernant les réseaux déjà en activité.

Réseau Thassalia à Marseille

Ce réseau est géré par Engie Cofely via sa filiale Thassalia. Thassalia appartient à 60% à Engie et 40% à Climespace. Sa mise en service a débuté en juillet 2016. C'est un réseau de chaleur et de froid.

Le réseau actuel fait 3,1km et dessert le quartier Euromed 1, quartier mixte combinant programmes neufs et réhabilitation lourde d'ancien, soit plus de 500 000 m² à terme.

Le réseau est constitué d'une centrale de production installée sur le GPMM (Grand Port Maritime de Marseille) puisant son énergie dans la mer via des pompes à chaleur (PAC). L'eau est pompée de la mer et rejetée dans les bassins du port. La puissance installée sera à terme de 18,4MW froid et de 18MW chaud. La production d'énergie annuelle n'est pas encore connue. Des engagements ont été signés avec différents propriétaires fonciers du quartier Euromed 1.

Le prix moyen sur 2018 était de 70M€ TTC/MWh (somme de toutes les factures/consommation délivrée).

Réseau Massitéo à Marseille

Ce réseau est géré par Dalkia via sa filiale Dalkia Smart Building. Sa mise en service a débuté en 2017. C'est un réseau de chaleur et de froid.

Le réseau actuel dessert l'îlot Allard dans le quartier Euromed 2 et dans un premier temps seulement le programme neuf porté par le groupe Eiffage (58 000m²) et à terme 500 000m².

La puissance installée sera à terme de 21 MW (tout compris chaud et froid). Une fois démarré le réseau fonctionne en boucle fermée : en partant sur le principe que chaque bâtiment est à la fois consommateur et producteur de chaud et de froid, les besoins en calories et en frigories des différents usagers s'équilibrent donc grâce à une gestion optimisée. La thalassothermie intervient en complément quand l'équilibre est rompu.

La production d'énergie annuelle et le prix de vente ne sont pas encore connus à la date de rédaction de cet état des lieux.

Réseau Paradis Saint Roch à Martigues (portage par la SEMIVIM)

Ce réseau a pour maîtrise d'ouvrage la SEMIVIM (Société d'Economie Miste Immobilière de la Ville de Martigues) et est géré par Coriance. Il fait actuellement 2,6km.

La production d'énergie est assurée à 100% à partir de chaudière gaz, dont une en cogénération (13 290 MWh sur l'année).

La production d'énergie annuelle totale est de 25 584 MWh et le réseau alimente des logements collectifs.

Réseau d'Istres

Ce réseau est situé sur le secteur des résidences La Bayanne. Le maître d'ouvrage est CC Habitat et est actuellement exploité par IDEX Territoires.

Il fait 2,5km de long et dessert une résidence 460 logements ainsi que l'école et le gymnase de la ville d'Istres.

L'énergie utilisée est issue à 80% de la biomasse et à 20% du gaz.

Réseau ASL de Vitrolles

Le réseau de Vitrolles est exploité par Dalkia, dont le contrat court jusqu'en 2022. Les engagements de Dalkia sur ce réseau étaient d'en simplifier le fonctionnement et d'augmenter la part d'énergies renouvelables.

Réseau du Pôle Yvon Morandat à Gardanne

Dans le cadre du projet de parc d'activités du Puits Morandat à Gardanne (14 hectares), un réseau de chaleur et de froid a été créé, fonctionnant par géothermie à partir des eaux d'ennoyage de la mine. Le maître d'ouvrage est la SAS Energie Solidaire, filiale à 76% de la SEMAG et à 24% de Dalkia. La sélection de Dalkia pour investir aux côtés de la SEMAG a été faite dans le cadre d'un dialogue compétitif. La mise en service est prévue avant la fin de l'année 2019. Le projet prévoit l'alimentation de 65 000m² d'ici 4 ans.

4.1.5.6 La ressource eau

4.1.5.6.1 Hydroélectricité

L'hydroélectricité est une forme de production électrique utilisant la force créée par le mouvement de l'eau pour entraîner un alternateur et ainsi générer du courant. La quantité d'énergie produite dépend à la fois du volume d'eau et de la hauteur de chute.

Deux formes principales de production d'hydroélectricité sont mises en œuvre en Provence-Alpes-Côte d'Azur :

- Les centrales "gravitaires" pour lesquelles les apports d'eau dans la réserve sont uniquement dus à la force naturelle de la gravité (pente, poids de l'eau,...) et pouvant concerner des installations de toutes tailles
- Les stations de transfert d'énergie par pompage (ou centrales hydrauliques à réserve pompée), dans lesquelles un système permet de pomper l'eau de l'aval vers l'amont de la centrale.

Niveau régional : Région Sud PACA

La production hydroélectrique de la région PACA est principalement assurée par les installations bâties sur la Durance et le Verdon.

La plupart des équipements furent édifiés après la seconde guerre mondiale pour permettre l'alimentation de la région en électricité à une époque où Provence-Alpes-Côte d'Azur affichait une production plus importante que sa consommation. Ces centrales alimentaient alors les régions limitrophes.

La carte ci-dessous permet de localiser les installations actuelles ainsi que les potentiels résiduels mobilisables restants à l'échelle régionale.

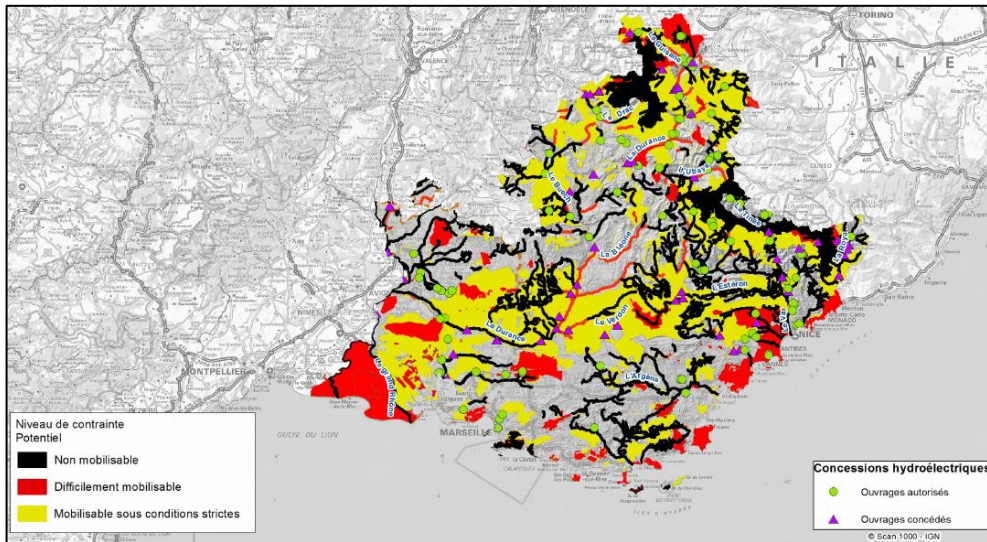


Figure 90 : Carte des installations hydroélectriques existantes et localisation du potentiel mobilisable - Source: Étude du potentiel hydroélectrique mobilisable en PACA, Cerema 2015

Selon l'étude de potentiel hydroélectrique mobilisable en PACA réalisée par le Cerema en 2015, les installations existantes représentent une puissance installée de 3560 MW (grande hydraulique) et 200 MW (petite hydraulique). **Cette puissance équivaut à un productible total d'environ 9000 GWh/an.**

Cette même étude évalue le **potentiel résiduel mobilisable à 2250 GWh/an.**

Niveau territorial : Métropole Aix-Marseille-Provence

Méthode par territorialisation: Les résultats de l'étude de potentiel hydroélectrique du Cerema pour le département des Bouches du Rhône permettent d'identifier ce territoire comme étant celui ayant le potentiel de développement le plus faible.

En effet, **le potentiel mobilisable est évalué à 4MW soit un productible de près de 19 GWh/an.**

Il est réparti selon les deux cartes ci-dessous qui permettent localiser la majorité du potentiel du département sur le territoire de la Métropole, nous considérons donc que

le potentiel de la Métropole équivaut à celui du département. Dans ce périmètre, l'Huveaune est le principal cours d'eau exploitable.

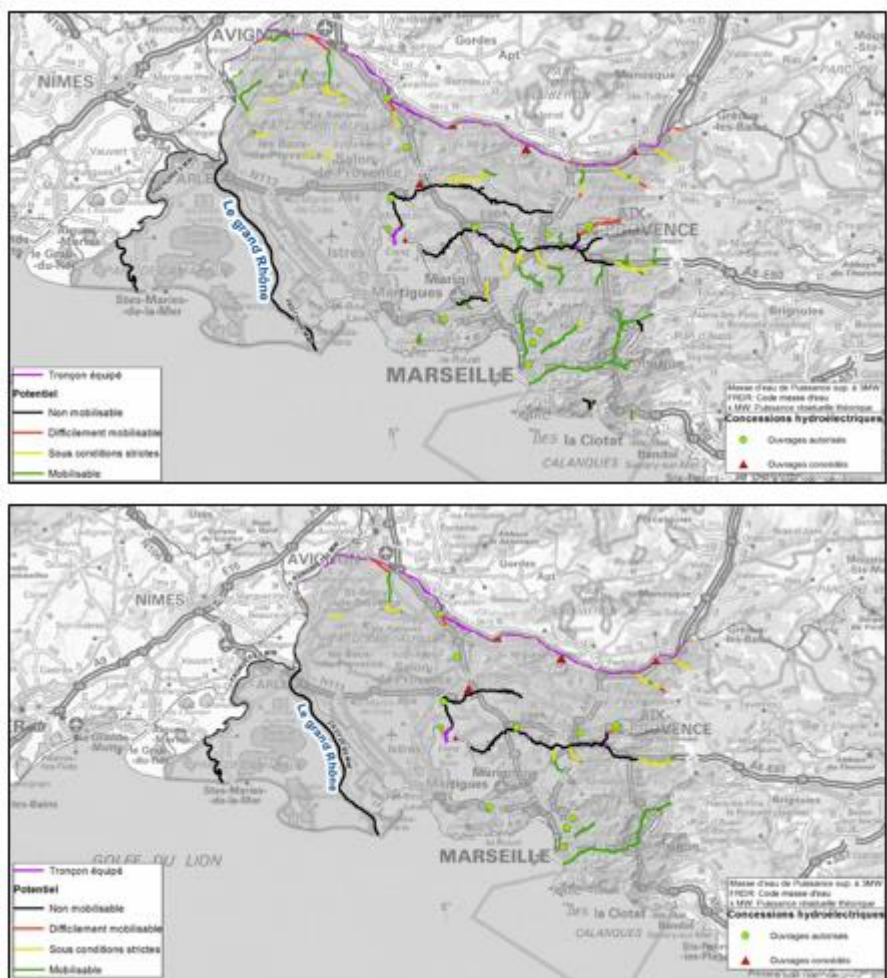


Figure 91 : Gisement de production d'hydroélectricité pour des débits supérieurs à 50l/s (en haut) et des débits supérieurs à 200 l/s (en bas) – Source: Mise à jour 2015 du potentiel hydroélectrique en région PACA, Cerema

Perspective d'évolution du potentiel

Selon les constats météorologiques, le réchauffement climatique a tendance à diminuer la ressource en eau au fil du temps. Cette diminution a un impact direct sur le productible hydroélectrique, à tel point qu'EDF a réévalué à la baisse le productible issu de cette filière. Ce constat est partagé par RTE, qui déclare un niveau de remplissage actuel des barrages inférieur à la moyenne des dix dernières années.

Ce constat est cohérent avec les objectifs du SRADDET qui n'envisage pas une revue à la hausse du productible hydroélectrique sur le territoire de la Métropole à horizon 2050.

Conclusion sur le potentiel hydroélectrique

	Situation actuelle		
	Production 2012	Production 2015	Potentiel net
Région PACA	9 082 GWh/an	9 009 GWh/an	2 250 GWh/an
Métropole	1 285 GWh/an	1 375 GWh/an	19 GWh/an

Contrairement aux autres énergies renouvelables, ce tableau de synthèse permet de constater que le potentiel de production d'énergie hydroélectrique est aujourd'hui très bien exploité aussi bien à l'échelle de la région qu'à celle de la Métropole.

Sur cette thématique l'enjeu se situe donc davantage dans l'entretien du parc existant afin de maintenir le productible actuel et dans le développement de la petite hydraulique.

Par ailleurs, l'aménagement hydroélectrique implanté sur la Durance et le Verdon constitue la principale source de production d'énergie du territoire et demeure essentielle pour répondre aux pics de consommation. Cependant, en réduisant les apports d'eau en amont, le changement climatique fragilise le système durancien. Captant de grandes quantités d'eau, l'ensemble hydro-électrique Durance- Verdon

impose indirectement aux territoires alpins voisins des restrictions et déstabilise le fonctionnement écologique de l'étang de Berre (apport en eau douce). Ces épisodes de manque d'eau, encore occasionnels aujourd'hui, pourraient devenir plus fréquents, appelant une véritable concertation entre les territoires et acteurs impliqués.

4.1.5.6.2 Valorisation thermique des eaux usées

L'énergie thermique contenue dans les eaux usées peut être récupérée via un échangeur thermique à différents endroits :

- Au niveau des collecteurs du réseau d'assainissement (ouvrages assurant la collecte et le transport des eaux usées : canalisations, conduites, ...)
- Au niveau des eaux épurées des stations d'épuration
- Directement au niveau des bâtiments, lorsque ceux-ci ont une forte consommation d'eau quotidienne

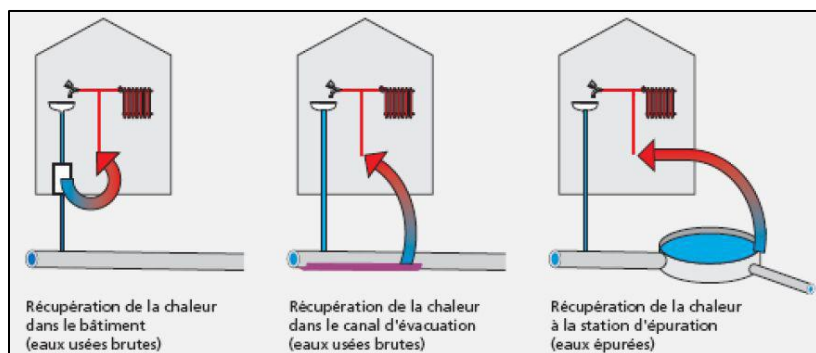


Figure 92: exemple de lieux possible d'implantation des échangeurs de chaleur dans le cadre d'un projet de valorisation énergétique des eaux usées

Niveau Régional

Une étude d'évaluation du potentiel de récupération d'énergie thermique dans les réseaux d'assainissement en région PACA a été menée en 2011 par Antéa. Elle permet de donner un ordre de grandeur du potentiel au niveau régional de **874 GWh/an**.

Ce potentiel est réparti de la manière suivante:

- 634 GWh/an en sortie des stations d'épuration
- 96 GWh/an dans les collecteurs d'assainissement
- 140 GWh/an en sortie des bâtiments

Entre le temps de réalisation de cette étude de potentiel et la réalisation de ce rapport, certaines STEP ont été équipées d'installation de récupération de chaleur. C'est le cas de la STEP de Marseille avec l'aménagement du quartier du Vélodrome dont le potentiel productible n'a pas été pris en compte dans l'évaluation du potentiel de la Métropole.

Niveau territorial: Métropole Aix-Marseille-Provence

- Récupération au niveau des rejets d'une station d'épuration

Méthode basée sur les études existantes: Le niveau de valorisation énergétique à partir des eaux usées d'une station d'épuration dépend des paramètres de température et de débits de la ressource. La capacité de traitement de la STEP et sa distance par rapport à la demande en énergie ont également une incidence sur la rentabilité économique de l'installation et donc sur son potentiel de mise en œuvre.

L'étude à l'échelle de la région PACA a permis d'identifier 55 stations d'épuration qui disposent d'un potentiel valorisable de récupération de chaleur, parmi ces 55 STEP, 14 se situent au sein de la Métropole pour un **potentiel productible de 70 GWh/an**.

- Récupération sur collecteur

Méthode basée sur les études existantes: La valorisation énergétique sur collecteur d'eaux usées dépend du débit disponible et de sa régularité tout au long de l'année, de la dimension des conduits et des niveaux de température.

L'étude a mis en évidence au niveau régional 12 réseaux d'assainissement qui sont susceptibles de présenter un potentiel de récupération de chaleur sur collecteurs. Parmi eux, 5 se situent dans le périmètre métropolitain et représentent un **potentiel productible de 42 GWh/an**.

- Récupération en sortie des bâtiments

Méthode par territorialisation: Le potentiel de récupération de chaleur en sortie d'un immeuble est proportionnel à la consommation d'eau, et notamment d'eau chaude sanitaire, des occupants de cet immeuble. L'étude a identifié un potentiel à hauteur 140 GWh/an à l'échelle de la région PACA.

Le potentiel pour la Métropole est évalué en effectuant un ratio / habitant de ce gisement régional.

Ainsi, on obtient un **potentiel de récupération de chaleur dans les eaux usées en sortie de bâtiments de l'ordre de 53 GWh/an**

Perspective d'évolution du potentiel

Les perspectives d'évolution de la ressource peuvent être considérées comme stables dans les années à venir. On peut même anticiper en légère hausse avec l'augmentation tendancielle de la population métropolitaine et donc de la quantité d'eaux usées disponibles.

Conclusion sur le potentiel sur eaux usées

	Situation actuelle		
	Production 2012	Production 2015	Potentiel net
Région PACA	Non identifiée	Non identifiée	874 GWh/an
Métropole	Non identifiée	Non identifiée	153 GWh/an

Comme pour la section "géothermie" et probablement en raison de la faible quantité de projets existants, cette énergie n'est pas comptabilisée aujourd'hui de manière différenciée dans les diverses bases de données énergie à l'échelle de la région. C'est une donnée agglomérée dans la dénomination "récupération de chaleur".

4.1.5.7 Les rejets thermiques

4.1.5.7.1 Incinération de déchets ménagers

Une fois le tri, le recyclage et le compostage effectués sur les déchets compatibles, le traitement thermique des déchets restants (hors déchets dangereux et spéciaux) consiste à réduire de manière très importante les volumes de déchets en les brûlant.

L'énergie dégagée par ce processus peut être valorisée en alimentant des réseaux de chaleurs (chauffage, production d'eau chaude sanitaire, piscines et serres agricoles...) ou en produisant de l'électricité à l'aide d'une turbine.

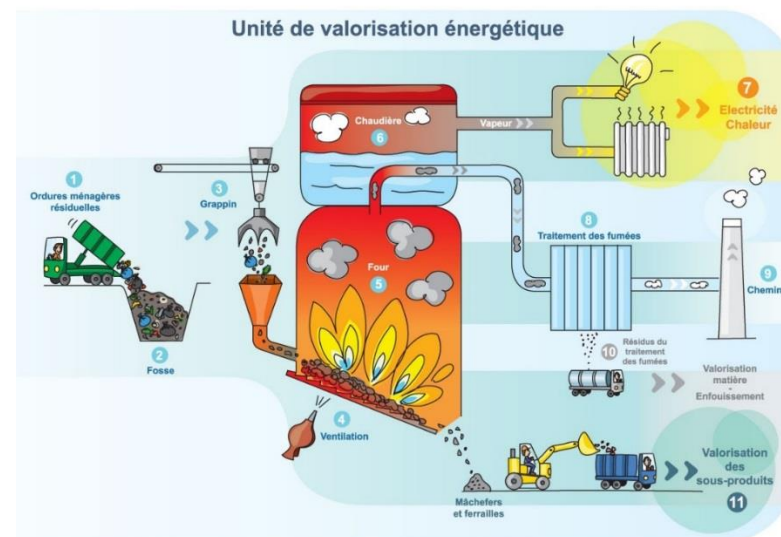


Figure 93 : processus de fonctionnement d'une unité de valorisation énergétique (source: Sytraival)

Il est important de noter que la législation européenne indique que seulement 50% de l'énergie produite lors de l'incinération des déchets ménagers doit être considérée comme renouvelable.

Niveau territorial : Métropole Aix-Marseille-Provence

Méthode basée sur les installations existantes: Aujourd'hui, il existe un unique incinérateur de déchets sur le territoire de la Métropole, il est situé à Fos-sur-Mer. Sa capacité est de 300 000 tonnes de déchets par an. Concernant la valorisation des déchets, l'incinérateur est doté d'une unité de valorisation organique qui produit du

compost et du biogaz ainsi que d'une unité de valorisation énergétique qui produit uniquement de l'électricité.

Ainsi, la capacité de production énergétique actuelle de cette installation atteint 78 GWh/an. il est question de porter cette capacité d'incinération à moyen termes à 360 000 T/an ce qui représenterait une augmentation de 20%. Si tel est le cas, **un gisement complémentaire de 15 GWh/an pourrait être envisagé.**

Perspective d'évolution du potentiel

Concernant l'évolution de la ressource déchets, la légère tendance à la hausse de la population métropolitaine aura pour conséquence une hausse des quantités de déchets produits donc valorisables.

Dans le même temps, la prise de conscience grandissante autour du tri sélectif et l'amélioration des industries de recyclage des déchets aura pour conséquence une légère baisse de la quantité de déchets destinés à être valorisé énergétiquement au profit d'une valorisation matière.

On peut donc tabler sur une évolution relativement stable de la ressource.

Conclusion sur le potentiel d'énergie valorisée à partir de l'incinération des déchets

	Situation actuelle		
	Production 2012	Production 2015	Capacité totale identifiée
Région PACA	235 GWh/an	251 GWh/an	Non identifiée
Métropole	59 GWh/an	78 GWh/an	15 GWh/an

4.1.5.7.2 Rejets thermiques industriels et d'activités

Les rejets thermiques industriels sont souvent perdus ou refroidis avant d'être rejetés. Ces rejets peuvent être récupérés et représentent une ressource pouvant être valorisée via des réseaux de chaleur à distance urbains. La revente de leurs rejets peut constituer un revenu financier supplémentaire pour les fournisseurs.

La contrainte principale étant la distance séparant les producteurs et la demande. Le réseau à installer doit raccorder un volume de demandeurs en conséquence, à proximité pour atteindre un niveau de rentabilité d'une telle installation. Enfin, l'adéquation de la ressource à la demande est un paramètre contraignant. En effet, ces rejets peuvent être à des températures (moyennes ou hautes), avec des formes (liquides, gazeux, solides), et avec des profils de disponibilité dans le temps qui peuvent les rendre plus ou moins facilement exploitables. La mise en œuvre de synergies éventuelles devra être étudiée au cas par cas.

Niveau territorial : Métropole Aix-Marseille-Provence

Les domaines du BTP, de l'industrie et de l'agroalimentaire sont notamment très émetteurs en rejet thermiques. Sur le territoire de la Métropole, on distingue de nombreuses zones d'activités et de grands industriels: *Arcelor Mittal, Exxon Mobil, Total, LyondellBasell, Kem One, Heineken, Lafarge...* qui représentent un potentiel de récupération de rejets thermiques non quantifiable en l'absence d'études approfondies.

Certaines activités industrielles permettent une exploitation de la chaleur fatale en interne (industries agroalimentaires, du papier et du carton) et semblent les secteurs les plus prometteurs en terme de potentiel car cette récupération répond à leurs besoins (exemple : production d'eau chaude).

Le potentiel le plus important de récupération de chaleur fatale en interne se situe à Aix-en-Provence, La Ciotat, Aubagne et Gardanne.

Néanmoins, d'autres industries permettent une valorisation de cette chaleur fatale à l'extérieur : un réseau de chaleur est dans ce cas indispensable. C'est le cas des industries émettant une quantité importante de chaleur à partir de fours, de sécheurs ou de chaudières. Les bâtiments d'élevage, les serres horticoles et maraîchères ainsi que la présence de réseaux de chaleur urbains peuvent être des débouchés intéressants pour la valorisation de cette chaleur fatale. Le potentiel le plus important se situe à Fos, Martigues, Berre, Aix-en-Provence, le canton de Salon de Provence.

En revanche, certains secteurs d'activité comme la fabrication de préparations pharmaceutiques ou de produits chimiques sont réticents à l'utilisation de leur chaleur fatale, car la modification de leur outil de production n'est pas envisageable en raison de processus de fabrication extrêmement contrôlés.

Perspective d'évolution du potentiel

La ressource liée aux rejets thermiques étant directement en lien avec l'activité économique du secteur industriel, il est difficile d'anticiper une perspective d'évolution de la ressource à moyen terme.

4.1.5.7.3 Datacenter

Les data-centers, ou centres de traitement de données, nécessitent d'être rafraîchis en permanence par des groupes de production de froid. Ceux-ci dégagent un important volume de chaleur, évacuée sous forme d'air chaud.

Lorsque le datacenter se situe dans un pôle urbain, il est alors envisageable de récupérer cette chaleur fatale en vue de l'autoconsommer ou de la mettre à disposition de bâtiments voisins.

Néanmoins, l'exploitation des data-centers est une activité industrielle qui est donc soumise aux aléas économiques. Ainsi il est difficilement envisageable pour un exploitant de s'engager sur une fourniture de chaleur dans la durée.

Niveau régional : Région Sud PACA

Une étude d'identification du potentiel de valorisation de chaleur fatale issue des datacenters de la région PACA a été menée par BG Ingénieurs Conseils et Cricital Building en 2016.

Elle met en avant 2 territoires qui disposent d'un gisement important de récupération de chaleur: La technopole de Sophia-Antipolis dans les Alpes Maritimes et la Métropole Aix-Marseille-Provence.

À l'échelle régionale, le gisement total est évalué à 9.3 MW ce qui correspond à un productible de 81.5 GWh/an.

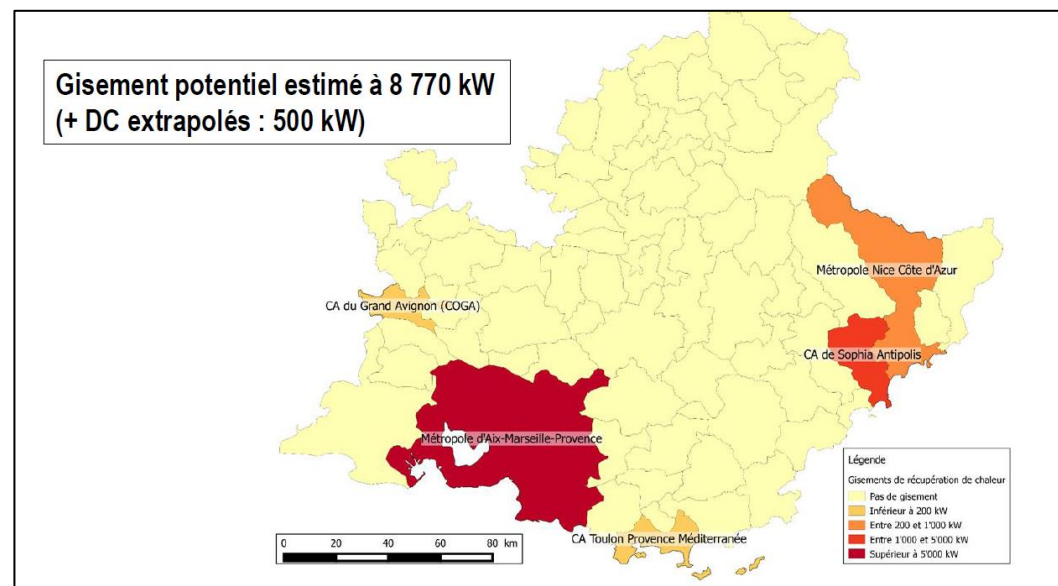


Figure 94 : Carte d'identification du gisement de récupération de chaleur des datacenters en PACA - Source BG

Niveau territorial : Métropole Aix-Marseille-Provence

Selon cette même étude, le gisement de récupération de chaleur pour la seule Métropole se situe aux alentours de 5.9 MW, ce qui correspond à un productible potentiel de 52.1 GWh/an.

Perspective d'évolution du potentiel

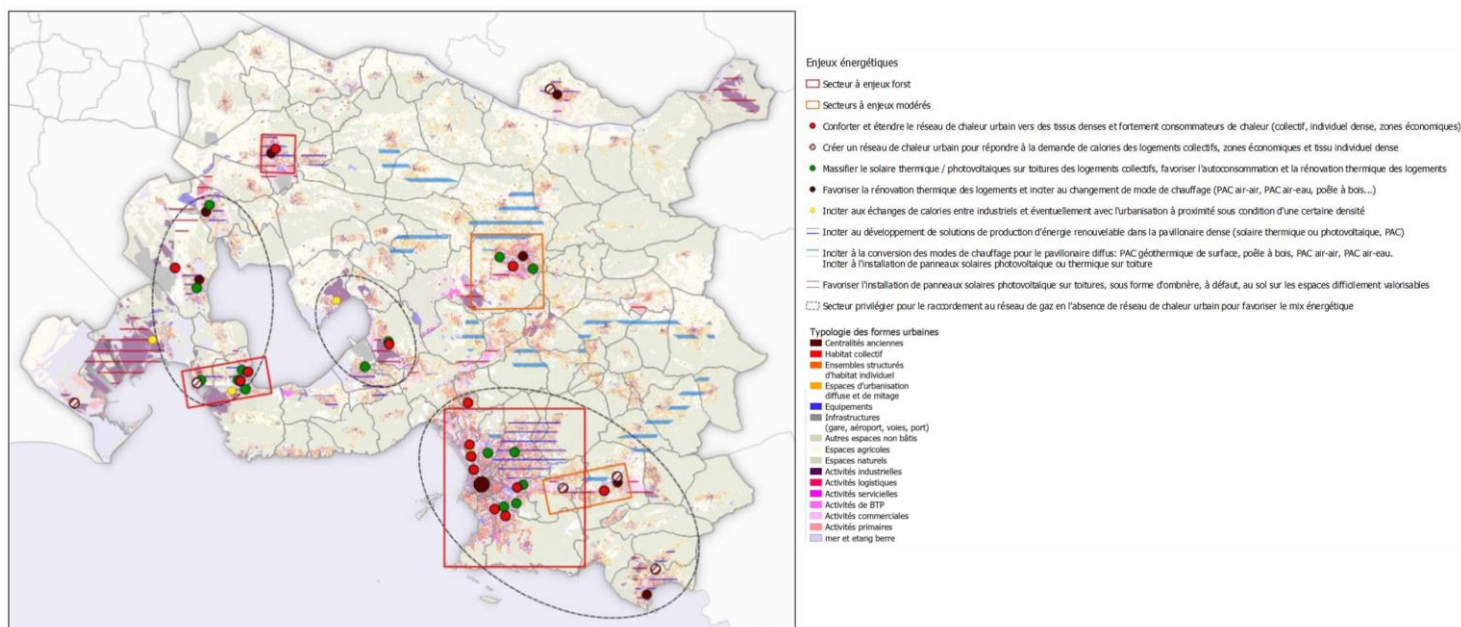
Le domaine d'activité du Big Data et des systèmes connectés étant en pleine expansion, le secteur des datacenters est en perpétuelle évolution et développement afin d'améliorer la qualité de service et d'augmenter les espaces de calcul et de stockage de données. Ainsi le potentiel de cette ressource va avoir tendance à augmenter dans les années et décennies à venir.

4.1.5.8 Spécialisation des enjeux en matière d'énergie renouvelable

Un exercice de spacialisation des enjeux en matière d'énergie renouvelable a été réalisé par l'AGAM pour le compte de la Métropole. La spatialisation des enjeux présentée ci-dessous s'appuie sur l'analyse des caractéristiques énergétiques des formes urbaines du territoire métropolitain et sur les potentialités de développement des énergies renouvelables considérant l'intervention sur « l'existant » et le développement potentiel au regard des éléments de connaissance sur l'évolution du territoire (projet d'aménagement et de construction en réflexion).

Pour chaque secteur identifié, les potentialités de développement des énergies renouvelables sont précisées. La nature des actions envisageables (actions directes ou incitation) sur ces secteurs sont :

- L'extension / la création des réseaux de chaleur urbain ;
- Le développement / la massification du solaire thermique / photovoltaïque sur toitures et stationnement (ombrières) ;
- La rénovation thermique des logements (changement de mode de chauffage) ;
- L'écologie industrielle (échanges de calories entre industriels) ;
- Le raccordement au réseau de gaz en absence de réseau de chaleurs urbain ;



Spécialisation des enjeux énergétiques et spécificités territoriales – novembre 2020 AGAM

Cette cartographie distingue des secteurs à enjeux territoriaux et des secteurs à enjeux locaux, présentés dans le tableau ci-dessous.

Secteurs territoriaux	Enjeux	Pistes d'actions
Territoire Port-de-Bouc Martigues	Forts	Extension des réseaux de chaleur/froid urbain ; Solutions énergétiques d'origine renouvelable dans les tissus d'habitat individuels ; Développer le solaire photovoltaïque (toiture et sur stationnement) ; Inciter aux échanges de calories entre industriels ;
Territoire de Salon	Forts	Inciter au développement de solutions énergétiques d'origine renouvelable dans les tissus de centralité ; Développer et étendre le réseau de chaleur urbain ; Développer le solaire photovoltaïque (toiture et sur stationnement) ;
Territoire Aix-en-Provence	Forts	Poursuivre l'extension du réseau de chaleur pour l'habitat collectif, éventuellement le centre ancien (couronne Sud), l'habitat individuel structuré si la densité est suffisante et les parcs d'activités (bureaux) ; Inciter à la conversion des modes de chauffage pour le pavillonnaire diffus ; Développer le solaire photovoltaïque (toiture et sur stationnement) des zones d'activités ;
Territoire Marseille	Forts	Développer les projets d'autoconsommation énergétique avec installations ; Photovoltaïques sur toitures (collectif discontinu) ;

		Engager des travaux de rénovation thermique des logements ; Développer les réseaux de réseaux de chaleur/froid ou de gaz en fonction de la densité du bâti ; Inciter à la conversion des modes de chauffage pour le pavillonnaire diffus ; Inciter aux échanges de calories entre industriels et éventuellement avec urbanisation à proximité sous condition d'une certaine densité
Territoire Aubagne- La Penne sur Huveaune	Modérés	Etendre et classer le réseau de chaleur pour le collectif, l'habitat individuel structuré et éventuellement les activités commerciales et de bureau / faciliter le raccordement au réseau de gaz ; Convertir le réseau de chaleur urbain à partir de sources d'origine renouvelable ; Inciter à la conversion des modes de chauffage pour le pavillonnaire diffus ;
Port-Saint- Louis du Rhône	Modérés	Création d'un réseau de chaleur/froid urbain pour l'habitat individuel structuré et habitat collectif au Nord du centre-ville ; Développement de solutions énergétiques d'origine renouvelable dans les tissus d'habitat individuels structurés (PAC, PV, solaire thermique) ;
Istres	Modérés	Développement de la production d'énergie solaire thermique en toiture d'habitat collectif ; Développement de solutions énergétiques d'origine renouvelable dans les tissus d'habitat ; Raccordement au réseau de gaz existant et/ou création d'un réseau de chaleur et de froids urbain dans les tissus

		autours du centre ancien en incluant les zones d'activités économiques
Miramas	Modéré	Développement de solutions énergétiques d'origine renouvelable en habitat collectif Développer le solaire photovoltaïque (toiture et sur stationnement) des zones logistiques
Fos Sur Mer	Fort	Développer le solaire photovoltaïque (toiture et sur stationnement) des zones logistiques Développer des parcs solaires photovoltaïques au sol (zonage PPRT) Inciter aux échanges de calories entre industriels et éventuellement avec urbanisation à proximité sous condition d'une certaine densité
Lamanon	Faible	Développer les parcs solaires photovoltaïques au sol (carrières, ...)
Vitrolles	Modéré	Développer et étendre le réseau de chaleur urbain à l'habitat collectif et à l'individuel
Berre l'Etang	Faible	Inciter aux échanges de calories entre industriels et éventuellement avec urbanisation à proximité sous condition d'une certaine densité Favoriser la convention du gaz naturel en gaz ver
Carnoux en Provence	Faible	Favoriser le raccordement au réseau de gaz
La Ciotat	Modéré	Favoriser le raccordement au réseau de gaz Développer le solaire photovoltaïque sur toitures des bâtiments d'activité

Gémenos	Modérés	Développer le solaire photovoltaïque sur toitures des bâtiments d'activité
Gardanne Rousset	Modérés	Développer le solaire photovoltaïque sur toitures des bâtiments d'activité Développer les ombrières photovoltaïques sur stationnement des zones commerciales/logistiques
Saint-Paul-les-Durance	Modérés	Développer les parcs solaires photovoltaïques au sol

4.2 Analyse et interprétations du profil énergie

4.2.1 Répartition des consommations

Raisonnement à l'échelle métropolitaine

Au niveau métropolitain, l'état des lieux permet de faire ressortir que les 3 secteurs d'activités que sont l'industrie, les transports et le résidentiel se répartissent près de 90% de la consommation énergétique totale du territoire. L'industrie à elle seule représente plus de la moitié de ce bilan (52%). Dans le cas d'un **plan d'action relatif à la baisse de la consommation énergétique à l'échelle de la Métropole**, ce sont donc les secteurs prioritaires sur lesquels l'attention doit être portée.

Ces priorités ne sont pas réparties également sur l'ensemble de la Métropole, les activités industrielles sont concentrées sur l'Ouest, la circulation routière et les consommations liées au résidentiel / tertiaire sont très importantes dans et aux abords des grandes villes. C'est pourquoi il peut être opportun d'adopter un raisonnement à une maille plus fine .

Raisonnement à l'échelle des Conseils de Territoire

Comme le rappelle le Livre blanc de l'énergie métropolitain, le bilan des consommations énergétiques est très hétérogène d'une partie à l'autre du territoire, tout comme la ventilation par secteur.

Sur le territoire Marseille Provence, les secteurs du résidentiel et du transport occupent une place prépondérante dans la répartition des consommations d'énergie. Ce constat est sensiblement différent pour le territoire Istres Ouest Provence où la part de l'industrie est hégémonique (voir la Figure 95 ci-dessous).

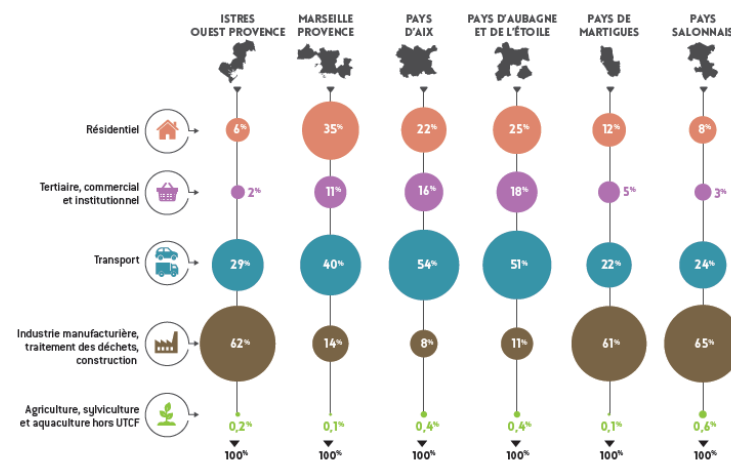


Figure 95 : Répartition de la consommation d'énergie finale par secteur et par conseil de territoire en 2015 (AGAM) - Source: Livre blanc de l'énergie métropolitain

Par territoire, on peut donc identifier les secteurs suivants comme étant les plus impactant:

Territoires	Part relative des consommations d'énergie par secteur
Istres Ouest Provence	Industrie 62% Transport 29%
Marseille Provence	Transport 40% Résidentiel 35%
Pays d'Aix	Transport 54% Résidentiel 22%
Pays d'Aubagne et de l'Etoile	Transport 51% Résidentiel 25%
Pays de Martigues	Industrie 61% Transport 22%
Pays Salonnais	Industrie 65% Transport 24%

Le raisonnement à l'échelle des Conseils de Territoire a tendance à omettre les secteurs du tertiaire et de l'agriculture qui sont moins impactant à l'échelle métropolitaine. C'est pourquoi il peut être également intéressant de procéder à une analyse plutôt axée par secteurs.

Analyse sectorielle

En adoptant un **raisonnement sectoriel**, la figure ci-dessous permet d'identifier pour un secteur donné, le territoire ayant le plus fort impact. Elle permet de faire ressortir des secteurs moins impactants comme le tertiaire ou agriculture.

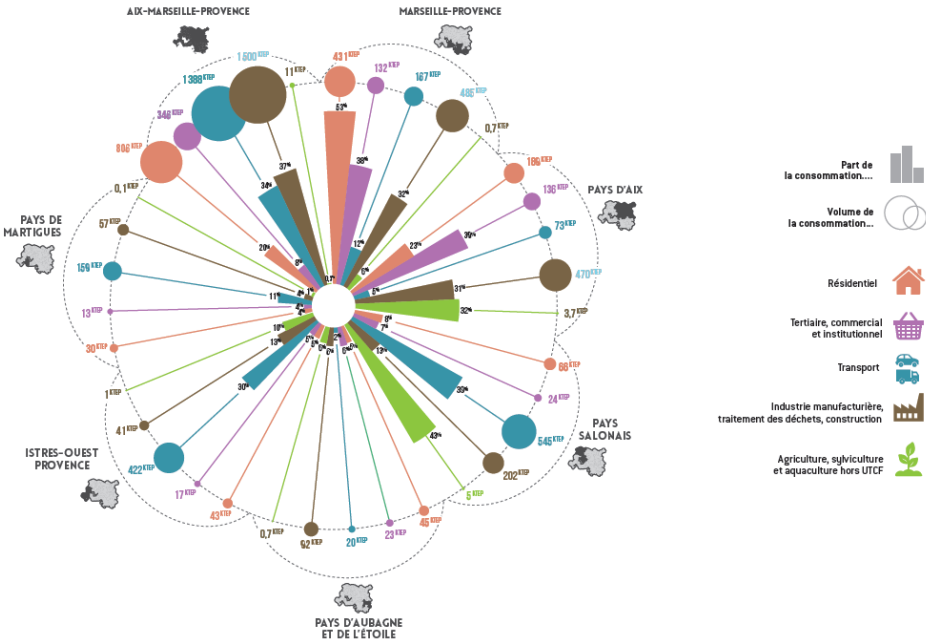


Figure 96 : Consommations énergétiques 2015 par secteur d'activité et par conseil de territoire (AGAM) - Source : Livre blanc de l'énergie métropolitain

Par secteur d'activité, et hors secret statistique, on peut donc identifier les territoires à fort potentiel d'économie d'énergie suivants:

Secteur d'activité	Territoires impactés
<i>Résidentiel</i>	Marseille Provence
	Pays d'Aix
<i>Tertiaire, Commercial et institutionnel</i>	Pays d'Aix
	Marseille Provence
<i>Transport</i>	Pays Salonais
	Istres-Ouest Provence
<i>Industrie manufacturière, traitement des déchets, construction</i>	Marseille Provence
	Pays d'Aix
<i>Agriculture, sylviculture et aquaculture hors UCTF</i>	Pays Salonais
	Pays d'Aix

Note : Les illustrations de l'AGAM et les interprétations qui en résultent peuvent être sujettes à modification car construites sur la base des données CIGALE qui ne tient pas compte de certaines données confidentielles soumises au secret statistique.

Cette interprétation qui ne prend en compte que l'aspect consommation d'énergie, ne peut suffire à bâtir une politique Climat-Air-Energie, car l'analyse diffère considérablement si l'on tient compte des enjeux de qualité de l'air, qui positionnent le secteur des transports sur Marseille Provence et Pays d'Aix comme prépondérant.

4.2.2 Synthèse des gisements énergétiques

4.2.2.1 Gisements en économie d'énergie

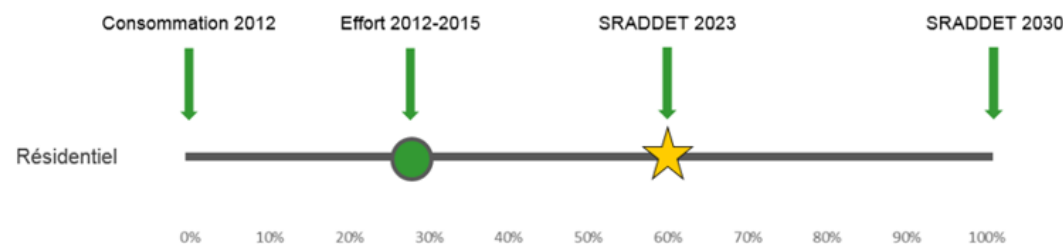
Le boulier ci-dessous permet de mettre en perspective la trajectoire énergétique actuelle prise sur les différents secteurs par les objectifs du SRADDET.

Il se lit de la manière suivante : l'extrémité gauche de l'axe marque la consommation d'énergie du secteur considéré en 2012. L'extrémité droite marque la consommation à atteindre pour respecter l'objectif de réduction des consommations d'énergie en 2030 fixé par le SRADDET. L'étoile situe la consommation intermédiaire à atteindre dans le cadre de l'objectif SRADDET 2023. Ainsi, la boule, qui marque la consommation d'énergie en 2015, permet de situer la trajectoire en cours du secteur par rapport aux objectifs énergétiques évoqués précédemment.

Exemple du secteur résidentiel :

Secteur résidentiel	2012	2015	Objectif SRADDET 2023 (-15% par rapport à 2012)	Objectif SRADDET 2030 (-25% par rapport à 2012)
Consommation	10 062 GWh	9 376 GWh	8 553 GWh	7 547 GWh
Réduction 2012 (GWh)		-686 GWh	-1 509 GWh	-2 516 GWh
Effort réduction 2012 (%)		27%	60%	100%

Le boulier qui découle de la ligne "Effort réduction 2012 (%)" est donc :



De cette illustration, il ressort que le secteur du résidentiel est sur la bonne trajectoire pour atteindre les objectifs du SRADDET. La marche à suivre est un peu plus grande pour le secteur tertiaire.

En revanche, les secteurs du transport et de l'industrie ne sont pas du tout en phase avec les objectifs du SRADDET à court et moyen termes.

Quant au secteur agricole, il a d'ores et déjà atteint son objectif 2030 en ce qui concerne la réduction des consommations d'énergie. Éventuellement, il pourrait donc être envisagé une revue à la hausse des objectifs d'économie d'énergie pour ce secteur.

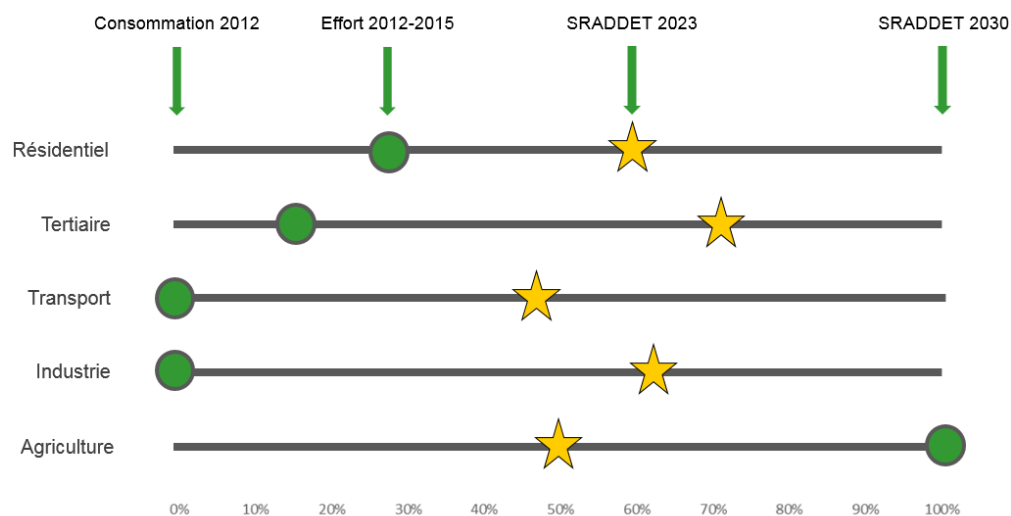


Figure 97 : Synthèse de la trajectoire métropolitaine actuelle de réduction des consommations d'énergie par secteur

4.2.2.2 Gisements ENR

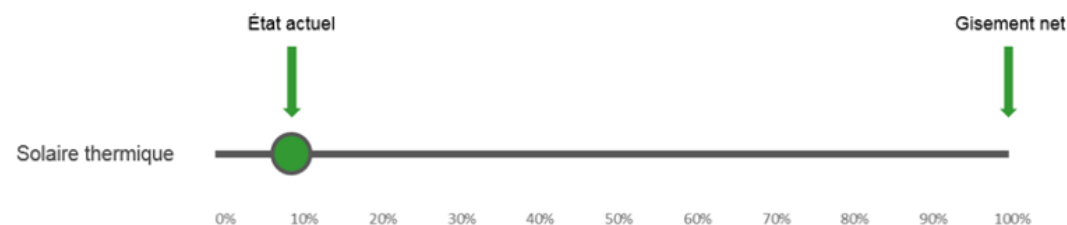
Cette infographie représente les potentiels EnR&R de la Métropole.

Il se lit de la manière suivante : L'extrémité droite de l'axe caractérise le productible potentiel total pour la filière considérée (comprenant à la fois la production actuelle ainsi que le potentiel restant à développer). La boule caractérise donc l'état de développement de la filière par rapport à son potentiel total.

Exemple du solaire thermique :

Secteur résidentiel	2015	Potentiel restant (2023)	Total
Production (GWh)	49 GWh	483 GWh	532 GWh
Taux de développement 2015 (%)	9%		

9% du gisement de la filière solaire thermique est exploité à ce jour. Le boulier correspondant à l'état de développement de la filière sera donc le suivant :



Sur le boulier ci-dessous, on peut donc distinguer les filières bien exploitées comme l'hydroélectricité de celles qui le sont moins (solaire et géothermie).

Enfin, le graphique qui suit permet de visualiser autrement la production ENR actuelle et potentielle du territoire par filière.

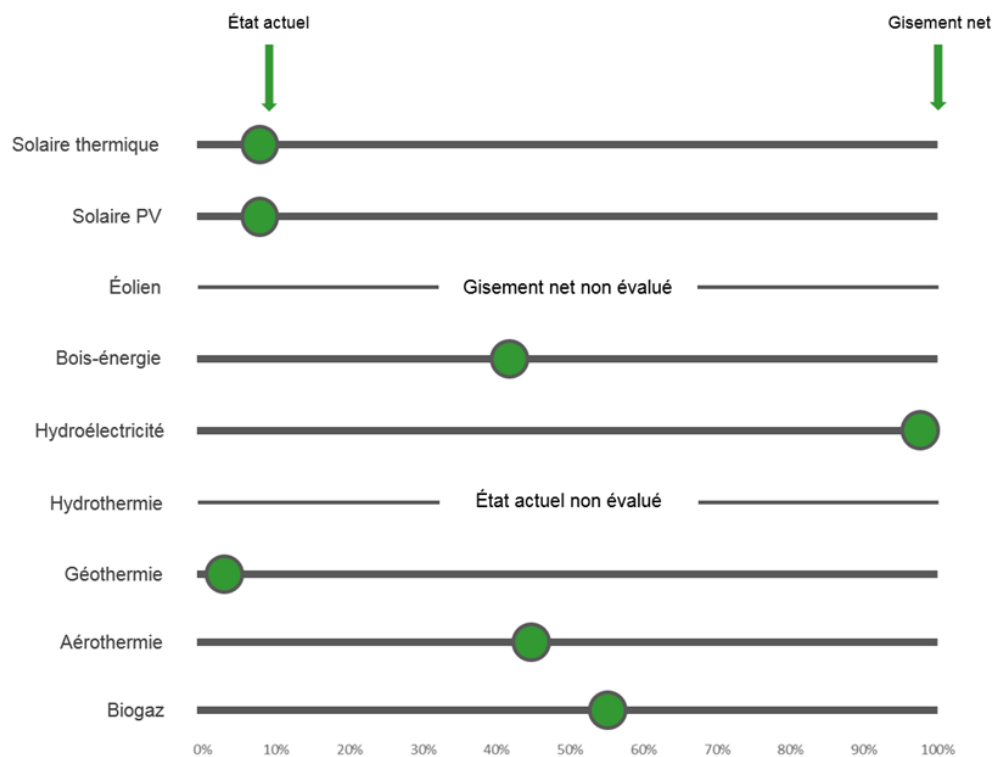


Figure 98 : Synthèse des gisements en énergies renouvelables au niveau de la Métropole - Source : BG

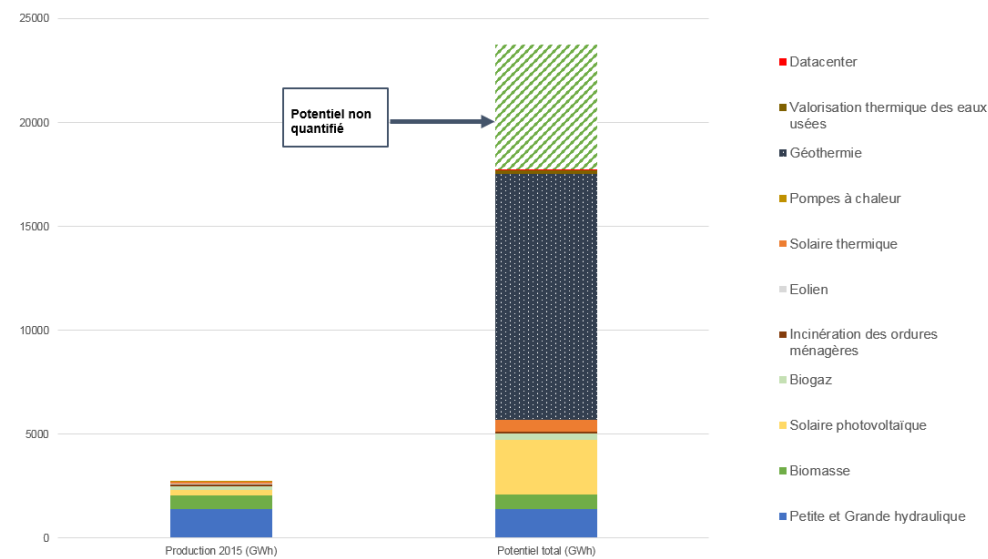


Figure 99 : Synthèse des gisements en énergies renouvelables de la Métropole - Source : BG

4.2.2.3 Synthèse globale

Le graphique ci-dessous permet de mettre en perspective les gisements d'économies d'énergies avec le potentiel en énergie renouvelable du territoire. Il synthétise les données évoquées dans les paragraphes précédents.

Le graphique ci-dessous ne tient pas compte des données portant sur le secteur des transports routiers.

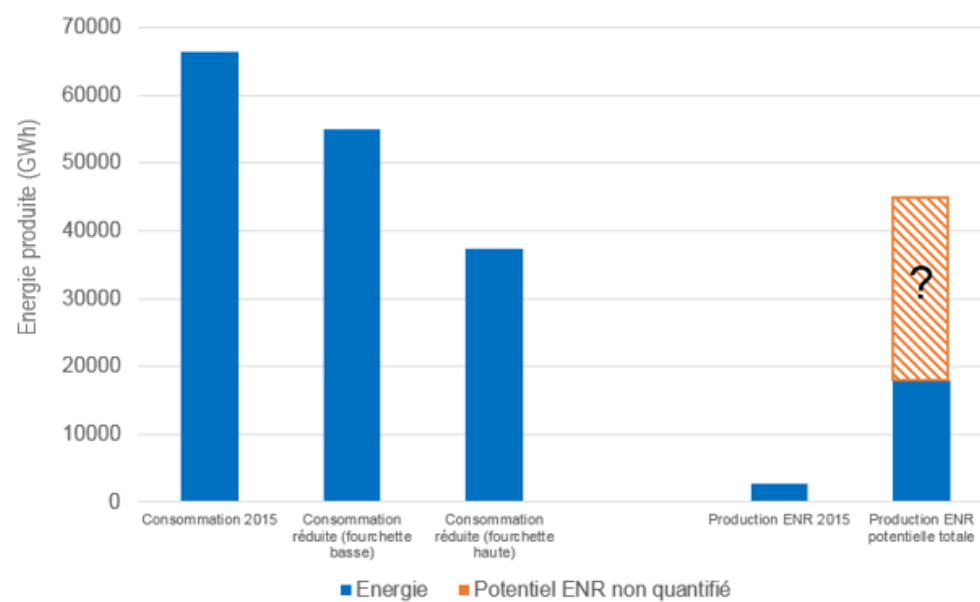


Figure 100 : Synthèse des gisements énergétiques de la Métropole – Source : BG

4.2.3 Enseignements sur la production d'énergie locale

La Métropole a une autonomie énergétique faible avec une production locale (fossile et renouvelable) qui s'élève à 14% de la consommation totale (hors consommations d'énergie de la branche énergie). Cette autonomie est disparate selon les conseils de territoire :

Territoire	Autonomie énergétique
Istres Ouest Provence	37%
Marseille Provence	4%
Pays d'Aix	27%
Pays d'Aubagne et de l'Etoile	4%
Pays de Martigues	55%
Pays Salonnais	11%

Ce niveau d'autonomie pourrait s'améliorer via l'essor des énergies renouvelables. Aujourd'hui la production d'énergie d'origine renouvelable au sein de la Métropole s'élève à 2721 GWh en 2015 ce qui représente 30% de la production d'énergie. À titre de comparaison, la part de production d'énergie d'origine renouvelable à l'échelle de la région PACA se situe aux alentours des 66%.

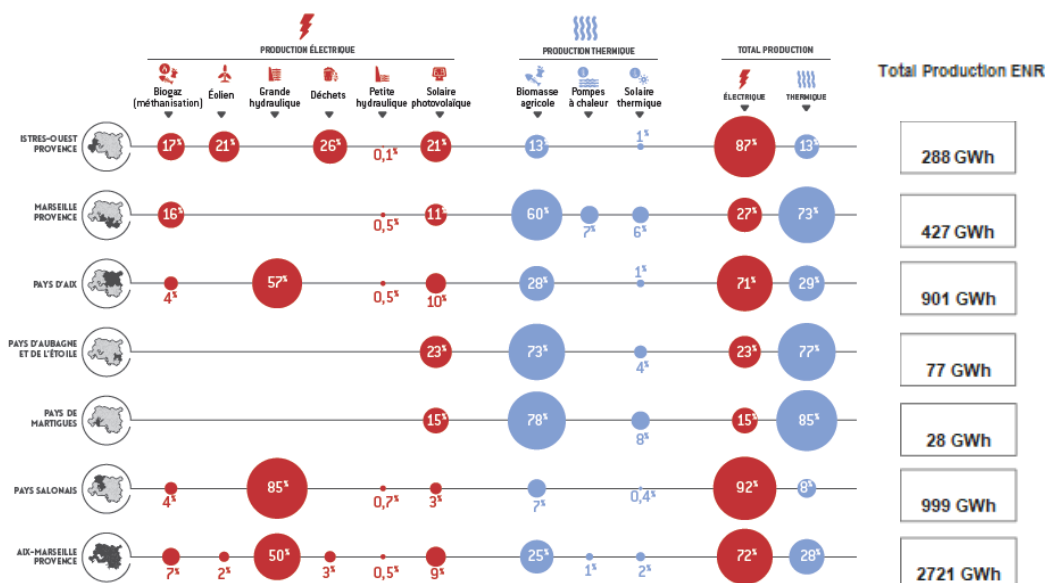


Figure 101 : Répartition de la production locale d'ENR en 2015 par énergie et par conseil de territoire (AGAM) - Source : Livre blanc de l'énergie métropolitain,

Une part prépondérante de cette production provient de la filière hydraulique. Prônée comme une énergie verte par les uns, décriée comme néfaste aux milieux aquatiques par les autres, elle se situe à l'interface de deux préoccupations environnementales majeures : l'eau et l'énergie.

Toutefois, cette comparaison a le mérite de souligner le retard de la Métropole par rapport au reste de la région sur la thématique du développement des énergies renouvelables.

Si l'on considère l'autonomie énergétique de la Métropole en termes d'ENR (ratio : production ENR/consommation d'énergie), à l'heure actuelle la production d'ENR s'élève à 4% de la consommation d'énergie finale totale (hors branche énergie).

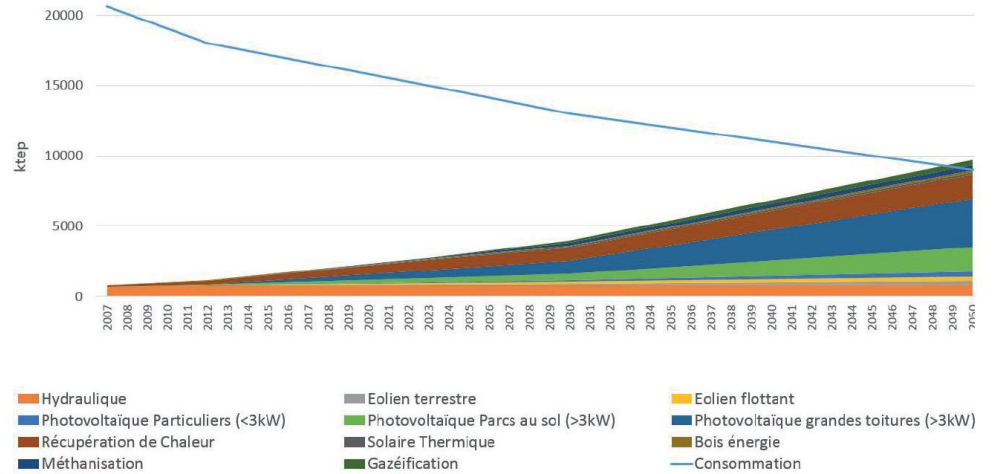
Ce dernier chiffre de 4% peut être mis en perspective avec les nouveaux objectifs du SRADET de la région PACA qui vise à faire de la région "un territoire neutre en

carbone" avec une couverture à 100% de l'énergie consommée par une production locale d'énergie renouvelable à horizon 2050. Cet objectif passe par un développement soutenu des ENR dont les objectifs métropolitains et régionaux sont récapitulés dans les figures ci-dessous :

La métropole tient compte de ce diagnostic pour définir son scénario d'atteinte des objectifs énergétiques régionaux, notamment sur le sujet du développement des énergies renouvelables.

	2015	2023	2030	2050
Taux de couverture ENR	4%	22%	37%	110%
Productible ENR (GWh)	2 721	8790	12 283	32 139

Figure 102 : Objectifs métropolitains territorialisés du SRADDET PACA - Source : Fiche outil de déclinaison des objectifs de la stratégie neutralité carbone, Région PACA 2018



Les consommateurs industriels sont généralement directement raccordés au réseau de transport de gaz (gazoduc), qui permet la fourniture d'une grande quantité d'énergie et d'une forte pression pour faire fonctionner les usines.

4.3.1.2 Les réseaux de distribution

Le réseau de distribution assure l'approvisionnement direct des consommateurs dans les habitations et les entreprises. Il achemine le gaz à une faible pression pour qu'il soit utilisable pour un usage domestique. Pour la Métropole, GrDF (Gaz Réseau Distribution France) est le concessionnaire de ce réseau de distribution.

4.3.1.3 Les problématiques d'injection sur le réseau

Dans le cas du gaz, on ne peut injecter sur le réseau public que du biométhane, biogaz épuré. Injecter du biométhane dans les réseaux de gaz naturel n'est actuellement possible que s'il a été produit à partir d'intrants autorisés, soit :

- des déchets ménagers :
 - o par méthanisation : matières organiques issues du tri sélectif (biodéchets, déchets verts, etc.)
 - o dans les Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND), ou décharges ou anciennement CET (Centres d'Enfouissement Techniques)
 - o des déchets ou produits agricoles (lisiers, fumiers, résidus de récoltes, cultures énergétiques dédiées non concurrentielles ou certains déchets de l'industrie agroalimentaire)
- des matières organiques résultat du traitement des eaux usées (boues de STEP).

Il doit par ailleurs répondre aux spécifications du gaz naturel, ce qui est possible seulement après une épuration poussée. Le biogaz produit (par exemple par méthanisation) peut donc nécessiter un traitement préalable à l'injection.

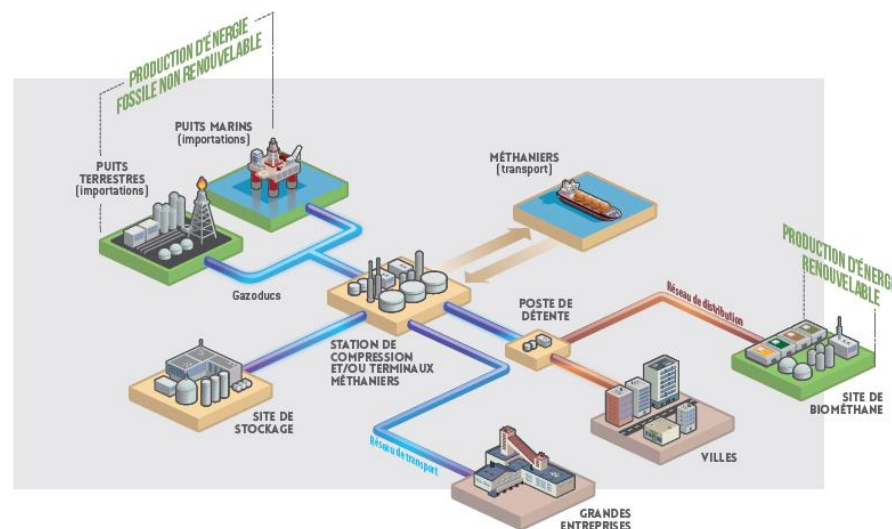


Figure 105 : La production, le transport et la distribution de gaz - Source: Livre blanc de l'énergie métropolitain, AUPA AGAM

4.3.2 Les réseaux électriques

Les réseaux électriques (transport et distribution) ont pour rôle d'acheminer l'électricité des sites de production vers les lieux de consommation, avec des étapes de baisse du niveau de tension dans des postes de transformation.

La tension à la sortie des grandes centrales est portée à 400 kV pour limiter les pertes d'énergie sous forme de chaleur dans les câbles des lignes électriques de transport.

Ensuite, la tension est progressivement réduite au plus près de la consommation, pour arriver aux différents niveaux de tension auxquels sont raccordés les consommateurs (400 kV, 225 kV, 90 kV, 63 kV, 20 kV...) suivant leurs besoins en puissance.

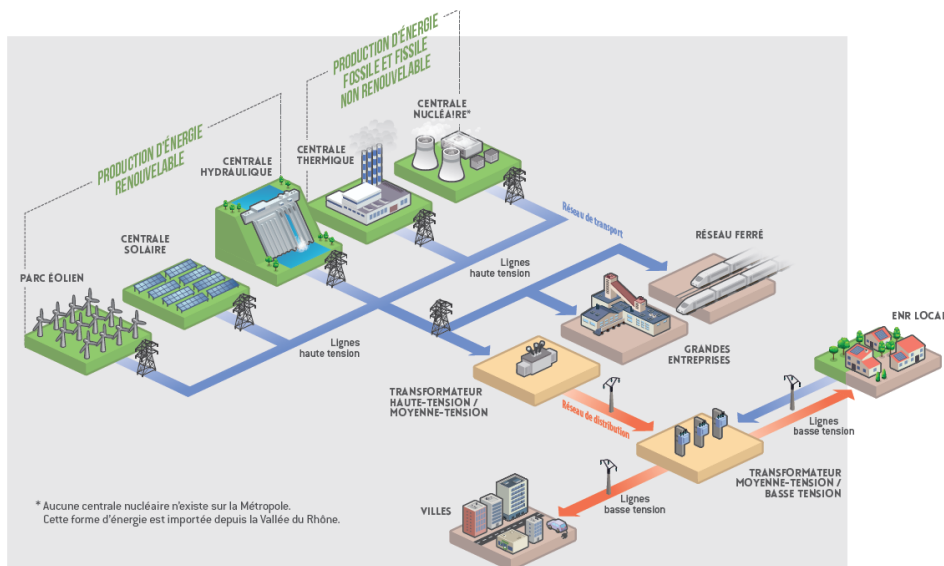


Figure 106 : La production, le transport et la distribution d'électricité - Source: Livre blanc de l'énergie métropolitain, AUPA AGAM

4.3.2.1 Le réseau public de transport d'électricité

Situé en amont des réseaux de distribution, il représente environ 78 000 km de lignes électriques, au niveau national, gérées par RTE et se compose de deux sous-ensembles :

- **le réseau de grand transport et d'interconnexion** : 400 kV. Il est destiné à transporter des quantités importantes d'énergie sur de longues distances. Il constitue l'ossature principale pour l'interconnexion des grands centres de production, disséminés en France et dans les autres pays européens. Son niveau de tension est de 400 kV, soit le niveau de tension le plus élevé en France
- **les réseaux de répartition régionale ou locale** : 63 kV à 225 kV. Ils sont destinés à répartir l'énergie en quantité moindre sur des distances plus courtes. Le transport est assuré en très haute tension (225 kV) et en haute tension (90 kV et 63 kV)

4.3.2.2 Le réseau de distribution

Les réseaux de distribution sont destinés à acheminer l'électricité à l'échelle locale jusqu'au compteur du consommateur, c'est-à-dire aux utilisateurs en moyenne tension (PME et PMI) et en basse tension (clients du tertiaire, de la petite industrie et les clients domestiques).

En fonction de la puissance des compteurs, le raccordement du réseau auprès des consommateurs s'effectue soit par ENEDIS (puissances disponibles pour les particuliers sont de 3, 6, 9, 12, 15, 18, 24, 30 et 36 kVA et dépendent du profil de consommation de chaque ménage, puissance de 42 à 240 kVA pour les clients professionnels tertiaires et petites industries) soit par RTE pour les grandes industries ou le réseau ferroviaire par exemples (puissances supérieures à 250 kVA).

La gestion des réseaux électriques: injection et soutirage, stockage et équilibrage

Le raccordement consiste à connecter une installation de production ou de consommation d'énergie au réseau public d'électricité. Il est un préalable à l'accès au réseau, dont la transparence et l'aspect non-discriminatoire sont garantis par la Commission de régulation de l'énergie.

Les installations de production d'énergie renouvelable (hydraulique, éolien, solaire, biomasse...) doivent être raccordées à un réseau électrique pour que l'électricité qu'elles produisent puisse être vendue, sur les marchés ou de façon contractuelle, notamment dans le cadre de mécanismes d'obligation d'achat ou d'appels d'offres, et pour que cette énergie puisse être utilisée par des consommateurs raccordés au réseau.

La bonne gestion des réseaux d'énergie est une problématique large qui implique de maîtriser :

- Ce qui est injecté sur le réseau : lorsque de l'énergie est produite, où est-elle injectée ? Selon quelle courbe de charge (quelle puissance à chaque instant) ? Avec quelle régularité ? Quelle prévisibilité ? etc.
- Ce qui est soutiré du réseau : où l'énergie est-elle consommée ? Selon quelle courbe de charge (quelle puissance à chaque instant) ? Avec quelle régularité ? Quelle prévisibilité ? etc.
- Ce qui circule sur le réseau : existe-t-il un équilibre entre la production et la consommation à chaque instant ? L'énergie en surplus peut-elle être stockée,

où et comment ? La puissance appelée peut-elle être différée ou limitée (effacement...) ?

La connaissance et l'anticipation de ces éléments permettent de dimensionner les réseaux (section et type de fil, organes de coupure et de sécurité, maillage, etc.).

Leur maîtrise à chaque instant est une condition pour la bonne gestion des réseaux et, de fait pour la qualité de l'énergie distribuée.

Dans le cas de l'électricité, l'équation est plus complexe que pour le gaz car l'électricité ne se stocke pas. Certains moyens de stockage existent mais ne peuvent être appliqués partout (comme dans le cas de l'hydroélectricité produite par les barrages) ou se développent avec des technologies émergentes et encore peu rentables.

La qualité du réseau électrique est mesurée, entre autres, par un indicateur de continuité d'alimentation qui mesure (en %) le nombre de clients qui sont en écart par rapport aux seuils réglementaires suivants (sur une année):

- Plus de 6 coupures longues (supérieures à 3 minutes) ou
- Plus de 35 coupures brèves (entre 1 seconde et 3 minutes) ou
- 13 heures de durée cumulée de coupures longues

Cet indicateur est calculé à la maille départementale. Au niveau des Bouches-du-Rhône, cet indicateur est de 0.88% en 2017. Cet valeur peut être considérée comme bonne car plus de deux fois inférieure à la moyenne nationale (1.86%) et 3 fois inférieure à la moyenne PACA (2.42%).

Les problématiques d'injection sur le réseau

Hormis des cas spécifiques d'autoconsommation (voir ci-dessous), la production locale d'énergie, qu'il s'agisse d'électricité (photovoltaïque, éolienne, etc.) est donc injectée sur les réseaux gérés par ENEDIS.

Pour le raccordement au réseau électrique, il convient de s'interroger sur les points suivants :

- La capacité du réseau à absorber cette production à l'endroit où elle a lieu. Le dimensionnement du réseau doit permettre d'accueillir la production à tout instant

- L'énergie produite doit être d'une qualité suffisante et, notamment, l'intermittence de la production doit être intégrée dans la gestion du réseau pour assurer son équilibre à tout instant
- Les coûts de raccordement doivent être pris en charge.

Le réseau de transport, géré par RTE, a notamment pour mission d'accueillir les nouveaux moyens de production en assurant dans les meilleurs délais le développement du réseau amont qui serait nécessaire. De même, ENEDIS doit assurer l'accès au réseau pour tous les producteurs dûment autorisés.

Dans le cadre du S3REnR, les installations de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable d'une puissance supérieure à 100 kVA bénéficient pendant 10 ans d'une réservation des capacités d'accueil prévues. Leur raccordement se fait alors sur le poste électrique le plus proche, minimisant le coût des ouvrages propres et disposant d'une capacité réservée suffisante pour satisfaire la puissance de raccordement demandée.

Anticiper la capacité d'électricité injectée sur le réseau: le S3REnR

Le S3REnR est établi par le gestionnaire du réseau de transport d'électricité (RTE), en accord avec le gestionnaire des réseaux de distribution (ENEDIS). Il permet de fixer à l'échelle de la région, des objectifs quantitatifs et qualitatifs d'injection de la production d'énergie renouvelable locale à l'horizon 2020. À noter que le S3REnR actuel devra être révisé courant 2019 de manière à ce qu'il puisse intégrer les nouveaux objectifs du SRADDET.

Le schéma adopté pour PACA en novembre 2014 indique que, sur l'ensemble du territoire régional, le réseau de transport d'électricité alimente 167 postes sources gérés par ENEDIS. Ils sont équipés d'un ou plusieurs transformateurs qui permettent d'acheminer l'énergie électrique soutirée ou d'évacuer l'énergie électrique produite.

Le constat dressé dans le schéma est que le réseau de transport d'électricité en PACA, à l'image de la région, présente de très fortes disparités. Le réseau proche du littoral, des principaux pôles urbains et de la vallée du Rhône a suivi le développement de ces zones de forte consommation (80 % de la consommation électrique régionale est concentrée sur le littoral méditerranéen) et est donc aujourd'hui à même d'accueillir des volumes de production conséquents.

Le schéma dresse les projets d'investissements sur le réseau de transport ainsi que de distribution, construit une méthodologie de réservation des capacités du réseau (cf. schéma ci-dessous) pour la production électrique d'origine renouvelable, ainsi qu'un tableau récapitulant les différents projets de création et de renforcement des réseaux d'énergie électrique.

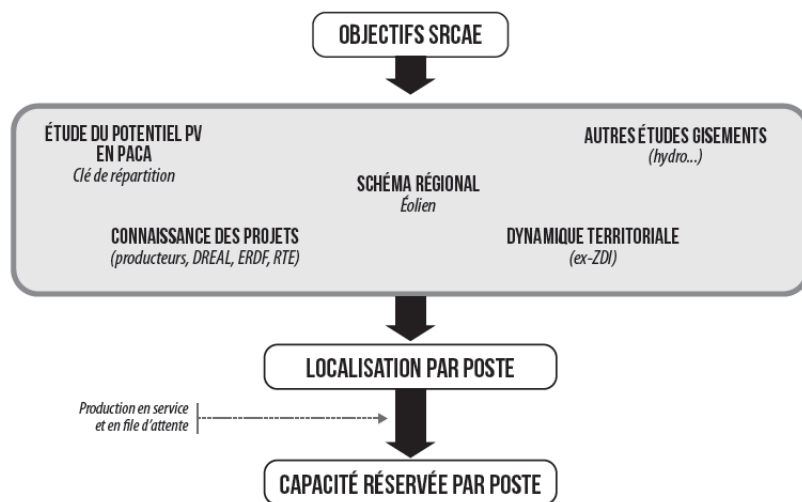


Figure 107 : Méthodologie de réservation de capacité sur le réseau électrique - Source: Livre blanc de l'énergie métropolitain, AGAM AUPA

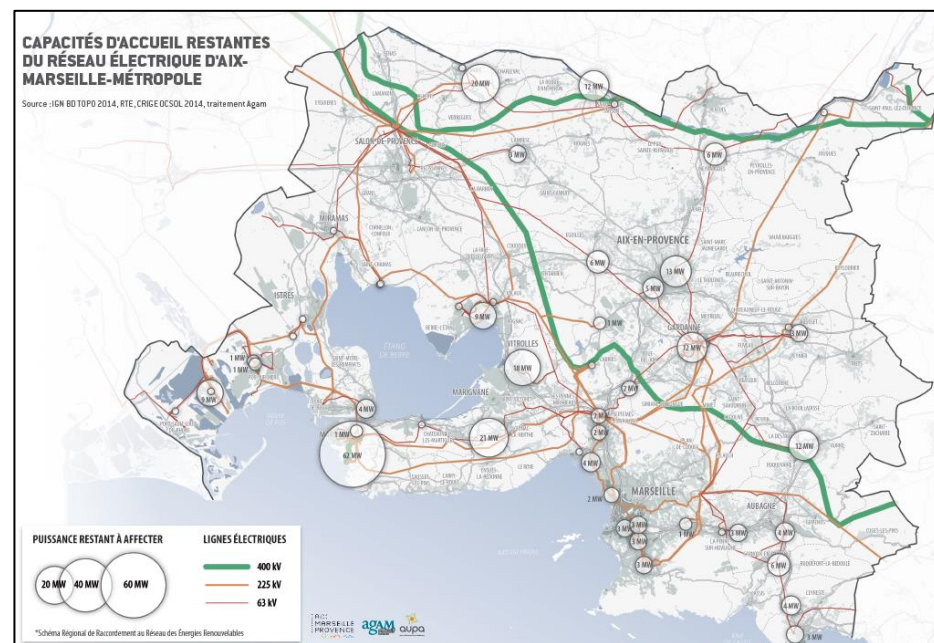


Figure 108 : Carte des réseaux de transport de l'électricité et des capacités d'accueil restantes - Source: Livre blanc de l'énergie métropolitain, AGAM AUPA

4.3.2.3 La question de l'autoproduction-autoconsommation d'électricité

L'autoproduction-autoconsommation consiste à produire localement de l'énergie et à la consommer, en tout ou partie, pour ses besoins propres. Une fois cette définition générale posée, il faut apporter un certain nombre de précisions.

Lorsqu'un producteur d'électricité, dont ce n'est pas l'activité principale, produit sur son site de l'électricité (par exemple un particulier ou une entreprise qui ont des panneaux photovoltaïques sur leur toiture), il peut :

- l'injecter en totalité sur le réseau public et la vendre à EDF ou un autre fournisseur d'énergie qui veut bien lui acheter
- en consommer une partie et vendre ce qu'il ne consomme pas en l'injectant sur le réseau public

- la consommer en totalité : on parle d'autoconsommation totale

Deux notions sont importantes :

- le taux d'autoconsommation qui est la part de l'électricité produite qui est consommée sur place
- le taux d'autoproduction qui est la part de la consommation totale du site qui est produite sur place

D'un point de vue légal, cette notion est récente et encore en cours de définition. Elle pose en effet de nombreuses questions d'équilibre économique entre le financement du réseau public d'électricité, les tarifs d'achat de l'électricité produite et la rentabilité de l'autoproduction.

4.3.2.4 Les problématiques de soutirage : des gros consommateurs qui pèsent sur les réseaux

Plusieurs situations d'appel de puissance importante devront faire l'objet d'une vigilance particulière afin d'éviter une surcharge des réseaux aboutissant à limiter les capacités de développement urbain :

- La question de l'installation des data center sur le territoire constitue une forte contrainte pour le réseau électrique qui reste encore insuffisamment identifiée par les collectivités.
- L'installation d'un data center en centre-ville par exemple, au-delà de l'emprise foncière mobilisée, a des implications significatives en termes de puissance appelée, de consommation d'énergie et de production de chaleur. Cela doit être anticipé en termes de renforcement des réseaux de distribution d'électricité et de gestion de la chaleur produite.
- Ce n'est en aucun cas anodin ou équivalent à l'installation d'une surface équivalente d'une activité tertiaire standard
- Le déploiement de stations de recharge pour véhicules électriques peut également nécessiter une prise en compte des réseaux, en amont des schémas d'implantation, mais n'implique pas nécessairement un renforcement de ces réseaux.

- L'impact sur les réseaux doit toutefois être analysé dans deux cas. Pour le développement de la recharge rapide qui provoque un fort appel de puissance sur une courte durée (mais cela n'est pas encore d'actualité sur le territoire métropolitain). Dans le cas de la création de centres de recharge pour des flottes de bus ou car de transport public électrique, ce qui constitue aujourd'hui un projet étudié pour le transport urbain RTM
- L'électrification des bateaux à quai. L'inscription de ces équipements, et potentiellement d'autres, dans une stratégie territoriale globale des réseaux d'énergie va devenir indispensable de manière d'une part à ne pas dégrader la qualité de l'électricité distribuée et, d'autre part, à ne pas restreindre la capacité de développement des territoires à proximité (du fait d'une saturation du réseau).

4.3.2.5 L'équilibrage et les réseaux intelligents du "Smart Grids"

L'une des principales problématiques des réseaux d'énergie, notamment électriques, se trouve être dans la gestion des pointes de consommations, liées surtout aux aléas climatiques, notamment en période hivernale, mais également à l'évolution des usages de l'électricité et des comportements.

L'anticipation de ces pics est aujourd'hui une question dont dépend la stabilité du réseau et la maîtrise du coût de ce dernier.

La gestion des pics se fait en effet aujourd'hui de trois façons différentes: l'achat d'énergie produite par d'autres pays à un tarif prohibitif, l'activation de centrales d'appoint (principalement alimentées en charbon, gaz ou fuel, c'est-à-dire particulièrement polluantes) ou encore l'effacement, un processus qui consiste à éteindre certains équipements non indispensables pour une courte durée (exemple, à l'échelle d'une habitation : couper le chauffage électrique pendant 15 minutes ou repousser le lancement du lave-vaisselle).

Face à ces contraintes, les réseaux intelligents doivent permettre de passer de la solution de gestion de crise à celle de l'anticipation de celle-ci. Il s'agit d'utiliser les nouvelles technologies pour rationaliser et coordonner les différents usages énergétiques et diminuer ainsi la charge des consommations énergétiques sur le réseau, mais également pour gérer l'intermittence de certaines énergies (comme le solaire ou l'éolien) en l'absence de systèmes efficaces de stockage.

Le smart grid est un système électrique capable d'intégrer de manière intelligente les actions des différents utilisateurs, consommateurs et/ou producteurs afin de maintenir une fourniture d'électricité efficace, durable, économique et sécurisée.

La question du stockage de l'énergie constitue un maillon clé pour des smart grids efficaces.

Afin d'atteindre pleinement les objectifs du smart grid, de nombreux projets sectoriels sont actuellement en phase d'expérimentation.

4.3.3 Les réseaux de chaleur

Un réseau de chaleur (et de froid) implique :

- Une production centralisée d'énergie calorifique, distribuée à travers un réseau de vapeur, d'eau (chaude ou tempérée) ou de fluides réfrigérants (dit réseau primaire) vers plusieurs bâtiments ou sites (points de puisage appelés sous-station) pour la production d'eau chaude sanitaire, le chauffage ou le refroidissement de locaux
- La vente de cette énergie calorifique par l'exploitant du réseau à des usagers (juridiquement distincts) et, surtout, à une pluralité de clients (au moins 2 usagers distincts, personnes morales ou physiques). Autrement dit, lorsqu'il existe à minima 2 sous-stations sous maîtrise d'ouvrage différente avec vente d'énergie, le réseau est dit « réseau de chaleur (et de froid) ».

Lorsque l'ensemble des éléments constituant le réseau de chaleur est sous une maîtrise d'ouvrage unique (pas de vente d'énergie à un tiers) le réseau est dit « réseau technique » (on parle aussi dans ce cas de « réseau privé » ce qui peut porter à confusion par rapport à la nature publique ou privée du portage du réseau).

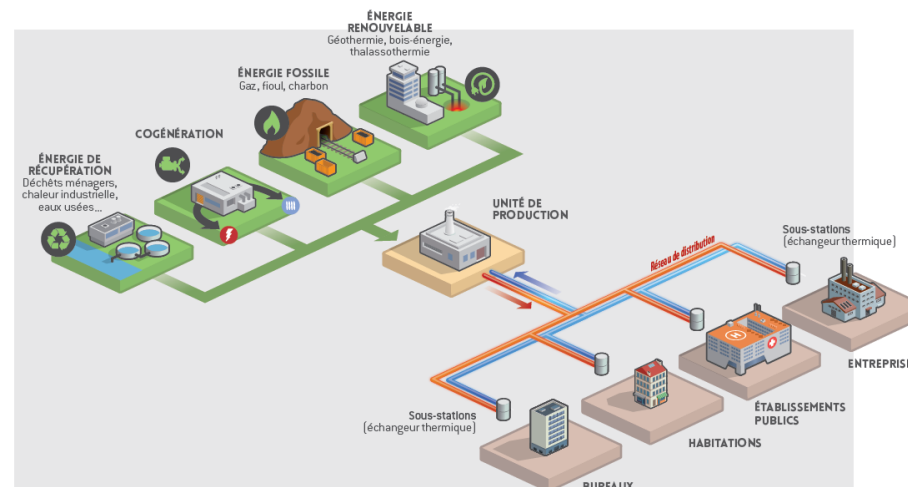


Figure 109 : La production, le transport et la distribution de la chaleur - Source: Livre blanc de l'énergie métropolitain, AGAM AUPA

La Métropole dispose ainsi de 6 réseaux de chaleur publics :

- 4 réseaux de chaleur gérés en délégation de service publique :
 - o 1 réseau Canto-Perdrix à Martigues, géré par le concessionnaire DALKIA jusqu'en 2032
 - o 2 réseaux Fenouillères-Encagnane et Haut de Provence à Aix-en-Provence, deux réseaux distincts gérés par le concessionnaire APEE (filiale de ENGIE Cofely) jusqu'en 2023
 - o 1 réseau ZAC des Canourgues à Salon-de-Provence, géré par le concessionnaire Société Thermique de Salon de Provence (S.T.S.P. = groupement CORIANCE/DALKIA), jusqu'en 2020
- 2 réseaux de chaleur gérés en régie par la Métropole :
 - o 1 réseau de chaleur bois de Coudoux (RCB) ;
 - o 1 réseau Terre de Garance à Aubagne.
- 1 réseau technique :
 - o 1 réseau de chaleur géothermique technique de Gardanne, géré par Énergie Solidaire (Dalkia – Semag)

Il existe également sur le territoire des réseaux privés. Ils ne sont pas concernés par la gestion publique mais doivent être pris en compte par la Métropole dans le cadre de sa stratégie énergétique territoriale (notamment le schéma d'ensemble des réseaux de chaleur et de froid).

Plusieurs réseaux privés en service sont identifiés à ce jour comme Réseau Paradis Saint-Roch à Martigues (SEMIVIM), Réseau Centre urbain - Zac des Pins à Vitrolles (AFUL), Thassalia à Marseille (société Thassalia, filiale du groupe ENGIE), Massiléo à Marseille (EDF Optimal Solutions).

La carte ci-dessous identifie et détaille les caractéristiques des réseaux de chaleur métropolitains préalablement cités.

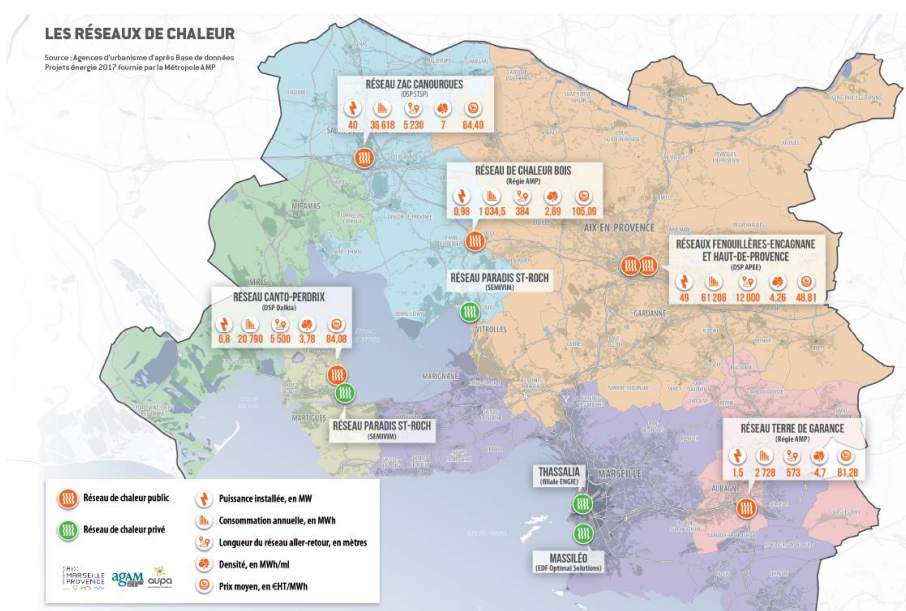


Figure 110 : Carte des réseaux de chaleur métropolitains - Source : Livre blanc de l'énergie métropolitain, AGAM AUPA

L'enjeu de la rentabilité des réseaux de chaleur

La loi de transition énergétique pour une croissance verte et la future réglementation thermique des bâtiments programmée pour 2020 tendront à diminuer fortement les besoins en chauffage des nouvelles constructions. Les réseaux de chaleur voient donc diminuer leur potentiel de raccordement sur ces bâtiments à venir et devront s'adapter. Leur intérêt financier (faible coût de chauffage) pourrait en effet être questionné face aux coûts de raccordement.

Il faut donc réfléchir à d'autres solutions techniques ou d'autres potentialités de raccordement pour conserver une rentabilité de nos réseaux de chaleur tout en conservant un prix attractif et compétitif du MWh par rapport aux autres formes d'énergies. De nombreuses pistes existent comme par exemple le développement des EnR permettant un prix de TVA réduit sur le tarif du MWh, un classement possible du réseau pour raccorder au moins les bâtiments existants à réhabiliter.

Cela peut également permettre aux opérations raccordées au réseau de respecter les critères de recours aux énergies renouvelables. L'optimisation des coûts de raccordement, qui sont souvent un frein aux raccordements sur les réseaux de chaleur, constitue également une piste, avec un calcul bien encadré, précisé et vérifié par le concédant, éventuellement en profitant d'autres opérations de voirie pour diminuer les coûts d'extension de réseaux. Encourager et faciliter le travail du concessionnaire avec les services d'urbanisme pour étudier les futurs projets en amont constitue donc un levier intéressant. Un regroupement de réseaux peut également permettre des économies d'échelle sur les moyens de production ou optimiser un réseau EnR.

L'ensemble de ces points peut être travaillé dans les schémas directeurs de réseau.

4.3.4 Vers une synergie entre réseaux d'énergie

Aix-Marseille-Provence peut anticiper les évolutions des usages induites par la transition énergétique, telles que le raccordement de sources de production décentralisées intermittentes, ou l'alimentation des bornes de recharge des véhicules électriques en nombre croissant.

Ces évolutions appellent des adaptations des systèmes énergétiques, dont le coût ne pourra être maîtrisé qu'à condition d'optimiser et sécuriser davantage leur fonctionnement. C'est précisément la vocation des réseaux dits intelligents.

Par le recours simultané aux technologies numériques et électrotechniques, ils sont en mesure de procurer à la collectivité des solutions innovantes : des services avancés de livraison et d'évacuation d'énergie, mais aussi d'interaction en temps réel grâce à l'association de compteurs d'électricité et de gaz communicants. Le déploiement des réseaux intelligents représente, sur le plan national, une opportunité de développement économique chiffrée à plusieurs dizaines de milliers d'emplois.

La métropole dispose d'un socle scientifique, technologique et industriel robuste, et accueille plusieurs démonstrateurs, dont Premio à Lambesc. Ce programme réalisé entre 2007 et 2012 a consisté en la réalisation d'une plateforme laboratoire pour expérimenter une architecture énergétique innovante et reproductible permettant, entre autres, de piloter l'offre et la demande locale en électricité ainsi que d'optimiser l'intégration et la production du stockage des ENR.

L'interconnexion et le pilotage conjugué des réseaux d'électricité, de gaz, de chaleur et de froid, et la gestion active croisée des équipements qui leur sont raccordés, constituent également un champ à investir pour garantir l'équilibre offre/demande, par l'entremise de technologies émergentes telles que les solutions « power to gas » (susceptibles d'apporter, à terme, une réponse à la problématique du stockage de l'électricité excédentaire).

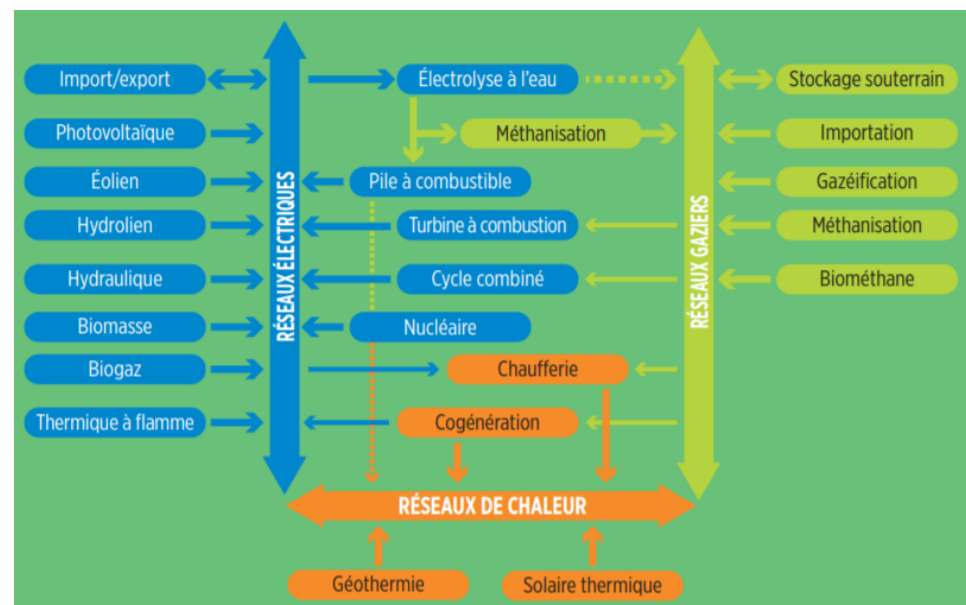


Figure 111 : Schéma illustrant les synergies possibles entre les différents réseaux d'énergie - Source: Commission de régulation de l'énergie

Synthèse – enjeux en lien avec le PCAEM :

Les consommations énergétiques métropolitaines représentent 47% des consommations énergétiques de la région.

Au niveau métropolitain, les 3 secteurs d'activités que sont l'industrie, les transports et le résidentiel se répartissent près de 90% de la consommation énergétique totale du territoire. L'industrie à elle seule représente plus de la moitié de ce bilan (52%).

La Métropole Aix-Marseille-Provence est un territoire encore fortement dépendant des importations d'énergie : en 2015, elle consomme (hors branche énergie) 14% de l'énergie qu'elle produit (fossile et renouvelable).

La première source d'énergie renouvelable du territoire est l'hydroélectricité, suivie par la filière biomasse, puis la filière photovoltaïque. La production d'énergie d'origine renouvelable au sein de la Métropole représente 30% de la production d'énergie locale et seulement 4% de la consommation finale d'énergie du territoire métropolitain.

A noter que de nombreuses filières d'énergies renouvelables sont à ce jour très largement inexploitées. A titre d'exemple seulement 9% du gisement de la filière solaire thermique est valorisé.

A l'interface entre les différents producteurs, notamment d'énergies renouvelables, et les consommateurs, les réseaux de distribution de l'énergie sont au cœur de la problématique énergétique. Ils assurent un maillage territorial susceptible de faciliter l'évolution du mix énergétique, en créant localement les conditions d'injection de ressources énergétiques locales et en facilitant le repérage des potentiels d'efficacité énergétique ou de substitution d'énergies carbonées par des énergies renouvelables.

Les enjeux du PCAEM seront de :

- Porter une attention particulière aux trois secteurs d'activités prioritaires dans un objectif de baisse de la consommation énergétique à l'échelle de la Métropole.
- Développer de manière conjointe toutes les filières d'ENR pour atteindre des objectifs ambitieux de développement des énergies renouvelables et des capacités de stockage allant de pair.

5 Focus – Les consommations énergétiques et les émissions du secteur agricole

Un diagnostic spécifique au secteur agricole a été réalisé en décembre 2018 par la Chambre d'Agriculture à travers la production d'un ClimAgri métropolitain, outil de diagnostic permettant d'évaluer l'impact énergétique et les émissions de GES et les pollutions atmosphériques liés aux activités agricoles et forestière à l'échelle des territoires.

La Métropole Aix-Marseille-Provence a choisi de retranscrire les résultats du diagnostic ClimAgri métropolitain dans son PCAEM. Pour obtenir davantage d'informations relatives aux données utilisées, à la concertation mise en œuvre ou bien même aux scénarios, il est essentiel de se référer au rapport du ClimAgri métropolitain.

5.1 Evaluation des consommations d'énergie

Pour rappel, les consommations d'énergie sont exprimées en tonnes équivalent pétrole (tep) ou en milliers de tep (ktep). Sur la région, la consommation totale est d'environ 47 ktep/an, ce qui représente environ 0,75 tep/ha de Surface Agricole Utile (SAU).

En ne prenant en compte ni les process de vinification, ni la consommation en énergie des chambres froides, la consommation totale est de **36 ktep/an**. Cette donnée nous permet de faire la comparaison avec l'agriculture nationale pour laquelle uniquement les résultats « aux portes de la ferme » existent.

Par rapport au territoire national, l'agriculture métropolitaine consomme davantage d'énergie à l'hectare, principalement en énergie directe, soulignant une forte dépendance des exploitations agricoles aux énergies fossiles, et une facture énergétique élevée pesant dans les charges d'exploitation. Les consommations en énergie directe sont très hétérogènes selon les filières. Ceci est dû aux spécificités de l'agriculture locale, particulièrement diversifiée (chauffage des serres pour la production de tomates en hiver et horticole, besoin de froid lors de la vinification, conservation en chambres froides des fruits et légumes...).

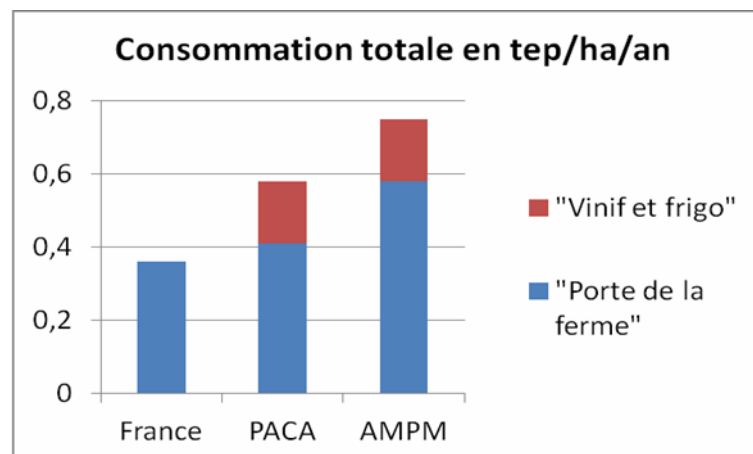


Figure 112 : Consommation énergétique par ha de SAU, Chambre d'agriculture 13, 2019

Répartition des consommations d'énergie par type

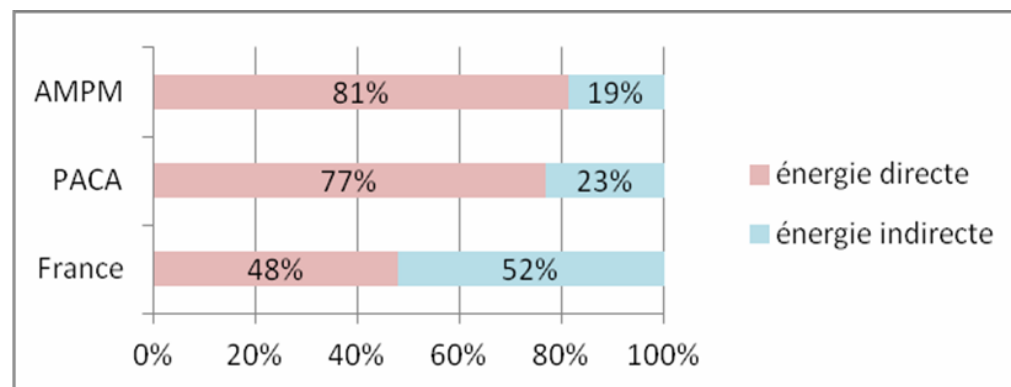


Figure 113 : Répartition des consommations d'énergie par type, Chambre d'agriculture 13, 2019

L'énergie directe correspond à l'énergie consommée sur le site de production (fioul, électricité, gaz...).

L'énergie indirecte correspond à l'énergie consommée lors de la fabrication et du transport des intrants nécessaires au fonctionnement de l'exploitation (engrais, aliments du bétail, produits phytosanitaires...).

5.1.1 Energie directe

La consommation d'énergie directe est de 38 ktep/an.

Les postes les plus consommateurs d'énergie directe sont les serres chauffées (50%) et la vinification (22%) puis les cultures (11%), le séchage, la conservation et surtout les chambres froides (7%) et l'irrigation (7%).

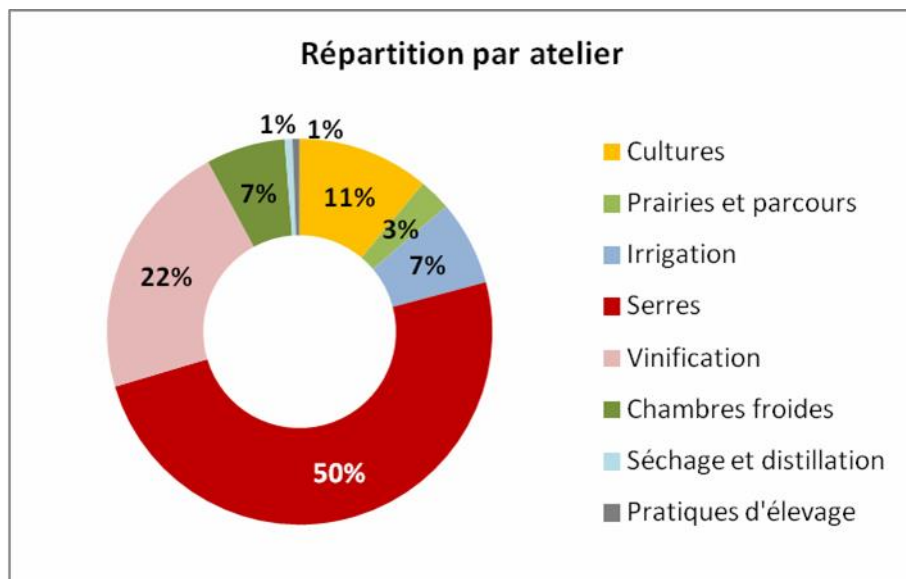


Figure 114 : Répartition par atelier des consommations d'énergie directe, Chambre d'agriculture 13, 2019

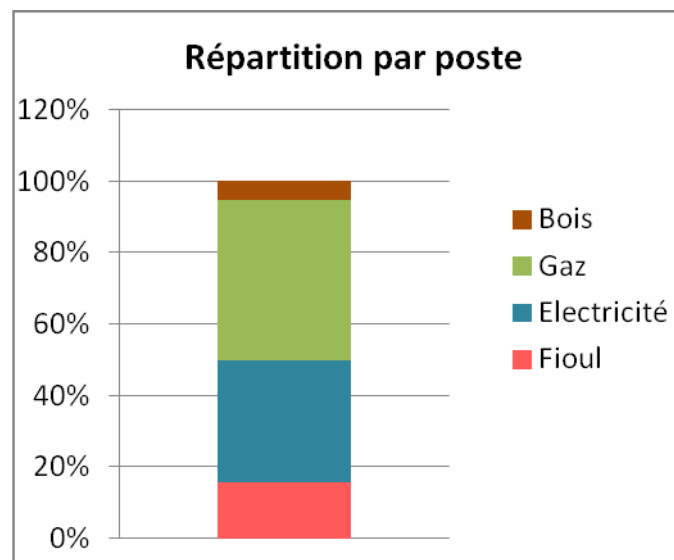


Figure 115 : Répartition par type d'énergie des consommations d'énergie directe, Chambre d'agriculture 13, 2019

5.1.2 Energie indirecte

La consommation d'énergie indirecte est de 9 ktep/an.

Les postes les plus consommateurs sont les fertilisants (49%) dont l'azote (40%) puis le matériel (20%), les produits phytosanitaires (16%) et les aliments pour les animaux d'élevage (14%).

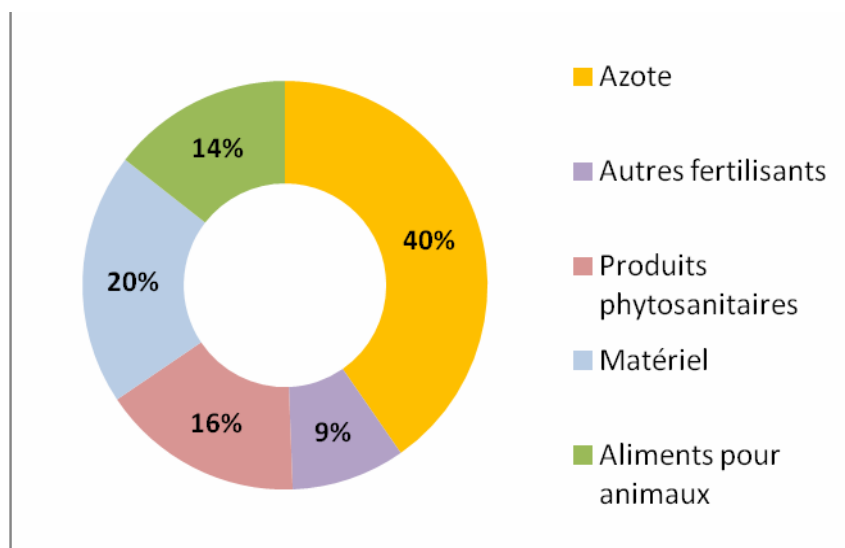


Figure 116 : Répartition des consommations d'énergie indirecte, Chambre d'agriculture 13, 2019

5.2 Evaluation des émissions de Gaz à Effet de Serre du secteur agricole

Les principaux GES se présentent sous trois formes : méthane – CH₄ (élevage et déjections animales), protoxyde d'azote – N₂O (fertilisation azotée et déjections animales) et dioxyde de carbone – CO₂ (consommation d'énergie et gestion des sols).

La durée de vie du dioxyde de carbone dans l'atmosphère est estimée à environ 100 ans. Son potentiel de réchauffement global (PRG) vaut exactement 1 puisque ce gaz est l'étalon de base.

PRG des GES selon le GIEC (rapport de 2013)

PRG des GES	Eq CO2
CO2	1
CH4	28
N2O	265

Figure 117 : PRG des GES selon le GIEC (rapport de 2013)

Pour rappel, les émissions de GES sont exprimées en tonnes équivalent CO₂ (teq CO₂) ou en milliers de teq CO₂ (kteq CO₂).

Sur la métropole, les émissions agricoles totales sont d'environ **194 kteq CO₂/an**, ce qui représente environ **2,94 teq CO₂/ha**.

La part de l'élevage dans les émissions (fermentation entérique et effluents d'élevage) est inférieure sur la métropole qu'au niveau national. A l'inverse, les émissions liées aux consommations d'énergie sont supérieures. 37% des émissions de GES sont dues aux consommations d'énergie (serres et fioul).

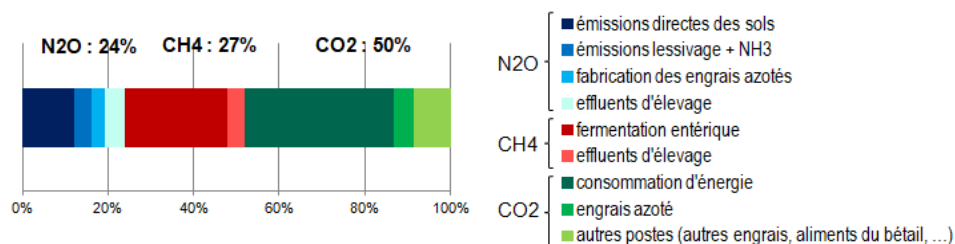


Figure 118 : Emission des GES ventilées par type de gaz et par origine (en eqCO2)

Au niveau national l'enjeu est de diviser les émissions de GES par 2. En PACA, la problématique est différente : maintenir une agriculture, préserver le foncier agricole, relocaliser l'élevage...

Les émissions directes représentent 79% des émissions totales. Ce sont les émissions générées par l'activité agricole sur le territoire. Elles correspondent aux consommations d'énergie directes auxquelles s'ajoutent la fermentation entérique des ruminants (CH4) et les émissions liées à l'épandage des engrais (N2O), du dépôt atmosphérique d'ammoniac (NH3) et du lessivage des sols. Comme les consommations d'énergie indirecte, les émissions indirectes de GES sont liées aux processus de fabrication et de transports des autres intrants et à la mise à disposition de l'énergie.

5.3 Qualité de l'air et agriculture

Les principaux polluants de l'air d'origine agricoles sont :

- L'ammoniac (NH3), qui est majoritairement lié aux systèmes de déjection des animaux d'élevage et à l'épandage des engrais azotés.
- Les oxydes d'azote sont aussi liés à l'élevage et à l'épandage des engrais azotés, mais aussi aux gaz d'échappement des engins agricoles et du chauffage des serres.
- Les particules fines sont principalement liées au travail du sol dans les champs sur des sols secs.

- Les émissions de COV restent dérisoires et principalement liées aux haies présentes en bordure de parcelles.

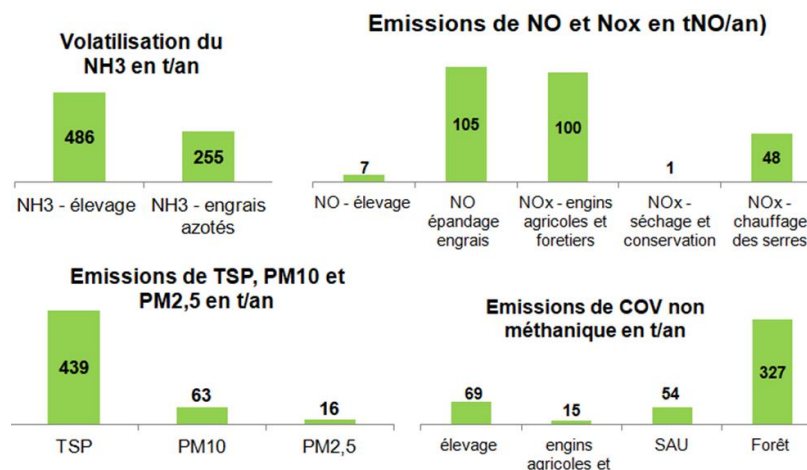


Figure 119 : Les principales émissions de polluants de l'air

5.4 Performance nourricière du territoire

La performance nourricière d'un territoire est aussi appelée « potentiel nourricier » ; c'est le nombre théorique de personnes qu'il est possible de nourrir avec les quantités annuelles nettes de matières premières agricoles produites par un territoire, et valorisables en alimentation humaine.

La performance nourricière d'un territoire exprimée dans ClimAgri fait référence à la valeur nutritionnelle des matières premières et aliments composés, exprimée selon trois indicateurs différents : la teneur en énergie, la teneur en protéines et la teneur en protéines animales. Cette valeur nutritionnelle est rapportée aux besoins moyens d'un individu.

Il est important de retenir que ce potentiel nourricier ne prend pas en compte le devenir des matières premières.



Figure 120 : Besoins et apports alimentaires moyen

Les éléments de performance nourricière du ClimAgri étant principalement centrés sur les grandes cultures et l'élevage, ces résultats ne valorisent pas l'agriculture locale tels que l'arboriculture, le maraîchage ou la viticulture. De ce fait, des valeurs de performance nourricière par rapport aux consommations de fruits et légumes ont été ajoutées. Les productions de vins n'ont pas été ajoutées puisque l'alcool dont le vin n'entre pas en compte dans les besoins nutritionnels.

Compte tenu que le Projet Alimentaire Territorial (PAT) est en cours de réalisation à l'échelle départementale, il a été considéré de regarder les productions aux 2 échelles territoriales. La métropole compte un peu moins de 2 millions pour un peu plus de 2 millions d'habitants à l'échelle départementale. Actuellement, la production agricole départementale répond aux besoins alimentaires d'un peu plus de 400 000 personnes sur la base des consommations moyennes d'un français. Cette

production pourrait cependant nourrir 550 000 personnes sur la base des besoins alimentaires moyens d'un individu.

Les productions de fruits et légumes dépassent les besoins/consommations de la population départementale. L'un des enjeux de l'agriculture est aussi de favoriser une consommation locale pour une meilleure valorisation des productions et une meilleure rémunération des producteurs.

Consommations moyennes d'un français	Besoins moyens d'un individu
On mange globalement un peu trop	On mange ce dont le corps à besoin
• Trop de protéines	• Moins de protéines
• Trop de viande	• Moins de viande
• Pas assez de légumes	• Plus de légumes

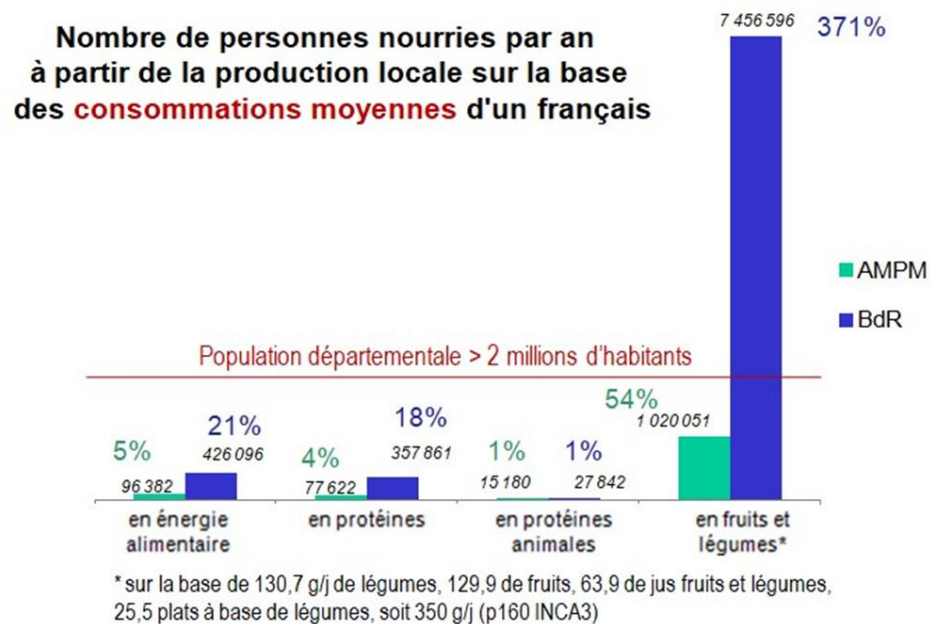


Figure 121 : Nombre de personnes nourries par an à partir de la production locale sur la base des consommations moyennes d'un français

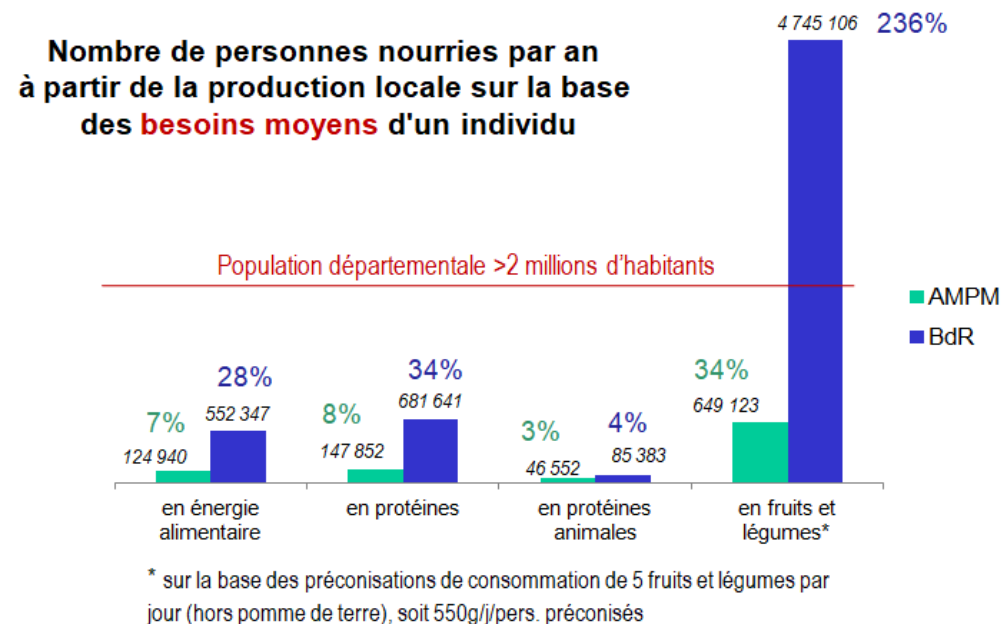


Figure 122 : Nombre de personnes nourries par an à partir de la production locale sur la base des besoins moyens d'un individu

Synthèse – enjeux en lien avec le PCAEM :

Par rapport à la moyenne nationale, l'agriculture métropolitaine consomme davantage d'énergie à l'hectare, principalement en énergie directe, soulignant une forte dépendance des exploitations agricoles aux énergies fossiles.

La consommation d'énergie directe est de 38 ktep/an, en raison notamment des serres chauffées (50%), de la vinification (22%) et des cultures (11%).

La consommation d'énergie indirecte est de 9 ktep/an, provenant notamment des fertilisants (49%), du matériel (20%) et des produits phytosanitaires (16%).

Les principaux GES issus de l'activité agricole se présentent sous trois formes : méthane – CH₄ (élevage et déjections animales) ; protoxyde d'azote – N₂O (fertilisation azotée et déjections animales) et dioxyde de carbone – CO₂ (consommation d'énergie et gestion des sols).

A noter que 37% des émissions de GES sont dues aux consommations d'énergie (serres et fioul).

Les principaux polluants de l'air d'origine agricoles sont l'ammoniac, les oxydes d'azote et les particules fines.

Les principaux enjeux du PCAEM sont de :

- Réduire les consommations d'énergie et les émissions de GES,
- Renforcer la capacité de stockage carbone dans les sols agricoles et en particulier ceux des prairies et parcours,
- Limiter l'émission de polluants atmosphériques dans l'air.

6 La vulnérabilité du territoire aux effets du changement climatique

L'élaboration d'une stratégie d'adaptation doit s'appuyer en premier lieu sur la **connaissance des enjeux climatiques actuels et futurs pour la Métropole Aix-Marseille-Provence** : *quelles évolutions attendues sur un certain nombre d'indicateurs climatiques (températures, canicules, précipitations, fortes pluies, etc.) ? Quelles évolutions probables pour certains aléas climatiques extrêmes (feux de forêt, îlot de chaleur urbain, sécheresses, inondations, etc.) ?*

Ce travail scientifique nourrit le **diagnostic de vulnérabilités du territoire au changement climatique** qui consiste à appréhender de manière systémique (environnement, société, économie) les impacts attendus en cours et à venir. La vulnérabilité recouvre plusieurs concepts et éléments, notamment la sensibilité et le manque de capacité à réagir et à s'adapter. Cet exercice de prospective doit tenir compte, outre des évolutions climatiques, des tendances prégnantes à l'œuvre (comme le vieillissement de la population, l'imperméabilisation des sols, etc.) et susceptibles d'affecter le niveau de vulnérabilité des différents domaines et activités présents sur le territoire.

6.1 Enjeux climatiques actuels et futurs sur le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence

6.1.1 Données et méthodologie pour l'analyse du climat actuel et futur de la métropole Aix-Marseille Provence

6.1.1.1 Les données

Ce travail s'appuie sur différentes bases de données climatologiques et rapports d'études. En particulier, il fait appel à des projections climatiques régionalisées de

dernière génération (base de données Euro-Cordex) mises à disposition pour les modèles climatiques français par Météo-France via le portail **Drias** les futurs du climat (Lémond, et al., 2011), ainsi qu'à des séries de données d'observations météorologiques homogénéisées sur les cinquante dernières années mises à disposition sur la plateforme ClimatHD de Météo-France.

6.1.1.1.1 Les données actuelles

Avant toute chose, un modèle climatique doit se nourrir d'une **climatologie de référence** sur laquelle se baser pour fournir des projections cohérentes ; elle est déterminée en calculant, grâce à des données climatiques passées et présentes, un **climat moyen lissé sur trente ans** (période estimée par les climatologues pour définir un climat ; on estime en effet qu'une période de trente ans est nécessaire pour déterminer les grandes caractéristiques d'un climat, tout en limitant les incertitudes issues de sa variabilité interannuelle) On parle ainsi de **normales climatiques** sur une période d'environ 30 ans. Si les modèles climatiques fournissent une climatologie de référence, les observations disponibles sur le territoire permettent de caractériser plus précisément le climat présent et les évolutions observées.

Ainsi, les **normales mensuelles** utilisées pour recréer les diagrammes ombrothermiques ainsi que les diagrammes de nombre de journées chaudes et très chaudes, et le nombre de jours de fortes pluies sont issues des données publiques de Météo-France pour les stations de Marseille, Marignane, Aix en Provence et Salon de Provence, et présentent les moyennes sur la période 1981-2010, ce qui nous donne une bonne référence pour la **climatologie actuelle** au sein de la métropole AMP.

L'évolution du climat passé proche (seconde partie du XX^{ème} siècle et première décennie du XXI^{ème}) de stations d'observations est rendue disponible sur la

plateforme ClimathD de Météo-France¹¹ qui propose des séries de données homogénéisées de températures, précipitations et quelques indices d'impacts. Les séries de données des stations de Marseille-Marignane et d'Istres seront présentées sur la période 1959-2015.

6.1.1.1.2 Les données futures

Les analyses climatiques seront réalisées grâce aux données du portail **Drias**¹², mis à disposition du grand public par Météo-France, et qui a pour vocation de fournir des **projections climatiques régionalisées**, réalisées dans des laboratoires français de modélisation du climat tels que l'IPSL, le CERFACS ou le CNRM-GAME. Ces derniers ont utilisé pour leurs projections les données **Euro-Cordex 2014**¹³, branche européenne du projet international **CORDEX**, créé en 2009 et visant à concevoir un cadre commun international de production de projections climatiques, disponibles pour toutes les régions du globe.

Scénarios RCP

Les scénarios RCP (*Representative Concentration Pathways*¹⁴) de l'AR5 (*Fifth Assessment Report*¹⁵) font suite aux scénarios d'émissions basés sur les SRES (*Special Report on Emissions Scenario*¹⁶) de l'AR4. Contrairement aux scénarios précédents qui présentaient des récits et scénarios socio-économiques détaillés, traduits ensuite en concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre, les RCP représentent directement des voies de forçage radiatif¹⁷ ou perturbations du bilan radiatif du système climatique global.

Les scénarios utilisés ici pour les indices atmosphériques sont les RCP 4.5 et RCP 8.5 avec des simulations historiques et futures pour les deux variables principales : la température de surface et les précipitations.

Le RCP 8.5 se caractérise par l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre au fil du temps, représentant des scénarios qui conduisent à des concentrations élevées de gaz à effet de serre. Ce scénario suppose une approche de type "business as

usual" (non-action des pouvoirs publics). En 2100, la concentration atmosphérique de CO₂ atteint trois ou quatre fois le niveau de l'ère préindustrielle.

Le scénario RCP 4.5 (moyen-bas) suppose la mise en œuvre de mesures pour contrôler les émissions : il s'agit d'un scénario de stabilisation. Dans le RCP 4.5, les émissions de CO₂ repassent sous les niveaux actuels à partir des années 2070 et la concentration atmosphérique se stabilise à la fin du siècle aux alentours de deux fois le niveau préindustriel.

Concernant les **indices d'impacts** (sécheresse et feux de forêt), ce sont les scénarios **SRES** qui seront utilisés : le scénario **intermédiaire A1B**, et le scénario **pesimiste A2**, équivalents respectivement aux scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5.

Horizons temporels

Les modèles produisent des résultats climatiques pour une **période de référence** et **3 échéances futures : horizon proche, moyen et lointain**, correspondant à une moyenne lissée sur 20 ou 30 ans. Ces 3 horizons temporels permettent d'obtenir une bonne prise en compte des incertitudes inhérentes à l'exercice de projection. Pour l'horizon proche, ce sont les incertitudes relatives à la variabilité climatique qui prédominent, pour l'horizon moyen, celles relatives aux modèles climatiques et dans un horizon lointain, celles inhérentes aux différents scénarios d'évolution des concentrations en gaz à effet de serre (GES).

Pour les **indices atmosphériques**, la période de référence est la moyenne lissée sur 30 ans entre **1976-2005** et les 3 échéances futures sont **l'horizon proche 2035** (moyenne lissée sur 30 ans entre 2021 et 2050), **l'horizon moyen 2055** (moyenne lissée sur 30 ans entre 2041-2070) et **l'horizon lointain 2085** (moyenne lissée sur 30 ans entre 2071-2100).

Concernant **l'indice d'impact sécheresse SPI**, la période de référence est la moyenne lissée entre 1960-1999 et les horizons futurs sont les mêmes que pour les indices atmosphériques. Et pour ce qui est de **l'Indice Feu Météorologique (IFM)**, la

¹¹<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>

¹²www.drias-climat.fr/

¹³www.drias-climat.fr/accompagnement/section/186

¹⁴Trajectoires de concentration représentatives

¹⁵5^{ème} rapport d'évaluation

¹⁶Rapport spécial sur les scénarios d'émissions

¹⁷Exprimé en W/m², un forçage radiatif est un changement du bilan radiatif (différence entre le rayonnement entrant et le rayonnement sortant) au sommet de la troposphère (situé entre 10 et 16 km d'altitude), dû à un changement d'un des facteurs d'évolution du climat – comme la concentration des gaz à effet de serre.

période de référence est calculée sur les années 1989-2008, l'horizon proche sur 2031-2050, l'horizon moyen sur 2051-2070 et l'horizon lointain sur 2081-2100.

6.1.1.2 La méthodologie adoptée

6.1.1.2.1 Les indices climatiques

Les différents indices climatiques sont basés sur des données journalières corrigées, pour les paramètres atmosphériques températures et précipitations. Les méthodes de correction par rapport aux observations varient selon les modèles de l'ensemble Euro-CORDEX (par exemple pour le modèle Aladin de Météo-France (CNRM,2014) c'est la méthode quantile-quantile qui est utilisée). **Les indices sont ainsi calculés à partir des données quotidiennes sur des périodes annuelles ou saisonnières puis moyennés sur la période de référence et les horizons futurs.** La résolution spatiale de la grille de représentation est de **8km** (grille Safran) : c'est une limite dictée par la méthode de régionalisation utilisée dans les simulations proposées, déjà très élevée pour des projections climatiques qu'il faut se garder d'interpréter à trop fine échelle.

Pour la période de référence, c'est la valeur normale qui est présentée (saisonnière ou annuelle), cependant pour les horizons futurs ce sont le plus souvent les **écarts par rapport à la référence** (appelés « anomalies ») qui sont représentés car ce sont des informations plus parlantes lorsque l'on étudie le changement climatique que des valeurs absolues que l'on aurait du mal à recontextualiser. De plus, des biais dans les modèles peuvent persister par rapport à la climatologie observée. Ainsi, regarder les écarts par rapport à la référence, et non pas les valeurs absolues, permet de se débarrasser de ces biais éventuels.

6.1.1.2.2 Lecture des graphiques

Pour chacun des indices météorologiques tirés des projections climatiques, deux types de graphiques pourront être présentés pour les tendances moyennes et les événements extrêmes. Afin de produire ces graphiques, les indices ont préalablement été **moyennés spatialement sur les 57 points de grille incluent dans le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence** (Figure 123).

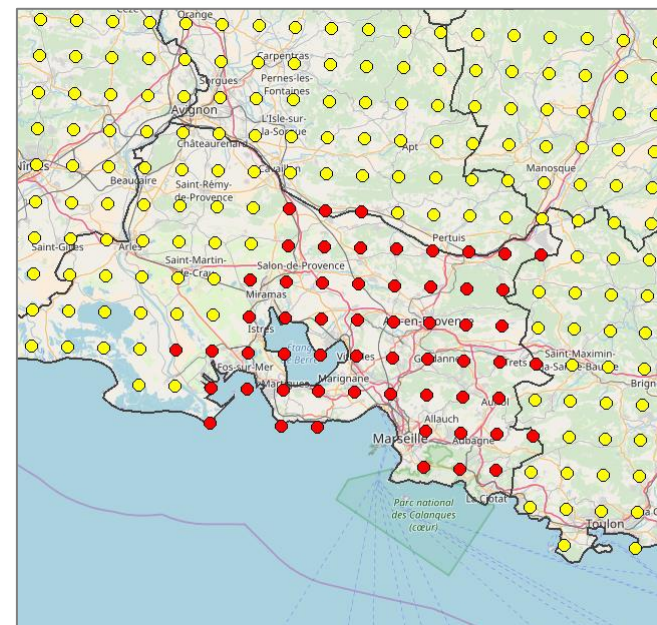


Figure 123 : Points de grille des projections climatiques. En rouge les 57 points du territoire de la métropole Aix-Marseille Provence

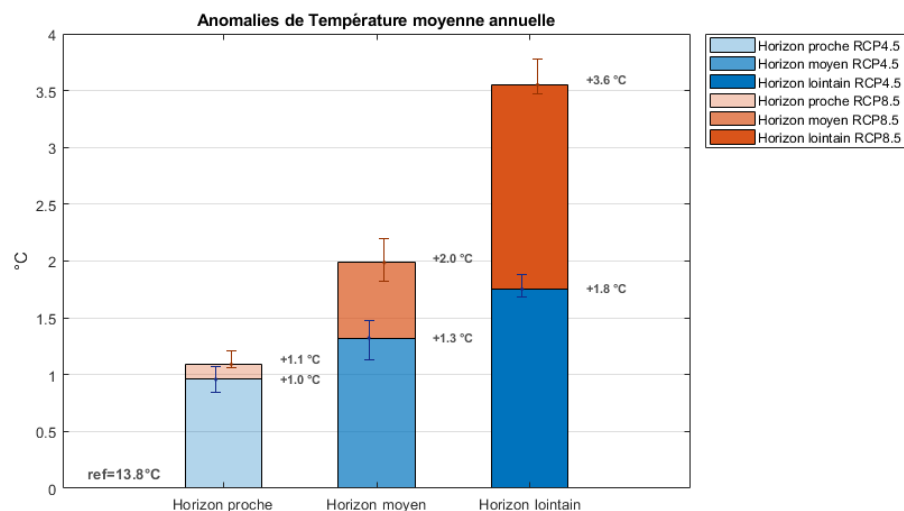


Figure 124 : Anomalies de la température moyenne annuelle par rapport à la période de référence aux horizons proche, moyen et lointain, pour les scénarios RCP4.5 (scénario visant à stabiliser les émissions) et RCP8.5 (scénario sans politique climatique).

Le premier graphique (exemple Figure 124) présente **l'anomalie de l'indice annuel** en question (ici la température moyenne) **par rapport à la période de référence**. Cette anomalie est calculée pour les deux scénarios RCP4.5 (en bleu) et RCP8.5 (en rouge, en additionnant à la barre bleue), et pour les 3 horizons (proche, moyen et lointain), indiqués par un dégradé de couleur (du plus clair pour l'horizon proche au plus foncé pour l'horizon lointain). La médiane de l'ensemble Euro-CORDEX est indiquée par les barres pleines colorées, tandis que la distribution de 50% des modèles est indiquée par les barres d'erreur (bleues pour le scénario RCP4.5, rouges pour le RCP8.5), dont la borne inférieure correspond au percentile 25% et la borne supérieure au percentile 75%. Ces barres d'erreur indiquent donc la **variabilité inter-modèles**, c'est-à-dire qu'elles permettent de savoir à quel point les modèles sont d'accord entre eux (plus les barres sont resserrées, plus les modèles sont d'accord, mais il faut tenir compte de l'unité et de l'échelle adoptée). La valeur de référence de l'indice (i.e. moyenné sur la période de référence) est indiquée à la gauche des barres du graphique. Ici, on a donc une température moyenne sur la métropole AMP de 13,8°C sur la période de référence, avec une augmentation prévue de +2°C de la médiane inter-modèles à l'horizon moyen pour le scénario RCP8.5 par rapport à la référence, avec un

encadrement de 50% des modèles présentant une hausse comprise entre +1,8 et +2,2°C.

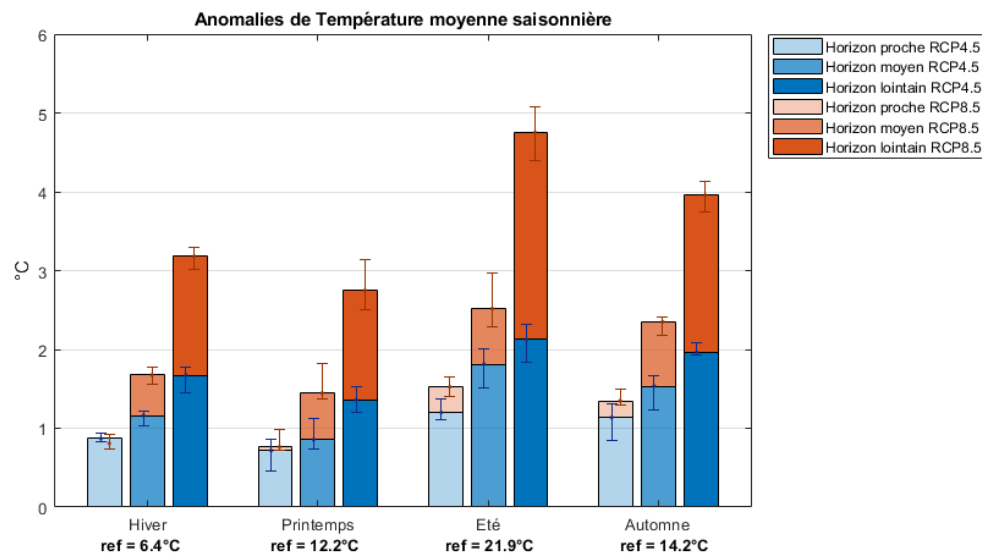


Figure 125 : Anomalies des moyennes saisonnières de la température moyenne par rapport à la période de référence aux horizons proche, moyen et lointain, pour les scénarios RCP4.5 (scénario visant à stabiliser les émissions) et RCP8.5 (scénario sans politique climatique).

Le deuxième graphique (Figure 125) présente **les anomalies de l'indice saisonnier** en question : hiver (décembre, janvier et février), printemps (mars, avril, mai), été (juin, juillet, août) et automne (septembre, octobre, novembre). La légende de couleurs est la même pour le graphique de l'indice annuel, ainsi que la définition des barres d'erreur. Les anomalies sont calculées par rapport à la période de référence de chaque saison, dont la valeur de la médiane est indiquée en-dessous de chaque saison. Pour plus de précision, le tableau des valeurs saisonnières (valeur de référence et anomalies) est également présenté en annexe. Toutes les valeurs y sont indiquées (référence, 3 horizons, 2 scénarios, percentiles 25% (Q25), médiane (Q50) et 75% (Q75)). Par exemple, la température moyenne estivale de la métropole AMP sur la période de référence est de 21,9°C (médiane), et les projections indiquent une augmentation de +2,5°C de la médiane inter-modèles à l'horizon moyen 2055 pour

le scénario RCP8.5 avec un encadrement de 50% des modèles présentant une hausse comprise entre +2,3 et +3°C.

6.1.1.2.3 Cartes régionalisées à fine échelle

Des **cartes de projections climatiques à très fine échelle spatiale** sont également présentées afin de venir en appui aux graphiques et représenter la diversité climatique spatiale du territoire. Ces cartes sont fournies par GeographR et utilisent des données Météo-France/Drias ainsi que le fond communal IGN. Ces cartes ont été construites pour la médiane de l'ensemble Euro-CORDEX de deux indices :

- La **température moyenne annuelle**, à une résolution spatiale de 100m
- Le **cumul annuel des précipitations**, à une résolution spatiale de 1000m

La période de référence est calculée sur 1996-2015, et l'on dispose de l'horizon proche 2035 (moyenne 2026-2045) et de l'horizon moyen 2055 (moyenne 2046-2065). Les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 sont utilisés pour le climat futur.

6.1.1.2.4 Quelques recommandations

Il est important de rappeler que les conclusions émises ici se basent uniquement sur des travaux de modélisation, et doivent donc être prises comme des **prédictions statistiques** plus ou moins probables, et **non** des vérités absolues. Le climat est régi par des paramètres physiques complexes difficiles à modéliser, il est donc **impossible** de prévoir son évolution exacte. Notons que nous regardons ici des tendances climatiques sur des horizons temporels et non une évolution année par année, ce qui permet de réduire en partie les incertitudes liées à la variabilité naturelle.

L'analyse de données de projections climatiques comporte donc plusieurs pièges dont il faut tenir compte afin d'interpréter les résultats correctement en respectant au minimum quelques règles :

- Il n'est pas possible de comparer directement les valeurs de ces données à des données ponctuelles provenant de stations d'observations (la variabilité interannuelle est nulle dans les projections, ce qui n'est évidemment pas le cas dans la réalité) ;
- Lorsque l'écart à la référence est trop faible (en général moins de 10%), l'évolution ne peut pas être considérée comme significative et ne peut donc pas être interprétée ;
- Lorsque plusieurs modèles divergent sur le sens de l'évolution de l'indicateur, la tendance n'est pas claire et ne peut donc pas être interprétée (on ne peut pas « choisir » les modèles pour interpréter dans le sens qui conviendrait).

6.1.2 Diversités climatiques et tendances passées de la Métropole Aix-Marseille-Provence

6.1.2.1 Une diversité de climats locaux au sein de la métropole Aix-Marseille-Provence

La région méditerranéenne est considérée comme une **zone sensible ou « hot-spot » du changement climatique pour ses nombreux facteurs de vulnérabilité** : des activités humaines concentrées sur les zones littorales, une forte dépendance à la ressource en eau, un climat favorisant les sécheresses et les événements extrêmes comme les crues éclair. Elle est complexe, organisée autour d'une mer fermée, bordée de reliefs où s'organisent de multiples climats locaux (et topo climats) dus à des conditions environnementales spécifiques.

Le territoire de la métropole est un condensé de ces climats locaux avec notamment :

- L'influence du vent comme le mistral à Marseille ;
- Les brises thermiques littorales et sur les massifs ;
- Des situations en cuvette pour la ville d'Aix ;
- Des espaces montagnards avec les massifs de la Sainte Baume, la montagne Sainte-Victoire, etc.).

Cette région constitue ainsi un enjeu scientifique fort, un « laboratoire » pour l'analyse du changement climatique.

De plus, le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence présente :

- Une façade littorale vulnérable à l'érosion littorale et à la hausse du niveau marin ;
- Des villes avec leur climat urbain spécifique dont les effets d'îlots de chaleur urbain s'intensifient notamment lors des canicules estivales ;
- Des espaces protégés tels que les massifs forestiers, l'écosystème marin fragilisés par les évolutions climatiques à la fois sur les tendances et les aléas, etc.

6.1.2.1.1 Diagrammes ombrothermiques

Les diagrammes ombrothermiques (ou « climatiques ») des villes de Marseille, Aix-en-Provence, Salon de Provence, Aubagne et Istres sont présentés sur les figures ci-

dessous. Ce sont des digrammes typiques d'un **climat méditerranéen**, présentant une **période de sécheresse en été** (températures élevées et précipitations faibles au point que la courbe de la température se situe au-dessus des barres de précipitations) et des **précipitations les plus importantes en automne**. L'amplitude thermique est d'une quinzaine de degrés, et les courbes des températures sont similaires entre les cinq villes, avec des températures légèrement plus élevées à Marseille. C'est à Marseille et à Aubagne qu'il pleut le moins en été, dont la différence est particulièrement marquée sur le mois d'août, avec des précipitations inférieures à 15mm à Marseille, et autour de 21mm à Aubagne, alors qu'elles dépassent les 30 voire 35 mm à Aix-en-Provence et à Salon de Provence. C'est pourtant à Marseille que les précipitations sont les plus abondantes en septembre (>90mm) et à Aubagne en octobre (>90mm).

Il est toutefois important de noter que les normales mensuelles présentées ici pour Marseille ont été relevées sur la période 1999-2010 alors qu'elles l'ont été sur la période 1981-2010 pour Aix-en-Provence, Salon de Provence, Aubagne et Istres, ce qui est susceptible de légèrement biaiser la comparaison.

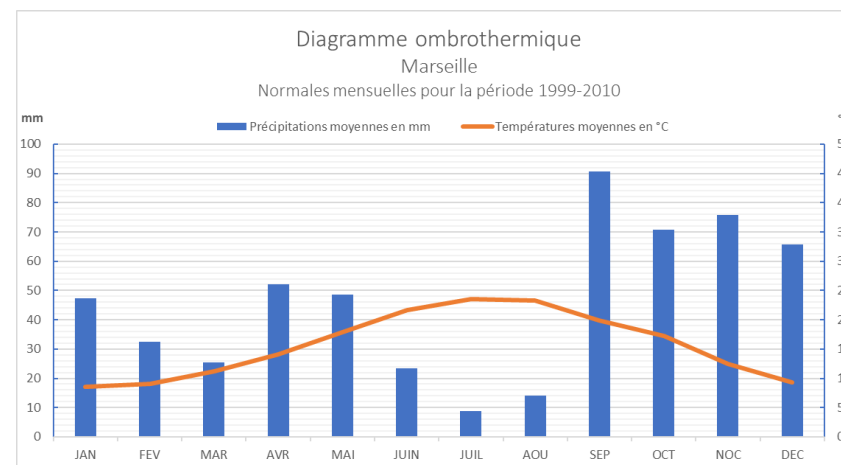


Figure 126 : Diagramme ombrothermique, station de Marseille : températures moyennes et précipitations moyennes mensuelles sur la période 1999-2010. Source des données : Météo-France

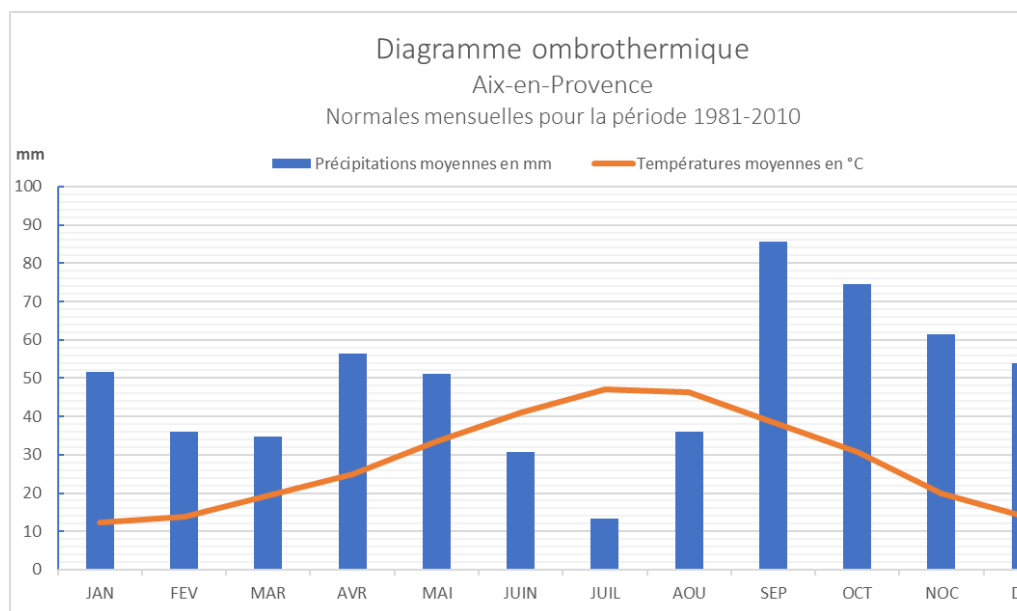


Figure 127 : Diagramme ombrothermique, station de Aix en Provence : températures moyennes et précipitations moyennes mensuelles sur la période 1981-2010. Source des données : Météo-France

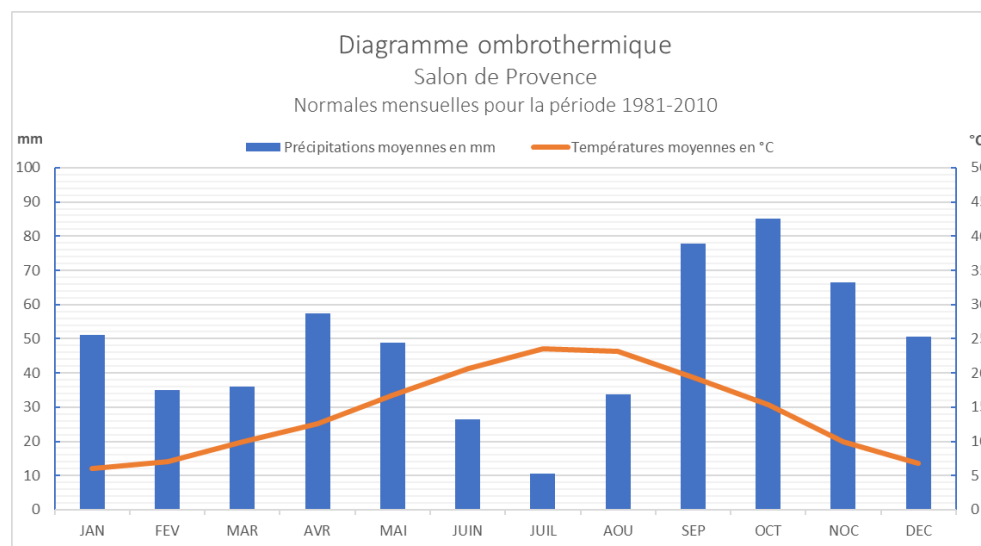


Figure 128 : Diagramme ombrothermique, station de Salon de Provence : températures moyennes et précipitations moyennes mensuelles sur la période 1981-2010. Source des données : Météo-France

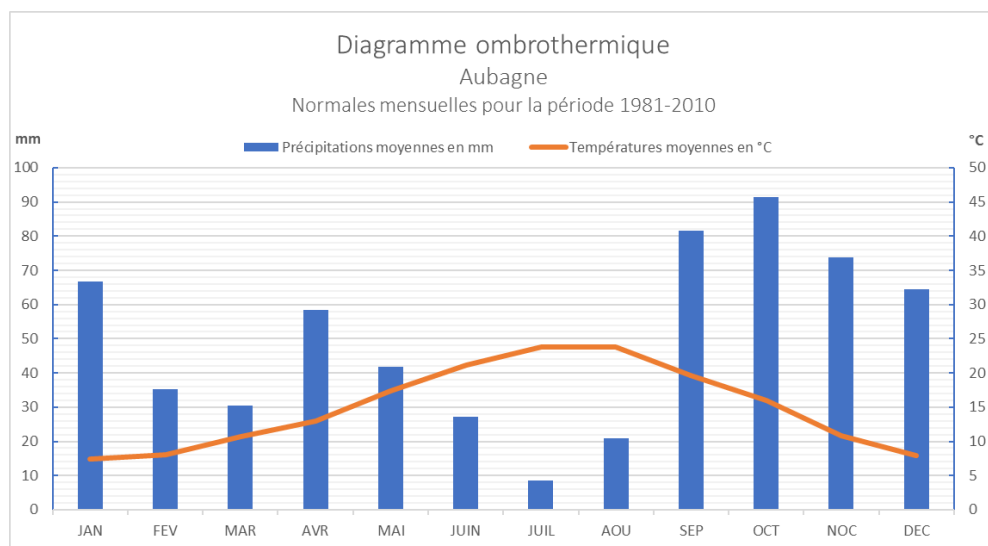


Figure 129 : Diagramme ombrothermique, station de Aubagne : températures moyennes et précipitations moyennes mensuelles sur la période 1981-2010. Source des données : Météo-France

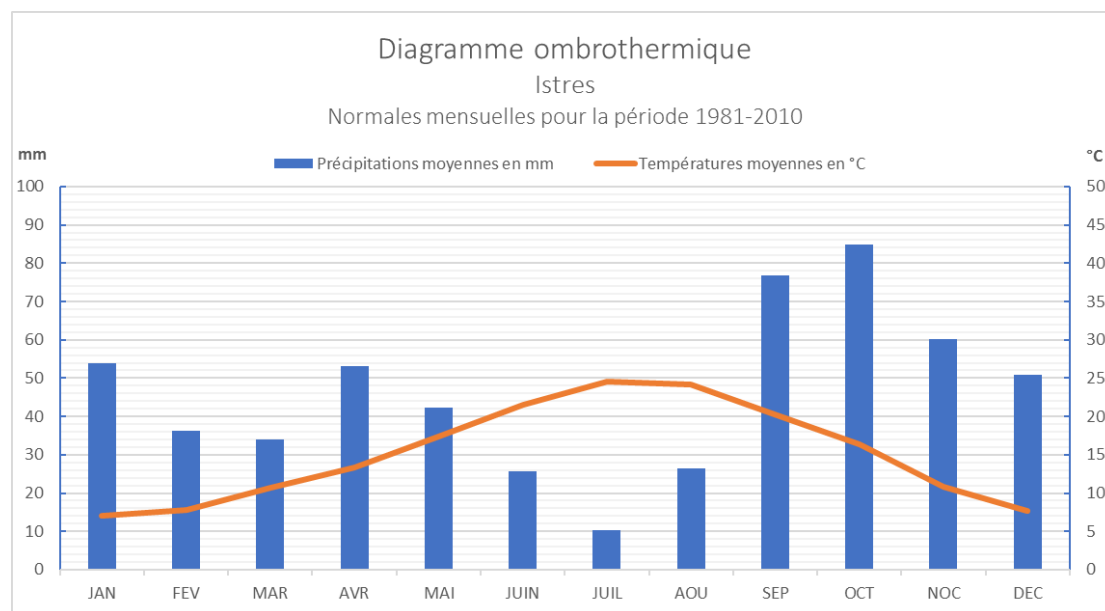


Figure 130 : Diagramme ombrothermique, station de Istres : températures moyennes et précipitations moyennes mensuelles sur la période 1981-2010. Source des données : Météo-France

6.1.2.1.2 Nombre de journées chaudes et très chaudes

Le nombre de journées chaudes (très chaudes)¹⁸ représente le nombre de jours où la température maximale est supérieure à 25°C (30°C). Les normales saisonnières de ces indicateurs sont présentées pour les villes de Aix-en-Provence, Marseille, Salon de Provence, Marignane, Aubagne et Istres. On compte ainsi des journées chaudes dès le mois d'avril, jusqu'au mois d'octobre pour ces 6 villes, avec des valeurs plus faibles pour Marseille, et plus élevées pour Aubagne. On dénombre quasiment un mois entier de journées chaudes pour les mois de juillet et août, et entre 14 et 21 journées très chaudes pour Aix-en-Provence, Salon de Provence, Marignane, Aubagne et Istres sur

¹⁸ Termes officiels climatologiques

chacun de ces deux mois. Encore une fois, c'est Aubagne qui a un nombre de journées très chaudes le plus élevé pour chacun des mois. La différence avec Marseille est sans doute dû au positionnement à proximité du littoral de la station et aux phénomènes de brises thermiques protégeant ainsi davantage Marseille des fortes chaleurs par rapport aux villes se trouvant plus loin dans les terres.

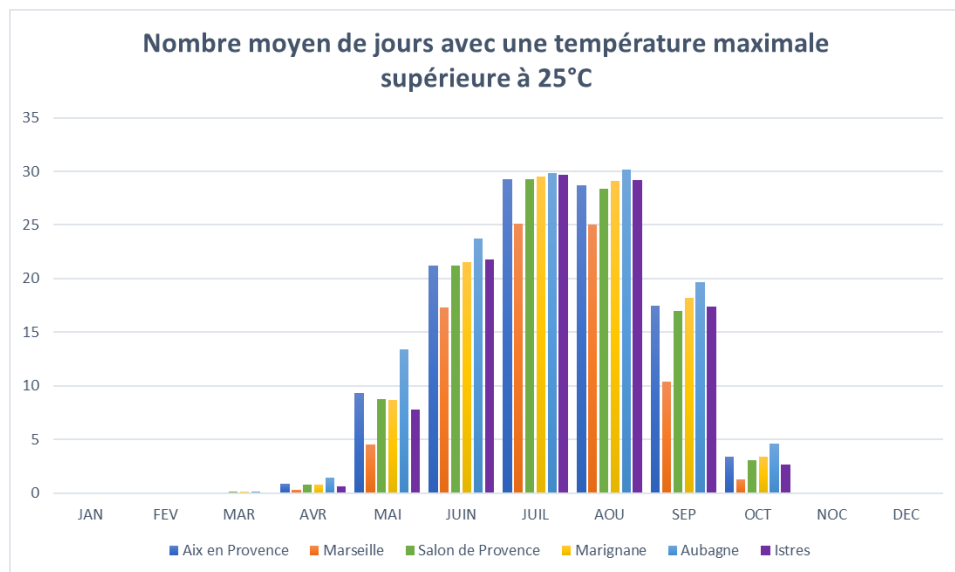


Figure 131 : Nombre moyen de jours chauds (température maximale supérieure à 25°C) pour les stations de Aix en Provence (normales sur la période 1981-2010), Marseille (1999-2010), Salon de Provence (1981-2010), Marignane (1981-2010), Aubagne (1981-2010) et Istres (1981-2010). Source des données : Météo-France

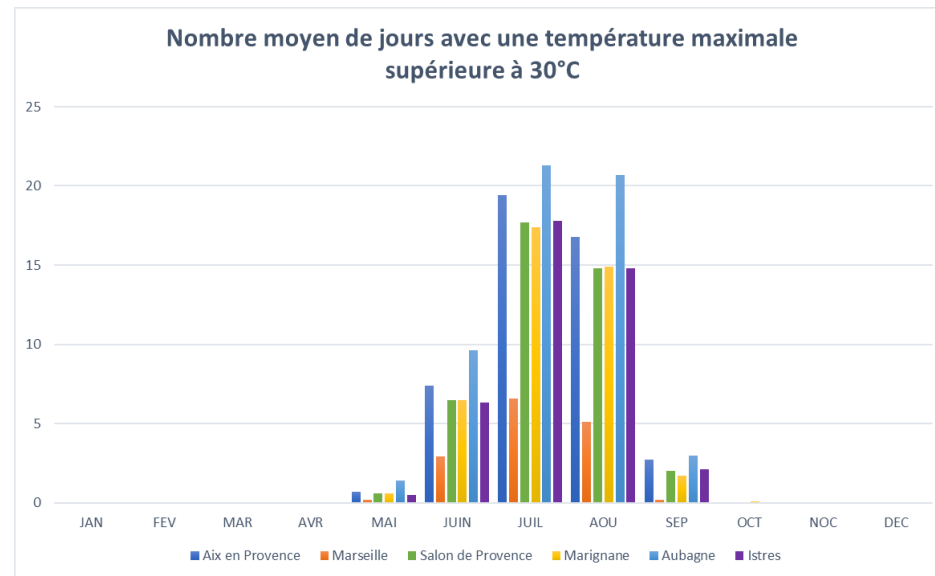


Figure 132 : Nombre moyen de jours très chauds (température maximale supérieure à 30°C) pour les stations de Aix-en-Provence (normales sur la période 1981-2010), Marseille (1999-2010), Salon de Provence (1981-2010) et Marignane (1981-2010). Source des données : Météo-France

6.1.2.1.3 Fortes pluies

Le nombre de jours de pluie avec des précipitations supérieures à 10mm reste relativement faible pour l'ensemble de ces 6 villes tout au long de l'année, avec un maximum en automne (chaque ville ayant un pic légèrement décalé : septembre pour Aix, octobre pour Salon, Aubagne et Istres et novembre pour Marseille), et un minimum au mois de juillet avec une valeur de moins d'une demie journée.

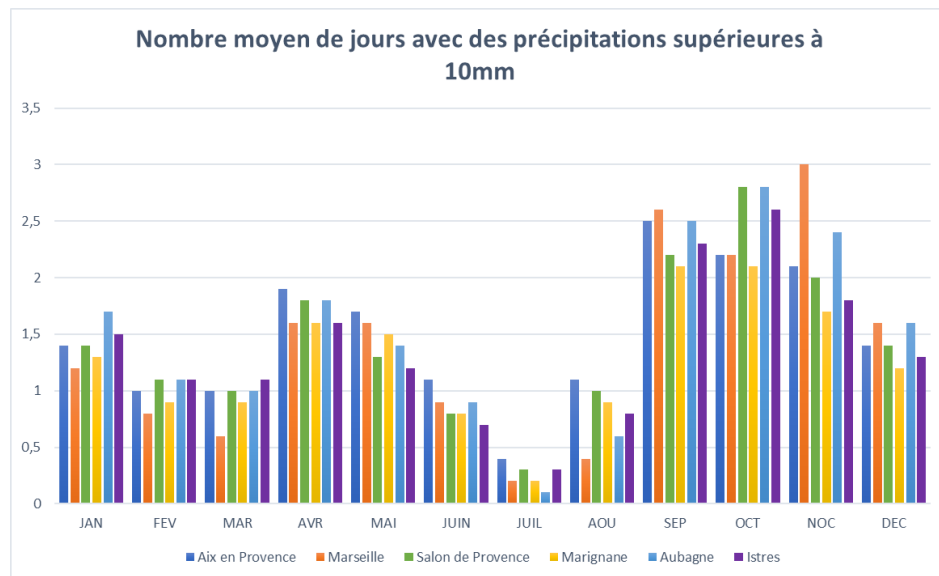
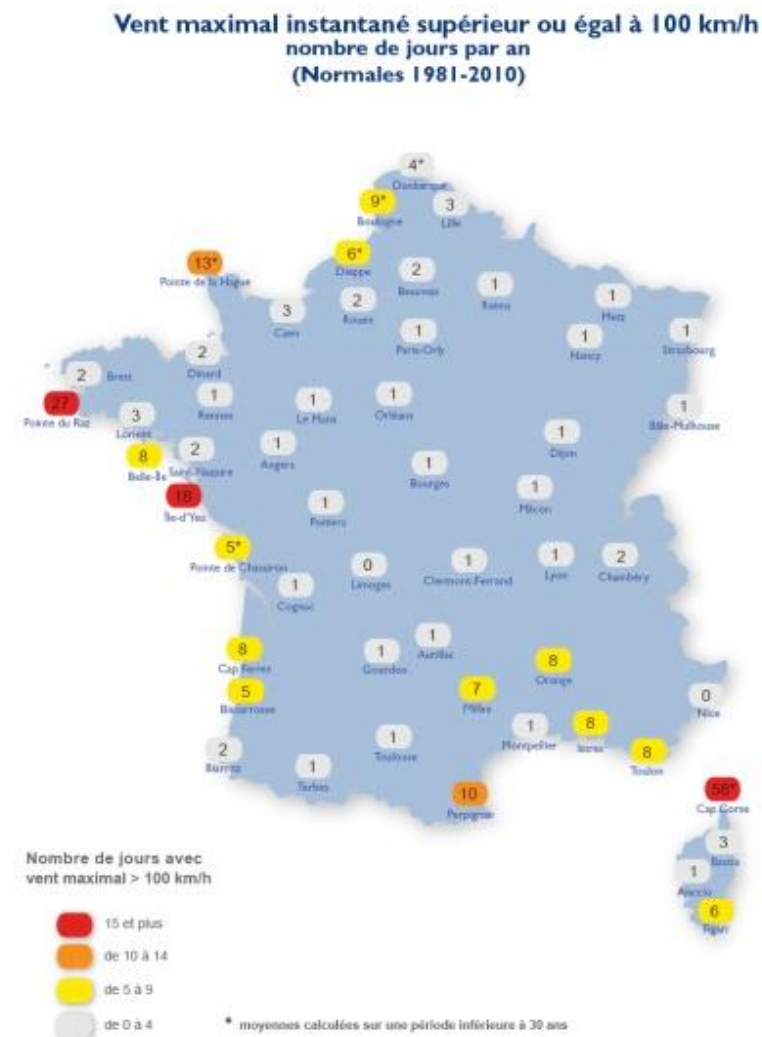


Figure 133 : Nombre moyen de jours de pluie modérément fortes (hauteur quotidienne de précipitations supérieure à 10mm) pour les stations de Aix-en-Provence (normales sur la période 1981-2010), Marseille (1999-2010), Salon de Provence (1981-2010), Marignane (1981-2010), Aubagne (1981-2010) et Istres (1981-2010). Source des données : Météo-France

6.1.2.1.4 Vents et brises

La Métropole Aix-Marseille Provence est une zone particulièrement ventée car elle combine une **zone littorale** (la côte méditerranéenne) provoquant des brises alternées de terre/mer, et le **débouché d'une vallée**, celle du Rhône, entourée de massifs montagneux, où le mistral et la tramontane s'engouffrent et soufflent tout au long de l'année.



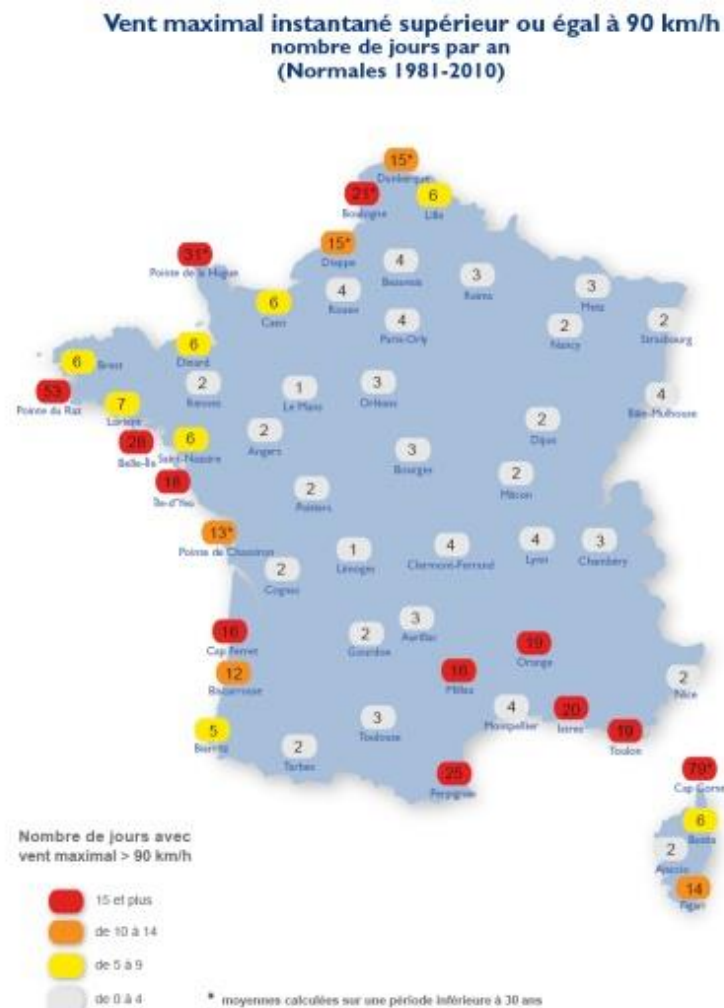


Figure 134 : Nombre de jour de vent maximal instantané supérieur ou égal à 90 km/h (bas) et 100 km/h (haut) – normales sur la période 1981-2010. Source : Météo-France

Le mistral et la tramontane

Le mistral est un vent fort, froid et sec de secteur nord/nord-ouest, qui souffle dans le sud-est de la France, en particulier sur le nord de la région méditerranéenne occidentale. Il est caractérisé par une vitesse d'au moins 5m/s et une persistance de minimum 6 heures consécutives. Le courant synoptique est formé par la différence de pression entre un anticyclone localisé sur l'Europe du Nord et une dépression dans le golfe de Gènes, qui propulse des masses d'air canalisées dans la vallée du Rhône, entre le Massif Central et les Alpes. Ces masses d'air sont accélérées à l'embouchure de la vallée du Rhône, pouvant ainsi former un vent très violent. Le mistral souffle tout au long de l'année, et a tendance à dégager très vite l'atmosphère et à assécher l'air. Les conditions météorologiques et climatiques sur la métropole en sont donc fortement tributaires.

Le mistral est souvent associé (car ayant les mêmes cause météorologiques) à un vent soufflant depuis les reliefs des Pyrénées vers le Golfe du Lion : la tramontane, qui est également un vent froid, sec et violent.

Les brises

En zone côtière, par conditions météorologiques calmes, une brise entre la terre et la mer se développe due à un contraste thermique entre la surface continentale et la mer. Lors de la journée, le soleil réchauffe la terre plus vite que la surface de la mer. Ainsi, la température de l'air à la surface du continent devient plus chaude que celle au-dessus de l'eau, un gradient de pression et de température s'établit (basse pression locale au-dessus de la terre) et l'air s'écoule de la mer vers l'intérieur des terres. C'est la brise de mer. La nuit, le phénomène inverse se produit : la terre perd sa chaleur plus vite que la mer, et lorsqu'elle devient plus froide que la mer, un gradient de pression s'établit, une basse pression est créée sur la mer et un écoulement d'air se produit donc de la terre vers la mer. Cette circulation peut advecter de la fraîcheur appréciée lors des saisons chaudes, mais peut également causer la formation de cumulus puis de cumulonimbus en fin d'après-midi, menant à des orages. La circulation de brise a également un impact sur le transport de particules et la distribution de polluants.

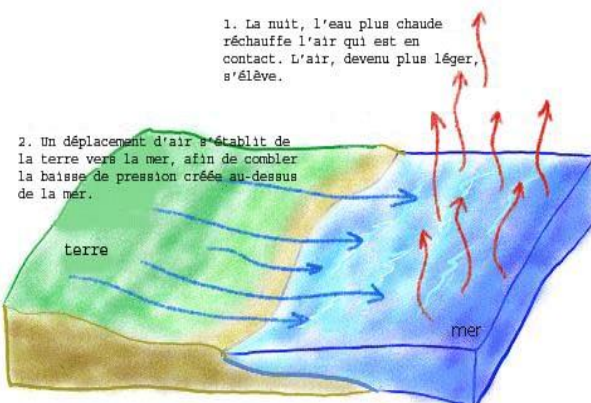
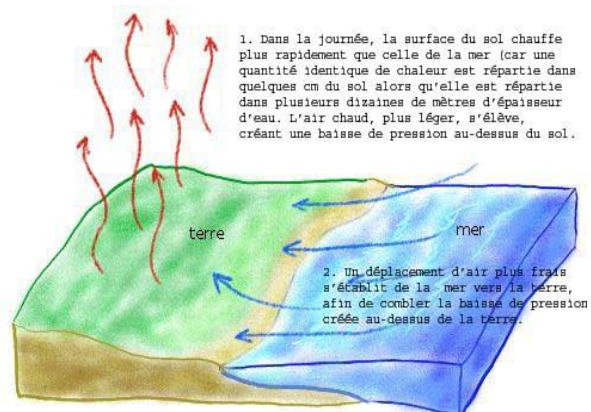


Figure 135 : Schéma de la brise de mer (gauche) et de la brise de terre (droite).
Source : CNRS

6.1.2.2 Le climat urbain au sein de la métropole Aix-Marseille Provence : échelles et spécificités

L'analyse du **climat urbain de la Métropole Aix-Marseille-Provence** doit s'effectuer à **différentes échelles spatio-temporelles imbriquées** : le micro-climat urbain (quelques centimètres à quelques mètres ; de quelques minutes à quelques heures), le climat local urbain (quelques kilomètres ; quelques heures à jours), le méso-climat urbain (plusieurs kilomètres ; jour, mois, année).

Les spécificités du climat urbain sont notamment : une température plus élevée que dans les zones rurales environnantes, surtout en fin de journée et la nuit, des vents spécifiques (brise thermique « de campagne », détectable dans les très grandes villes), ainsi que la présence de pollution urbaine et une insolation affectée par les multiples effets de masques. Cela met en évidence l'îlot de chaleur urbain (ICU) dont la distribution spatiale dépend essentiellement de l'occupation du sol et des paramètres météorologiques. Or, la climatologie actuelle n'est pas encore en mesure de modéliser toute la complexité des interactions climat-ville d'autant plus que les villes méditerranéennes tiennent leurs spécificités locales.

Les spécificités du climat urbain méditerranéen des villes de la métropole se manifestent par la prédominance des ciels clairs (sauf cas particulier), des calmes synoptiques (phénomènes radiatifs) ; des contrastes terre / mer, mais aussi de montagnes et vallées provoquant des brises thermiques à l'origine d'une faible ventilation, de contrastes ville-campagnes moins forts de jour (peu de végétation, roches, sols nus). L'architecture, ancienne et moderne, les matériaux clairs, les immeubles anciens hauts et étroits permettent un drainage de l'air chaud vers le haut, et les rues étroites sont à l'abri du rayonnement solaire (fraîcheur estivale vieilles villes), etc.

Encadré n°1 : Qu'est-ce que l'îlot de chaleur urbain ?

On appelle « îlot de chaleur urbain » (ICU) la différence des températures observées entre un site urbain et un site rural environnant. Ces différences de températures, davantage marquées la nuit, sont fortement corrélées à la variation de la densité urbaine (conception urbaine, matériaux des bâtiments, etc.).

Les ICU sont principalement observés la nuit où le refroidissement nocturne est moindre en ville que dans les zones rurales plus végétalisées. C'est un phénomène local qui peut varier d'une rue à l'autre avec une durée limitée dans le temps. Les principaux facteurs qui favorisent l'îlot de chaleur urbain sont : un ciel peu nuageux, des vents faibles et une forte stabilité atmosphérique.

Dans les villes des latitudes moyennes, l'îlot de chaleur urbain peut être plus important lors des nuits estivales, quand la chaleur emmagasinée par les bâtiments pendant le jour est dissipée. Les impacts de ces « bulles de chaleur » peuvent être importants sur le confort thermique, sur la santé et la mortalité, sur les risques de pollution. Dans un contexte de changement climatique, les canicules estivales pourraient être plus fréquentes (GIEC, 2013) d'où l'importance d'essayer de comprendre davantage la variabilité spatiale et temporelle de ce phénomène dans les villes méditerranéennes et tenter de le réduire. De nouveaux défis face au changement climatique supposent de nouveaux modes de gestion pour la ville et appellent à s'appuyer : d'une part, sur des données fiables à échelle fine, aussi bien pour le climat que pour le suivi des impacts, indispensables pour disposer d'un outil adapté à la complexité urbaine et à ses spécificités ; d'autre part, sur le diagnostic des usages contemporains des villes méditerranéennes, afin de concevoir des espaces urbains dont la rationalité énergétique et fonctionnelle sera basée sur les pratiques et les besoins des citoyens ; et sur une approche interdisciplinaire capable de prendre en compte la complexité des villes contemporaines à travers une co-action entre les scientifiques et les politiques.

Des températures plus élevées se produisent parce que les concentrations denses de matériaux comme l'asphalte et de bâtiments absorbent plus de chaleur pendant la journée et la libèrent plus lentement la nuit que la couverture naturelle du sol telle que la végétation.

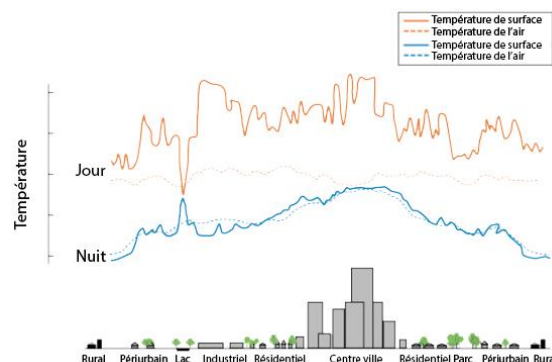


Figure 136 : Températures de surface de l'atmosphère variant en fonction des types d'occupation du sol (Source : adapté de l' « Environmental Protection Agency »)

6.1.2.3 Les évolutions climatiques passées

Les séries homogénéisées de températures et précipitations des stations d'observations permettent d'évaluer de façon précise les tendances climatiques au cours des cinquante dernières années.

La Figure 137 présente l'évolution de l'écart de la température moyenne annuelle par rapport à la normale de la période 1961-1990 pour la station de Marseille-Marignane. Bien qu'il y ait une forte variabilité d'une année à l'autre (c'est ce qu'on appelle la variabilité interannuelle), **une nette augmentation globale de la température moyenne est visible**. Cette augmentation n'est pas uniformément répartie sur l'année. Comme le montre la Figure 138, certaines saisons comme l'hiver et l'automne n'indiquent pas une tendance très nette, tandis que le printemps et l'été concentrent un réchauffement bien plus marqué. On peut notamment distinguer l'été 2003 qui sort du lot à cause de son épisode de forte canicule.

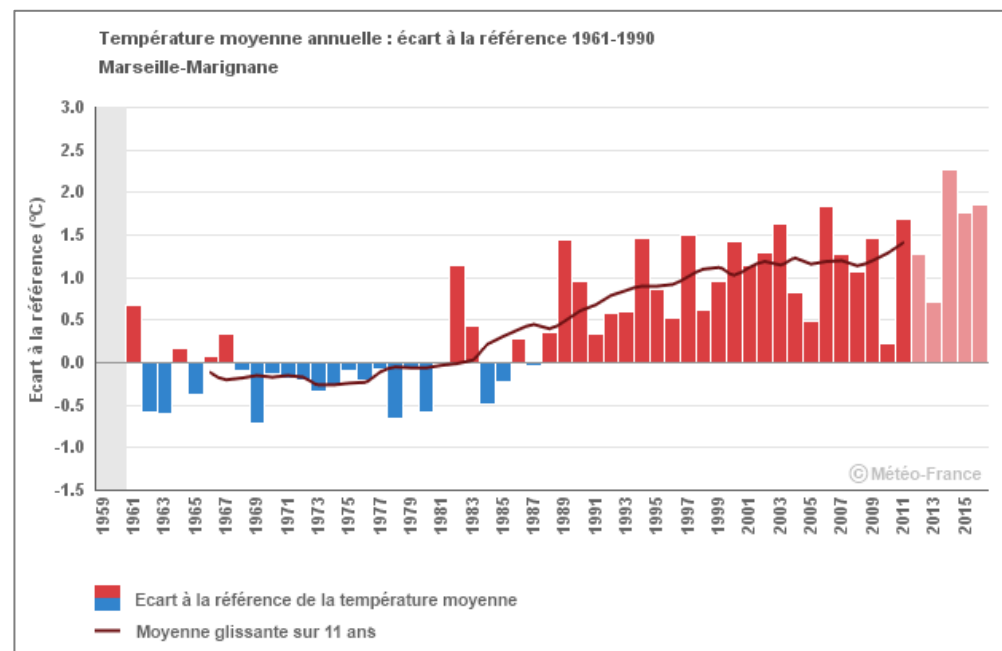


Figure 137 : Ecart des températures moyennes annuelles par rapport à la référence 1961-1990, station de Marseille-Marignane

(Source : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>)

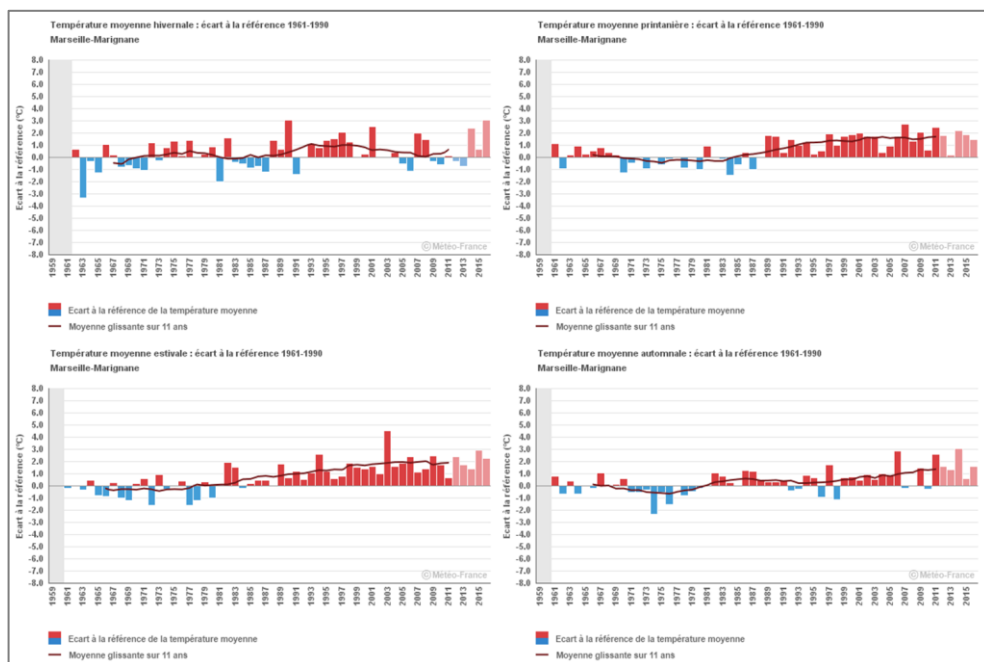


Figure 138 : Ecart des températures moyennes saisonnières par rapport à la référence 1961-1990, station de Marseille-Marignane (Haut gauche : hiver, haut droite : printemps, bas gauche : été, bas droite : automne)

Cette augmentation de température se ressent sur l'évolution du **nombre de journées chaudes** observées à la station d'Istres (Figure 139). En effet, bien que le nombre de journées chaudes soit variable d'une année à l'autre, il a augmenté sur la période 1959-2015 de 6 à 7 jours par décennies.

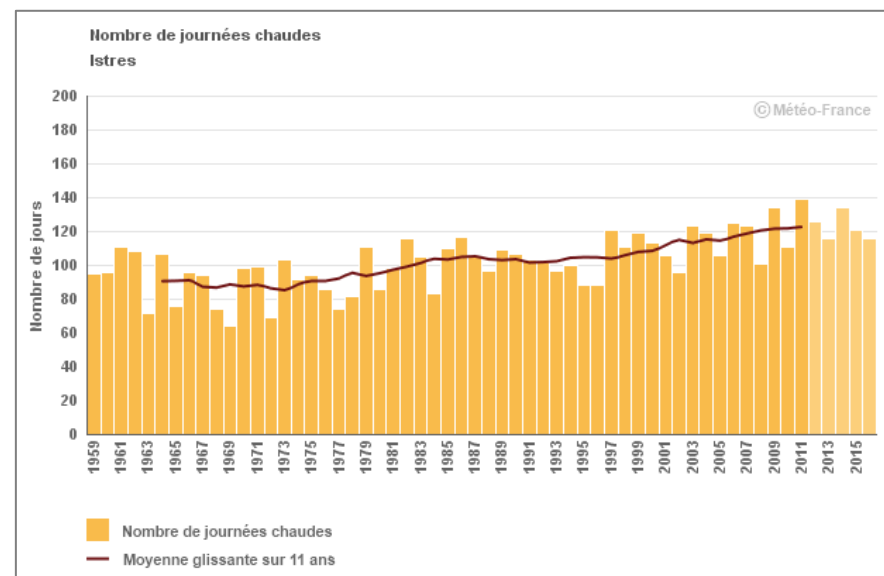


Figure 139 : Nombre de journées chaudes (températures maximales supérieures à 25°C), station d'Istres

Les **précipitations annuelles** observées sur la station de Marseille-Marignane présentent une **très grande variabilité d'une année sur l'autre** et **aucune tendance à long terme ne semble se dégager sur la période 1959-2015** (Figure 140), ni pour les évolutions saisonnières, mis à part les cumuls hivernaux qui semblent subir une diminution (Figure 141).

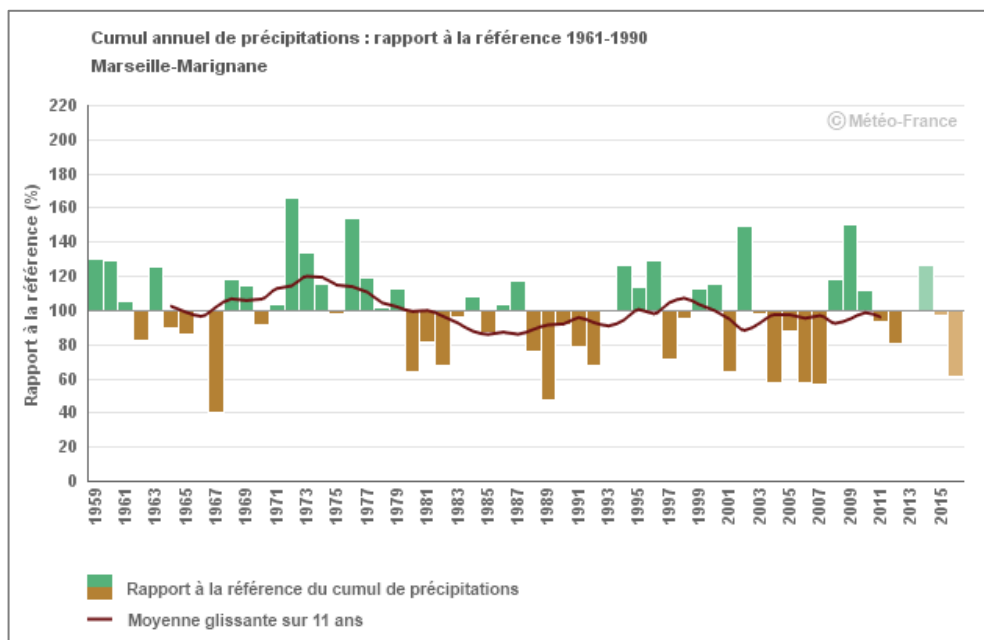


Figure 140 : Ecart des cumuls annuels de précipitations par rapport à la référence 1961-1990, station de Marseille-Marignane

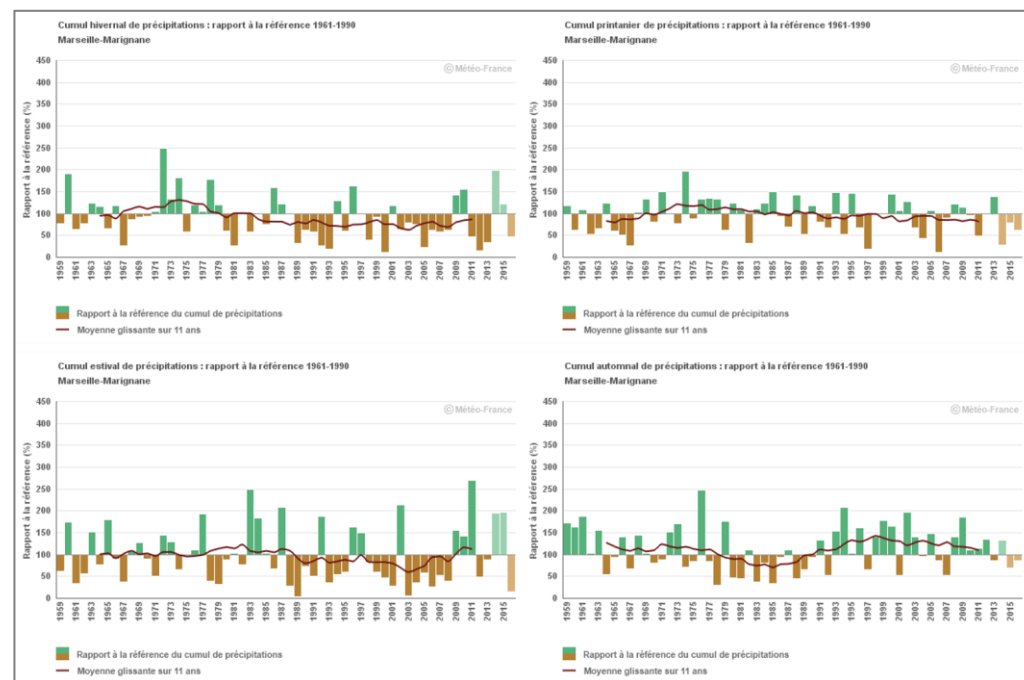


Figure 141 : Ecart des cumuls saisonniers de précipitations par rapport à la référence 1961-1990, station de Marseille-Marignane (Haut gauche : hiver, haut droite : printemps, bas gauche : été, bas droite : automne)

Notons que ces observations sont obtenues à partir **d'une seule station de mesures**, et bien qu'elles semblent refléter les évolutions passées globales de la région, on ne peut pas assumer que tout le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence a suivi exactement ces tendances-là. Cependant, la richesse temporelle de ces séries de données permet d'avoir un bon indicateur ponctuel du climat passé des cinquante dernières années au sein de la Métropole.

6.1.3 Les perspectives climatiques de la métropole Aix-Marseille Provence

6.1.3.1 Les grandes tendances climatiques futures

Les résultats présentés ci-après se basent sur les projections climatiques disponibles sur le portail Drias comme détaillé dans la partie 6.1.1 (données et méthodologie). Sont indiqués la valeur de référence de chaque indice ainsi que les écarts à la référence selon les 3 horizons futurs et les 2 scénarios, pour la médiane et les percentiles 25% et 75% de l'ensemble de modèles Euro-CORDEX.

6.1.3.1.1 Vers une augmentation généralisée des températures

Les projections montrent que **les températures moyennes sur la Métropole Aix-Marseille-Provence vont continuer d'augmenter** progressivement au cours du XXI^{ème} siècle quelles que soient les saisons, avec une intensification plus forte et plus rapide pour le scénario RCP8.5 (sans politique de lutte contre le changement climatique), notamment sur la fin du siècle, que pour le RCP4.5 (avec politique climatique visant à stabiliser les concentrations en GES).

Pour une valeur médiane de 13,8°C sur la période de référence (1976-2005), la **température moyenne** a une augmentation projetée :

- A l'horizon proche 2035 (2021-2050) de +1°C pour le scénario RCP4.5 et +1,1°C pour le RCP8.5, pour la médiane, avec des incertitudes sur la distribution de l'ensemble de modèles assez faibles (Figure 142).
- A l'horizon moyen 2055 (2041-2070), de +1,3°C par rapport à la référence pour le RCP4.5 et +2°C pour le RCP8.5, et une distribution inter-modèles qui s'élargit légèrement.
- Enfin, l'augmentation atteint +1,8°C et +3,6°C à l'horizon lointain 2085 (2071-2100) pour les RCP4.5 et RCP8.5 respectivement.

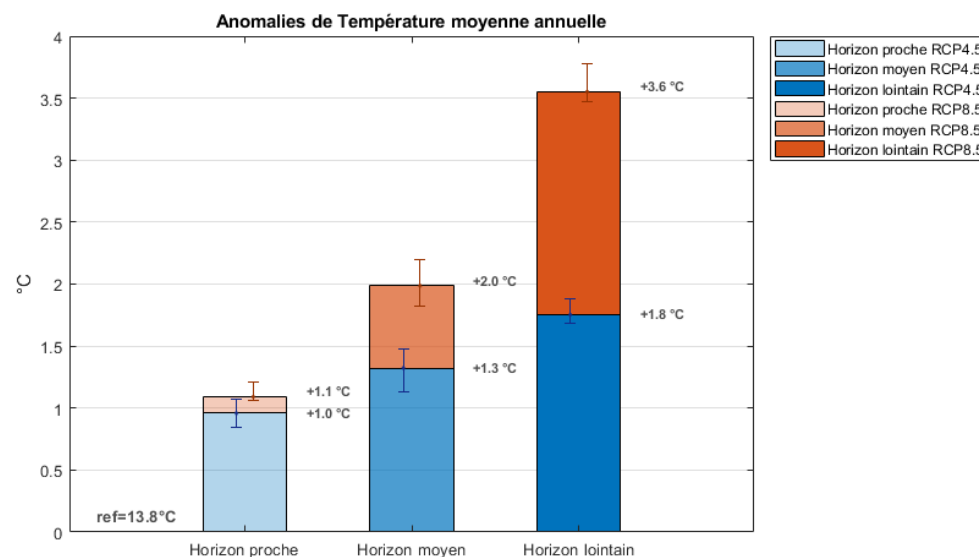


Figure 142 : Anomalies de la température moyenne annuelle par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

Si l'on regarde la répartition saisonnière de l'évolution des températures moyennes (Figure 143), toutes les saisons sont confrontées à une hausse des températures et c'est la saison estivale qui subit la plus forte hausse pour chacun des horizons temporels et des scénarios, avec un réchauffement atteignant entre +4,4°C et +5,1°C pour 50% des modèles à l'horizon lointain 2085 pour le scénario RCP8.5, c'est-à-dire pour le cas le moins optimiste où aucune politique climatique ne serait mise en place.

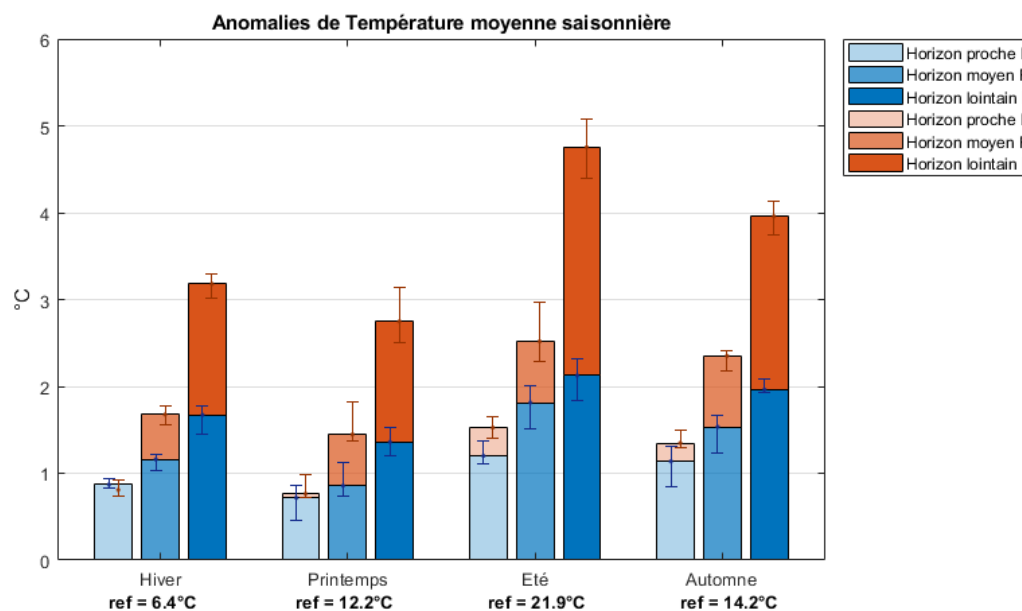


Figure 143 : Anomalies de la température moyenne saisonnière par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

Si la température moyenne annuelle est de 13,8°C sur la période de référence (moyenne spatiale sur le territoire de la Métropole Aix Marseille Provence) on distingue bien sur la Figure 144 la **diversité spatiale climatique de ce territoire** : des températures plus chaudes sur la façade littorale et autour de l'étang de Berre (autour de 16°C) et plus fraîches en rentrant dans les terres sur l'est et le nord de la Métropole (avec un minimum de 11°C).

Ces températures vont augmenter sur l'ensemble du territoire pour les horizons proches et moyens et pour chacun des scénarios. La hausse est notamment très marquée à l'horizon moyen 2055 pour le scénario RCP8.5 qui se distingue du RCP4.5 en dépassant les 16°C presque partout et allant jusqu'à plus de 19°C sur toute la partie sud. La commune de Vauvenargues reste la plus froide du territoire, passant de 11-13°C sur la période de référence à 13,5-16°C à l'horizon moyen pour le scénario RCP8.5. L'augmentation de température se fait ainsi de manière relativement homogène sur la Métropole Aix-Marseille Provence.

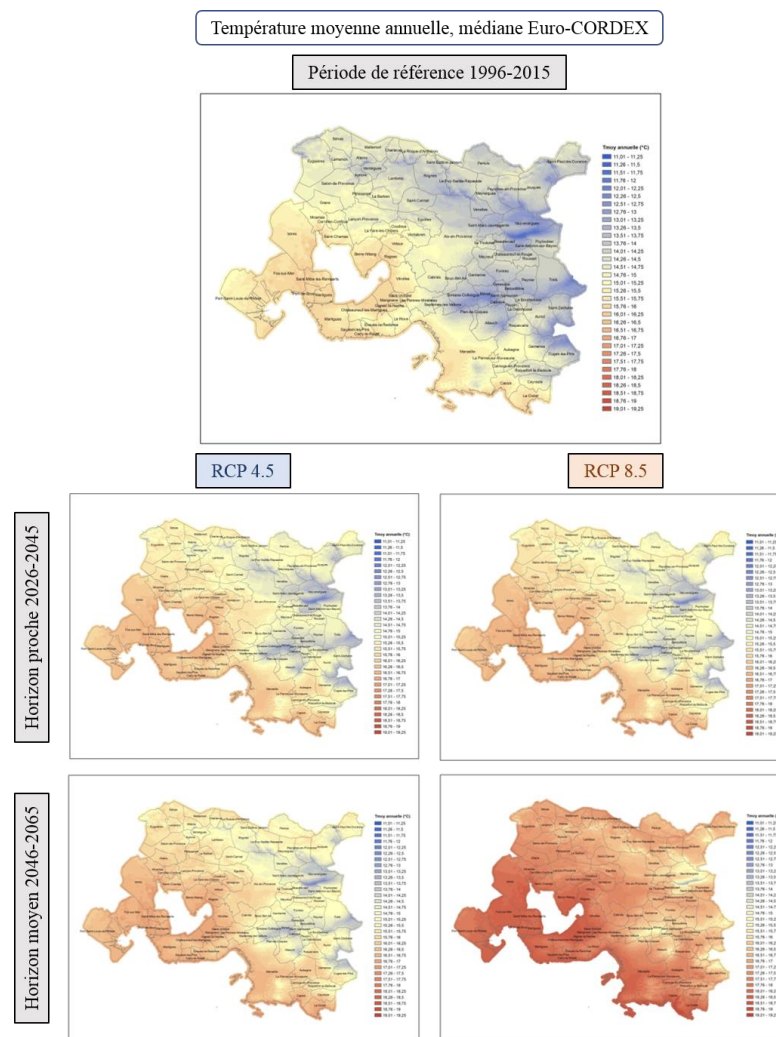


Figure 144 : Médiane Euro-CORDEX de la température moyenne annuelle (cartes disponibles en annexe en version agrandie). RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.
Source : GéographR/Météo-France/Drias, fond de carte IGN, janvier 2018

Les moyennes annuelles de températures minimale et maximale, bien qu'ayant des valeurs de référence très contrastées illustrant bien l'amplitude thermique du territoire (9,4°C pour la température minimale, 18,1°C pour la température maximale), ont une évolution future similaire et proche de celle de la température moyenne (ce qui est en partie dû à la définition des indices) : augmentation progressive au cours du XXI^{ème} siècle, avec des valeurs particulièrement intenses dans le cas du scénario RCP8.5 (jusqu'à +3,6°C à l'horizon lointain 2085 pour la médiane de l'ensemble de modèles,98).

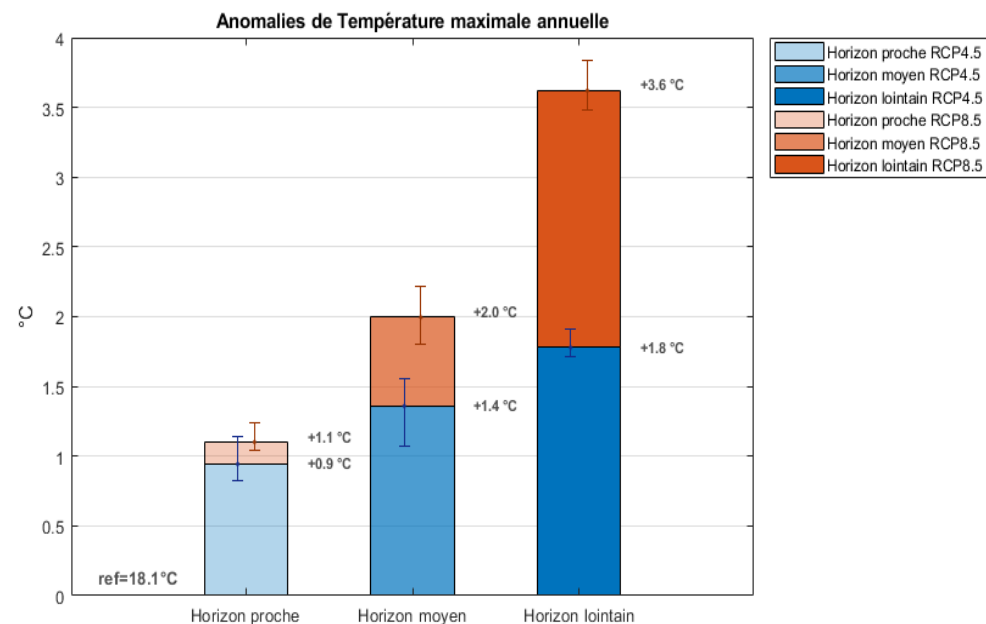
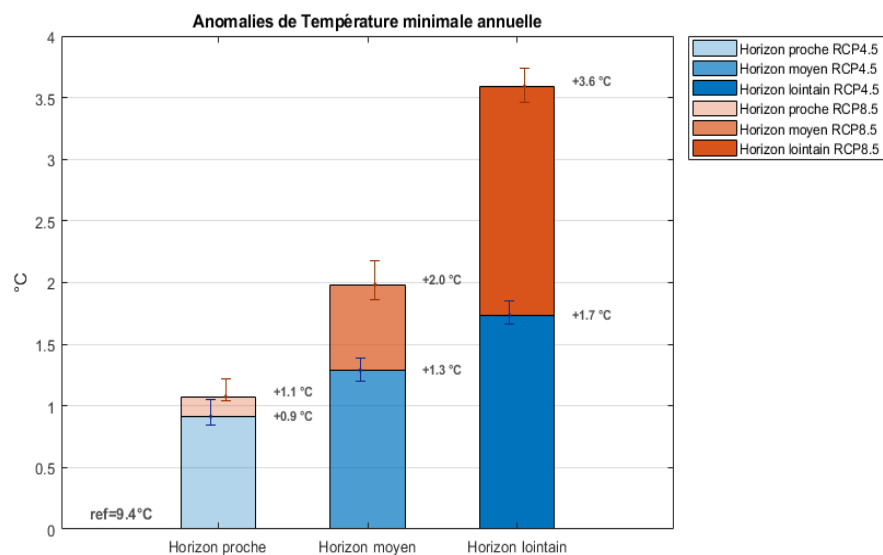


Figure 145 : Anomalies de la moyenne annuelle de la température minimale (haut) et maximale (bas) par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

Les moyennes saisonnières (Figure 146) montrent encore une fois que c'est l'été qui subit la hausse de températures la plus forte.

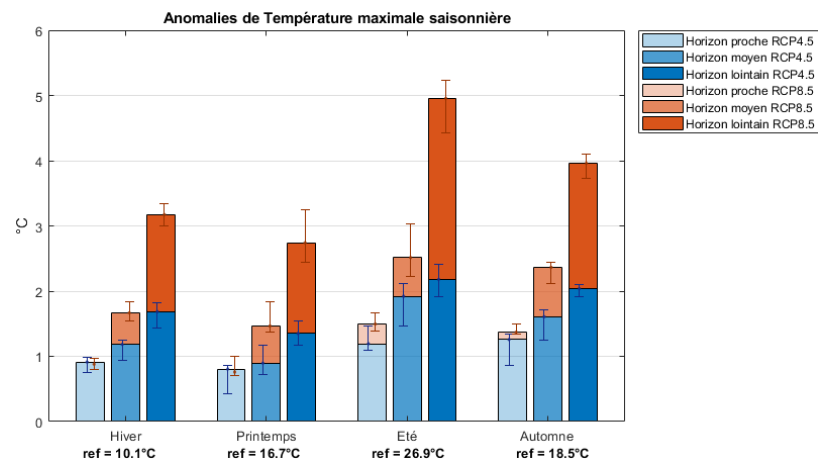
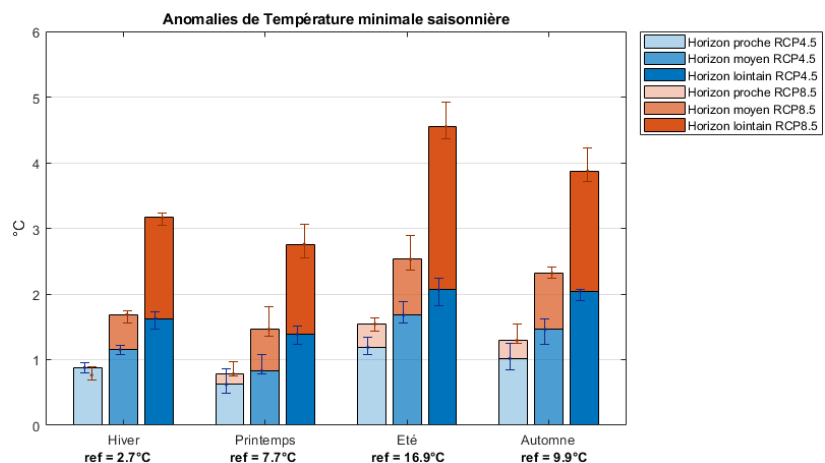


Figure 146 : Anomalies de la moyenne saisonnière de la température minimale (haut) et maximale (bas) par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

Ces augmentations de températures vont de pair avec une réduction de l'utilisation du chauffage et une hausse de l'utilisation de la climatisation, dont les tendances sont illustrées par les indices de degré-jours de chauffage et de climatisation respectivement (Figure 147). Bien entendu, la saison estivale n'est presque pas marquée par l'évolution de l'utilisation du chauffage et la saison hivernale ne l'est pas du tout par celle de la climatisation dans un contexte de réchauffement climatique, cependant les tendances sont très prononcées pour les saisons qui sont les plus grandes utilisatrices de l'un et de l'autre, avec une incertitude sur la distribution des modèles relativement faible. En effet, une baisse de chauffage considérable est relevée pour la saison hivernale ainsi que pour les saisons printanière et automnale dans une moindre mesure ; et une hausse de l'utilisation de la climatisation est projetée majoritairement pour la saison estivale, mais également de manière plus faible mais non négligeable pour le printemps et l'automne (Figure 148). Les degrés-jours de climatisation vont jusqu'à plus de doubler en été dans le scénario le plus pessimiste à l'horizon lointain, passant de 376,9°C à environ 800°C.

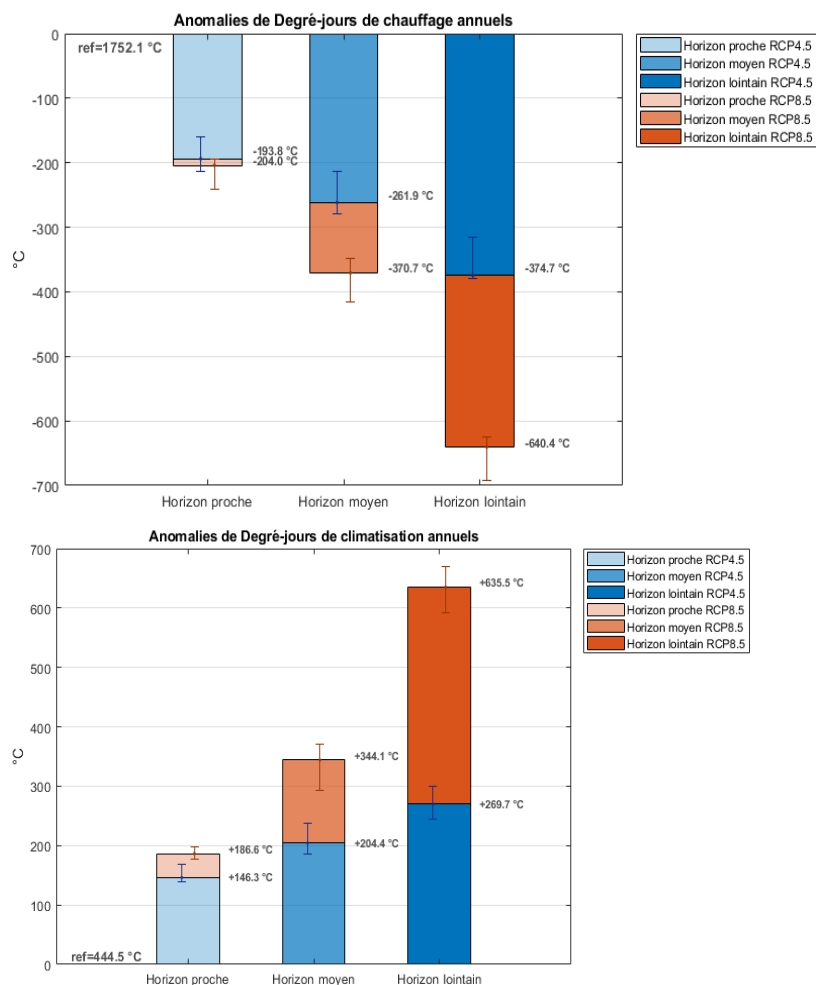


Figure 147 : Anomalies des degrés-jours de chauffage annuels (haut) et degrés-jours de climatisation annuels (bas) par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

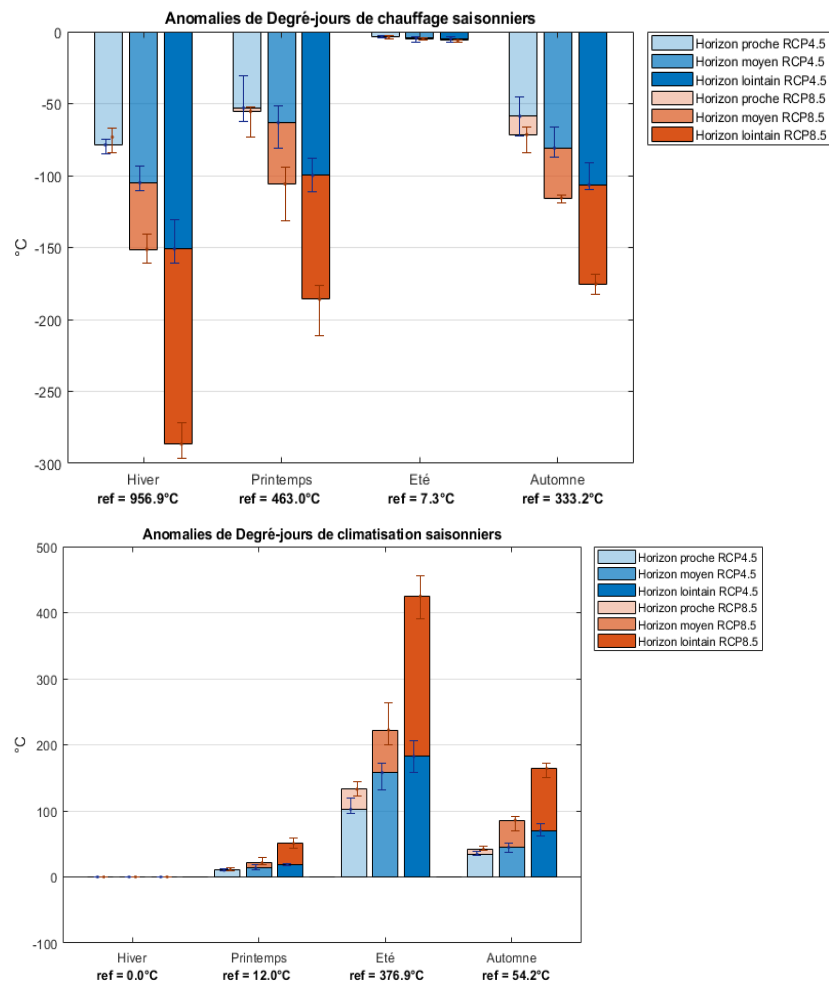


Figure 148 : Anomalies des degrés-jours de chauffage saisonniers (haut) et degrés-jours de climatisation saisonniers (bas) par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

6.1.3.1.2 Une évolution très variable des précipitations

Aucune tendance significative ne semble émerger de l'étude de l'évolution du **cumul des précipitations** annuel et saisonnier (moyennés spatialement) avec notamment une très grande variabilité inter-modèles. A la seule exception de l'hiver dont une légère augmentation se distingue malgré une forte variabilité (entre +15 et +40mm à l'horizon lointain 2085 selon les modèles et les scénarios), pour une valeur sur la période de référence (1976-2005) de 171,6mm.

Si l'on regarde les diversités spatiales du cumul annuel des précipitations (Figure 149), aucune tendance forte ne semble émerger non plus au cours du XXI^{ème} siècle, hormis une très légère baisse à l'horizon moyen sur le sud-ouest du territoire. La Métropole Aix-Marseille-Provence semble conserver sa répartition actuelle des précipitations, avec une zone peu pluvieuse sur l'ouest et la façade littorale, et des précipitations plus nombreuses à l'est et au nord.

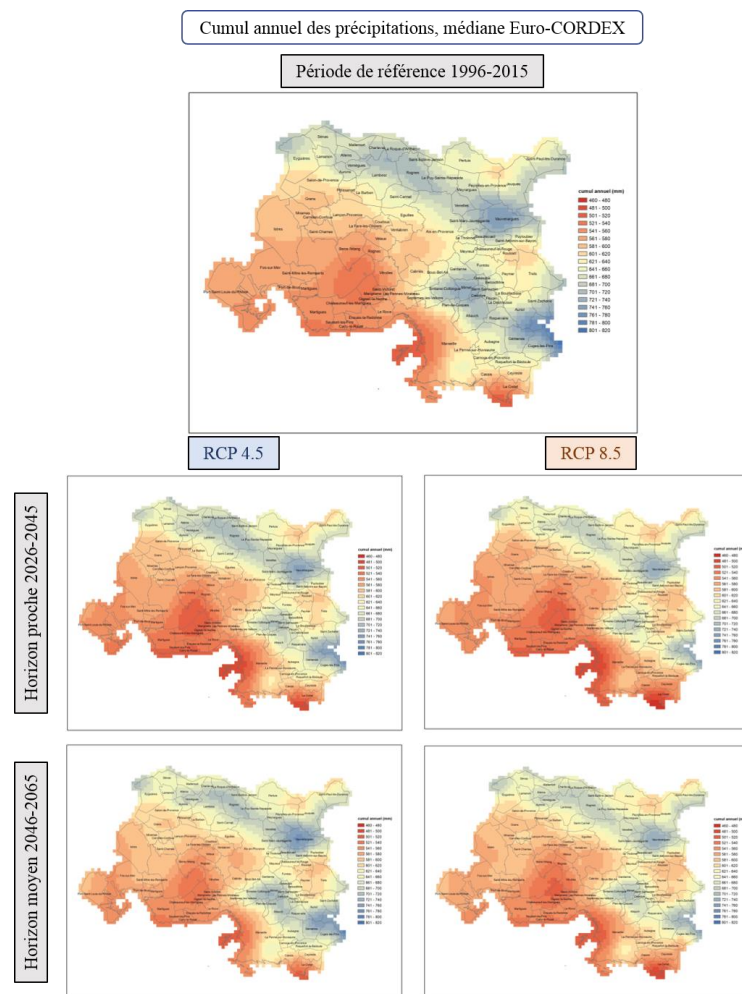


Figure 149 : Médiane Euro-CORDEX du cumul annuel des précipitations (cartes disponibles en annexe en version agrandie). RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

Source : GéographR/Météo-France/Drias, fond de carte IGN, janvier 2018

Tout en conservant une forte variabilité, une **légère tendance à la baisse du nombre de jours de pluie** se profile pour les trois horizons et les deux scénarios.

Cette baisse est relativement limitée dans le cas des horizons proche et moyen (-1 à -4 jours de pluie par an selon les scénarios et les modèles, (Figure 150) ; elle est cependant plus marquée pour l'horizon lointain dans le cas du RCP8.5 avec -7,1 jours de pluie par an (avec une grosse incertitude sur les modèles, qui projettent entre quasiment -5 à -10 jours pour les 25^{ème} et 75^{ème} centiles). Le scénario RCP4.5 conserve quant à lui une baisse très limitée à l'horizon proche, avec une médiane située à -1,5 jour de pluie par an.

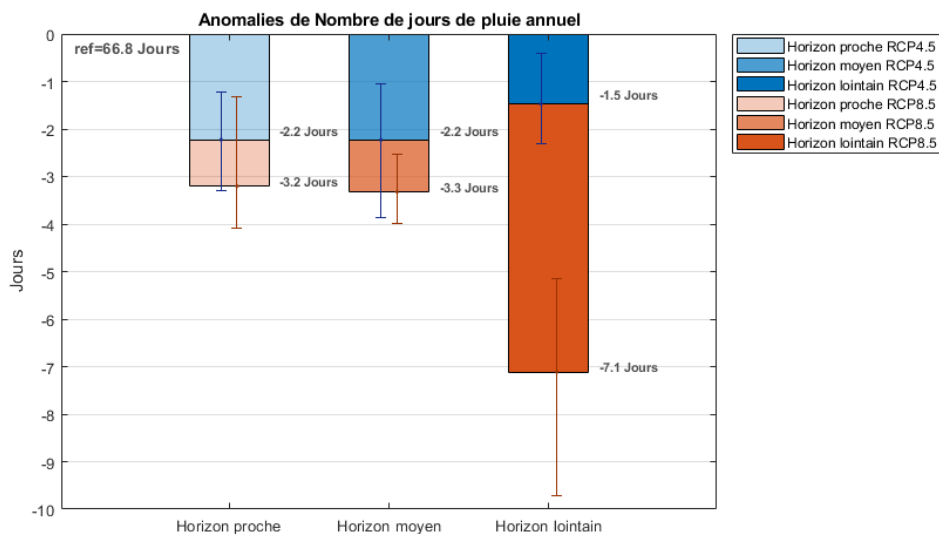


Figure 150 : Anomalies du nombre annuel de jours de pluie par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

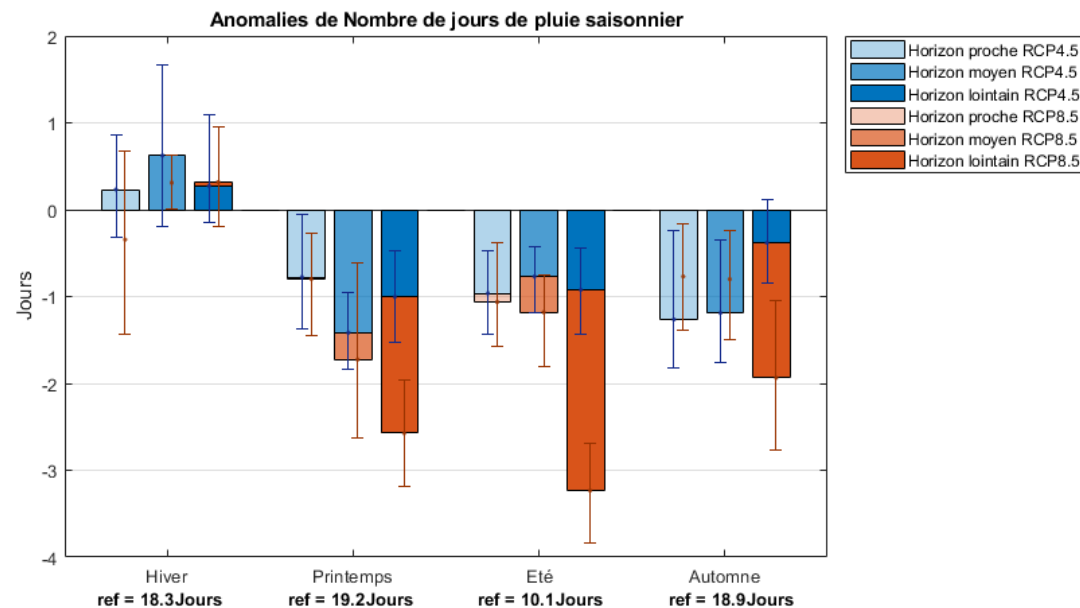


Figure 151 : Anomalies des moyennes saisonnières du nombre de jours de pluie par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

Les valeurs saisonnières (Figure 151) indiquent là aussi une incertitude élevée sur la distribution des modèles mais tout de même une tendance à la baisse pour le printemps, l'été et l'automne (aucune tendance significative ne peut être émise pour l'hiver, les incertitudes étant trop importantes). La saison la plus touchée serait l'été (saison la moins pluvieuse autant en termes de cumuls de pluie qu'en nombre de jours de pluie -une dizaine sur la période de référence comparé à 18-19 pour les autres saisons), suivie de près par le printemps puis l'automne.

6.1.3.2 Evolution possible des aléas météorologiques extrêmes et des risques climatiques associés

Le lien avéré entre le changement climatique et la fréquence des événements extrêmes sur les échelles de temps multiples a été reconnu depuis un certain temps (GIEC, 2007 et 2013).

6.1.3.2.1 Une intensification des fortes chaleurs et une dépendance marquée aux politiques climatiques en fin de siècle

La forte augmentation des températures dans les projections climatiques a donc pour conséquence une **hausse très marquée du nombre de journées d'été** (température maximale supérieure à 25°C), **de nuits tropicales** (température minimale supérieure à 20°C) **et de jours de vague de chaleur** (température maximale supérieure de plus de 5°C à la température maximale quotidienne de référence du même jour dans une séquence de plus de 5 jours consécutifs).

En effet, pour une valeur de référence d'environ 78 **journées d'été** par an, l'horizon proche subira une hausse de 14 à 20 jours (selon les modèles et les scénarios), l'horizon moyen de 18 à 35 jours et l'horizon lointain de 23 à 53 jours (Figure 152).

Cette augmentation est répartie entre le printemps, l'été et l'automne. Encore une fois, l'été est la saison la plus touchée en valeur absolue de l'anomalie, cependant relativement aux valeurs de référence, l'automne (10-11 jours de normale saisonnière) et le printemps (2 jours) voient leurs journées d'été doubler à l'horizon moyen pour le scénario RCP8.5 et à l'horizon lointain pour le RCP4.5, et tripler (automne) voire quadrupler (printemps) à l'horizon lointain pour le RCP8.5.

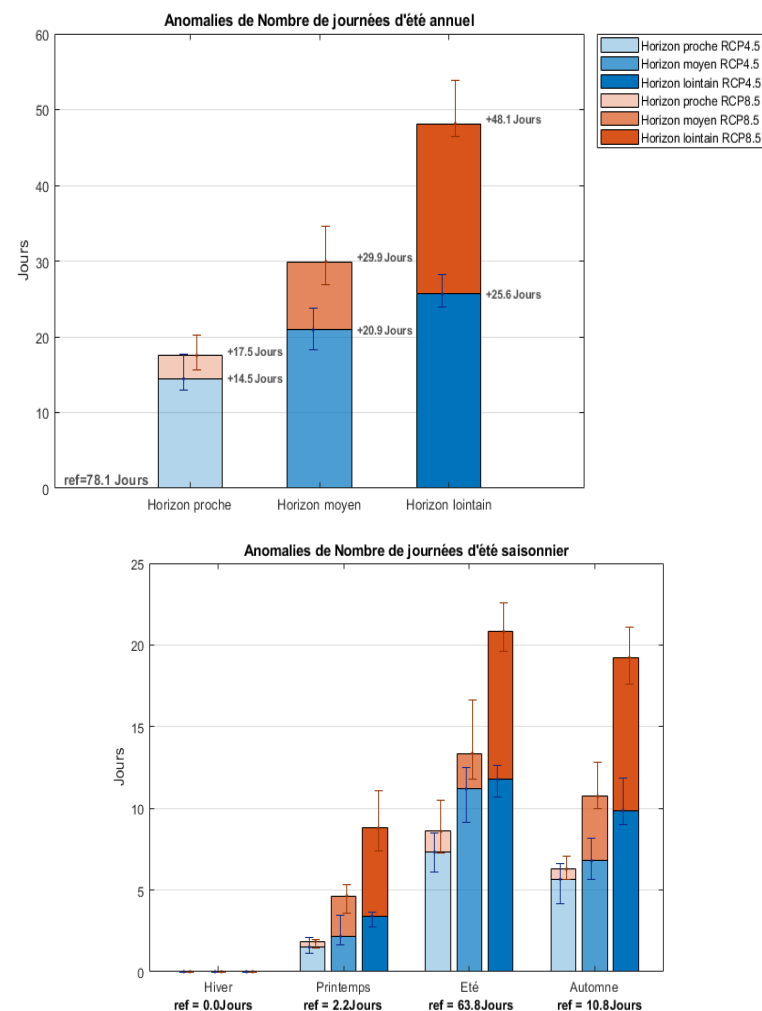


Figure 152 : Anomalies du nombre de journées d'été annuel (gauche) et saisonnier (droite) par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

Le nombre de **nuits tropicales**, bien qu'ayant une valeur de référence bien moins élevée que le nombre de journées d'été (14,6 jours pour la médiane), a une augmentation (en termes de nombre de jours) du même ordre de grandeur que le nombre de journées d'été, avec une distribution des modèles assez restreinte (Figure 153). Le RCP8.5 prévoit même une hausse autour de +61 jours à l'horizon lointain. C'est l'été qui concentre la majorité de ces augmentations avec l'automne dans une bien moindre mesure.

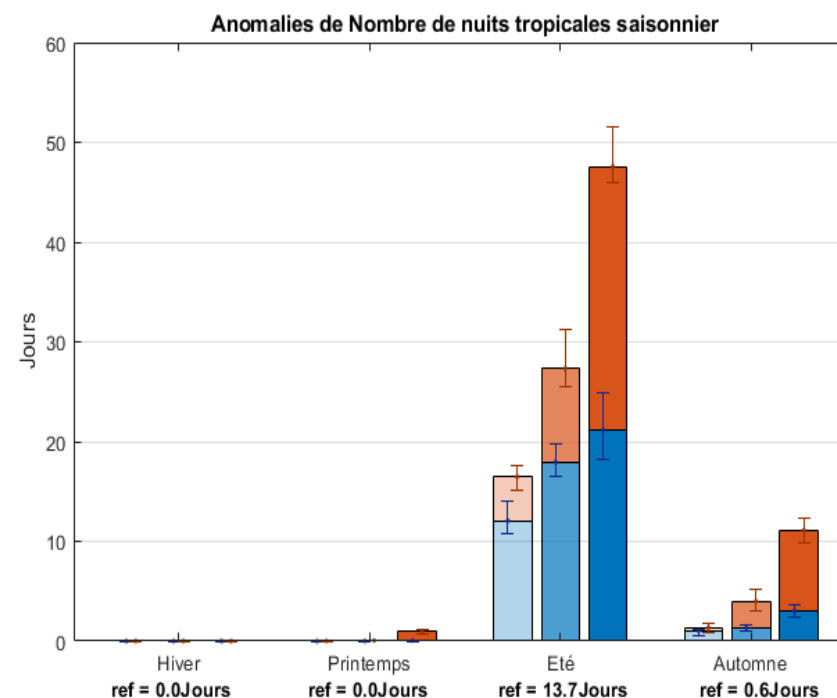
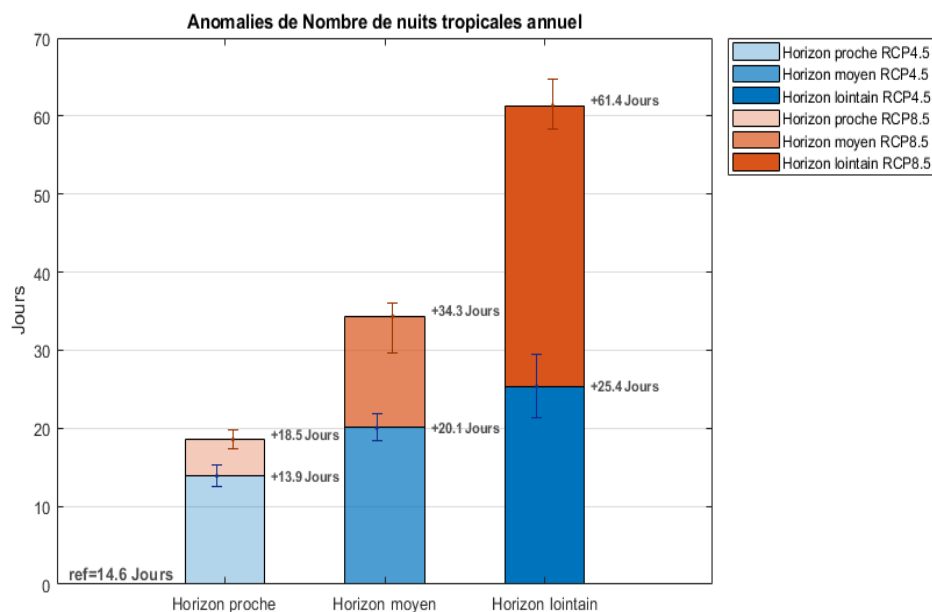


Figure 153 : Anomalies du nombre de nuits tropicales annuel (gauche) et saisonnier (droite) par rapport à la période de référence sur la Métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

Le **nombre de jours de vague de chaleur** va quant à lui s'envoler par rapport à sa valeur très basse de référence (1,7 jours annuel). Si la hausse est similaire pour les deux scénarios à l'horizon proche (+6-7 jours), l'augmentation projetée par le RCP8.5 s'élève à deux fois celle du RCP4.5 à l'horizon moyen (environ +22 jours pour +10 jours) et à plus de trois fois à l'horizon lointain (environ +63 jours pour +18 jours), avec une incertitude grandissante sur le RCP8.5 (Figure 154). L'augmentation progressive est répartie sur les 4 saisons (Figure 155) mais la hausse très prononcée du scénario RCP8.5 à l'horizon lointain est majoritairement expliquée par l'été (entre +22 et +33 jours selon les modèles) et l'automne (entre +15 et +20 jours), pour des valeurs de référence saisonnières proches de zéro.

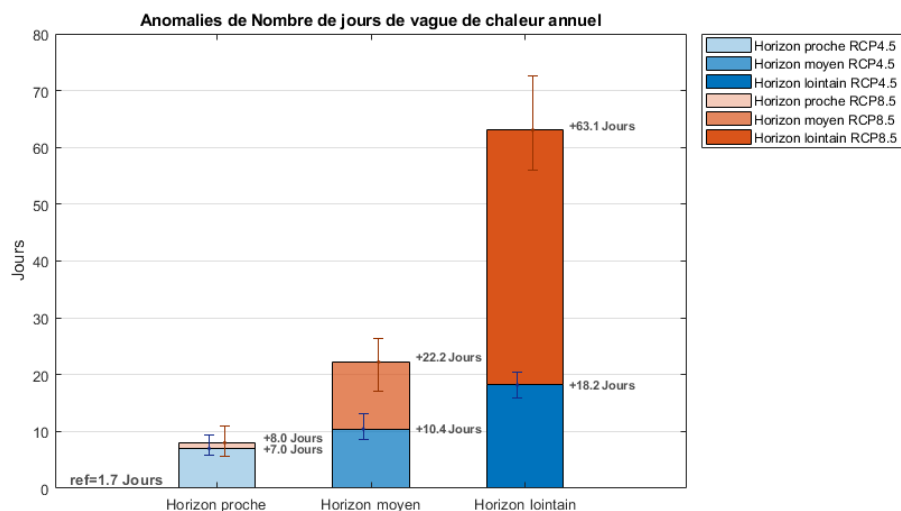


Figure 154 : Anomalies du nombre de jours de vague de chaleur annuel par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

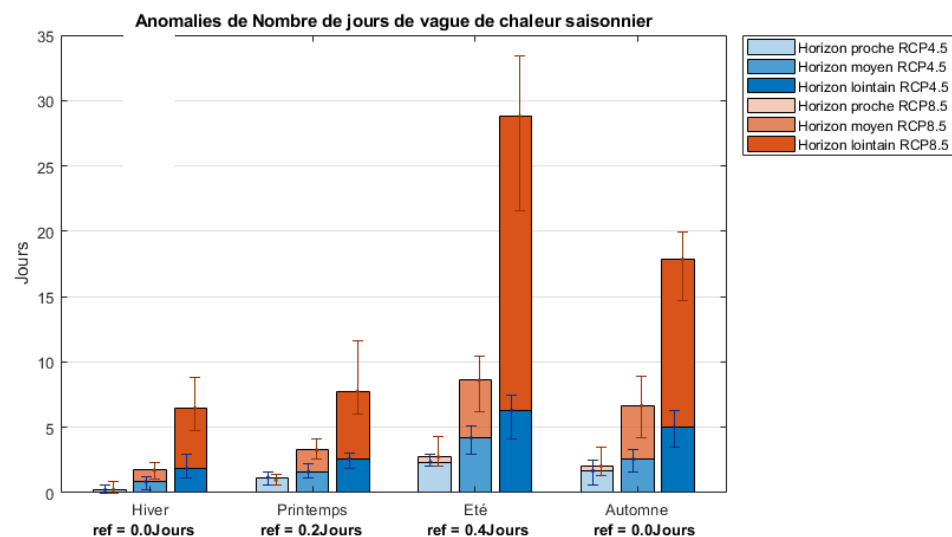


Figure 155 : Anomalies du nombre de jours de vague de chaleur saisonnier par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

Ces résultats sur l'indicateur du nombre de jours de vagues de chaleur concordent avec ceux obtenus par la méthode d'analyse et de quantification des vagues de chaleur en France développée de manière plus poussée dans le cadre du projet Extremoscope (Institut Pierre-Simon Laplace et Météo-France) et apportant un éclairage complémentaire sur la gravité des événements. En effet, l'étude des vagues de chaleur sur l'ensemble Euro-CORDEX (Ouzeau, Soubeyroux, Schneider, Vautard, & Planton, 2016) projette qu'au cours du XXI^{ème} siècle les vagues de chaleur deviennent plus fréquentes et ont une durée et une intensité moyenne plus grande pour chacun des scénarios (RCP4.5 & RCP8.5), et que d'autre part, **l'intensité de l'évolution à la fin du siècle dépendra grandement des politiques climatiques** qui seront mises en œuvre (comme relevé sur les présents graphiques).

6.1.3.2.2 Une augmentation des sécheresses estivales mais une forte incertitude sur la durée, et une répercussion sur le risque d'incendie de forêt

Les projections sur l'indice de **période de sécheresse** (Figure 156) indiquent une augmentation au cours du XXI^{ème} siècle mais une grande variabilité sur l'ensemble de modèles. L'augmentation se concentre majoritairement sur l'été tout en gardant une grande incertitude sur la distribution des modèles (les autres saisons ayant une trop grande variabilité pour exprimer une tendance significative).

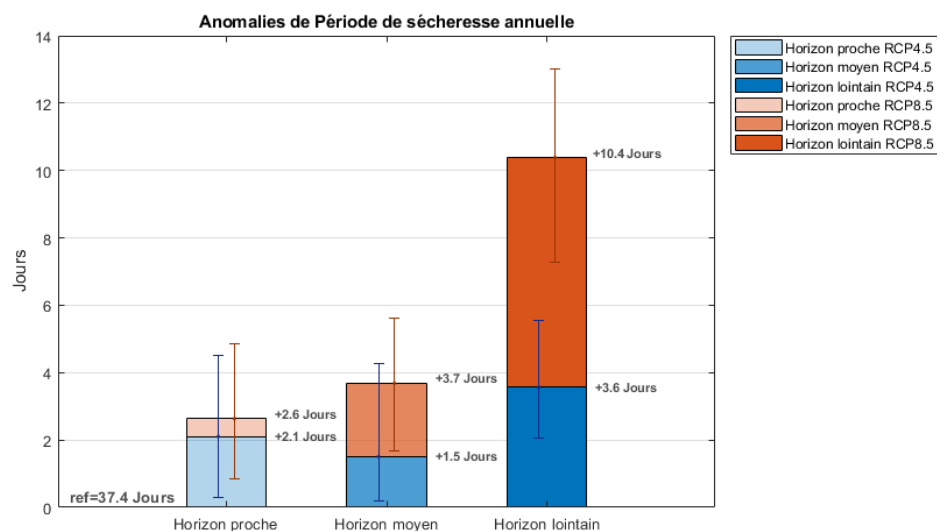


Figure 156 : Anomalies du nombre annuel de jours de période de sécheresse par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

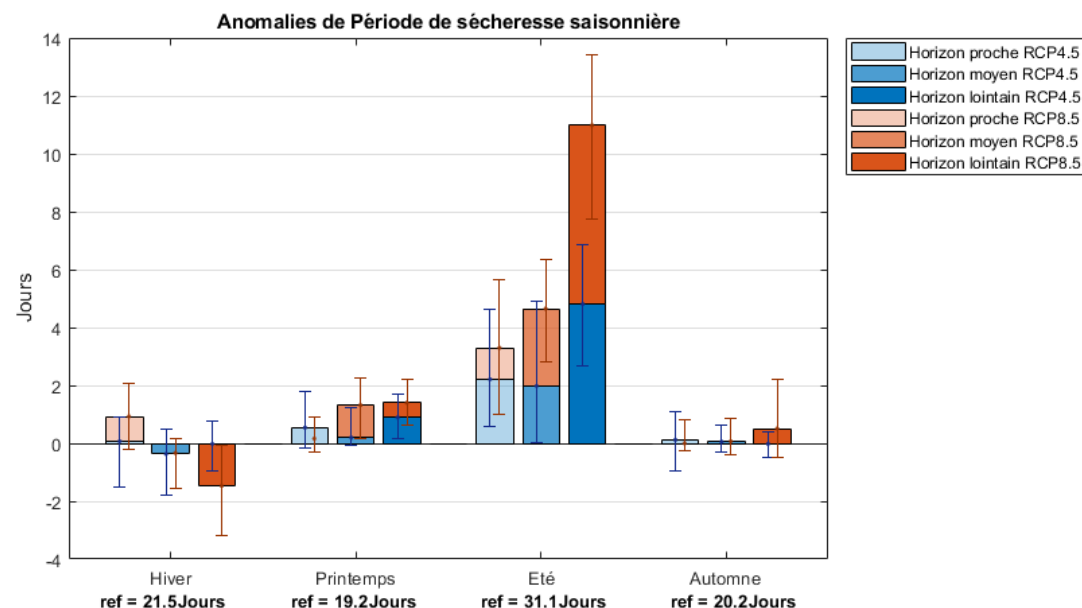


Figure 157 : Anomalies du nombre saisonnier de jours de période de sécheresse par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique.

Les sécheresses ont également été étudiées comme impact du changement climatique en regardant l'évolution de l'indice SPI (*Standardized Precipitation Index*¹⁹), **indice d'impact** permettant de mesurer la **sécheresse météorologique** (définie comme une période prolongée d'un taux de précipitations en dessous de la moyenne) et développé au cours du projet Climsec coordonné par Météo-France. Il s'agit d'un indice de probabilité qui repose seulement sur les précipitations. Les probabilités sont standardisées de sorte qu'**un SPI de 0 indique une quantité de précipitation médiane** (par rapport à une climatologie moyenne de référence, calculée sur 30 ans). La façon dont le SPI a été construit présente de nombreux avantages. En particulier, il ne requiert que les précipitations mensuelles (alors que les indices météorologiques ont été construits en moyennant des données quotidiennes) et il garantit une cohésion spatiale (i.e. des régions présentant des climats différents peuvent être comparées entre elles).

Les valeurs du SPI sont telles qu'un **SPI positif correspond à des conditions plus humides** (plus de précipitations que la normale) et un **SPI négatif à des conditions plus sèches** (moins de précipitations que la normale). L'échelle de valeur est telle que :

- $-0.99 < \text{SPI} < +0.99$: précipitations proches de la normale
- $\text{SPI} < -2.0$: extrêmement sec
- $\text{SPI} > 2.0$: extrêmement humide

Les projections pour l'indicateur sécheresse météorologique (Figure 158 & Figure 159) indiquent globalement un léger assèchement pour la métropole Aix-Marseille Provence par rapport à la médiane des précipitations du territoire pour la période de référence, quoique l'indice SPI reste inférieur à -1 (i.e. une situation modérément sèche, proche de la normale). L'assèchement n'est pas systématiquement progressif sur les horizons futurs et les scénarios comme le sont la plupart des indices atmosphériques. A part pour la saison estivale à l'horizon proche présentant une situation légèrement plus humide que la normale, toutes les saisons à tous les horizons présentent une situation modérément sèche, avec une répartition assez hétérogène.

La Figure 160 nous donne l'évolution de l'indice SPI sur la France entière. Une nette tendance à l'assèchement ressort pour l'ensemble du territoire français au cours du XXI^{ème} siècle, avec des régions plus touchées que d'autres, mais pas de grosse différence entre les deux scénarios. En particulier, toute la côte méditerranéenne dont la métropole AMP conserve une situation proche de la normale. Etant une région déjà très sèche à l'heure actuelle, la tendance à l'assèchement, bien que présente, se fait bien moins ressentir que dans des régions où les pluies sont bien plus intenses comme la côte Atlantique.

Ces projections doivent tout de même être prises avec plus de précaution que les indices atmosphériques précédents car il s'agit ici de projections pour **un seul modèle** (alors que l'on avait accès à un ensemble de modèles pour les indices atmosphériques). Il s'agit donc d'une indication avec une incertitude plus élevée. D'autre part, ce sont les anciens scénarios SRES qui sont utilisés pour le SPI (intermédiaire A1B et pessimiste A2), présentant des différences avec les scénarios RCP. Il faut donc se garder de comparer les graphiques d'indices d'impacts et météorologiques entre eux car il ne s'agit pas de données directement comparables.

¹⁹ Indice de précipitation standardisé

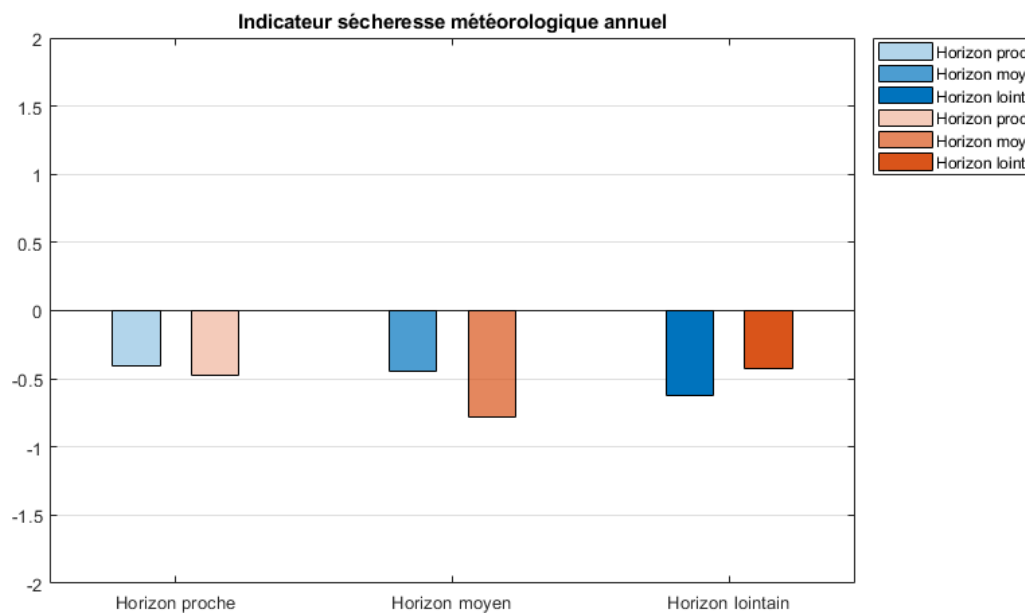


Figure 158 : Indicateur sécheresse météorologique (SPI) annuel sur la métropole Aix-Marseille Provence. Scénario A1B : concentration moyenne de CO2. Scénario A2 : forte concentration.

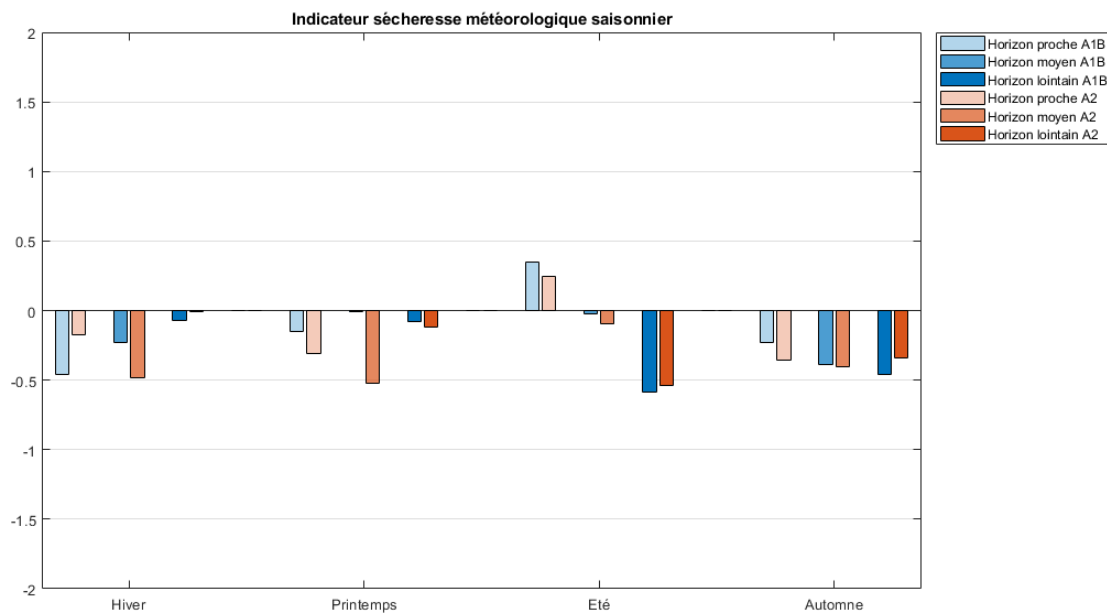


Figure 159 : Indicateur sécheresse météorologique (SPI) saisonnier sur la métropole Aix-Marseille Provence

Indicateur sècl
Météo-France/CLIMSEC - CERFACS/SCRATCH08 : modele Arpege-v4.6 etire de Météo-France

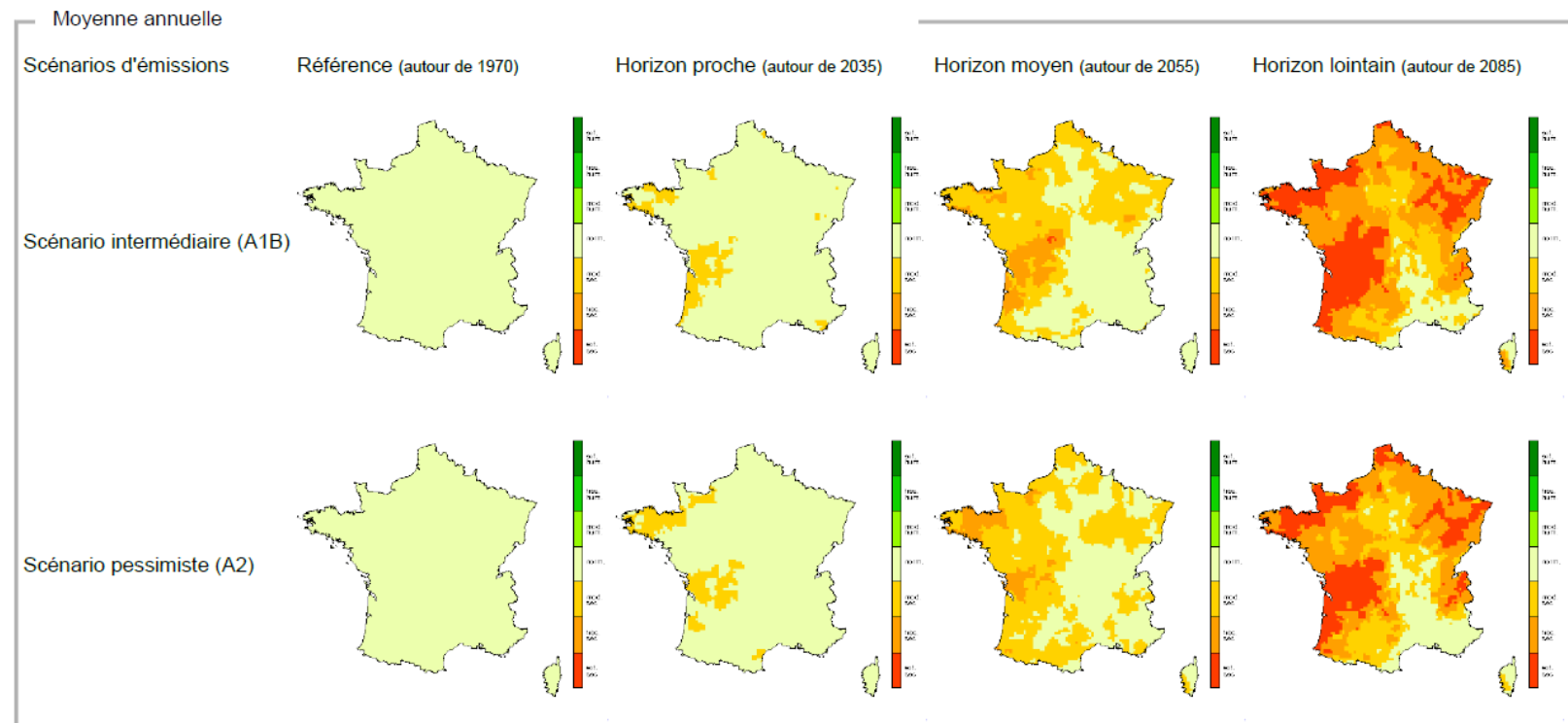


Figure 160 : Cartes de l'évolution de l'Indicateur sécheresse météorologique en France selon les scénarios et les horizons temporels, modèle Arpege de Météo-France.
 Source : Drias

La Métropole Aix-Marseille-Provence est une zone **particulièrement touchée par le risque d'incendie sur la période estivale**. Le risque incendie est l'un des risques les plus importants sur le territoire de la métropole, du fait de la forte proportion d'espaces naturels, de la très forte inflammabilité du couvert végétal, des conditions climatiques très favorables à la propagation des incendies de forêt (chaleur et sécheresse estivale accompagnées d'épisodes venteux), des franges urbaines caractérisées par l'imbrication d'espaces habités et d'espaces boisés, et d'habitats diffus présents au cœur des pinèdes (source : Atlas cartographique, « Comprendre l'espace métropolitain », 2016, AGAM).

Etudier l'impact du changement climatique sur le danger de feux de forêt est donc essentiel à la planification et à la bonne gestion du territoire.

L'indice feu météo (IFM) caractérise le **danger météorologique d'incendie**. Plus il est élevé, plus les conditions sont propices aux incendies. Il est calculé uniquement pour les saisons printanières, estivales et automnales. Tout comme l'indice SPI, il s'agit ici des projections pour un seul modèle, et pour les scénarios SRES A1B et A2. On retiendra que le risque d'incendie est faible pour un IFM inférieur à 20, réel au-dessus de cette valeur et très élevé au-dessus de 60. D'après Météo-France, le suivi de cet indicateur sur la période 1958–2008 a montré que le grand Sud-est avait subi une augmentation du risque de feu non seulement en été mais aussi durant le printemps.

D'après le rapport de la mission interministérielle de 2010, intitulé « Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts », **une augmentation de la température moyenne de +1°C mènerait à une hausse de +20% de l'aléa départ de feux**, la température étant la variable la plus importante pour le danger d'incendie.

La métropole AMP présente, pour la période de référence (1989-2008), un nombre annuel de jours avec un IFM>60 (risque d'incendie très élevé) s'élevant déjà entre 20 et 25 pour la région autour de l'étang de Berre, la chaîne de la Fare et Fos sur Mer (Figure 161). La zone de Marseille et du parc des Calanques comprend entre 4 et 7 jours par an d'IFM>60. **Le nombre de jours présentant un risque très élevé va augmenter pour les deux scénarios aux trois horizons futurs sur l'ensemble du territoire**

de la métropole. Il dépasse 20 jours par an sur la région des Calanques à l'horizon proche (2031-2050) et 30 jours aux horizons moyen (2051-2070) et lointain (2081-2100). C'est toujours autour de la zone de Fos que cet indicateur projette d'être le plus élevé, avec un nombre de jours dépassant 50 dès la moitié du siècle pour le scénario A1B, et à la fin du siècle pour les deux scénarios, avec une zone plus étendue dans le cas du A2.

Cette **hausse significative du danger météorologique d'incendie est marquée sur les 3 saisons** et notamment le printemps et l'automne d'après le constat de Météo-France sur **l'allongement de la saison propice aux incendies** avec un début plus tôt au printemps et une fin plus tardive en automne²⁰.

La répartition spatiale des projections de l'IFM sur la France (Figure 162) souligne bien que le sud-est méditerranéen est déjà la région la plus sujette au risque d'incendie sur la période de référence, et que ce risque va s'intensifier au cours du XXI^{ème} siècle sur toute la France avec une augmentation plus intense sur cette même région méditerranéenne, notamment autour de la Métropole Aix Marseille Provence.

²⁰Source : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/impacts-du-changement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques/changement-climatique-et-feux-de-forets>

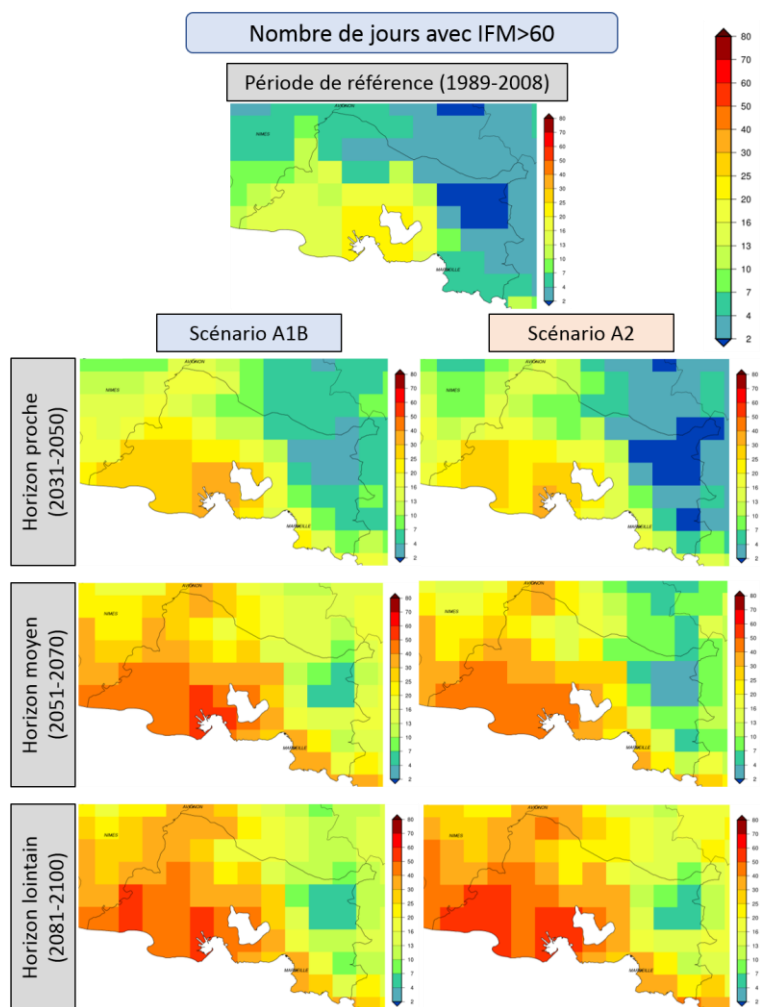


Figure 161 : Cartes du nombre de jours où l'indice feu météorologique est supérieur à 60, correspondant à un danger très élevé. Modèle Arpège de Météo-France. Scénario A1B : concentration moyenne de CO₂. Scénario A2 : forte concentration. Source : Drias

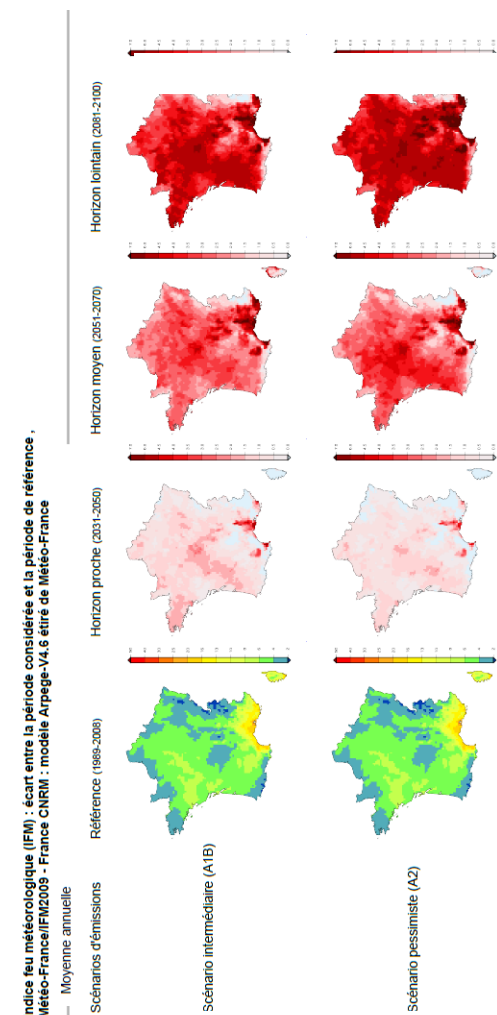


Figure 162 : Cartes de l'évolution de l'indice feu météorologique (IFI) en France selon les scénarios et les horizons temporels, modèle Arpege de Météo-France. Scénario A1B : concentration moyenne de CO₂. Scénario A2 : forte concentration. Source : Drias

6.1.3.2.3 Des aléas de pluies intenses bien présents et dangereux mais sans changement de fréquence projeté pour le futur

Les aléas de pluies intenses associés à des crues éclairs appelées aussi « *flash floods* » sont particulièrement fréquentes en région méditerranéenne, et peuvent mettre en danger les populations très rapidement. Elles ont parfois des conséquences dramatiques du fait notamment de l'imperméabilisation du sol par les infrastructures anthropiques et d'une mauvaise connaissance du risque comme à l'automne 2015 dans la région cannoise.

Concernant la Métropole Aix Marseille Provence, ce type d'évènements est à prendre en considération notamment en ce qui concerne les débordements possibles de rivières ou cours d'eau tels que l'Huveaune par exemple.

Néanmoins, **aucune tendance à la hausse ni à la baisse n'est ressortie** de notre étude des fortes précipitations sur les projections futures fournies par Drias, et aucune tendance ne ressort non plus sur l'évolution des pluies intenses en région méditerranéenne sur la période passée depuis 1958 (Figure 163). Cela n'empêche pas cet aléa météorologique extrême de continuer à avoir des répercussions dangereuses au cours du XXI^{ème} siècle en région méditerranéenne et donc sur le territoire de la métropole dont les conséquences pourraient être accentuées notamment en bordure littorale avec la hausse probable du niveau de la mer.

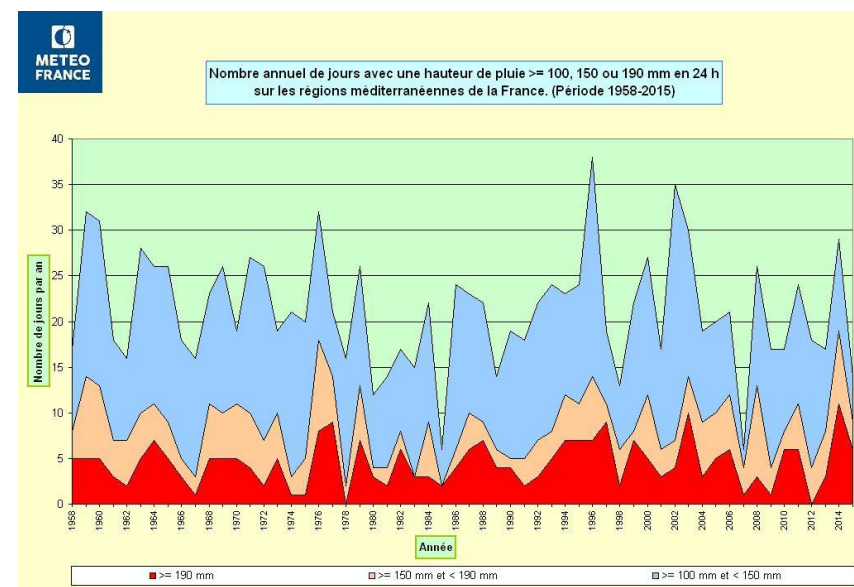


Figure 163 : Nombre de jours de pluies diluviennes en région méditerranée (France) sur la période 1958-2015. Source : Météo-France

Encadré n°3 : Pluies intenses

Les pluies intenses sont des pluies qui apportent une **importante quantité d'eau sur une courte durée**, de l'ordre d'une heure à une journée. En 24 heures, des cumuls de 100mm définissent un seuil critique en région méditerranéenne. Le dépassement de ce seuil peut **provoquer de graves inondations** selon la nature du terrain, mais également des **crues-éclairs ou flash floods dévastatrices**.

Les précipitations intenses peuvent avoir lieu pendant la saison estivale, lorsque la plupart des orages se produisent, mais aussi en automne, saison propice aux fortes précipitations en région méditerranéenne, quand la mer est la plus chaude.

6.1.3.2.4 Les risques possibles de submersion, d'érosion et de hausse du niveau marin pour la métropole

Le littoral est un milieu particulièrement vulnérable au changement climatique et aux aléas météorologiques et climatiques. Bien qu'il soit difficile de modéliser les impacts du changement climatique sur le littoral, la hausse du niveau marin combinée à la modification du régime des tempêtes et des vagues à la côte est susceptible **d'augmenter le risque de submersions marines, d'érosion accrue, d'effondrements rocheux, de retrait du trait de côte et d'accentuation de la salinisation des eaux souterraines littorales.**

La hausse du niveau marin et la fréquence des événements extrêmes sont ainsi des facteurs importants à surveiller pour l'étude des phénomènes de submersion.

Le littoral de la métropole Aix-Marseille Provence est composé de plages protégées de la houle par des pointements rocheux de petites dimensions (Côte Bleue, Calanques). **L'érosion domine sur ces façades avec des vitesses de recul comprises entre 10 et 30 cm par an** (GREC-PACA, 2017).

Encadré n°4 : La hausse du niveau marin due au changement climatique

L'élévation du niveau de la mer est une **conséquence du changement climatique** causée par deux phénomènes physiques principaux : la **dilatation de l'océan** due à son réchauffement (effets stériques) et la **fonte des glaces terrestres** (Antarctique, Groenland et glaciers de montagne) due au réchauffement de la surface de la Terre (effets non stériques).

Le niveau de la mer a gagné **17cm au XX^{ème} siècle** en moyenne et **8 cm entre 1992 et 2015**. D'après la dernière étude de l'Académie Américaine des Sciences publiée en 2018, **la hausse du niveau marin est en accélération et pourrait atteindre plus de 60 cm d'ici 2100.**

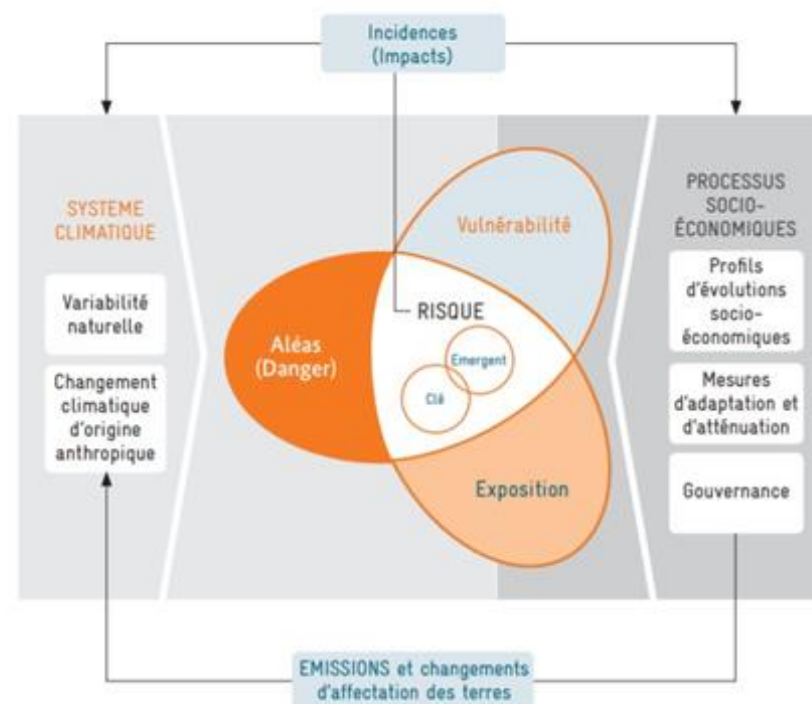
6.2 Diagnostic de vulnérabilité du territoire au changement climatique

Un diagnostic de vulnérabilité permet d'appréhender de manière systémique et intégrée les impacts du changement climatique en cours et à venir sur les écosystèmes naturels et les activités socio-économiques. Étudier les vulnérabilités climatiques du territoire métropolitain c'est d'abord comprendre en quoi ce territoire, sa population, ses activités économiques et ses milieux naturels sont tributaires du climat et notamment des conséquences directes des aléas météorologiques et climatiques extrêmes. C'est ensuite analyser comment les évolutions des différentes variables climatiques (températures, pluie, vent, tant dans les tendances que dans les aléas extrêmes) vont impacter cette interrelation entre territoire et climat.

6.2.1 Méthodologie retenue pour la Métropole Aix-Marseille-Provence

6.2.1.1 La conceptualisation du risque

Notre méthodologie repose sur la conceptualisation du risque (Figure 164) proposée par le 5ème rapport d'évaluation du GIEC (AR5, 2014), afin de réaliser une étude en cohérence avec la normalisation internationale. Le risque lié au climat est la résultante de l'interaction entre des aléas climatiques (les tendances et les événements extrêmes), la vulnérabilité et l'exposition des systèmes anthropiques et naturels. Les changements qui touchent à la fois le système climatique et les processus socio-économiques, y compris l'adaptation et l'atténuation, sont les principales causes des aléas, de l'exposition et de la vulnérabilité.



Source : GTII, AR5, 2014, p.3

Figure 164 : Cadre conceptuel de l'évaluation des risques – AR5 (GIEC, 2014)

Une étape importante consiste à conceptualiser et à comprendre les relations entre les composants du risque.

Un **risque climatique** est la possibilité de conséquences liées au climat (impacts climatiques) pour quelque chose de valeur (= actifs, personnes, écosystème, culture, etc.). L'occurrence potentielle d'un événement ou de tendances physiques liés au climat ou de leur impact physique pouvant entraîner des pertes de vie, des blessures

ou d'autres impacts sur la santé, des dommages et des pertes aux biens, infrastructures, moyens de subsistance, Ressources.

Un **aléa** n'est pas nécessairement un événement météorologique extrême (par exemple une tempête, une inondation), mais peut aussi être une tendance lente (moins d'eau provenant de la fonte des neiges, augmentation de la température moyenne, élévation du niveau de la mer). Les impacts du changement climatique sur les systèmes géophysiques, y compris les inondations, les sécheresses et l'élévation du niveau de la mer, sont appelés impacts physiques.

Une **exposition** est caractérisée par la présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonctions environnementales, de services et de ressources, d'infrastructures ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans des lieux et des environnements susceptibles d'être affectés.

L'exposition est liée à des éléments exposés spécifiques (ou à des éléments à risque), par ex. les personnes, les infrastructures, les écosystèmes.

Le degré d'exposition peut être exprimé en nombres absolus, en densités ou en proportions, etc., des éléments à risque (par exemple, la densité de population dans une zone touchée par la sécheresse).

La **vulnérabilité** est la propension ou prédisposition à être affectée. La vulnérabilité englobe une variété de concepts et d'éléments, notamment la sensibilité ou la vulnérabilité aux dommages et le manque de capacité à faire face et à s'adapter.

La **sensibilité** peut inclure les attributs physiques d'un système (par exemple, matériau de construction des maisons, type de sol dans les champs agricoles), attributs sociaux, économiques et culturels (par exemple, structure par âge, structure des revenus).

La **capacité d'adaptation** fait référence à la capacité des sociétés et des communautés à se préparer et à répondre aux impacts climatiques actuels et futurs.

Enfin, les **impacts** sont les effets sur les systèmes naturels et humains : effets sur les vies, les moyens de subsistance, la santé, les écosystèmes, les économies, les sociétés, les cultures, les services et les infrastructures en raison de l'interaction des changements climatiques ou des événements climatiques dangereux survenant une société ou un système exposé.

6.2.1.2 Étapes méthodologiques

L'analyse des vulnérabilités suit une méthodologie commune clairement identifiée avec :

L'étude des impacts sur le territoire de la métropole d'Aix-Marseille Provence

Afin d'analyser les impacts actuels et futurs, plusieurs étapes successives vont corroborer le choix des secteurs/thématiques très vulnérables au changement climatique au sein du territoire métropolitain :

- Les documents existants sont considérés, et notamment les 5 plans climat des territoires de la métropole, ceux du Pays d'Aix (2014), de Marseille Provence Métropole (2013), pays d'Aubagne et du pays de l'Etoile (2012) de la Région, du Conseil Général des Bouches-du-Rhône (2012), et celui du La compilation de la bibliographie existante sur les territoires permet de faire ressortir les éléments clés à l'échelle complète du territoire métropolitain. Il s'agit en effet de trouver les points d'accroche entre les différents territoires et les « unifier » sur certaines thématiques/secteurs. De cette bibliographie, quelques zooms géographiques stratégiques indispensables pour le territoire métropolitain sont possiblement réalisés en fonction de la synthèse bibliographique réalisée.
- Cette analyse permet notamment de se focaliser sur les secteurs et/ou thématiques où les impacts sont principalement attendus. Une littérature complémentaire est étudiée pour affiner les questions relatives aux caractéristiques des secteurs potentiellement impactés par les changements climatiques, et d'évaluer leur vulnérabilité, notamment au regard des événements passés.
- Se combine ici l'approche thématique (économie, environnement, société) et l'approche territoriale.

Un ensemble d'entretiens permet de confronter cette analyse à la perception des acteurs, et de pouvoir évoquer les biais ou conflits territoriaux repérés dans l'analyse des PCAET.

Ces entretiens sont scindés en deux parties :

Des entretiens avec les services ou les acteurs territoriaux représentant l'ensemble des services pour lesquels la focal est portée sur les événements extrêmes, les vulnérabilités identifiées, et les éléments de chiffrage disponibles.

Puis, en fonction des attentes, incertitudes et besoins qui ont été soulevés lors des entretiens avec les services, des entretiens avec des experts du GREC-PACA sont réalisés pour analyse scientifique quant à la vulnérabilité du territoire métropolitain. Les experts scientifiques sont sollicités pour des analyses et éclairages relatifs aux approches sectorielles prédéfinies : climat (Météo-France, CEREGE-CNRS), agriculture et forêt (INRA), biodiversité (IMBE-CNRS), littoral (MIO-CNRS), transports (UMR Espace-CNRS), économie et tourisme (IRSTEA, GREQAM, ESPACE-DEV), énergie et logement (LPED-IRD, GERES, ALEC, ADEME), etc.

L'évaluation des risques

Comme vu précédemment, le risque est la résultante de plusieurs composantes, aléa, exposition et vulnérabilité. Chacune de ses composantes est évaluée avec une échelle à 4 niveaux de notation (et un niveau complémentaire pour les opportunités), afin de pouvoir estimer un niveau de risque pour chaque impact identifié. La note du risque sera calculée comme une moyenne des composantes aléa, vulnérabilité (moyenne de la capacité d'adaptation et sensibilité), et exposition.

L'échelle de notation utilisée pour cet exercice d'évaluation, allant de 0 à 1, est qualitative et correspond à des éléments d'évaluation des acteurs de chaque secteur, et non à des éléments quantitatifs pour chaque composante.

Une première notation de chaque composante sera basée sur les éléments mis à disposition, les enquêtes et les chiffres métropolitains. Et la matrice pré-notée sera présentée en atelier et ouverte à discussion et réévaluation par les acteurs du territoire métropolitain.

Cette réévaluation permettra de parvenir à une évaluation des risques finalisée qui servira d'entrée aux conclusions sur les points d'attention pour la Métropole Aix-Marseille-Provence.

Aléa	Vulnérabilité		Exposition	Risque	Note utilisée
	Sensibilité	Capacité d'adaptation			
très élevé	très élevée	très faible	très élevée	très élevé	0
élevé	élevée	faible	élevée	élevé	0,25
moyen	moyenne	moyenne	moyenne	moyen	0,5
faible	faible	très forte	faible	faible	0,75
				opportunité	1

Figure 165 : Échelles de notation des composantes du risque

L'analyse monétaire d'une sélection d'impacts

L'analyse monétaire permettra de donner des éclairages (ordres de grandeur) sur le coût d'une sélection d'impacts du changement climatique.

Cette analyse des vulnérabilités du territoire est une vision exploratoire et non-exhaustive, basée notamment sur les conclusions des projections climatiques à l'échelle métropolitaine et sur les retours des acteurs du terrain. Il doit être considéré comme un point de départ et non comme une finalité pour plusieurs raisons :

- Des études, travaux de recherche et schémas sectoriels en cours de développement devraient venir affiner la connaissance de l'exposition et de la sensibilité du territoire aux effets du changement climatique.
- La concertation avec les services de la métropole, notamment le service Transition Énergétique, et autres acteurs du territoire doit être poursuivie afin d'apprécier plus finement les effets identifiés et partager de façon élargie le diagnostic.

Par conséquent, cette étude n'est pas stabilisée et pourra faire l'objet d'approfondissements et de révisions ultérieures. Elle constitue néanmoins une base solide pour engager une réflexion sur les contours d'une stratégie d'adaptation à l'échelle de la métropole Aix-Marseille-Provence.

6.2.2 Une vulnérabilité socio-sanitaire accrue par le changement climatique

La Métropole Aix-Marseille-Provence, située géographiquement au cœur de la zone méditerranéenne, présente des caractéristiques climatiques spécifiques avec notamment des étés très chauds. L'ensemble des modèles climatiques utilisés montre une augmentation des températures indéniable dans le futur, augmentation particulièrement marquée en été, avec notamment une hausse possible de la fréquence des épisodes de vagues de chaleur. Ces fortes chaleurs auront des conséquences socio-sanitaires et économiques sur le territoire métropolitain d'où la nécessité de la mise en place de mesures d'adaptation concrètes.

Les conditions météorologiques et climatiques ont une influence considérable sur notre environnement de vie et notre santé. Le changement climatique associé à la variabilité des événements extrêmes tels que les canicules aggrave les risques sanitaires existants. On connaît les conséquences des événements extrêmes (vagues de chaleur notamment) sur la santé et celles des mutations générales de l'environnement qui pourraient favoriser la survenue de nouvelles maladies, comme par exemple celles transmises par des vecteurs (type moustique). Il existe de nombreuses inégalités face au changement climatique qui appellent à une action renforcée auprès des populations vulnérables : personnes âgées, jeunes enfants, public en situation de précarité ou d'isolement en particulier.

Au-delà de la protection des publics vulnérables, il s'agit aussi de mieux prendre en considération les effets sur le système de santé (canicules, inondations) et la gestion de ces impacts (surveillance, gestion de crise etc.) afin d'assurer une offre de soins continue et de qualité ainsi qu'un système de solidarité efficace dans un climat changeant.

L'augmentation des températures minimales et maximales mais aussi des épisodes de fortes chaleurs induira à moyen terme une augmentation directe des risques de mortalité et morbidité touchant particulièrement les publics les plus vulnérables et isolés (personnes à risque, personnes âgées, etc.). Cela doit constituer un point de vigilance car il existe un taux de précarité important sur la Métropole Aix-Marseille-Provence, bien qu'inégalement réparti (voir Figure 166).

Encadré n°5 : Note stratégique réalisé par l'ORS (Observatoire Régional de la Santé)

L'ORS a réalisé une note stratégique sur le lien entre **changement climatique et santé**, pour le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence.

Ainsi, selon l'ORS, le réchauffement climatique, par les modifications qu'il implique (augmentation des températures, modification des régimes de précipitations, augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements météorologiques extrêmes -EME-...), **aggrave des risques sanitaires existants** qui mettent la santé humaine en danger : sécheresses, inondations, tempêtes, mais aussi pollution atmosphérique, disponibilité et qualité de l'eau et des ressources alimentaires, interactions entre l'environnement naturel et celui construit par l'homme.

Le changement climatique agit donc comme un **multiplicateur des risques** en exacerbant (fréquence, intensité, durée) certains problèmes auxquels les populations sont déjà confrontées et en favorisant l'occurrence simultanée de plusieurs risques. Par ailleurs, il peut générer l'apparition de nouvelles menaces, non observées avant. Par exemple, les zones non encore affectées par la prolifération d'algues ou par certaines maladies hydriques car la température de l'eau est encore trop froide, pourraient être affectées par ces problèmes.

Les principaux effets sur la santé du changement climatique sont :

- **Des effets sanitaires directs du réchauffement du climat** : ce sont les effets directement constatables sur la santé des populations, notamment suite à un événement météorologique extrême (ex : décès liés aux pics de chaleur, brûlures et décès dus aux intoxications au monoxyde de carbone liés aux feux de forêts, blessures et décès liés aux inondations lors de précipitations extrêmes, effets néfastes de l'exposition au rayonnement solaire, traumatismes psychiques et sociaux liés à ces événements extrêmes...).
- **Des effets sanitaires indirects du réchauffement du climat** : ce sont les effets sur la santé qui interviennent par l'intermédiaire des systèmes naturels et notamment de leur dégradation (ex : décès par maladies cardiovasculaires et respiratoires liés à la pollution atmosphérique de particules fines et d'ozone, aggravation des risques d'allergies respiratoires notamment liées aux pollens, extension des maladies vectorielles telles que la dengue ou le chikungunya...).

6.2.2.1 Une population métropolitaine déjà vulnérable

Selon l'ORS, les impacts du changement climatique sur la santé touchent toutes les communautés dans le monde. Mais certaines populations, du fait de leurs vulnérabilités, sont et seront les plus affectées par ces impacts, qui pourront s'accumuler et s'enchaîner en cascade : **le réchauffement climatique exacerbe les inégalités sociales, économiques, démographiques et environnementales.**

Ainsi, du fait de facteurs de **vulnérabilité structurelle** et de **vulnérabilité individuelle**, les risques d'effets sanitaires du changement climatique sont variables selon les personnes et sont aggravés pour certaines populations qui sont généralement plus exposées et dont l'état de santé est moins bon que d'autres :

- **Facteurs de vulnérabilité structurelle** : ils recouvrent par exemple l'environnement construit et le cadre de vie, la qualité et l'accessibilité des infrastructures, l'organisation et la disponibilité des soins... Ces facteurs sont autant de cibles d'intervention et de leviers potentiels d'action pour les pouvoirs publics, puisqu'ils affectent les modalités, la fréquence et l'intensité des expositions des populations aux impacts notamment sanitaires du changement climatique et influent sur la capacité d'adaptation des populations à ces impacts.

- **Facteurs de vulnérabilité individuelle** : ils recouvrent tout élément ou situation jouant sur la sensibilité de chaque individu face aux impacts sanitaires du changement climatique, tels que l'âge, la situation sociale ou économique, ou encore l'état de santé initial. Par exemple, la vulnérabilité est plus importante pour les personnes disposant de faibles revenus, pour les enfants, les femmes enceintes, les personnes âgées, les personnes en situation de handicap et les personnes dépendantes, pour les travailleurs en emploi précaire ou présentant des conditions d'exercice avec un risque pour la santé, pour les personnes souffrant de maladies chroniques, ou encore pour les migrants.

Certaines populations concentrent plusieurs facteurs de vulnérabilité, structurelle ou individuelle : c'est notamment le cas des populations en situation de précarité au sein des grands centres urbains.

Sur le plan structurel, le territoire métropolitain présente en effet des facteurs de vulnérabilité aux impacts du changement climatique comme la forte artificialisation des sols (favorise la concentration de chaleur et limite le ruissellement des eaux), la prédominance de la voiture dans les déplacements (pollution atmosphérique), ou encore la forte présence d'espèces végétales aux pollens allergisants.

Concernant les facteurs de vulnérabilité individuelle, le territoire abrite des populations aux revenus bas, qui sont souvent concentrés dans des îlots urbains à proximité d'axes de transports émetteurs de nuisances, et dont les conditions de logement et le cadre de vie sont généralement moins favorables que pour les populations plus aisées ; également, on constate sur la Métropole comme à échelle plus large une accélération du vieillissement de la population et un accroissement de la fréquence des maladies chroniques.

Le réchauffement climatique conduira donc à une dégradation de la qualité de vie de ces populations vulnérables plus intense que celle des autres populations, aggravant les inégalités et augmentant les risques de tension sociale.

La carte présentée ci-dessous indique la répartition territoriale au sein de la Métropole Aix-Marseille-Provence de l'indice de fragilité de la population (indice socio-économique spécifique à la Métropole Aix Marseille Provence, développé par l'AGAM), construit à partir de 10 variables²¹ (parmi lesquels chômage, revenus fiscaux, emplois précaires, aides sociales, ou encore conditions de logement) permettant de synthétiser la précarité. Une valeur au-dessus de 10 de cet indice indique un niveau de précarité de la population plus élevé que la moyenne nationale.

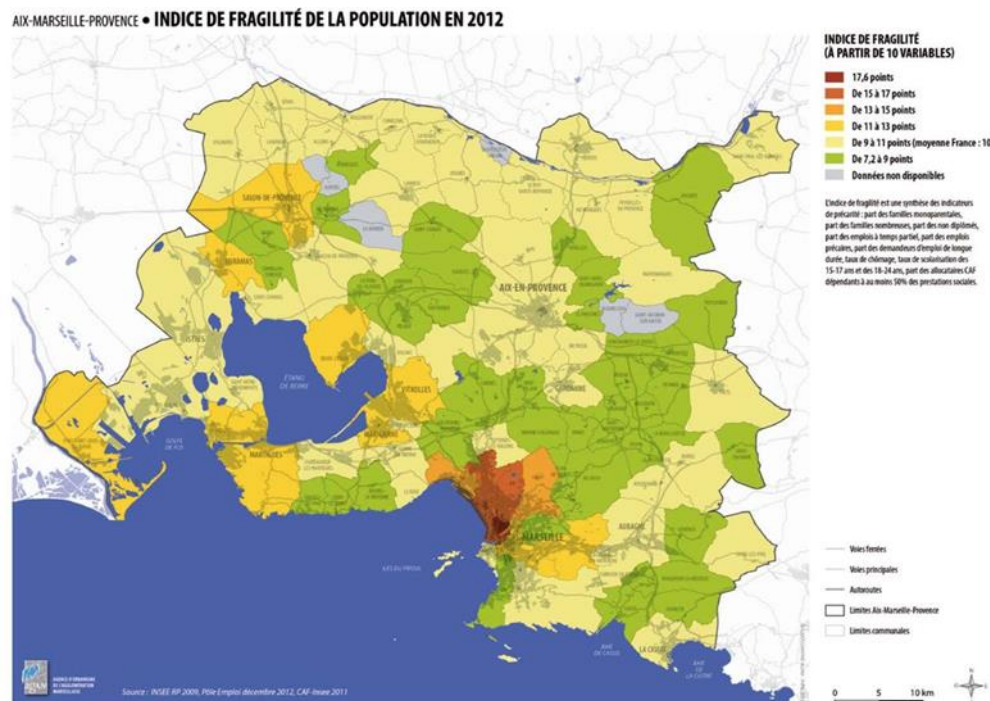


Figure 166 : Indice de fragilité de la population en 2012 de la Métropole Aix-Marseille-Provence. Source de la carte : AGAM (Atlas)

Ainsi, on remarque que les zones les plus fragiles sont les arrondissements du nord de Marseille, notamment le 3ème, puis certaines communes autour de l'étang de Berre. A l'opposé, les zones de Cassis, Gémenos, les 8ème et 12ème arrondissements de Marseille, Septèmes-les-Vallons, le Massif de l'étoile, une partie de la chaîne de la Fare-les-Oliviers et du bassin de la Touloubre sont moins précaires que la moyenne nationale.

Le nombre de personnes exposées a tendance à croître, localement au sein de la Métropole comme au niveau national, ainsi que cela a été mentionné plus haut : accroissement de la précarité et du nombre de personnes vivant seules, vieillissement de la population, alors que l'on sait que les épisodes caniculaires se multiplieront dans les décennies à venir (nombre de jours de vague de chaleur annuel en forte hausse de plus de 10 à 20 jours pour l'horizon moyen 2046-2065)²².

La mortalité prématurée (avant 65 ans) assez élevée reflète à la fois une concentration des personnes en précarité dans les cœurs urbains et les inégalités sociales.

6.2.2.2 Un système de santé métropolitain globalement sensible aux évolutions climatiques

L'offre de soins et de lieux d'accueil de la Métropole Aix-Marseille-Provence est conséquente, notamment en ce qui concerne les soins primaires mais la couverture géographique de la métropole (Figure 167) est assez inégale.

Certaines catégories socio-professionnelles accusent un déficit dans l'accès aux soins : personnes en précarité, isolées, âgées. Les barrières financières d'accès aux soins persistent, dues à des phénomènes de complexité, rupture des droits, méconnaissance, mais aussi à certaines tarifications (prothèses, etc.).

²¹ Source : Fragilité socio-économique, un indice pour mesurer la précarité, AGAM, octobre 2017

²² Cahier climat et aléas météorologiques, TEC, 2018

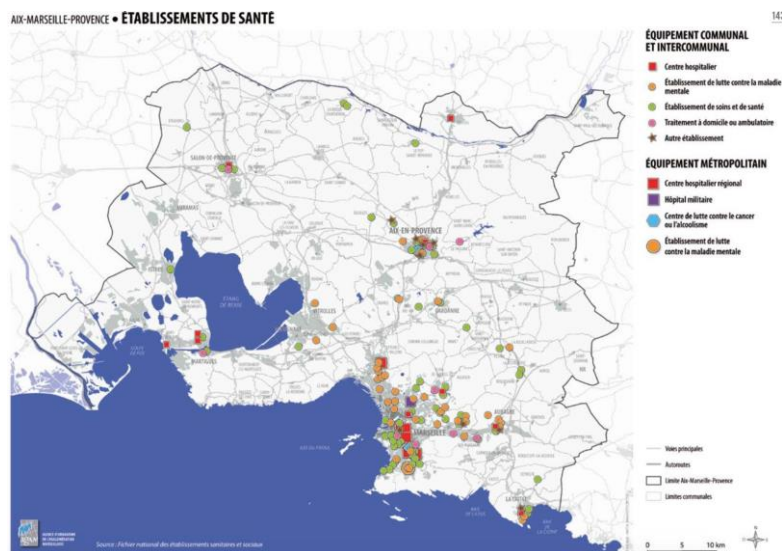


Figure 167 : Les établissements de santé de la métropole Aix-Marseille-Provence, 2016. Source: AGAM (Atlas métropolitain)

Les établissements accueillant des publics sensibles (hôpitaux, cliniques, maisons de retraite notamment) sont particulièrement concernés par les enjeux liés au renforcement des épisodes caniculaires, épisodes qui pourraient accroître l'inconfort thermique des populations déjà en situation de vulnérabilité. Le recours à la climatisation, certes bénéfique pour les populations aurait cependant des effets contre-productifs en matière de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre et contribuerait alors à augmenter le phénomène d'îlot de chaleur urbain. La gestion du confort d'été dans les établissements de santé semble être une priorité en matière d'adaptation.

Un système de santé vulnérable aux inondations

En dépit des incertitudes entourant l'évolution des inondations les plus extrêmes, le système de soin présente une sensibilité au risque d'inondation. En effet, quatre conditions sont nécessaires pour qu'un établissement de soin puisse fonctionner : être approvisionné en électricité et en eau potable, être chauffé et être accessible par la route. Une crue majeure de type millénale pourrait ainsi affecter le bon fonctionnement des établissements (rupture d'électricité notamment), l'accessibilité

des infrastructures hospitalières (l'ensemble des établissements de la vallée de l'Huveaune). De plus, l'évacuation des établissements inondés serait difficile à réaliser.

6.2.2.3 Des risques sanitaires accentués par les conditions environnementales

6.2.2.3.1 Des évolutions climatiques favorables aux maladies infectieuses

Certains risques tels que les **maladies infectieuses** doivent tout autant constituer des **points de vigilance**. La forte spécificité du territoire en termes d'échanges (tourisme, activité portuaire, migration de populations) pourrait favoriser les migrations de vecteurs et les germes pathogènes des maladies infectieuses importées qui trouveraient de nouvelles conditions favorables à leur installation comme le moustique tigre en milieu urbain.

Enfin, **l'augmentation des fortes chaleurs** pourrait engendrer des conséquences sanitaires indirectes en lien avec la dégradation de la qualité de l'eau et de la chaîne du froid. Une élévation de la température de l'eau peut favoriser le développement de bactéries ou d'algues responsables d'intoxication alimentaire et les vagues de chaleurs pourraient causer des défaillances des systèmes de froid industriel. Les populations les plus isolées sont particulièrement vulnérables. L'augmentation des températures aura également pour effet **un usage potentiellement plus intensif de la climatisation**, provoquant un risque accru de développement de **maladies infectieuses** comme la légionellose. Tous ces éléments se rapportant à la santé pourront alors peser dans une augmentation du coût global de la santé publique.

Les **extrêmes de chaleur** doivent également inciter à la vigilance sur la condition de la gestion courante des derniers maillons de la chaîne alimentaire (chaîne du froid et contamination microbienne) notamment quand les produits sont distribués et/ ou consommés en plein air. Ce dernier enjeu relève largement d'une gestion au niveau local.

6.2.2.3.2 Des phénomènes allergiques accentués

Le changement climatique et la hausse des températures ont également des effets sur la flore : ils peuvent être à l'origine de floraisons plus abondantes, et d'une augmentation de la production de pollen. Les pollens de bouleau et d'ambrosie, connus comme étant les plus virulents, sont notamment concernés. De plus, les effets allergènes des pollens sont renforcés par la pollution de l'air.

En région Sud, les plantes allergènes viennent principalement des espèces suivantes : cyprès, chênes, olivier et frênes et platanes pour les arbres et ambrosies, graminées,

pariétaires pour les herbacées. Parmi ces espèces, les cyprès, oliviers et frênes, ambrosies, graminées et pariétaires ont un potentiel allergisant fort.

Les phénomènes allergiques sont ainsi amenés à être favorisés sur l'ensemble du territoire.

6.2.2.3.3 Des maladies hydriques peu impactées grâce à la ressource en eau

La disponibilité future de la ressource en eau et la politique de priorisation de l'usage domestique de l'eau devraient permettre d'assurer la distribution suffisante d'une eau de qualité, sous réserve de mesures de gestion appropriées. La protection du réseau de distribution (développement du réseau enterré) devrait limiter les risques de contamination. Les maladies hydriques présentes dans le passé du territoire métropolitain (Marseille ayant connu des épisodes marquants de maladies hydriques dans son passé, et avant la construction du canal de Provence) ne devraient ainsi pas ou peu être impactées par le changement climatique.

6.2.2.4 Une dégradation marquée du confort thermique en été

« En période de canicule, il subsiste une difficulté de trouver la bonne échelle d'alerte, utiliser le médecin de quartier ou la mairie ? Les relais les plus efficaces sont à trouver. »

ASEF

Un risque d'amplification de l'îlot de chaleur urbain et de l'inconfort dans les bâtiments

Au sein d'un territoire très urbanisé, l'effet d'îlot de chaleur urbain pose de nombreuses questions de confort thermique. Son évolution, face à l'augmentation des vagues de chaleur, sera conditionné par l'évolution positive ou négative de **l'aménagement des espaces urbains** (rapport entre surfaces minérales et espaces verts, densité du bâti, morphologie urbaine) et du cadre du bâti (qualité de l'isolation et des matériaux, etc.).

Une prise en compte du changement climatique dans les politiques du logement et du bâti en général est urgente pour **éviter une adaptation réactive** (exemple : hausse de la climatisation) susceptible d'avoir des répercussions négatives sur les objectifs d'atténuation et ne ferait, à terme, qu'accentuer le problème.

« Une étude sur la consommation énergétique montre une forte augmentation de la demande en rafraîchissement pour les bureaux. Dans le secteur de l'habitat, on bascule brutalement dans la climatisation. »

CEREMA Méditerranée

« Des mauvaises habitudes subsistent. Ainsi, en Métropole, les nouvelles routes noires absorbent la chaleur avec l'effet albédo et continuent à accentuer l'inconfort thermique. »

ASEF

6.2.2.5 Santé et pollution de l'air

Il faut s'attendre à ce que les problèmes en lien avec la qualité de l'air s'amplifient sur un territoire où la voiture individuelle est prépondérante, l'activité industrielle très présente et où les alertes à l'ozone sont fréquentes en été. Sur le territoire de la métropole, les zones qui contribuent le plus à l'émission de polluants sont les grands axes routiers, les grandes zones urbanisées et les pôles industriels.

6.2.2.5.1 Un lien entre climat et pollution de l'air avéré mais difficile à évaluer

La compréhension de la façon dont le changement climatique peut affecter la qualité de l'air est incomplète, cependant certaines conséquences potentielles sont déjà identifiées :

- L'augmentation des températures peut dégrader la qualité de l'air dans les villes particulièrement,
- Des changements dans la circulation des masses d'air peuvent affecter la concentration de polluants.

6.2.2.5.2 Les modes de vie transformés

En lien avec ces problématiques de pollution de l'air, il réside un fort enjeu en termes de transformation des modes de vie (rompre avec l'utilisation systématique de son véhicule personnel, recourir aux **circulations douces** pour les petits trajets, pratiquer le co-voiturage au quotidien, etc.) et de **développement efficace des transports en commun** (cars en site propre, réseaux interconnectés, plateformes multimodales,

politiques de stationnement résidentiel incitatives, etc.), déjà identifiés dans certains documents stratégiques.

La **qualité de l'air intérieur** est également un enjeu fort, et des politiques sont mises en place en faveur de techniques et de matériaux moins polluants dans les bâtiments. Le suivi de la qualité de l'air dans les établissements recevant du public comme les écoles et les crèches est un élément important, et la sensibilisation des personnels sur les bons gestes comme l'aération doit être développée afin d'éviter les risques sanitaires induits.

Au niveau de la Métropole, la vulnérabilité liée à la pollution de l'air vis à vis du changement climatique est géographiquement liée aux centres urbains.

Les risques socio-sanitaires de la Métropole proviennent essentiellement de la hausse des températures qui, liée à d'autres facteurs aggravant comme la pollution de l'air, sont susceptibles d'accroître la vulnérabilité des métropolitains.

La saison estivale sera la plus touchée dans la Métropole Aix-Marseille-Provence, avec une augmentation prévue par un ensemble de projections de +1,8°C à +2,5°C à l'horizon moyen, et une augmentation de 7 jours d'été selon le scénario intermédiaire. Une fréquence plus élevée de nuits tropicales (doublée à l'horizon proche) et de vagues de chaleur (+4 à +9 jours à l'horizon moyen) est attendue. La surmortalité estivale en cas de canicule semble ainsi présenter, avec l'augmentation des maladies en lien avec la pollution de l'air, le risque le plus difficile à gérer pour le territoire.

Ces impacts sont accentués en milieu urbain, et ce sont généralement les milieux où l'on trouve les populations les plus vulnérables (Figure 169) selon les critères socio-économiques. Les maladies infectieuses, accentuées par l'usage de climatiseurs, sont également situées essentiellement en milieu urbain, alors que l'on s'attend à une augmentation d'environ 50% des degrés-jours de climatisation.

L'ensemble de la population métropolitaine devrait aussi être concerné par l'intensification des phénomènes allergiques et potentiellement touché par les maladies vectorielles véhiculées par les moustiques. Ce risque sera notamment aggravé par la prolongation de la période estivale sur l'automne (deuxième hausse saisonnière des températures la plus forte après l'été avec une augmentation attendue de +1,5°C à +2,4°C à l'horizon moyen).

Par leur capacité d'adaptation très réduite et leur exposition généralisée sur le territoire, les risques socio-sanitaires sont parmi les plus critiques à l'échelle métropolitaine.

6.2.2.6 Synthèse des risques socio-sanitaires

Impacts - santé	Type d'été	Aléa	Sensibilité	Capacité d'adaptation	Exposition	Risque	Spécificité métropolitaine
Surmortalité estivale	canicule						accentuée en zone urbaine et bâti non bioclimatique
Accroissement des maladies liées à l'inconfort thermique	hausse des températures						
Augmentation des maladies en lien avec la pollution de l'air (ozone et polluants liés à la climatisation)	pic de pollution						Ozone régionalisé
Augmentation de l'intensité des phénomènes allergiques	modification des floraisons						
Développement de maladies hydriques et vectorielles	sécheresse						Pont de vigilance
Domage au système de santé (inondations, confort thermique)	inondation, sécheresses						En zone inondable (vallée de l'Huveaune)

Impacts - logement	Type d'été	Aléa	Sensibilité	Capacité d'adaptation	Exposition	Risque	Spécificité métropolitaine
Hausse de l'inconfort thermique du logement	canicule						
Domages sur bâtiments (événements extrêmes)	retrait/gonflement argiles						

Figure 168 : évaluation des composantes des risques socio-sanitaires métropolitains

Les principaux impacts au niveau de la santé

-  **Surmortalité estivale (inconfort thermique)**
 -  **Augmentation de l'intensité des phénomènes allergiques**
 -  **Augmentation des maladies en lien avec pollution de l'air et développement de maladies infectieuses en milieux urbains**
 -  **Perturbation du système de santé due aux inondations**
-
-  **Zones de fragilité particulière (indice AGAM de fragilité de la population > 11 point)**

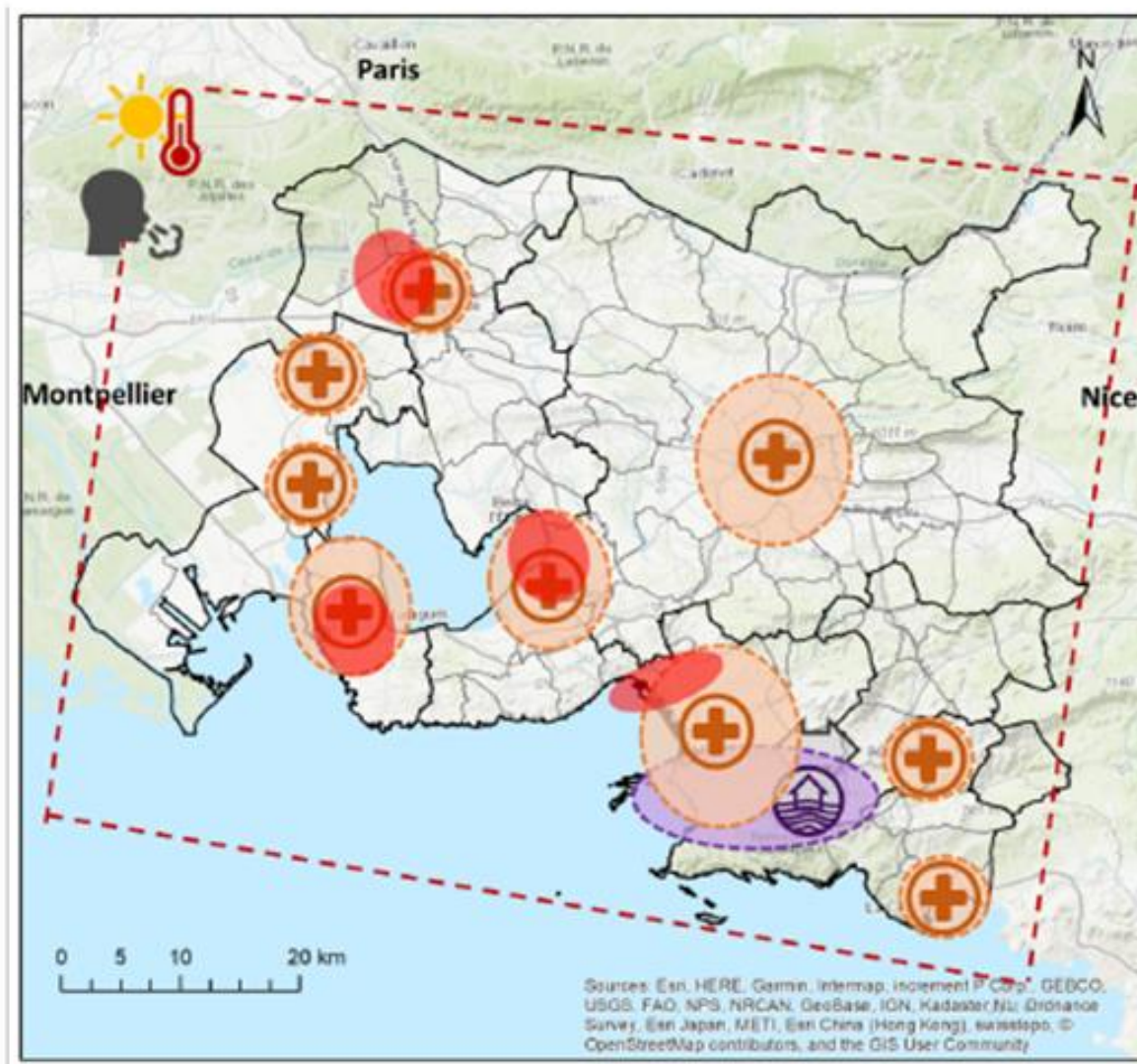


Figure 169 : Schéma cartographique des principaux impacts au niveau de la santé

6.2.3 Vulnérabilité environnementale : une métropole aux multiples facettes fragilisées par le changement climatique

Les changements climatiques affecteront directement les milieux naturels de la Métropole Aix-Marseille-Provence. D'une part, ces milieux connaissent déjà un équilibre précaire ou sont parfois entretenus indirectement par les activités humaines (l'irrigation par exemple, permet d'assurer une certaine disponibilité en eau). Aussi, toute perturbation climatique aura nécessairement des conséquences sensibles sur ces écosystèmes fragiles et déjà menacés.

D'autre part, l'image et l'attractivité de la Métropole Aix-Marseille-Provence sont très liées à ses milieux naturels : tourisme et loisirs, cadre de vie, agriculture, etc. Ces espaces sont à la fois source d'identité et supports d'activités économiques pour le territoire. Enfin, les milieux naturels jouent d'autres rôles essentiels à l'équilibre du territoire, à travers la régulation du ruissellement, le maintien d'une certaine hygrométrie des sols ou l'absorption des pollutions d'origines humaines notamment. Au regard des services fournis par les écosystèmes, les enjeux de conservation et de développement de la biodiversité revêtent un caractère primordial.

6.2.3.1 Des milieux menacés par les évolutions climatiques

Les tendances climatiques vont dans le sens d'une plus grande aridité, d'une hausse des températures moyennes et extrêmes ce qui aura des conséquences très concrètes en termes de modification des paysages du fait de la dégradation des milieux naturels, dont plusieurs sont déjà observables. Le changement climatique n'est d'ailleurs souvent qu'un accélérateur de phénomènes déjà à l'œuvre :

- Le premier d'entre eux est l'accentuation du risque incendie de par la sécheresse qui ira croissant et par l'augmentation des fortes températures. Les incendies constituent un phénomène bien connu et appréhendé sur le territoire et il fait déjà l'objet d'efforts importants en termes de prévention mais il faudra sans doute prévoir un allongement de la période de vigilance extrême ;
- Le risque de dépérissement d'écosystèmes terrestres et marins du fait de conditions de développement dégradées pour les espèces végétales ;

- Le développement des plantes invasives et l'augmentation de la présence des organismes ravageurs en raison des perturbations des équilibres existants entre les différentes espèces, entraînant le surdéveloppement de certaines ;
- Le renforcement des pollutions du fait de la baisse des ressources en eau. Les pollutions, déjà constatées sur la majorité des zones humides, entraînent l'eutrophisation des milieux aquatiques. C'est un phénomène déjà à l'œuvre notamment dans l'étang de Berre ;
- Une pression accrue des remontées salines sous l'effet conjugué de la baisse des débits des fleuves et de la remontée du niveau de la mer. En 2011, les riziculteurs de Camargue ont constaté ce phénomène qui menace leur production ;
- Le déplacement voire les migrations d'espèces végétales et animales pour retrouver des conditions de vie optimales. Plusieurs études mettent déjà en évidence des déplacements d'espèces notamment d'arbres comme le chêne vert mais aussi l'olivier ou le pin parasol. Par ailleurs, plusieurs diagnostics réalisés dans le cadre d'Agenda 21 locaux, par des structures de gestion forestière ou des organismes de recherche tels le CEMAGREF, mentionnent déjà des signes de mauvaise santé des peuplements forestiers (donc moins résistants aux attaques parasitaires) ;
- L'apparition ou l'augmentation de populations de moustiques et autres vecteurs
- Une menace sur les espaces naturels littoraux sous l'action combinée de la remontée du niveau de la mer et de l'érosion littorale.

« On observe un plus grand nombre de jours propices au développement de l'incendie, associé à un allongement de la saison météo à risque. La saison météo à risque est en train d'évoluer de juillet-août à début juin-fin septembre. L'ensemble de la végétation est sèche, il y a plus de matériel mort, ce qui augmente la combustibilité. »

IRSTEA

6.2.3.2 Biodiversité terrestre et marine

Un territoire écologiquement riche à protéger

Une des spécificités du territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence réside dans son grand nombre d'espaces naturels et dans leur étendue (bien que de nombreuses discontinuités apparaissent dues à l'extension de l'urbanisation), ainsi que dans la présence d'une façade littorale (Figure 170). La métropole comprend ainsi 26 unités paysagères différentes dont certains sites sont de renommée mondiale et constitue un haut lieu de biodiversité, qui se doit d'être protégé (Figure 171). Les actions du Conservatoire du littoral, du Parc National des Calanques ou du parc marin de la Côte Bleue sont des exemples de protection et de valorisation des milieux naturels et de sauvegarde de la biodiversité sur le territoire métropolitain.

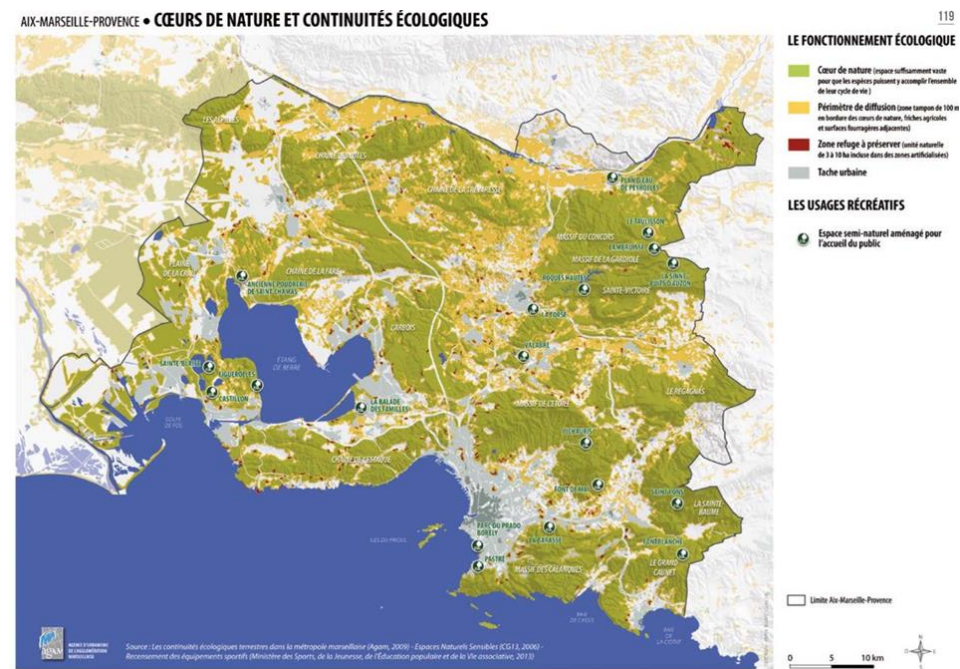


Figure 170 : Cœur de nature et continuités écologiques. Source : AGAM (Atlas).

Des impacts majeurs sur la faune et la flore existantes

Le changement climatique a été identifié comme l'une des 6 pressions majeures sur la biodiversité, sur la base du modèle HIPPO(C)²³ qui distingue les pressions suivantes :

- H – Habitats : destruction ou dégradation des écosystèmes semi-naturels ;
- I – Invasives : propagation d'espèces nuisibles à la biodiversité ;

²³ <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/fr/thematiques/biodiversite-foret>

épargnées : en 2016 et 2017, des milliers d'hectares de garrigues se sont desséchées le long de la côte, avec des taux de mortalité allant de 20 à 90 % suivant les sites et les espèces. Même lorsque les arbres ou leurs branches ne meurent pas, le stress se traduit par des modifications architecturales majeures : le nombre annuel de ramifications de ces branches diminue fortement ainsi que le nombre et la taille des feuilles ou d'aiguilles. Le couvert s'éclaircit significativement.

Le réchauffement du climat peut également favoriser l'implantation de parasites alors inconnus, dégradant un certain nombre d'écosystèmes. La sensibilité des arbres à certains parasites peut augmenter en situation de stress hydrique (sécheresses estivales).

Un développement des espèces invasives

Le réchauffement favorise également le développement d'espèces végétales invasives non natives, plus adaptables, augmentant ainsi leur pression sur les écosystèmes. En effet, d'après Charles Davis du Department of Organismic and Evolutionary Biology de l'Université de Harvard, "Nos recherches suggèrent de manière assez décisive que les espèces non natives et invasives ont été les gagnantes du changement climatique".

L'invasion du moustique tigre, vecteur de virus dangereux, est également favorisée par la hausse des températures, car elle provoque l'extension de son aire de répartition et accélère les cycles viraux de ses agents pathogènes. Déjà installé dans le sud de la France depuis plusieurs années et en constante propagation, celui-ci risque de continuer à proliférer au XXI^{ème} siècle, et la transmission de maladies, bien que très peu observée à l'heure actuelle, est susceptible d'augmenter, comme le Chikungunya, illustré dans la figure ci-après.

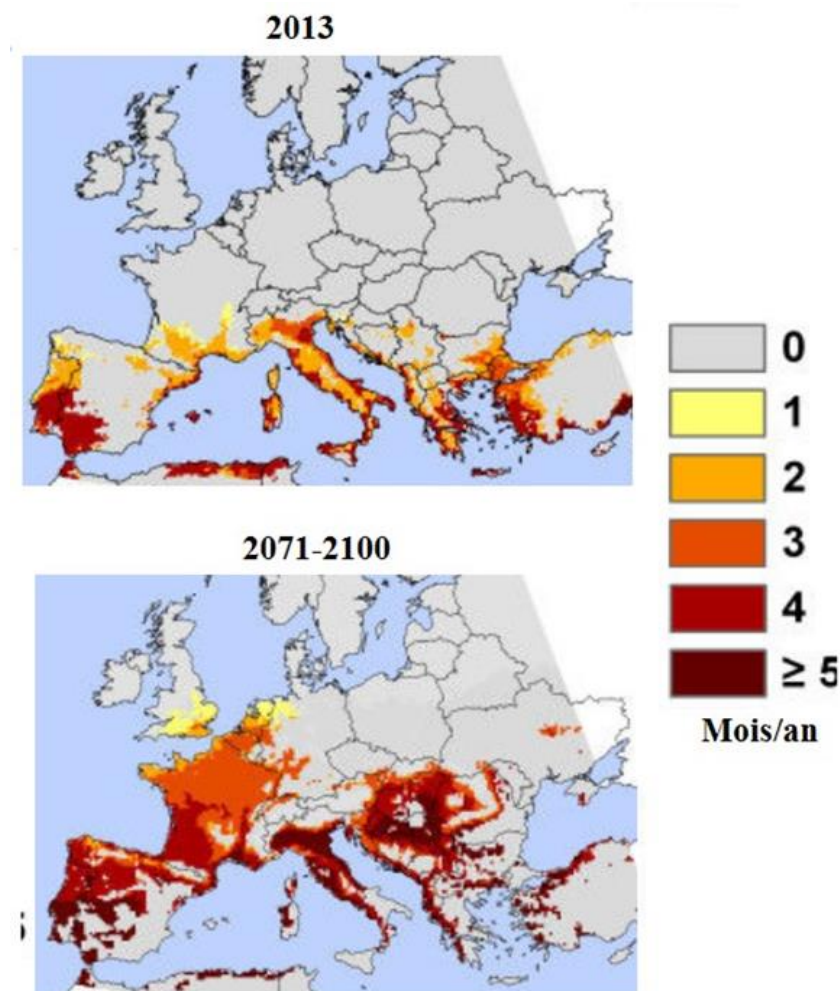


Figure 172 : évolution du nombre de mois par an de risque de transmission du Chikungunya en 2071-2100 pour une élévation de température mondiale de 2,8°C par rapport à 1980-1999, source : Fischer et al., 2013

Dans l'article « Changement climatique et forêt méditerranéenne : Quels impacts actuels et futurs sur la grande faune ? », Michel Venetier note également que l'on constate une prolifération de maladies et insectes : profitant des automnes et printemps très chauds en conjonction avec les périodes pluvieuses, et de l'affaiblissement des végétaux, certains champignons pathogènes deviennent épidémiques (le Sphaeropsis et Crumenulopsis par exemple sur les résineux, ou Oidium sur les régénérations de chêne).

La chenille processionnaire des pins est très représentative de la progression spatiale d'un parasite avec le réchauffement climatique : en quelques dizaines d'années, elle a gagné plusieurs centaines de mètres en altitude, plusieurs centaines de kilomètres vers le nord, et sa dernière prolifération dans le sud-est de la France a battu des records de nombre de nids et d'intensité d'attaques.

Dans un contexte de changement climatique, l'aspect biodiversité est grandement couplé au climat et devient privilégié dans les politiques urbaines. En effet, de nombreuses solutions reposent sur la nature pour les stratégies d'adaptation des villes au changement climatique (techniques de rafraîchissement par végétalisation pour lutter contre les fortes chaleurs). D'autre part, la végétation est souvent un outil pour la mesure de la qualité de l'air, donc essentiel en milieux urbains.

Les écosystèmes forestiers lourdement menacés par le risque incendie

Dans son article, Michel Venetier explique que le risque d'incendie se développe rapidement dans les régions méditerranéennes, avec la conjonction de nombreux facteurs liés aux changements climatiques et territoriaux : (a) allongement des périodes de sécheresses et augmentation de leur fréquence et de leur intensité ; (b) production régulière de grandes quantités de biomasse morte, très inflammable et combustible, lors de ces sécheresses intenses ; (c) accumulation de biomasse dans les milieux naturels peu entretenus et création de continuités spatiales de ce combustible à grande échelle ; (d) multiplication des interfaces entre les zones urbaines ou d'activités humaines et les milieux naturels, d'où partent la majorité des incendies.

Selon lui, la combinaison d'incendies fréquents et de sécheresses répétées est hautement probable dans le futur. L'étude des effets de cette combinaison (VENNETIER et al. 2008), montre que l'on s'acheminerait vers un seuil critique de dégradation des écosystèmes forestiers. Cette dégradation serait irréversible à moyen terme après une série rapprochée d'incendies, ou avec la conjonction d'un feu et

d'une série de sécheresses consécutives, comme celles qui se sont enchaînées de 2003 à 2007 en Provence.

La Métropole Aix-Marseille-Provence est une zone particulièrement touchée par le risque d'incendie sur la période estivale. Le risque incendie est l'un des risques les plus importants sur ce territoire, du fait de la forte proportion d'espaces naturels, de la très forte inflammabilité du couvert végétal, des conditions climatiques très favorables à la propagation des incendies de forêt (chaleur et sécheresse estivales accompagnées d'épisodes venteux) et d'habitations proches des espaces boisés. Ce risque est estimé à la hausse sur l'ensemble du territoire au XXI^{ème} siècle, y compris pour les saisons printanières et automnales.

Le risque incendie entraîne une fermeture fréquente des parcs en haute saison. Or l'accès au parc national des Calanques garantit l'accès aux plages. Ainsi, la fermeture du parc prive la population d'une source de rafraîchissement, qui devient une solution naturelle inévitable lors des périodes de canicules estivales.

D'autre part, les écosystèmes forestiers ont une forte probabilité d'être dégradés face au changement climatique. Les incendies de forêt détruisent une partie de la végétation, mais de manière générale l'aridification, l'augmentation des températures, et les sécheresses répétées vont intensifier le stress estival qui pourrait venir bouleverser la vitalité des écosystèmes, et à terme leur biodiversité. Les sécheresses peuvent par exemple provoquer l'arrêt anticipé de la croissance des arbres pour l'année en cours et avoir des répercussions sur les années suivantes.

La biodiversité marine vulnérable aux espèces invasives

La zone côtière métropolitaine d'Aix-Marseille concentre une grande part de la biodiversité marine. La présence d'espèces exotiques communes dans le bassin Est de la Méditerranée, est désormais avérée dans les eaux côtières de la Métropole (avec le poisson-lapin et le poisson-flûte qui sont des compétiteurs pour la ressource). L'installation d'espèces invasives est favorisée par l'augmentation de la température de l'eau, et certaines autres espèces peuvent le devenir.

En Méditerranée, la hausse des températures de la mer ainsi que la surpêche du thon rouge et la disparition des tortues marines, principaux prédateurs des méduses, sont les causes principales des pullulations de méduses, néfastes pour l'Homme, et diminuant ainsi sensiblement l'attractivité des plages et entraînant la baisse locale des

prises de pêche. Avec la persistance du réchauffement climatique, il est très probable que les populations de méduses continuent d'augmenter.

Sensibilisation des populations au respect des ressources littorales et actions politiques sont nécessaires pour la protection et la conservation de ces ressources et des écosystèmes côtiers.

Des problèmes socio-économiques provenant des risques sur la biodiversité

Ces impacts sur la biodiversité terrestre et marine pourront soulever des problèmes économiques et humains :

- Dégradation de l'attractivité du territoire pour le tourisme. A titre d'illustration, les activités de pleine nature (randonnée, escalade, plongée...) et la fréquentation des espaces naturels et des plages sont très appréciées des touristes ;
- Modification et probable diminution des ressources halieutiques pour la pêche ;
- Dégradation possible des services écosystémiques ;
- Résurgences possibles de maladies vectorielles notamment via les moustiques.

6.2.3.3 Ressources en eau

Indispensable à la vie, aux écosystèmes, à l'agriculture et autres activités économiques (loisirs, énergie, etc.), la ressource en eau subit déjà des pressions importantes qui devraient être accentuées par le changement climatique. Si les bilans hydriques sont globalement à l'équilibre sur le territoire, ce constat masque des fluctuations saisonnières et déjà actuellement des risques chroniques de pénuries estivales. La situation de la Métropole Aix-Marseille-Provence vis-à-vis de la ressource en eau est particulière puisqu'une large part de la ressource est importée via les canaux. Les impacts du changement climatique sur la ressource en eau du territoire devront donc être complétés avec une vision de ce qui pourrait se passer sur des cours d'eau comme la Durance.

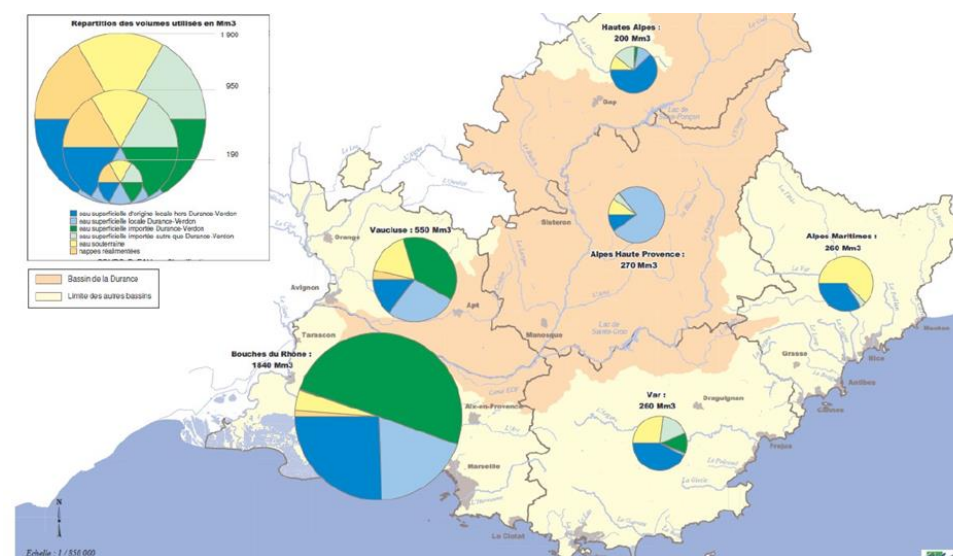


Figure 173 : Volumes annuels totaux d'eaux (hors golf, neige de culture et hydroélectricité) par département en région SUD PACA par origine de la ressource, Source : Biocarthage

L'aggravation des sécheresses pourrait entraîner des étiages plus importants et une dégradation de la qualité des eaux de surface

L'extension projetée des périodes de sécheresse se combine à une élévation projetée des températures estivales. L'augmentation de l'évapotranspiration devrait alors se traduire par un risque d'étiages plus importants. La demande de ressource en eau est en effet susceptible d'évoluer dans la majorité des domaines ayant recours à l'eau, plus particulièrement l'agriculture et les usages domestiques (arrosage, piscine, etc.). Cela devrait entraîner une plus forte concentration des substances polluantes pouvant poser de sérieux problèmes de qualité pour les cours d'eau et zones humides et ce en dépit de la progression de la qualité écologique constatée actuellement. Au sein de la Métropole Aix-Marseille-Provence, ces phénomènes seront dépendants du volume des ressources des principaux bassins versants : le Verdon (réserve de Serre-Ponçon) et la Durance. Dans les deux cas, les projections de l'étude R2D2 montrent que la capacité d'adaptation du territoire métropolitain pourrait être

suffisante sous réserve de suivre des scénarios de gestion efficace de l'eau, avec des indisponibilités de la ressource plus fréquentes pour la ressource Verdon.

Mais ces projections sont sujettes à de fortes incertitudes et tiennent compte du développement de techniques et de bonnes pratiques pour réduire la dépendance actuelle à l'eau et ne doivent pas être considérées comme des données incitant à la baisse de vigilance.

« On s'attend à 10% de baisse de ressource en eau d'ici 2050 mais 50% en hiver. 3 millions de mètres cube de réserve d'eau devraient disparaître en Provence. »

Société du Canal de Provence

Une salinisation de la ressource en eau dans le littoral deltaïque

La baisse des débits, combinée à l'élévation du niveau de la mer devrait également provoquer une remontée du biseau salé qui affecte le littoral deltaïque notamment, perturbant les équilibres créés par l'homme pour permettre la culture du riz.

La diminution de la ressource devrait provoquer une pression accrue sur l'irrigation, un coût de service plus important et des conflits d'usages plus prégnants

La diminution projetée de la ressource en eau pourrait limiter la capacité de la Durance et du Verdon à alimenter le territoire. L'alimentation en eau potable, les besoins des territoires en amont, la production hydroélectrique, les loisirs aquatiques constituent autant d'usages concurrents à l'irrigation traditionnelle de l'agriculture métropolitaine. Les réserves disponibles pour l'irrigation pourraient diminuer, imposant une gestion plus économe de la ressource. Pour l'agriculture, la tension sur la ressource en eau devrait constituer un facteur limitant pour la production.

Sur Aix-Marseille Provence, ce conflit d'usage, encore peu apparent grâce aux canaux, est susceptible d'évoluer fortement à court et moyen terme, entraînant une nécessité de priorisation des usages et d'adaptation pour les usages non priorités. La

règle actuelle est de prioriser l'usage de l'eau potable pour les usages humains essentiels.

La gestion optimisée de la ressource en eau devrait également avoir comme conséquence l'augmentation du coût de service de l'eau, du fait d'un besoin d'infrastructures de gestion et d'une tarification plus évoluée prenant en compte cette restriction d'usage.

Une possible dégradation de la qualité des eaux de baignade et de l'eau potable

Les eaux de baignade, tant en mer que dans l'étang de Berre, connaissent aujourd'hui déjà des problèmes de qualité plus ou moins prégnants selon les zones. De nombreux facteurs sont à l'œuvre, notamment les activités industrielles autour de l'étang de Berre ou la pollution urbaine pour les plages de Marseille.

Le changement climatique est susceptible de contribuer à la dégradation de cette ressource en eau car les crues éclair, dont la fréquence pourrait être augmentée à cause du changement de rythme des précipitations, sont susceptibles d'affecter le réseau des eaux usées. Les épisodes orageux qui ont régulièrement lieu à Marseille sont déjà responsables chaque année de la fermeture de plages en saison touristique. Ils peuvent aussi menacer les réseaux de distribution d'eau. Un contrat de baie²⁵ mobilisant 55 acteurs a été signé en 2015 sur le territoire métropolitain afin de mieux gérer la ressource pluviale les épisodes de pollution et la biodiversité marine. Il devrait permettre d'améliorer la capacité d'adaptation du territoire, en impulsant la création de bassins de rétention notamment.

« Il y a un gros enjeu de sécurisation de la ressource contre les inondations. L'enjeu consiste à favoriser le réseau de distribution souterrain. Une vague de boue est déjà passée au-dessus de la cuvette à Aix-en-Provence qui a eu, pendant des jours, d'énormes difficultés à avoir une eau de qualité. »

Société du Canal de Provence

²⁵ <http://www.marseille-provence.fr/index.php/competences/developpement-urbain/developpement-durable/le-contrat-de-baie>

La ressource en eau pourrait cependant représenter une opportunité sous réserve d'en optimiser son usage

Les ressources en eau connaîtront donc, en Métropole comme ailleurs, une diminution dans les années à venir, dues aux conséquences du changement climatique. Mais en considérant l'infrastructure et les réserves, cette diminution pourrait moins marquer le territoire de la métropole que les territoires voisins, bien que des conflits d'usage soient attendus, notamment entre besoin agricole croissant et autres usages. Sous réserve d'une politique efficace de l'utilisation de la ressource en eau, elle pourrait devenir une source d'attractivité pour les industries qui nécessitent de l'eau. L'exemple de la zone industrielle pétrochimique de Lavéra (près de Martigues) est mis en avant par la Société du Canal de Provence car un réseau spécifique de bornes incendies a été installé, respectant les normes sévères des sites SEVESO, en faisant ainsi un site particulièrement attractif à l'échelle nationale.

6.2.3.4 Synthèse des risques environnementaux

Impacts - ressource en eau	Type d'aléa	Aléa	Sensibilité	Capacité d'adaptation	Exposition	Risque	Spécificité métropolitaine
Augmentation de la demande liée aux sécheresses	sécheresse						
Modification de la périodicité de la disponibilité de la ressource en eau	modification des régimes hydriques						
Augmentation des étiages et assèchs	sécheresse						
Augmentation des conflits d'usage	sécheresse						
Dégradation de la qualité de l'eau de surface	modification des régimes hydriques						
Salinisation des nappes phréatiques	submersion marine						
Augmentation du coût de service de l'eau	modification des régimes hydriques						

Impacts - biodiversité marine	Type d'aléa	Aléa	Sensibilité	Capacité d'adaptation	Exposition	Risque	Spécificité métropolitaine
Modification de l'abondance et de la distribution de la faune aquatique (poissons coraux)	Augmentation température de l'eau						Poissons coraux
Modification de l'abondance et de la distribution de la flore aquatique (posidonie)	Augmentation température de l'eau /						Posidonie sur la frange littorale
Dégradation des milieux aquatiques (salinisation, eutrophisation)	multiple						Etang de Berre
Développement des espèces invasives (poisson lapin/filote, méduses, etc.)	Augmentation température de l'eau / modification aires de répartition						Trait de côte
Dégradation des services écosystémiques (tourisme, pêche, plongée, etc.)	multiple						

Impacts - biodiversité terrestre	Type d'aléa	Aléa	Sensibilité	Capacité d'adaptation	Exposition	Risque	Spécificité métropolitaine
Accroissement de la récurrence des stress sur la biodiversité (extrêmes, incendie, sécheresse, inondation)	multiple						Massifs forestiers
Modification de l'abondance et de la distribution de la faune terrestre (dégradation, perte)	multiple						
Modification de l'abondance et de la distribution de la flore terrestre (dégradation, perte)	multiple						
Développement des espèces invasives (moustique tigre)	hausse des températures/changement fréquence précipitation						
Modification des cycles phénologiques	hausse des températures/changement fréquence précipitation						
Modification des habitats méditerranéens et des équilibres écosystémiques	multiple						
Dégradation des services écosystémiques (agriculture, pêche, tourisme, etc.)	multiple						

Figure 174 : évaluation des composantes des risques environnementaux à l'échelle métropolitaine

Les risques environnementaux les plus forts sur le territoire métropolitain sont ceux qui concernent la biodiversité marine et terrestre, dont la sensibilité au changement climatique est particulièrement élevée. Les acteurs du territoire n'ont pas évalué les composantes du risque lié à la biodiversité (Figure 173), en mettant en avant l'absence de données permettant d'en faire une évaluation significative, mais tous s'accordent sur le niveau de risque élevé, avec un niveau particulièrement haut pour le stress sur la biodiversité lié aux événements extrêmes, incendie en tête.

Leur principale capacité d'adaptation consistant généralement à un déplacement vers de meilleures conditions. On peut s'attendre à des modifications conséquentes de la répartition de la faune et flore aquatique et terrestre en Métropole.

Les conclusions du cahier climat métropolitain insistent à ce sujet sur l'intensification du **risque incendie** de forêt dû à l'augmentation des températures et des sécheresses, portant ainsi le nombre annuel de jours présentant un risque très élevé entre 30 et 50 jours à la moitié du siècle, une hausse de 20% de l'aléa départ de feu par augmentation de température moyenne de 1°C. Pour la biodiversité marine, l'augmentation attendue des températures moyennes de l'ordre de +1,3°C à +2°C en milieu de siècle se répercutera de façon directe sur la **température des eaux de surface**.

La hausse des températures est susceptible de provoquer des modifications conséquentes dans les **modes de vie des espèces**. Et ces changements sont **intimement liés aux secteurs économiques de la Métropole**, plus directement le tourisme.

Ces liens entre secteurs économiques et biodiversité ne sont pas toujours clairs, occasionnant ainsi un facteur d'aggravation du risque, dont le financement d'un plan d'adaptation peut être **sous-estimé**. Cependant, la mise en place de premiers éléments de réponse, comme le contrat de baie métropolitain, est encourageant.

La ressource en eau, évoquée dans ce chapitre, est une ressource cruciale pour l'ensemble des secteurs économiques et reste essentielle pour le bien être sanitaire. Si les simulations concernant la disponibilité future de la ressource en eau de la Métropole se montrent relativement positives en comparaison avec d'autres territoires, ce constat est à prendre avec précaution pour la principale raison que cette ressource n'est pas propre au territoire métropolitain et que son usage est susceptible de connaître de nouvelles tensions entre usagers.

Par leur sensibilité très élevée au changement climatique, leur lien avec l'ensemble des secteurs économiques et l'importance des zones naturelles, les risques environnementaux sont particulièrement élevés à l'échelle métropolitaine.

6.2.4 Des activités économiques impactées par les effets du changement climatique

6.2.4.1 Mobilité et transports

La mobilité et les transports (personnes et marchandises) sont affectés par les conditions météo-climatiques et leurs évolutions. Les événements climatiques extrêmes (inondations, fortes chaleurs, tempêtes) sont responsables de façon directe ou indirecte des dommages aux infrastructures de transport voire des ruptures totales de services perturbant ainsi la mobilité des personnes et des marchandises. En Métropole, c'est le cas notamment des incendies estivaux qui occasionnent la fermeture des grands axes ferroviaires et routiers.

La continuité des services et des déplacements, sur et vers son territoire, est un élément vital dans la vie quotidienne et économique d'une métropole, dont une grande partie des habitants doivent quotidiennement se déplacer entre plusieurs points du territoire (les axes Aix- Marseille et Aubagne-Marseille sont les exemples les plus représentatifs), et dont les modes de transport sont amenés à évoluer. 60% des habitants ne se déplacent qu'en voiture (Agenda Mobilité, 2016).

Navettes domicile-travail au sein de la métropole AMP en 2012

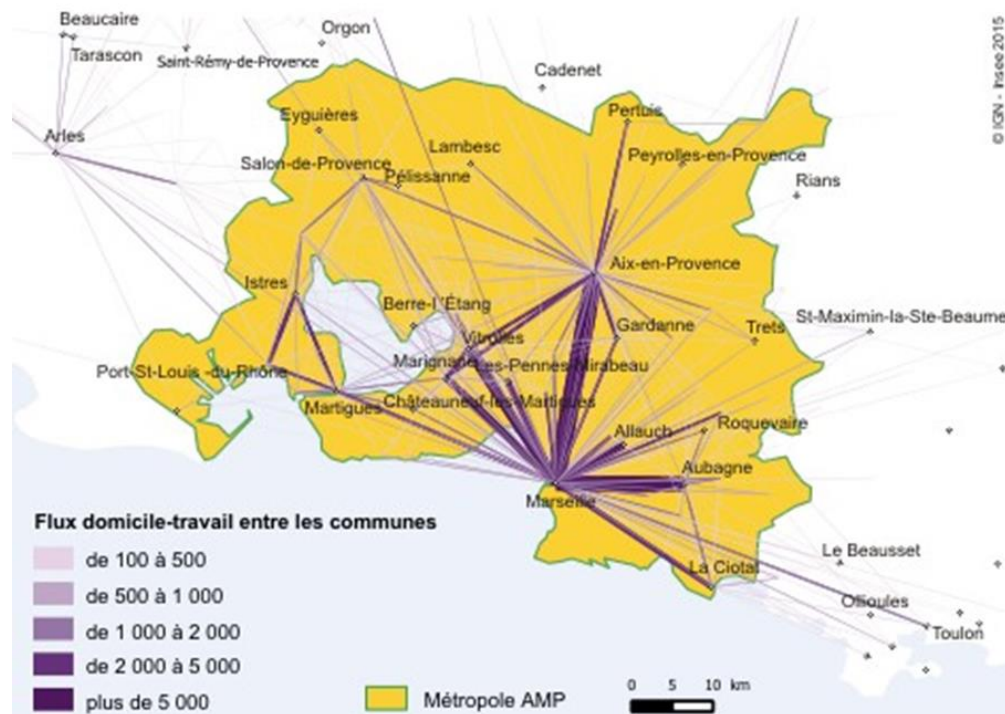


Figure 175 : Flux domicile-travail de la métropole Aix-Marseille-Provence en 2012.
Source : AGAM (Atlas).

« Grâce au portail du Drias, les futurs du climat, une augmentation des événements extrêmes en termes de fréquence et d'intensité ayant un impact possible sur le réseau de transport terrestre a été identifié, excepté pour les événements de grand froid. »

CEREMA Méditerranée

Dans une métropole préservée des dégâts liés aux extrêmes de froid, les principales vulnérabilités des infrastructures de transport sont liées aux fortes chaleurs. Ces dernières occasionnent des dégâts directs sur les infrastructures en raison des hautes températures mais peuvent aussi accentuer les risques incendie. Elles sont enfin la cause de l'inconfort thermique pour l'ensemble des modes de transport.

Les infrastructures et les usagers du transport ferroviaire affectés par les hausses de température

La dilatation et la déformation des rails entraînent des mouvements de voies qui sont des facteurs de risque accidentel pour le transport ferroviaire, voyageurs ou fret. En 2003, la SNCF a notamment connu une réduction de la régularité des trains (-10%)²⁶ et des pertes estimées entre 1 et 3 milliards d'euros. Bien que l'amélioration du processus de fabrication des rails tende à limiter l'étendue du problème, cette perturbation reste d'actualité pour un réseau ferré dont la durée de vie est de 50 ans. Le matériel roulant est également sensible à ces hautes chaleurs, tout comme le matériel de signalisation. Ces impacts se répercutent également sur le confort thermique des usagers, notamment en période de pointe. L'ensemble des lignes métropolitaines est concerné par ces impacts.

« Une fragilisation des enrobés peut conduire à une nette diminution de leurs capacités. Même observation pour les voies ferrées avec une dilatation importante des rails et des caténaire. Les trains sont déjà aujourd'hui parfois contraints de réduire leur vitesse lors de pointes de chaleur. Les conséquences peuvent être lourdes, tant sur les aspects physiques que fonctionnels. »

CEREMA Méditerranée

Les infrastructures de transport face au risque incendie

Les **incendies** sont des facteurs de **perturbation majeure des axes** de circulation en Métropole, pour le transport routier et le transport ferroviaire. Les épisodes des incendies forestiers estivaux donnent lieu à des coupures d'axes de circulation. Les

autoroutes A51 et A55 ont par exemple été coupées plusieurs heures pendant les étés 2016 et 2017, nécessitant des **redirections de trafic** et des **rallongements de temps de trajet**. Le trafic ferroviaire connaît les mêmes difficultés, et ajoute aux épisodes de grands incendies les incendies de proximité de voie.

Le **transport aérien** est également sensible à ce risque incendie, les fumées dégagées par les incendies pouvant gêner la visibilité des pilotes. Ainsi, les incendies de Vitrolles en 2016 ont occasionné de nombreux reports et déroutements des vols vers les aéroports de Lyon et Montpellier.

« Un incendie commence à être considéré comme grand à partir de 100-120 hectares. Ces grands feux ne représentent que 2-3% du total des feux mais génèrent 70% des surfaces brûlées et des dommages. Il faut s'imaginer que les grands feux comme observés récemment (2003, 2016, 2017) n'auront plus lieu tous les 10-15 ans mais toutes les quelques années. Leurs impacts sont considérables. »

IRSTEA

« En août 2016, les incendies au Nord de Marseille ont conduit à la fermeture des autoroutes menant au centre-ville et à l'aéroport pendant plusieurs heures. Suite aux incendies apparaissent également des risques liés aux chutes d'arbres calcinés et des risques d'éboulement qu'il est nécessaire d'évaluer avant remise en service du réseau. »

CEREMA Méditerranée

Le confort thermique des usagers généralement affecté

Les **surchauffes estivales** causeront des désagréments aux voyageurs de tout ordre. Dans les transports en commun ou les véhicules individuels, on s'attend à un **recours massif à la climatisation**, avec les impacts sur les **effets de surchauffe et de tension** sur le réseau électrique accentués pour le réseau ferré. Les émissions issues des gaz fluorés

²⁶ Étude climat infrastructures et transports, 2009

à haut pouvoir d'effet de serre pourront également de s'ajouter du fait d'une plus grande utilisation de la climatisation des voitures individuelles. Les **déplacements actifs** (vélo et marche) seront également impactés, impliquant un recours aux espaces de fraîcheur (itinéraires ombragés).

Les impacts sur les infrastructures en cas de crues extrêmes

Les épisodes de fortes précipitations présentent des **risques physiques pour les réseaux** de transports routiers et ferroviaires. Les impacts potentiels concernent l'inondation même des voies et des **dégâts sur les infrastructures**, occasionnant de coûteuses réparations. Ce risque inondation est accru par la fonte du manteau neigeux hors saison (Cf. partie eau). Selon l'Observatoire Régional des Risques Majeurs, les inondations sont les aléas donnant le plus souvent lieu à des arrêtés Catnat (61%) en région SUD, avec une **forte concentration sur les zones inondables de Marseille**. Sur le territoire de la Métropole, les axes de circulation de la vallée de l'Huveaune et les axes urbains situés en zones inondables sont plus particulièrement exposés.

Une perturbation générale de la circulation lors des épisodes de forte pluie

Bien qu'on ne constate pas de tendance sur la chronicité des épisodes de pluie extrême, les épisodes de forte pluie occasionnent également une **perturbation et un ralentissement** de la circulation ferroviaire et routière, qui concernent l'ensemble du territoire métropolitain.

« Un des secteurs les plus préoccupants est celui de l'Huveaune, le long de l'A50. Cette dernière pourrait très bien être totalement recouverte et cela s'est déjà produit dans le passé. En 1978, la crue de l'Huveaune amène d'un mètre d'eau sur l'A50. Le Provençal titre : « Ce fleuve, l'autoroute Marseille-Aubagne »

CEREMA Méditerranée

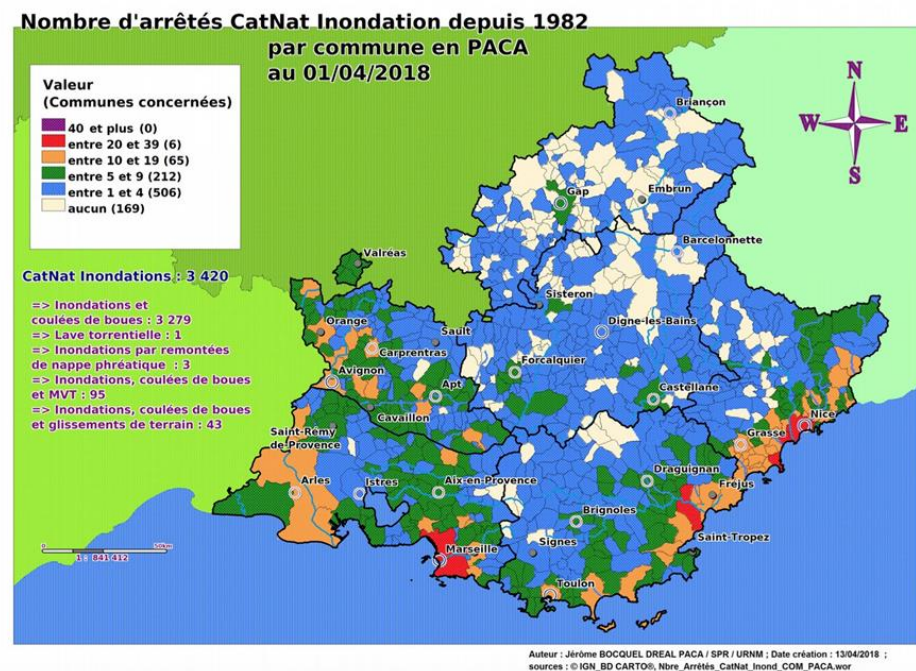


Figure 176 : Nombre d'arrêtés inondations CatNat depuis 1982 par commune en SUD (Source : ORRM, avril 2018)

Les transports maritimes moins vulnérables hormis le transport de matières lié à l'industrie portuaire de Fos

Les risques de submersion marine et d'érosion côtière étant moins présents sur la majeure partie du trait de côte du territoire métropolitain en comparaison avec les territoires voisins, les infrastructures portuaires liées au transport de personne devraient être impactées de façon moins critique par les effets du changement climatique.

Le port de Fos-sur-Mer qui concentre l'essentiel du transport de matières se situe dans une **zone plus exposée à ces risques** : la zone deltaïque. Le transport y est donc plus vulnérable. Ce risque de submersion marine reste encore peu considéré dans les documents de gestion urbaine. Certains secteurs spécifiques du territoire restent eux

aussi exposés, comme le Vieux Port de Marseille en raison de son nœud de transport souterrain.

« On considère également les risques liés aux vagues de submersion marine. Pour cet aléa, le secteur Vieux Port est assez vulnérable en raison du métro et des tunnels routiers sous-jacents. »

CEREMA Méditerranée

6.2.4.2 Tourisme

La Métropole Aix-Marseille-Provence jouit de multiples formes de tourisme, grâce à la diversité de son territoire. Les images qu'on lui associe sont celles du patrimoine (centres villes provençaux et anciennes villes romaines, etc.), de la culture (Mucem, Musée Granet, paysages de Cézanne, etc.) du tourisme balnéaire (plages de la Côte Bleue et des Calanques), du tourisme sportif (escalade, kayak, randonnée), de la gastronomie (viticulture et oléiculture), et les croisiéristes (objectif de 2 millions à l'horizon 2020). Ainsi, ce sont 7 millions de touristes qui sont venus en 2016²⁷, et l'objectif est à la hausse de la fréquentation sur toute saison pour une clientèle étrangère, ce qui implique de maintenir l'image de marque liée au territoire.

Un tourisme à la saisonnalité et à l'activité modifiées

Si l'objectif est à l'élargissement de la saison touristique, les impacts du changement climatique sont susceptibles de **modifier la saisonnalité**. En période estivale, le confort thermique des touristes en séjour peut être dégradé. Les visites par temps de canicule pourraient devenir insupportables. **Des « coups de chaud » ou des malaises** deviendraient sans doute plus fréquents au sein de la population. Des analyses du confort thermique des touristes, basés sur des indices tels que la température ou l'intensité du vent, indiquent une **remontée générale du tourisme vers le Nord**, illustre cette évolution climatique par un déplacement de la zone de confort touristique vers le Nord et les pays européens. Les facteurs mis en évidence précédemment, baisse

des précipitations et hausse des températures, devraient ainsi faire passer le statut du bassin méditerranéen d'excellent à très bon. Ces résultats restent cependant entachés d'incertitude, car basés sur des modèles. Mais la hausse de la fréquence des épisodes de canicule, liée à l'amélioration des conditions climatiques dans d'autres régions aura un **impact sur la saisonnalité du tourisme**.

Cette saisonnalité du tourisme peut aussi s'observer à l'échelle d'une journée, avec le **report d'activités** habituellement diurnes vers des périodes plus fraîches comme le soir. Et en conséquence, la demande pour les types d'activités évolue, au profit d'**activités plus rafraichissantes** (points d'eau ou espaces climatisés).

« On observe un report des activités vers le soir et moins de consommation en cas de grosse chaleur. Cela profite aux activités rafraichissantes (montagne et points d'eau). Cela a notamment été observé à l'été 2018. »

Comité Régional Tourisme Région Sud

²⁷ Source : www.ampmetropole.fr/tourisme

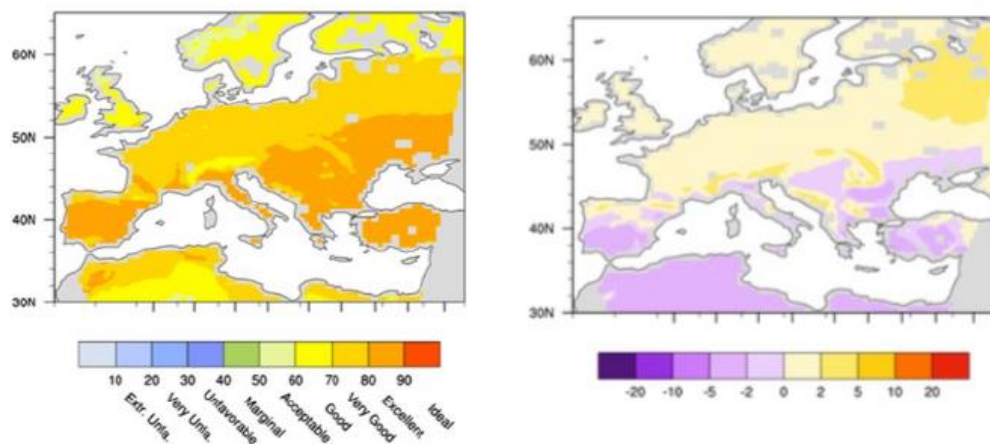


Figure 177 : carte de référence de l'indice de Mieczkowski sur la zone Maghreb-Europe (période 1971-2000) (gauche) et évolution de l'indice de Mieczkowski sur la période 2021-2050 (droite)

Des conditions d'accès aux sites touristiques restreintes

Le risque incendie à l'origine des restrictions d'accès aux espaces naturels

Les espaces naturels, notamment le site de la Sainte Victoire, celui des Calanques, celui de la Nerthe, ou des Alpilles font l'objet d'une surveillance et d'un accès conditionné par les conditions climatiques, dans un territoire notamment sujet aux incendies. **Le niveau de risque incendie de la grande majorité du territoire est ainsi au plus haut** (Figure 177). Les métropolitains sont habitués à ces risques et à consulter, afin chaque sortie, les systèmes de mise en garde sur les conditions d'accès aux espaces naturels. Cependant, la fermeture de ces espaces naturels a un impact important sur le tourisme, quand une sortie aux Calanques fait généralement partie des activités

incontournables (le Parc National des Calanques étant par exemple classé troisième meilleure activité à faire sur Marseille sur le site Tripadvisor²⁸). Les conditions de restrictions de l'accès aux massifs concernent la température et le vent notamment. L'augmentation attendue de la fréquence des périodes de canicule devrait ainsi **restreindre l'accès aux espaces naturels**, entraînant ainsi un **report vers d'autres activités** (et plus de tension sur ces dernières), mais aussi une certaine frustration chez les touristes.

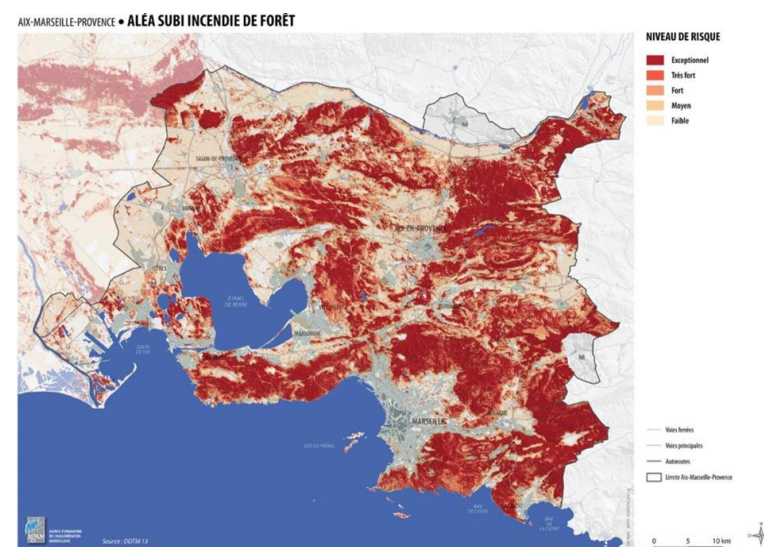


Figure 178 : Niveau de risque selon aléa subi incendie de forêt, source : AGAM

²⁸ Source : www.tripadvisor.fr, novembre 2018

Une attractivité touristique perturbée par la modification possible des paysages

L'image de la Métropole se repose grandement sur ses paysages, ceux liés à la Provence (pins et champs de lavande par exemple), à Marseille (bleu de la mer et Calanques). **Ces paysages sont essentiels** pour l'attrait touristique. Ainsi, des enjeux de suffisante hydratation de la végétation pourraient se montrer plus importants à l'avenir. Les aléas climatiques sont susceptibles de porter atteinte à ces paysages. Si les conséquences d'un incendie sont connues (renouvellement du paysage nécessitant plusieurs années), l'intensité croissante des événements extrêmes est susceptible d'entraîner une modification des paysages plus rapide. La médiatisation de ces événements extrêmes est un facteur reconnu d'impact négatif sur la fréquentation de touristes, notamment pour les touristes hors Europe.



Figure 179 : randonnée dans les Calanques après un incendie, photo prise en septembre 2018

« Le problème, c'est la médiatisation des mauvaises images. L'impact est réel en notoriété. »

Comité Régional Tourisme Région Sud

« Le rôle structurel du climat méditerranéen dans les paysages régionaux est une évidence, et le changement climatique a déjà et aura de multiples incidences sur les paysages (substitution d'espèces ou d'écosystèmes, changements dans le trait de côte, renforcement du risque incendie ou inondation, etc.). »

Université d'Avignon et des pays du Vaucluse

Une restriction d'accès aux eaux de baignade

L'été 2018 a été exceptionnel par le nombre de jours de **fermeture des plages** à la baignade²⁹ sur le territoire de la métropole. La qualité des eaux de baignade est liée à différents critères. La température de l'eau et le rejet des eaux usées, après des épisodes orageux notamment, ont des effets majeurs. Le changement de fréquence des précipitations et les événements extrêmes liés sont susceptibles de jouer un rôle en dégradant la **qualité des eaux de baignade**, entraînant une fermeture de plusieurs jours. En parallèle, la hausse de la température de l'eau de surface est un facteur aggravant. Ces aléas peuvent ainsi provoquer une restriction d'accès à la baignade qui, comme les restrictions d'accès aux espaces naturels, est un élément négatif pour l'image touristique.

A cela s'ajoute le **phénomène d'érosion marine**. Si l'essentiel du trait de côte métropolitain est moins exposé à l'érosion marine que d'autres territoires (notamment le Languedoc ou le Var) par sa typologie, les zones de baignade sont concentrées sur des zones plus sensibles (plage Napoléon de Port Saint Louis du Rhône ou plages artificielles du littoral marseillais) à ce phénomène. La **surface des plages tend ainsi à se réduire**, augmentant d'autant plus la tension sur les zones moins touchées. Un contrat de baie à l'échelle métropolitaine a été mis en place, afin de mieux anticiper ces risques en y consacrant un budget nécessaire pour sa prévision.

²⁹ <https://www.20minutes.fr/planete/2328031-20180830-marseille-orages-dejections-exces-precaution-plages-ferme-plus-150-fois>

« Les travaux de l'Observatoire National sur les effets du réchauffement climatique ONERC indiquent clairement une menace. En région Sud, le sujet des risques littoraux est politiquement très sensible et encore tabou. »

Laboratoire LIEU

6.2.4.3 Activité portuaire et pêche

La Métropole Aix-Marseille-Provence présente la particularité d'être le 1^{er} port de France et le 5^{ème} port européen. Le tissu économique lié au littoral est en ce sens singulier en comparaison avec les autres métropoles. Différentes activités économiques s'appliquent au littoral dont le transport de produits et de matériaux, et le tourisme (croisiéristes, balnéaire et espaces naturels) déjà entrevu dans ce rapport.

Les infrastructures portuaires et les industries proches du littoral menacées par la submersion marine

Une partie de l'espace industriel (bassin ouest du Grang Port Maritime de Marseille) de la Métropole Aix-Marseille-Provence se trouve dans le Golfe de Fos. Cette partie du littoral est, avec l'étang de Berre, la plus concernée par la **hausse du niveau de mer**. Le marégraphe indique une hausse de 3mm/an³⁰ depuis 1980. Et le principal risque concerne les « paquets de mer », débordements d'ouvrages de protection artificiels de sites portuaires et balnéaires. Seule la commune de Port Saint Louis du Rhône intègre le risque de submersion marine dans son Plan de prévention des risques d'inondation. Sur le long terme, les digues ne pourraient pas suffire pour limiter le phénomène. Ainsi, le domaine public maritime (DPM) est susceptible d'évoluer en intégrant ce risque, ce qui aurait **des conséquences sur les implantations des infrastructures portuaires actuelles**.

³⁰ La métropole littorale, AGAM 2016

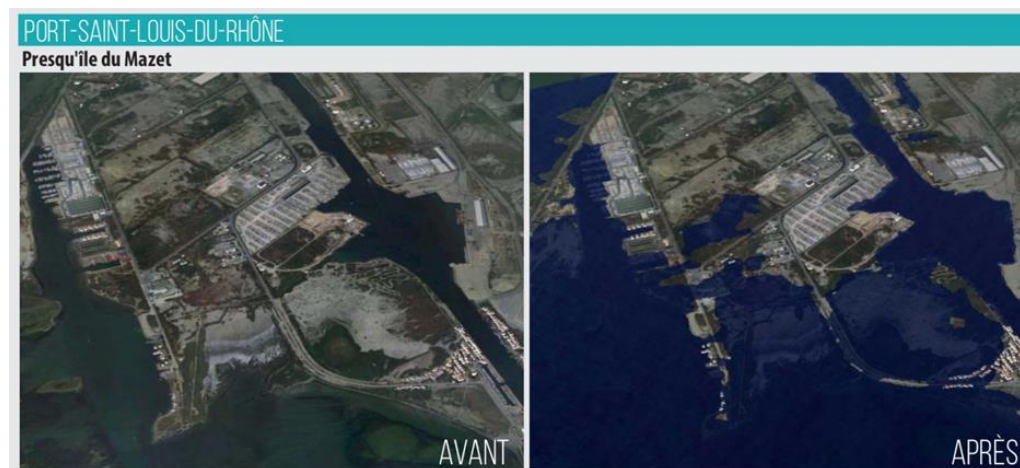


Figure 180 : Simulation de la montée des eaux de mer (1m), Source : AGAM, 2016

« Les grands comme les petits ports doivent anticiper la montée de la mer, au moins en adaptant la hauteur des quais et en renforçant les digues protectrices. Le problème touchera aussi les réseaux d'évacuation des eaux pluviales dont les pentes ont souvent été calculées sur la base du niveau de la mer du XX^{ème} siècle. »

Université Aix-Marseille

La ressource halieutique moins disponible

Une autre composante de l'activité littorale de la métropole est la pêche. Le Système d'Informations Halieutiques (SIH) de l'IFREMER indique ainsi que 284 navires opèrent sur les deux quartiers maritimes métropolitains, pour une pêche orientée vers la vente directe. Ces secteurs de pêche sont cantonnés aux secteurs autorisés, hors aires marines protégées (45% du littoral). A cela s'ajoute l'aquaculture avec un parc conchycole (moule de Carteau de Port Saint Louis du Rhône) et l'activité est susceptible d'évoluer vers d'autres espèces, comme les huîtres et les violets. La ferme

aquacole du Frioul est aussi active avec 60 tonnes de poisson/an. La **hausse de température de surface et l'évolution de la biodiversité marine sont pourtant deux menaces pesant sur la ressource halieutique** métropolitaine. Si la capacité d'adaptation est faible, c'est une partie de l'économie et un élément local de la gastronomie qui peuvent être amenés à évoluer.

6.2.4.4 Industries et activité économique

Le secteur métropolitain présente un tissu économique diversifié, en dehors des composantes tourisme et agriculture mis en évidence ici pour leur vulnérabilité territoriale particulière.

Les industries représentent 10% de l'emploi et sont réparties sur cinq bassins d'activités majeurs en métropole (Fos-sur-Mer, Étang de Berre, Martigues, Gardanne, Huveaune) où sidérurgie, pétrochimie, métallurgie, procédés matériaux, chimie ou énergie sont représentés, représentant 24% des consommations énergétiques régionales. Le tertiaire vient compléter le tissu économique et reste aussi le principal secteur économique, avec 48% des emplois métropolitains dédiés au commerce, transport et service, et 34% à l'administration publique, l'enseignement, la santé et le social³¹. Le changement climatique affectera de manière diverse ces différentes activités mais on peut cependant s'attarder sur les impacts liés aux infrastructures et ceux liés à la productivité. Ces impacts auront des conséquences sur l'attractivité économique du territoire, avec de plus grandes difficultés pour attirer les emplois, les touristes et les capitaux étrangers, risques de réputation ou réglementaires pour les entreprises etc.

Les infrastructures industrielles impactées plus lourdement par les événements extrêmes

La Métropole Aix-Marseille-Provence concentre un nombre conséquent de sites SEVESO, notamment sur les bassins autour de l'étang de Berre et autour du GPM.

Ces sites concentrent les risques concernant le transport terrestre de marchandises dangereuses, les canalisations de transport. Soumis aux aléas mentionnés (incendie, crues, hausse des températures, etc.), la **sensibilité de ces sites est bien plus élevée** que le reste du territoire au regard de leur activité. Ces sites sont en conséquence soumis à des **programmes d'accompagnement plus exigeants**, comme les PARI, Programmes d'Accompagnement aux Risques Industriels. Ces programmes ne se concentrent pas uniquement sur les sites excentrés puisque le site d'Arkema à Marseille Saint Menet en fait également l'objet³².

Ainsi les aléas sont similaires à ceux qui touchent le bâti et le reste du secteur économique métropolitain. Les plans de gestion de risque devront évoluer, afin de prendre en compte la plus grande fréquence des événements extrêmes attendus à l'avenir.

Les zones d'activités économiques menacées par les inondations

La Métropole Aix-Marseille-Provence regroupe de nombreuses ZAE (zones d'activité économique) sur l'ensemble de son territoire. Ces sites, aménagés pour accueillir une densité plus élevée d'entreprises, présentent aussi la particularité d'avoir des secteurs économiques entiers touchés en cas d'aléa climatique. En dehors des impacts généraux listés par la suite, les plans d'aménagement de ces zones devront intégrer les composantes spécifiques du risque. Ainsi, c'est le cas des territoires particulièrement exposés aux inondations et aux crues, telles que les zones économiques situées dans la vallée de l'Huveaune dont les PPRI (Plan de prévention du risque inondation) ont une influence sur l'attractivité économique. Ainsi, la zone des Paluds, à Aubagne a récemment fait l'objet d'une mise à jour de son PPRI pour

³¹ Source : AGAM, la métropole en chiffres

³² Document stratégique de façade Méditerranée, État des lieux. Source : Direction interrégionale de la Mer Méditerranée, Septembre 2017

mieux refléter le risque de sa partie inondable, ce qui a provoqué une polémique et une perturbation de son activité.³³

Les risques industriels en lien avec la dépendance au réseau électrique

L'« effet de chaîne » est un risque lié au réseau électrique. Le secteur industriel peut ainsi être contraint de pratiquer l'**arrêt technique des chaînes de production en cas de coupure**. Les impacts touchant le réseau électrique³⁴ sont susceptibles de provoquer des **dégâts matériels et économiques de grande ampleur** sur les activités industrielles métropolitaines, particulièrement pour les procédures lourdes.

Un inconfort thermique nécessitant un besoin de rafraîchissement

La hausse des températures attendue sur le territoire métropolitain devrait, à l'instar du logement évoqué par ailleurs, provoquer la **hausse généralisée des besoins de rafraîchissement**. Le tissu économique est en effet particulièrement vulnérable à un accroissement des épisodes de fortes chaleurs, pour plusieurs raisons. La configuration de nombreux espaces de bureaux ou d'activités présentent généralement de **faibles possibilités d'aération et/ou une absence de protections solaires** (contrainte parfois par les normes patrimoniales). Les possibilités d'aération nocturne demeurent quasi-impossibles pour des raisons de sécurité (contrairement à l'habitat individuel). Les horaires d'ouverture sont contraints quel que soit le domaine d'activité (accueil des travailleurs, touristes, populations, visiteurs) etc.

Ce besoin de rafraîchissement devrait ainsi impacter les entreprises dans leurs **coûts de fonctionnement**, via des équipements nécessaires. Il devrait entraîner une hausse des consommations d'eau et d'énergie. Cette dégradation thermique devrait aussi affecter la productivité des travailleurs, en augmentant la **pénibilité des professions physiques** en période chaude.

« Les réflexions sur le bâti sont menées principalement sur la tendance générale observée de l'augmentation des températures mais pas sur l'évolution des extrêmes. On commence seulement à observer comment le bâtiment se comporte vis-à-vis du changement climatique. C'est encore un argument commercial pour mettre en place la climatisation ou l'isolation, plus qu'une réelle prise de conscience. Les situations de crise deviendront des situations courantes et la prise en compte de l'enjeu sanitaire lié aux vagues de chaleur est observée essentiellement dans les maisons de retraite mais pas encore assez au niveau habitat individuel et bureaux. »

CEREMA Méditerranée

Un impact sur les chaînes d'approvisionnement et logistique liés aux infrastructures de transport

Enfin, les infrastructures de transport également affectées, sont susceptibles d'impacter l'activité économique, en touchant les **chaînes d'approvisionnement** en amont (livraison de matières premières) ou aval (livraison), et en **limitant l'accès des salariés** à leur lieu de travail.

L'attractivité économique de la Métropole Aix-Marseille-Provence devrait ainsi varier selon l'ampleur des aléas auxquels elle sera confrontée et sa capacité d'adaptation. Le réchauffement climatique touchant l'ensemble des territoires, les risques bien anticipés pourraient ainsi laisser la place à des opportunités économiques. Ainsi, la ressource en eau, si elle est sécurisée et bien gérée, pourrait représenter un avantage territorial concurrentiel.

³³ Source, article La Provence, Le risque inondation, frein au développement économique, avril 2016

³⁴ Voir partie Énergie.

6.2.4.5 Agriculture et circuits alimentaires

L'agriculture métropolitaine est source d'emploi et garante d'un savoir-faire local (producteurs « Terre de Provence » par exemple), notamment la viticulture et l'ostréiculture, et contribue à la trame verte métropolitaine. Mais l'agriculture est soumise à la fragilité de la nature et reste une activité particulièrement dépendante en eau, avec 71% du territoire irrigué³⁵. Pour une gestion plus sereine et durable, elle nécessite des surfaces, de préférence proches des centres de vie, alors que la tendance est encore à l'étalement urbain. L'agriculture urbaine constitue une piste qui ne peut contribuer encore que très partiellement aux besoins agricoles métropolitains. Le pays d'Aix et le pays salonais sont particulièrement concernés par ces problématiques et le changement climatique ajoutera, au besoin de dynamiser un secteur aujourd'hui historiquement bas en emploi, le besoin d'anticiper ses principaux impacts.

Des cultures et des élevages plus demandeurs de ressources en eau

La hausse des températures et la baisse des ressources en eau entraîneront des conflits d'usage plus marqués pour le secteur de l'agriculture. Bien qu'un changement de technologie permette progressivement de passer de l'irrigation gravitaire, encore largement pratiquée, au goutte à goutte, les besoins en eau pourraient s'étendre à des formes d'agriculture qui n'y avaient pas recours jusqu'ici. C'est notamment le cas de la viticulture, un secteur qui est toujours en croissance. Pour les mêmes raisons, cette vulnérabilité s'appliquera également à l'élevage.

« En 2017, l'équivalent de la pluviométrie du Sahel a été observée dans certains endroits de PACA. Les céréaliers et les producteurs de foin ont eu des périodes délicates. On observe un décalage de récoltes, les vendanges se font de plus en plus tôt, pareil pour les moissons. Ceux qui n'ont pas encore changé leurs habitudes n'ont pas les moyens financiers ou humains pour cela. Les trois années de 2015 à 2017 ont

été les plus chaudes depuis 1880 et les agriculteurs commencent à se poser des questions ».

Agribio 13

Les zones métropolitaines principalement concernées par cette tension sont celles qui cumulent les plus gros besoins et les grands efforts à mener en termes d'efficacité de la gestion de la ressource en eau. La figure ci-dessous illustre, à titre d'exemple, la vision d'un opérateur (Société du Canal de Provence) sur les principaux secteurs à enjeu. Dans le chapitre dédié à la ressource en eau, il a été vu que le volume global de la ressource en eau devrait subir une baisse relativement restreinte sur le territoire, mais que la chronicité de ce volume est amenée à fortement évoluer, entraînant ainsi des périodes de sécheresse plus marquées.

³⁵ Source : La Métropole en chiffres

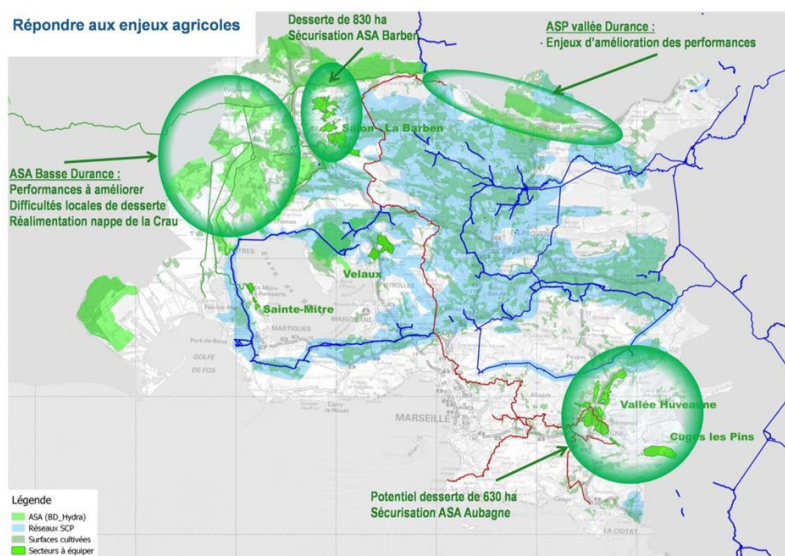


Figure 181 : Carte des enjeux d'amélioration du réseau de distribution d'eau de la Société du Canal de Provence en lien avec les enjeux agricoles, 2015 (Source : Société du Canal de Provence)

Un enjeu sur la disponibilité des intrants

Les intrants nécessaires à l'agriculture (engrais, foin) sont particulièrement vulnérables, au regard de leurs particularités (processus d'achat des intrants à flux tendu, ce qui entraîne des fluctuations de marché). La zone de la Crau, limitrophe de la métropole et principal fournisseur d'intrants, est particulièrement impactée par le changement climatique. Pour parvenir à l'autonomie, il est alors nécessaire de **limiter la taille des troupeaux**.

Le secteur agricole vulnérable aux événements extrêmes, notamment les épisodes de fortes pluies

Le changement climatique engendre une variabilité interannuelle du climat plus accrue avec des phénomènes extrêmes qui peuvent rapidement endommager la vigne tels que des épisodes de pluies intenses. La production agricole peut subir des **pertes et dommages non négligeables** en cas de forts épisodes pluvieux méditerranéens, pouvant atteindre plus de 200 mm par jour³⁶. Ces épisodes peuvent également causer des problèmes d'**érosion des sols et d'accès aux parcelles agricoles**.

Des cultures exposées aux nuisibles

La modification des températures est susceptible de favoriser l'apparition de certains nuisibles, en se rapprochant de leur température optimale de développement et de croissance. Les dernières études alertent sur les possibles conséquences et recensent de plus en plus d'espèces, dont le puceron. Ce risque concerne notamment les céréales (avec des pertes de 46% pour le blé pour 2°C de hausse de température), mais l'ensemble des récoltes est concerné.

Une modification des cycles végétatifs et stades phénologiques entraînant un décalage des récoltes et vendanges

Le changement climatique peut occasionner une baisse de la productivité en lien avec un décalage des récoltes parfois plus précoces car le cycle végétatif en viticulture ou arboriculture est plus court avec des stades phénologiques plus précoces.

Les vendanges se font notamment de plus en plus tôt car la maturation des baies est plus précoce, tout comme les moissons.

Concernant la viticulture, des modifications sont déjà perceptibles dues au changement climatique : avancée de la date des vendanges d'une vingtaine de

³⁶ <http://www.meteofrance.fr/actualites/28475438-qu-est-ce-qu-un-episode-mediterraneen>

jours en comparaison aux années 50, précocité des stades phénologiques notamment du débourrement, raccourcissement du cycle phénologique.

Des conséquences dues à l'augmentation des températures peuvent être observées telles que l'augmentation du degré alcoolique due à un taux de sucre plus élevé entraînant une perte de propriétés aromatiques des vins, un échaudage des baies plus fréquent pendant la maturation des baies dû aux périodes caniculaires estivales, des sécheresses estivales occasionnant un déficit hydrique important lors de la maturation et la nécessité de plus en plus d'irriguer la vigne.

« Il y a un lien fort avec le décalage des périodes de production, ce qui crée des manques de production et favorise la spéculation aussi. On observe des fluctuations très nettes dues au changement climatique. »

Agribio 13

Des produits en qualité et quantité moindres

Tout comme la perte de propriétés aromatiques des vins, les produits agricoles sont généralement susceptibles de perdre en qualité. Les rendements sont directement concernés par les épisodes de sécheresse et la baisse de l'humidité des sols entrainera une baisse de productivité. Tout comme l'exemple du foin de la Crau, les conséquences d'une baisse de productivité pèsent lourdement sur les prix du marché, sujet à spéculation.

Une tension sur la disponibilité des terres

Enfin, le recours à l'agriculture biologique, de plus en plus plébiscité pour ses raisons sanitaires et positives en termes de durabilité, permet de diversifier les cultures, de mieux préserver la biodiversité et de privilégier les circuits courts. Elle permet de mieux répondre à certains impacts du changement climatique. Ce recours nécessite cependant des parcelles plus petites mais plus nombreuses, ce qui contribue à une tension sur la disponibilité des terres.

6.2.4.6 Énergie

Le territoire métropolitain est dépendant énergétiquement des autres territoires, afin de couvrir les besoins des activités économiques, bâtiment et mobilité. Le territoire métropolitain importe l'essentiel de l'électricité. Son usage tend à se développer et est indispensable pour son fonctionnement. Elle permet le fonctionnement de tous les réseaux et elle fournit de l'énergie pour une grande quantité d'usages (éclairage public, chauffage, fonctionnement économique). Or ce réseau peut être particulièrement affecté par les évolutions attendues du climat.

L'électricité en France est produite selon un modèle centralisé, c'est-à-dire avec un nombre restreint de centrales de production de grande importance qui permettent de satisfaire l'ensemble des besoins du territoire et selon un mixte énergétique national comprenant aussi une part d'énergies renouvelables. Pour l'électricité, la plus grande inconnue à partir de 2030 est celle de la composition du parc de production français, très largement basé sur le nucléaire : 72,3 %³⁷ puis sur les centrales thermiques à flamme (8,6 %) et enfin l'hydraulique (12,0 %).

Peu d'impacts sur les réseaux de gaz et les produits pétroliers

La Métropole Aix-Marseille-Provence utilise des produits pétroliers, transformés en partie en France : les carburants pour la mobilité et le fioul pour le chauffage des bâtiments et les réseaux de chaleur. Ces produits sont sensibles à la raréfaction de la ressource (estimée à 45 ans au niveau mondial) et nécessitent une mise en œuvre d'alternatives efficaces alliant sobriété et sources d'énergie locales et renouvelables. Le gaz, utilisé pour les bâtiments, présente également un risque de raréfaction. Elles contribuent enfin au changement climatique par l'émission des gaz à effet de serre produite par leur utilisation.

Les infrastructures de distribution électrique sensibles aux extrêmes de chaleur

L'essentiel de l'électricité consommée sur le territoire métropolitain est importé et son usage est toujours en croissance et très diversifié (éclairage public, mobilité,

³⁷ Chiffres 2016.

chauffage, économie). Mais son réseau est vulnérable, particulièrement en France où sa production est centralisée. Le réseau de distribution électrique est sensible à la chaleur, des avaries sur le matériel étant générées par les fortes variations de température. Les câbles souterrains sont également sensibles à la dilatation.

Les infrastructures de distribution électrique sensibles aux aléas extrêmes

Ces réseaux de distribution sont également exposés aux crues, aux tempêtes et au risque incendie, occasionnant des coupures de courant sur le réseau de transport aérien notamment (chute de pylônes, rupture de câbles, inondation des postes sources, etc.). Les coûts liés aux risques de crue sont particulièrement élevés. A titre d'exemple, l'Ile de France a simulé les dégâts liés à une crue centennale. Les effets potentiels indiquent ¼ des infrastructures électriques inondées ou coupées, avec une surface d'impact égale à 1,5 fois la surface inondée, et une destruction de capital de l'ordre de 500 millions d'euros. (OCDE, Étude sur la gestion des risques d'inondation, 2014).

Une tension sur le réseau électrique accentuée lors des épisodes extrêmes

Cette exposition au risque est accentuée car la tension sur le réseau électrique a tendance à s'accroître, et plus particulièrement lors des épisodes de froid et chaud, avec le recours à la climatisation ou au chauffage (avec un transfert progressif de l'utilisation du chauffage vers la climatisation). Bien que les températures restent plus clémentes dans la Métropole que dans les territoires plus au Nord, la tension sur le réseau peut être également causée par l'interconnexion du réseau électrique à l'échelle nationale.

Les effets du changement climatique pourraient affecter à court terme les capacités de production électrique : baisse des débits disponibles pour l'hydroélectricité et difficultés à refroidir les centrales constituent les principales préoccupations. De plus, l'intégrité et la capacité du réseau de distribution d'électricité pourraient aussi être

affectées par les fortes chaleurs : dilatation, pertes en ligne, risque incendie sous les lignes, etc.

« La consommation énergétique pour les besoins de rafraîchissement va continuer à augmenter en Métropole et ne sera pas compensée par la baisse de consommation pour le chauffage. La climatisation n'est pas la bête noire, c'est même un enjeu sanitaire important en période de canicule, mais il faut maîtriser son développement. »

CEREMA Méditerranée

Une évolution du potentiel de production énergétique

La métropole Aix-Marseille-Provence produit près de 30% d'énergie renouvelable à l'échelle régionale, ce qui représente une spécificité. La grande hydraulique reste la principale source renouvelable d'énergie à l'échelle métropolitaine (85%), mais également à l'échelle régionale. Dans un contexte de dépendance accentuée à la ressource énergétique locale, l'hydraulique reste la principale source, suivi par le biogaz. Mais l'hydraulique est sensible au changement climatique, tout comme l'est l'énergie solaire.

Le solaire sensible à l'augmentation des extrêmes de chaleur

Avec 167MW³⁸ installés (photovoltaïque) et 4,5 MW en solaire thermique, le développement du solaire à des fins de production d'électricité ou de chaleur est effectif sur le territoire métropolitain. Mais le solaire est également très sensible aux extrêmes de chaleur, le photovoltaïque notamment, les cellules peuvent se détériorer et limiter de fait le rendement. La productivité des unités photovoltaïques peut être affectée négativement par l'augmentation en intensité et en fréquence des vagues de chaleur et positivement par une augmentation de l'ensoleillement. Les impacts des canicules pourraient ainsi diminuer le potentiel annuel, au lieu d'être une opportunité,

³⁸ Source Diagnostic air climat énergie du PCAEM de la Métropole Aix-Marseille-Provence, Air PACA 2018 ???

le territoire présentant déjà des conditions très favorables pour le développement du solaire.

Une baisse probable du potentiel d'énergie d'origine hydraulique

La production d'énergie à partir de la ressource hydraulique est la plus conséquente parmi les énergies renouvelables sur le territoire métropolitain avec 566MW installés³⁹.

Cependant, une chute de la production hydraulique est possible, en raison de sa forte dépendance aux régimes des précipitations, alors même que les besoins tendraient à augmenter. Des conflits d'usage liés au partage de la ressource pourraient notamment apparaître.

Les principaux sites de production d'électricité hydraulique en métropole se trouvent sur les territoires du Pays salonnais et du Pays d'Aix et dépendent des débits des bassins versants Verdon et Durance. Comme présenté par ailleurs, les débits d'eau seront affectés par le changement climatique, autant dans la périodicité que dans le volume de la ressource.

Une menace sur le développement de la ressource bois-énergie

La ressource bois-énergie est une ressource en développement sur Aix-Marseille-Provence. La chaufferie bois d'Encagnane est une preuve de cette ambition. Approvisionnée par plaquettes forestières, la quasi-totalité de l'approvisionnement provient d'un rayon d'environ 80 km autour d'Aix-en-Provence⁴⁰. Mais cette ressource est vulnérable, notamment via la productivité des peuplements. Si à court terme l'augmentation du taux de CO2 induisant une élévation de l'activité de photosynthèse peut jouer en faveur de l'augmentation de la production pour certaines espèces (ORECC, 2013), ces effets restent limités à un réchauffement modéré. La forêt devrait plutôt être confrontée rapidement à une baisse de productivité voire à des dépérissements de certains peuplements engendrés par l'augmentation des sécheresses et du stress hydrique mais aussi l'augmentation des aires d'extension des ravageurs et des maladies (voir partie biodiversité terrestre). Ces

conditions d'assèchement favoriseront aussi les risques d'incendie tant en termes de fréquence que d'intensité.

6.2.4.7 Synthèse des risques économiques

Impacts - mobilité et transport	Type d'aléa	Aléa	Sensibilité	Capacité d'adaptation	Exposition	Risque	Spécificité métropolitaine
Perturbations des transports (arrêt, bloquages) dues aux aléas climatiques	crues éclair/incendies						
Perturbations et inconfort thermique sur le réseau de transport	canicule						
Dommages sur infrastructures de transport (événements extrêmes, inondation, incendie, sols)	inondation/incendies						
Modification du coût de service des transports (besoin d'infrastructures et équipements, coût du carburant)	multiple						

Impacts - industrie et économie	Type d'aléa	Aléa	Sensibilité	Capacité d'adaptation	Exposition	Risque	Spécificité métropolitaine
Dégâts sur les infrastructures portuaires (paquets de mer)	submersion marine, érosion littoral et recul du						Delta du Rhône plus exposé
Baisse de la ressource halieutique (pêche, pisciculture, etc.)	Augmentation température de l'eau						
Hausse du besoin de rafraîchissement dans le bâti économique	canicule						Economie tertiaire plus particulièrement.
Dommages sur infrastructures économiques et limite développement ZAE	inondation						
Perturbation de la productivité des sites industriels en lien avec restriction d'usage des ressources (énergie, eau)	tout aléa						Pôle de Fos/Lavera et sites Seveso

³⁹ Source Diagnostic air climat énergie du PCAEM de la Métropole Aix-Marseille-Provence, Air PACA 2018

⁴⁰ Chaufferie biomasse et réseau de chaleur Encagnane, ADEME, 2016

Impacts - énergie	Type d'aléa	Aléa	Sensibilité	Capacité d'adaptation	Exposition	Risque	Spécificité métropolitaine
Hausse de la demande électrique en été	canicule						
Baisse de la demande électrique en hiver	hausse des températures						
Baisse de la ressource biomasse (bois-énergie)	sécheresses, incendie						
Dégâts sur infrastructures énergie (distribution, production)	incendie/tempêtes/cruels						
Perturbation de la productivité énergies renouvelables (photovoltaïque, éolien)	hausse des températures						
Baisse de la productivité du potentiel hydraulique (sécheresses)	sécheresse / changement débit saisonnal						

Impacts - tourisme	Type d'aléa	Aléa	Sensibilité	Capacité d'adaptation	Exposition	Risque	Spécificité métropolitaine
Modification de la saisonnalité du tourisme	canicule						
Augmentation des interdictions d'accès aux espaces naturels	incendie						
Baisse de l'attrait touristique (modification des paysages, la pollution)	canicule, incendie						
Réduction d'accès aux zones de baignade et zones de fraîcheur (érosion littoral et recul du trait de côte)	érosion littoral et recul du trait de côte						
Evolution de l'activité touristique (coûts et activités)	multiple						
Dommages sur infrastructures touristiques	submersion marine, incendies, inondation						

Impacts - agriculture	Type d'aléa	Aléa	Sensibilité	Capacité d'adaptation	Exposition	Risque	Spécificité métropolitaine
Dégâts aux cultures liés aux risques climatiques (événements extrêmes...)	multiple						
Modification des cycles végétatifs (précocité)/décalage des stades phénologiques	modification des floraisons						
Hausse de l'évaporation et des besoins d'irrigation pour l'agriculture	sécheresse						
Disponibilité limitée des intrants (fourrage) pour l'agriculture	sécheresse						
Amplification de l'impact des menaces sanitaires (insectes et maladies)	multiple						
Surmortalité des élevages liée au climat (gel, sécheresse, événements extrêmes...)	canicule						
Diminution des rendements et qualité plus aléatoire des récoltes	sécheresse						
Baisse de productivité due à la baisse de l'humidité des sols	sécheresse						
Salinisation des eaux d'irrigation (remontée du biseau salé)	submersion marine, remontée du biseau salé						

Figure 182 : évaluation des composantes des risques économiques à l'échelle métropolitaine

Le secteur économique métropolitain est susceptible d'être impacté de multiples façons et à divers degrés, allant de l'inconfort ou de la nécessité d'adapter un secteur aux dommages plus lourds sur les infrastructures ou la remise en cause globale de secteurs entiers.

Parmi les sous-secteurs économiques, l'agriculture représente le secteur dont les impacts sont le plus corrélés au changement climatique, en particulier la ressource en eau. Si la capacité d'adaptation du secteur agricole est susceptible d'être nettement améliorée à travers une meilleure gestion de la ressource en eau, une évolution de sa pratique est attendue et un accompagnement est impératif, notamment pour les secteurs de la viticulture et de l'arboriculture, cruciaux pour la Métropole.

C'est également le cas du secteur du tourisme, particulièrement important pour l'espace métropolitain, qui pourrait avoir à évoluer en profondeur pour faire face aux restrictions d'accès aux espaces naturels et à l'inconfort lié.

Si le secteur industriel et l'activité tertiaire publique ou privée semblent moins vulnérables directement, ils sont toutefois exposés aux risques inhérents à leurs flux de fonctionnement.

Ainsi la logistique et l'énergie sont impactés par les risques climatiques, et notamment les événements extrêmes qui sont susceptibles d'occasionner des pertes très nettes de productivité. La réponse passera alors moins par une évolution de l'activité que par une meilleure capacité d'adaptation et de prise en compte des risques d'incendie, d'inondation et de submersion.

Les secteurs économiques de la métropole ont une capacité d'adaptation et une sensibilité plus variées selon les impacts et les activités économiques et devront osciller entre remise en cause de leur fonctionnement et prise en compte des pertes de productivité pour prioriser leurs investissements et faire face au changement climatique.

Les principales vulnérabilités du secteur des transports aux aléas climatiques



Hausse généralisée des fortes chaleurs

- Dégradation de l'inconfort thermique estival des passagers
- Dégradations matérielles routières et ferroviaires



Incendies de forêt sur les principaux axes de transport



Submersion/érosion à proximité de l'industrie portuaire



Inondations sur des zones où les transports sont importants



Principaux flux de transports quotidiens métropolitains



Grands axes routiers et ferroviaires (TGV, A7, A8, A9)



Axe de transport maritime de matières

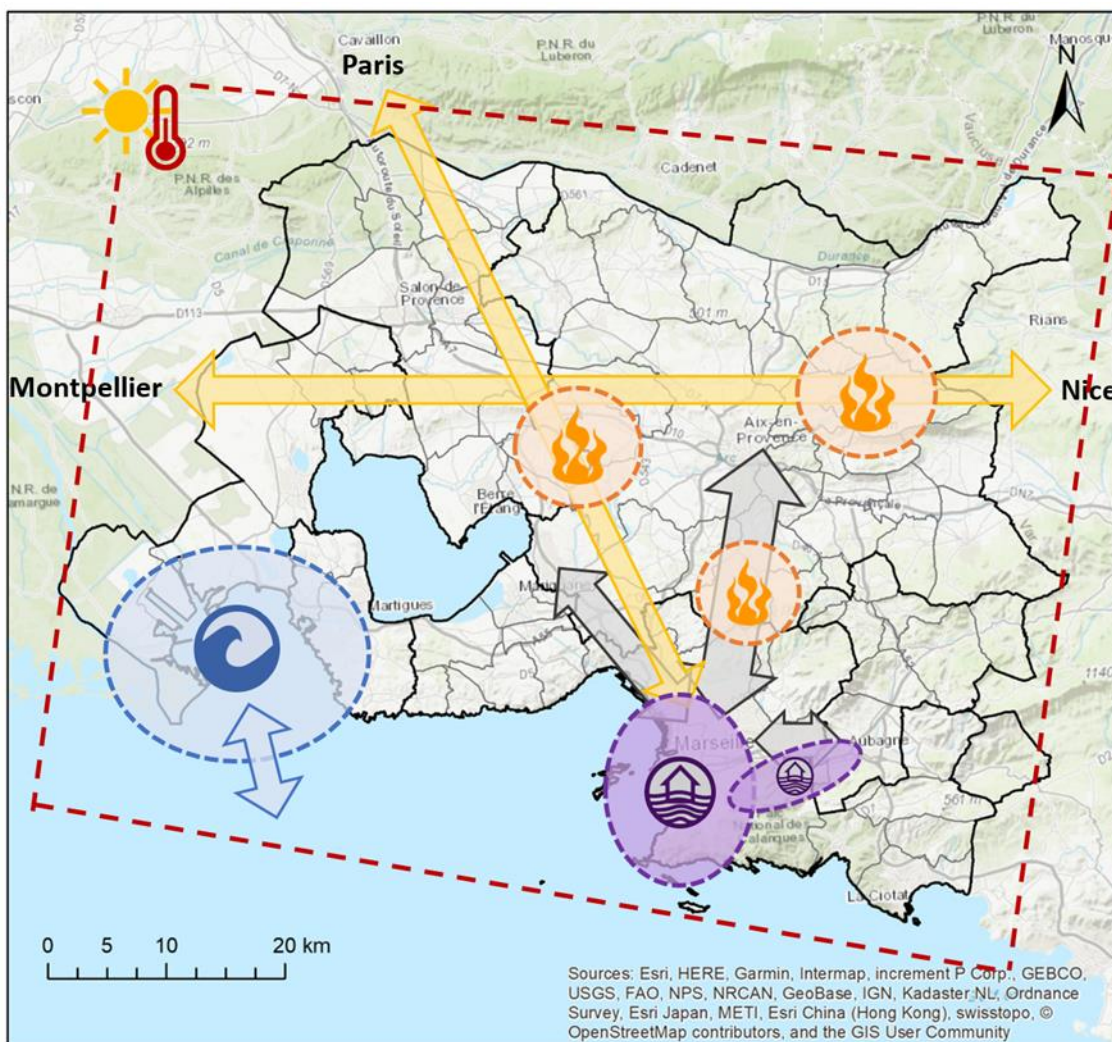
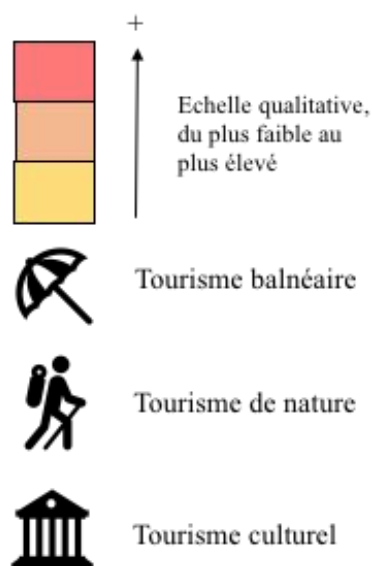


Figure 183 : Synthèse des vulnérabilités de la métropole Aix-Marseille-Provence pour le secteur des transports

Niveau d'impact des risques climatiques sur les principales zones touristiques



Les facteurs de risque pris en compte incluent la hausse des températures et de la fréquence des vagues de chaleur, l'intensification des îlots de chaleur urbain, les incendies de forêt et l'érosion et la fréquentation des zones touristiques

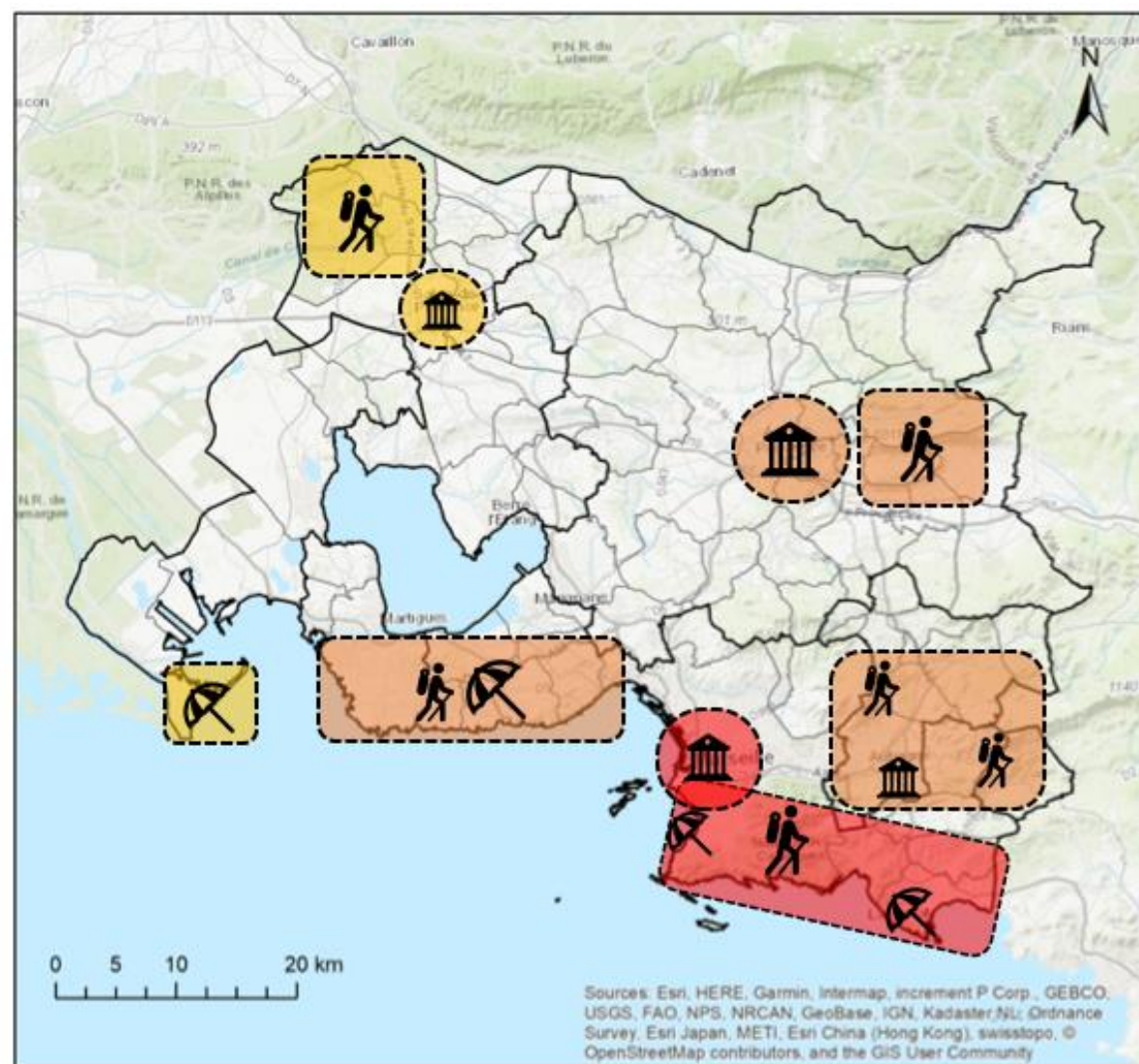


Figure 184 : synthèse cartographique du niveau d'impact des risques climatiques sur les principales zones touristiques de la métropole Aix-Marseille-Provence

Les principaux impacts au niveau de l'énergie

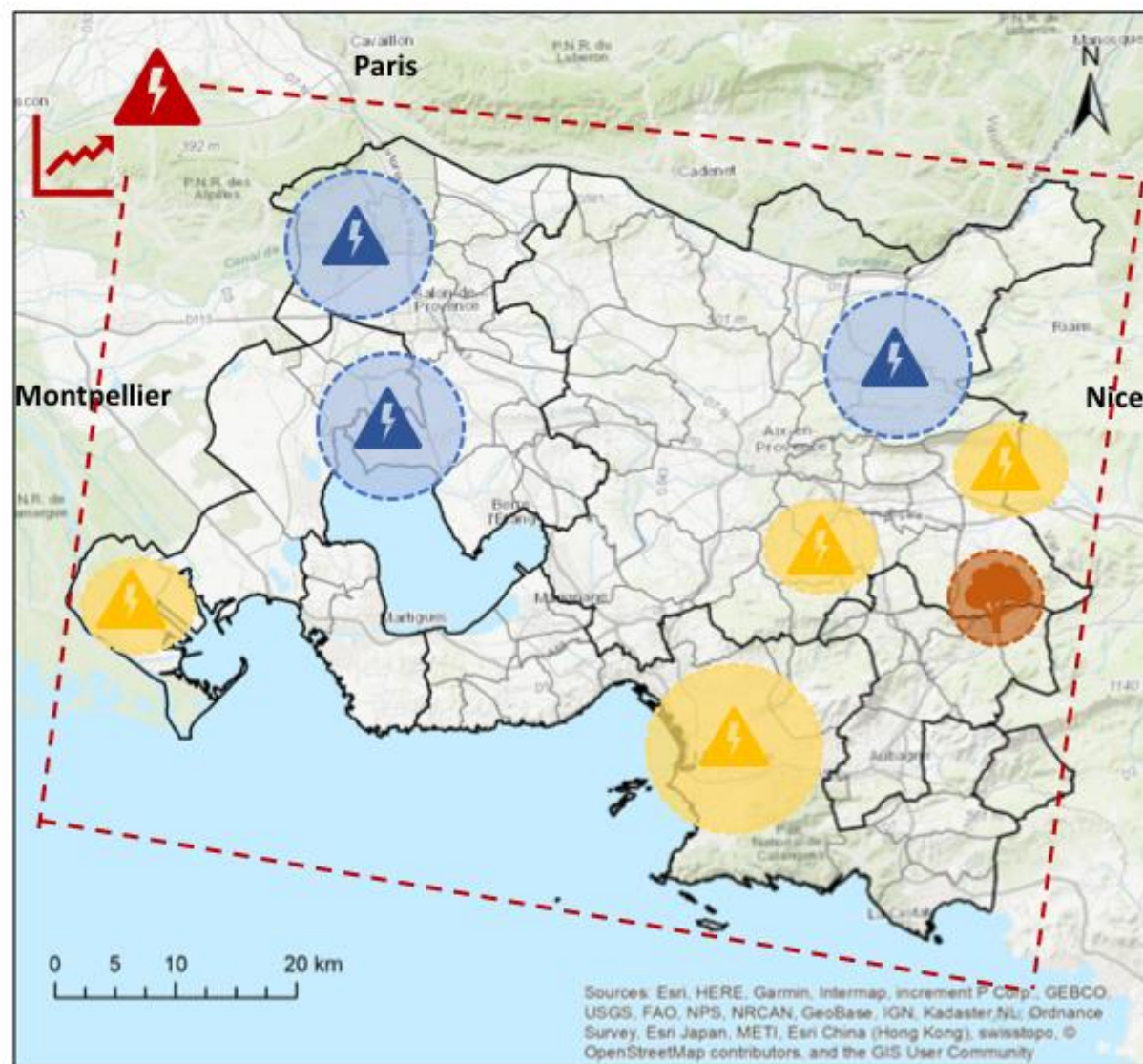


Figure 185 : synthèse cartographique des principaux impacts pour l'énergie pour la Métropole Aix-Marseille-Provence

6.2.5 Zooms géographiques

Les exemples mentionnés dans les approches transversales suivantes permettent de mieux cerner comment les risques mentionnés précédemment dans les différents secteurs métropolitains sont susceptibles de s'additionner dans certains milieux, rendant leur gestion d'autant plus critique. Ainsi, l'opération d'aménagement public Euroméditerranée, une opération d'envergure nationale, permet d'appréhender l'ensemble des risques en milieu urbain. Le cas de l'étang de Berre illustre, quant à lui, un secteur géographique où cohabitent différents secteurs économiques (industriel et agricole entre autres), accentuant la pression sur les usages des ressources métropolitaines.

6.2.5.1 Euroméditerranée, la gouvernance de l'adaptation en milieu urbain

Euroméditerranée, un exemple de zone urbaine pluri-activités

Euroméditerranée est un établissement public de rénovation urbaine, créé en vue de bâtir un quartier d'affaires, en cours depuis 1995. Son emplacement entre zone portuaire, centre-ville et grands nœuds de circulation rend cette opération d'intérêt national (OIN) d'autant plus intéressante à observer. Le statut d'Euroméditerranée place ces gestionnaires au centre d'un nombre considérable de sujets à traiter, parmi lesquels figure l'adaptation au changement climatique.

Les thématiques climatiques sont multi-échelles et multi-acteurs. La qualité de l'air, les îlots de chaleur urbain, la gestion de l'énergie, de la ressource en eau, font partie des sujets traités de manière parallèle. Les immeubles de bureau côtoient les immeubles de logement, les anciens bâtiments historiques des docks et les axes autoroutiers et ferroviaires.

Si les permis de construire sont instruits par Euroméditerranée sur son périmètre, la gestion du site se fait en respectant les règles et les normes municipales, comme tout autre quartier. Euroméditerranée a ainsi un rôle de référent pour les services publics.

Un quartier exposé à plusieurs aléas climatiques

La qualité environnementale du quartier est un enjeu crucial et la hausse des températures et les inondations sont des aléas critiques du site. Les impacts ne sont pas priorités mais le site est un exutoire de trois ruisseaux vers la mer, ce qui l'oblige à mettre en œuvre des stratégies de préventions des risques. La submersion marine semble un risque moindre mais des zones tampon sont aménagées pour prévenir les risques liés au ruissellement, comme le parc des Aygalades.

La gestion des ressources fait également partie des axes prioritaires, plus particulièrement la gestion de la ressource énergétique et de la ressource en eau. Le smart grid électrique et l'optimisation du cycle de l'eau font partie des objectifs de

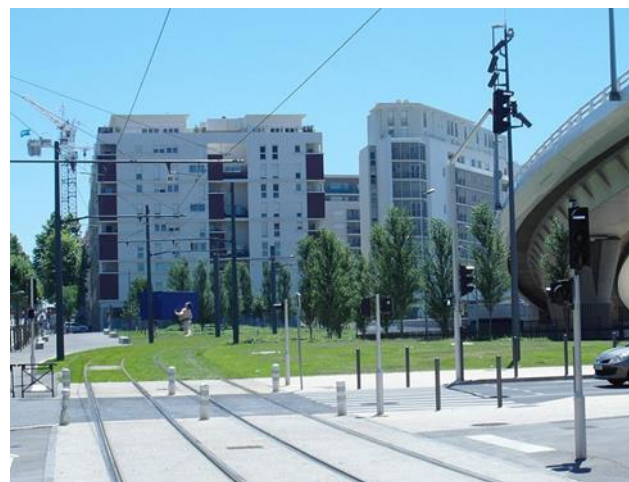


Figure 186 : Euroméditerranée, un exemple de la recherche de mise en œuvre de l'adaptation en milieu urbain

développement. Le stockage de l'eau pluviale est traité comme un sujet innovant et la place de la partie paysagère y est centrale afin de mieux s'adapter au changement climatique.

Une adaptation nécessaire mais difficile à évaluer

Dans une politique de développement active comme celle d'Euroméditerranée, l'adaptation intègre les objectifs de développement et doit se traiter en parallèle de la question des coûts de réalisation des infrastructures. Une évaluation de l'adaptation et de la non-adaptation est nécessaire mais reste encore difficile à évaluer. Le coût de l'adaptation se réfère donc encore le plus souvent aux coûts de mise en œuvre d'équipements efficaces, comme celle de la boucle d'eau de mer prévue sur le site.

Quelques indicateurs existent et font l'objet d'échanges auprès d'institutions concernées. Mais ceux-ci restent classiques, et concernent majoritairement la performance de la zone, la création d'emplois, l'activité économique, la mobilité, la qualité de l'air. Euroméditerranée a eu la possibilité de mettre en œuvre des analyses plus spécifiques de la zone, comme l'usage de la photo satellite pour l'évolution des îlots de chaleur urbains. Des études météorologiques ont également été réalisées au niveau de la zone et partagées avec les acteurs, notamment bureaux d'étude devant y intervenir. Les problématiques se heurtent également, laissant à chaque acteur le soin d'arbitrer. Ainsi, la pollution de l'air est une problématique qui se traite en parallèle de celle de la ventilation nocturne, les solutions de l'une pouvant limiter l'impact des solutions de l'autre.

Des groupes de travail plus spécifiques sont organisés, avec l'appui de spécialistes de certains domaines (comme Biodiversity à propos de la biodiversité en milieu urbain).

Une mise en œuvre de l'adaptation limitée par les limites de gouvernance

La gestion d'un quartier tel qu'Euroméditerranée est une affaire de pragmatisme. La structure du PPRI (Plan de Prévention du Risque Inondation) est similaire aux autres quartiers et quand bien même des indicateurs de vulnérabilité sont identifiés, le rôle de l'aménageur reste celui d'un conseiller avec préconisations à l'appui. Ainsi les stratégies de climatisation bas-carbone et la gestion des albédos de surface font partie des messages transmis auprès des promoteurs. L'aménageur n'intervenant que sur l'espace public, les problématiques comme celle de l'îlot de chaleur urbain sont gérées avec cette limite. Aucun thème n'est exclu mais les prescriptions restent de la responsabilité de chaque acteur. Les questions d'urbanisme sont plus facilement gérées et l'aménagement se fait au regard des obligations fixées par la collectivité tout d'abord.

L'exemple d'Euroméditerranée et les limites auxquelles elle est confrontée illustrent l'importance des questions de gouvernance fine pour la mise en œuvre de politiques d'adaptation en milieu urbain, même en compagnie d'aménageurs sensibilisés à la question.

6.2.5.2 L'étang de Berre, un secteur aux multiples usages

Une occupation et des usages multiples du territoire de l'étang de Berre

Le territoire concerné regroupe l'ensemble des communes riveraines de l'étang mais également celui des bassins versants des cours d'eau qui s'y jettent à savoir ceux de l'Arc, de la Touloubre et de la Cadière. En raison de l'apport d'eau par le canal EDF à Saint Chamas, le territoire est également concerné par le régime des apports d'eau issus de la Durance et du Verdon. L'occupation des rives opposées de l'étang de Berre est contrastée: à l'est et au nord une implantation industrielle et urbaine fortes ; à l'ouest et au sud des zones naturelles plus vastes où s'intercalent des noyaux urbains attractifs (Martigues la « Venise provençale »).

L'agriculture occupe environ 1/3 du territoire, surtout au nord de l'étang et est irriguée majoritairement par pression. Afin de se prémunir des aléas des revenus et saisir de nouvelles opportunités, certains exploitants diversifient leurs cultures et leurs activités entre autre vers le para-agricole : vente directe aux consommateurs, tourisme rural, transformation à la ferme d'une partie de leur production, travaux à façon comme des services environnementaux à destination des collectivités locales ou des particuliers. L'activité de pêche artisanale (quartier de Martigues) reste relativement marginale et concerne principalement les muges, les anguilles et les daurades.

L'Etang de Berre est aussi un territoire touristique modestement développé qui souffre encore d'une image négative liée à l'industrie en particulier et à la qualité de l'eau de l'étang. La réhabilitation de l'étang et de ses abords, la diversification de l'offre de loisirs et une amélioration de l'offre d'hébergement de vacances demeurent des enjeux clés.



Figure 187 : Martigues et l'étang de Berre, plusieurs usages d'un territoire

Des écosystèmes aquatiques particulièrement sensibles

Les écosystèmes aquatiques sont particulièrement sensibles aux perturbations climatiques. Ils réagissent de manières variées : homogénéisation des peuplements (cas des plantes magnoliophytes qui diminuent au profit des algues), baisse de la diversité (les espèces mieux adaptées aux nouvelles conditions prédominent), invasion d'espèces qui viennent d'ailleurs, mais aussi prolifération d'espèces allochtones invasives (par exemple les algues) et enfin disparitions d'espèces autochtones comme l'écrevisse à pieds blancs.

La gestion de la concurrence de l'usage de l'eau, une problématique qui pourrait être renforcée par le changement climatique

L'ensemble du réseau des cours d'eau du bassin versant de l'Étang de Berre est dépendant pour son volume et sa qualité d'apports externes du Verdon, de la Durance et du Canal de Provence. La concurrence entre les usages de cette eau (protection de la biodiversité, consommation agricole, consommation humaine et production électrique) est accentuée en été par l'apparition de pics de consommation électrique (refroidissement). Or, avec l'augmentation de la population permanente, la demande énergétique croît également ainsi que les besoins en assainissement. La période de pointe des usages correspond à celle d'étiage maximum des cours d'eau qui impacte la faune piscicole (Arc). À la même époque les apparitions d'algues augmentent ; elles sont liées à la concentration des polluants organiques pendant les fortes chaleurs. Les masses d'eau de Berre et de l'Arc sont en risque fort de non atteinte du bon état écologique au sens de la directive car on y relève des nitrates et pesticides. De nombreuses mesures ont déjà été prises par tous les acteurs institutionnels (communes et Département notamment) et privés (industriels) pour participer à la réouverture de l'étang à la baignade et aménager des plages.

À l'avenir, la baisse des apports en eau projetée pour le printemps et l'été pourrait augmenter les étiages sévères et par là même avoir un effet de concentration des polluants dans les cours d'eau. L'effet serait encore renforcé car il se devrait se combiner avec la hausse projetée des températures en été. L'augmentation projetée du nombre de jours de pluies de très forte intensité pourrait également intensifier le ruissellement et donc le lessivage des polluants qui se retrouveraient alors dans les eaux souterraines et les cours d'eau.

La centrale hydroélectrique de Saint Chamas est le principal apport d'eau douce dans l'étang (apports actuellement réglementés à 1,2 milliard de m³/an contre 238 milliards de m³ en 2010 par les tributaires naturels). Cela provoque une baisse globale de la salinité avec des variations importantes (qui va à l'encontre de la nature lagunaire salée de l'étang) et une stratification entre les eaux de surfaces et celles du fond. Malgré la mise en place de quotas de rejets (en volumes d'eau et en tonnes de sédiments), l'état écologique de l'étang demeure très dégradé. Ainsi le contrat d'étang de Berre, porté par le GIPREB, vise à mettre en place un programme d'actions pour répondre aux enjeux de restauration des écosystèmes lagunaires et terrestres, permettre un retour aux différents usages et réhabiliter

l'image de l'étang. La réouverture expérimentale du tunnel du Rove à la courantologie fait partie de ce programme d'actions (études préalables en cours). Elle vise à lutter contre l'eutrophisation et le confinement de la partie Sud de l'Etang de Berre, de l'Etang de Bolmon et du Canal du Rove. Le projet de dérivation des eaux du canal usinier d'EDF a fait l'objet d'une étude technique et d'une étude d'évaluation socio-économique, qui montrent la faisabilité et la rentabilité (entre 15 et 22 ans environs selon les hypothèses de calcul retenues et l'option envisagée – dérivation ou restitution-). Ce projet de dérivation n'est pas programmé à ce jour.

6.2.5.3 Les secteurs littoraux face au changement climatique

Identification des secteurs littoraux sensibles

Dans le cadre de la compétence littoral en lien avec la compétence Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations (GEMAPI), la Métropole Aix Marseille Provence a demandé à l'AGAM d'engager des premiers travaux sur la « prise en compte des risques d'érosion et de submersion marine dans la gestion du littoral ». Ce premier travail a été réalisé en partenariat avec les services de la DDTM 13, et a pour objectif d'apporter des éléments de compréhension sur les aléas littoraux et d'identifier les espaces vulnérables aux phénomènes de submersion marine et d'érosion côtière, en prenant appui sur les études et données existantes.

Les travaux issus de ces études, en cours de réalisation, sont présentés dans cette partie.

L'identification des secteurs sensibles a été menée au regard des éléments de connaissance sur les phénomènes de submersion marine et d'érosion côtière des côtes meubles et rocheuses.

Concernant le phénomène de submersion marine, l'identification des secteurs sensibles du territoire métropolitain s'est appuyé sur la définition des zones dites « basses » dont l'altitude est inférieure aux niveaux atteints par la mer lors de conditions extrêmes, c'est-à-dire d'occurrence centennale. Les cartographies ont été élaborées en tenant compte d'une cote de 1,5 mètres NGF pour la Méditerranée, via une analyse statistique des hauteurs d'eau mesurées par les marégraphes. Ce niveau ne prend cependant pas en compte à ce stade l'élévation liée au changement climatique.

La caractérisation du phénomène de submersion marine sur le territoire métropolitain est limitée par les incertitudes sur l'ampleur du niveau d'élévation du

niveau de la mer induite par le changement climatique (estimations du GIEC régulièrement revues à la hausse). Aujourd'hui, l'hypothèse retenue dans les Plans de Prévention des Risques Inondation correspond à une élévation de 60 cm du niveau marin à l'horizon 2100, soit une cote de 2,1 m NGF.

Ainsi, les principaux secteurs sensibles du territoire identifiés sont : Port Saint-Louis du Rhône ; Fos-sur-Mer ; Port de Bouc ainsi que le pourtour de l'Etang de Berre. Les cartographies illustrant les secteurs du territoire Métropolitain soumis à la submersion marine sont présentées ci-dessous.

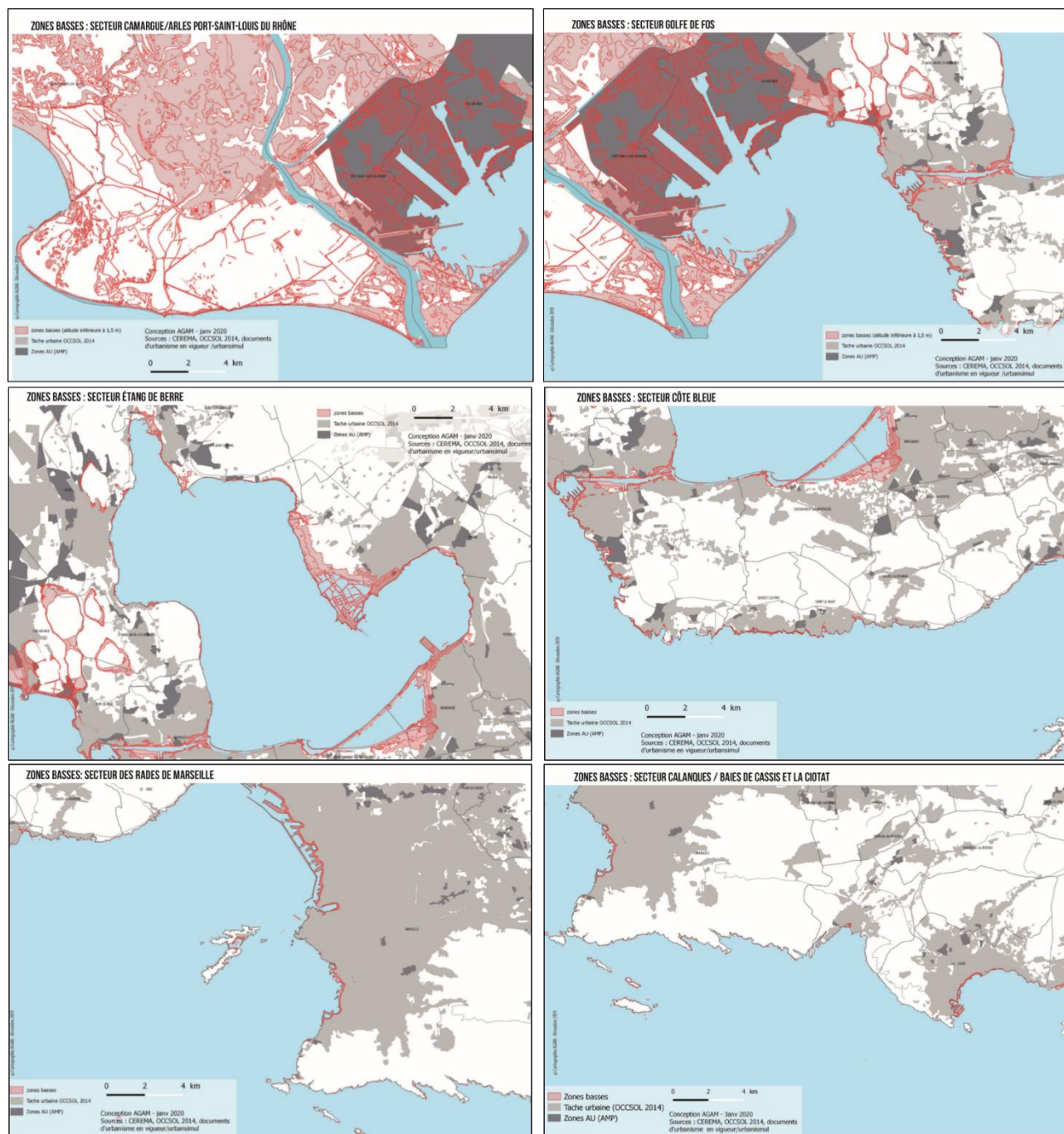


Figure 188 : Territoires métropolitains soumis à la submersion

La superficie des zones dites « basses » sont très importantes sur les communes de Fos-sur-Mer et Port-Saint-Louis du Rhône. A noter que ce risque concerne des zones urbanisées et à urbaniser. Dans ce secteur, les enjeux d'aménagement sont donc particulièrement importants.

Le secteur de l'Etang de Berre est concerné en plusieurs points mais sur une surface nettement plus réduite. Les enjeux liés à l'aménagement pour les zones urbaines ou à urbaniser restent forts.

Dans une moindre mesure, certains secteurs de la rade de Marseille sont également concernés par ce risque : le bassin Est du Grand Port Maritime, le Vieux Port, le port des îles du Frioul, le secteur littoral allant de Malmousque au Parc Balnéaire du Prado. Dans ces derniers, la pente et la topographie des sites limitent leur sensibilité. Les enjeux liés à l'aménagement de ces secteurs sont plus modérés.

Concernant le phénomène d'érosion côtière, deux types d'érosion concernent les secteurs littoraux, l'érosion des côtes meubles et l'érosion des côtes rocheuses.

La caractérisation des zones sensibles à l'érosion a tenu compte de plusieurs facteurs : nature du trait de côte, fonctionnement du processus sédimentaire, conditions de houle, présence d'ouvrages de défense, dégradation des herbiers de posidonie (rôle dans la dissipation de la houle), dégradation des sites (en lien avec la sur-fréquentation touristiques), etc.

L'érosion côtière est assez bien documentée sur le territoire métropolitain. Toutefois, l'indice national de l'érosion côtière permet difficilement de qualifier l'érosion des côtes rocheuses dans la mesure où, sur le temps long, le phénomène reste marginal en volume comparativement à l'érosion des côtes meubles. Pour autant, de manière ponctuelle, les chutes de blocs et les éboulements peuvent impacter sensiblement le trait de côte.

L'érosion et l'instabilité des côtes rocheuses a fait l'objet de nombreuses études d'échelle territoriale variable. La base de données nationale sur les mouvements de terrain (www.georisques.gouv.fr) recense une centaine d'événements sur le littoral des Bouches-du-Rhône. L'étude réalisée par le BRGM a complété cet inventaire et pointe 130 événements au total. L'étude réalisée par le BRGM et la DDTM (2014) indique que sur les 100 km de côtes rocheuses des Bouches-Du-Rhône, l'aléa très fort à fort concerne 19% de la côte.

Sur le territoire Métropolitain, de nombreux sites concernés sont recensés :

- Sur la côte orientale du golfe de Fos (Martigues et Port de Bouc) ;
- Sur l'étang de Berre, sur les rives ouest, notamment sur la commune d'Istres (Monteau, Les Heures Claires, Saint-Pierre et La Pujeade)
- Sur la Côte Bleue où l'instabilité concerne plus de 60% du linéaire côtier. Plusieurs communes sont concernées : Carry-le-Rouet, Sausset-les-Pins, Ensues-la-Redonne, le Rove, etc.
- Dans la rade de Marseille sur l'archipel du Frioul où les instabilités sont liées aux trois anciennes carrières d'exploitation de calcaire ; au pied de la falaise du Pharo, à Malmousque, sur la Corniche ainsi que les falaises comprises entre la pointe de Montredon et la Madrague.
- Dans le massif des Calanques où l'ensemble des côtes rocheuses du massif des Calanques est soumis à érosion, liée à la présence de substrats altérables (marnes, brèches, écailles...) et de la combinaison de plusieurs phénomènes physiques qui déstabilise les versants pentus (karstification, fracturation, érosion marine...).

A titre d'exemple, une illustration cartographique de l'aléa des falaises rocheuses, réalisée dans le cadre de l'étude de l'AGAM, est présentée ci-dessous.

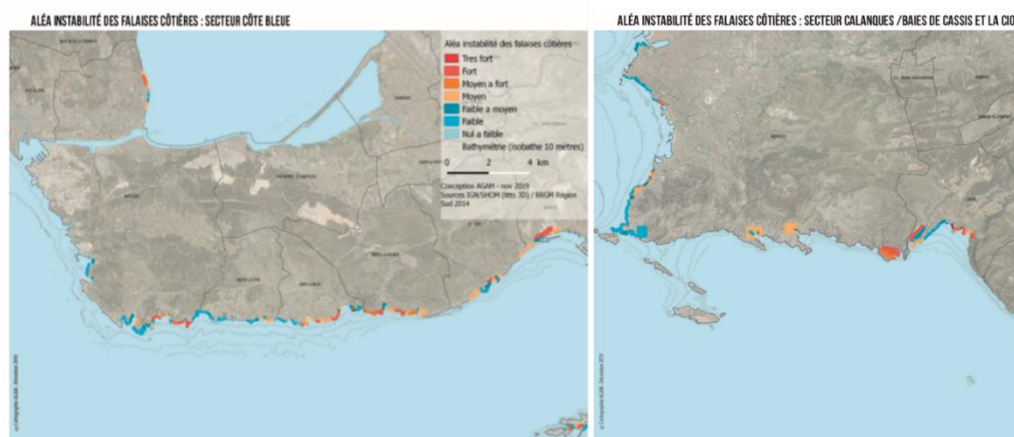


Figure 189 : Aléa des falaises rocheuses - AGAM

Le phénomène d'érosion des côtes meubles concerne particulièrement le secteur de l'Etang de Berre :

- Le littoral, de l'embouchure de l'Arc aux salins de Berre ;
- La partie centrale du cordon dunaire du Jai, entre la bourdigue de Châteauneuf et la Grande bourdigue ;
- Plusieurs plages situées en fond d'étang de Vaine à Vitrolles.

Sur la partie métropolitaine de la Camargue (Port-Saint-Louis du Rhône), l'évolution complexe, car directement liée aux apports du Rhône et aux travaux d'entretien de la flèche de la Gracieuse qui protège la rade de Fos : on constate un recul de la partie est au profit de la partie ouest. A noter que les stratégies engagées sur le Rhône (Plan Rhône, etc.) devraient favoriser une restauration partielle des apports sableux du fleuve.

Sur la rade Sud de Marseille, plusieurs plages du parc balnéaire du Prado sont soumises à érosion. Le secteur au sud de l'Huveaune connaît une érosion marquée, sur les plages Huveaune, Borély et Vieille-Chapelle. Cette situation s'explique par l'action de la houle et par la régression de l'herbier de Posidonie dans la baie du Prado.

L'étude de l'évolution du trait de côte des Bouches-Du-Rhône au regard de l'érosion marine réalisée par le Conseil Départemental des Bouches-du-Rhône en 2009, dresse un état des lieux de l'évolution des surfaces des zones meubles :

- Le secteur du Golfe de Fos a observé une diminution de 73% de sa surface entre 1950 et 2003 ;
- Le secteur de l'Etang de Berre a observé une diminution de 34 % de sa surface entre 1977 et 2003 ;
- La Massif des Calanques a observé une diminution de sa surface de 7% entre 1927 et 2003.

La côte bleue (du Cap Couronne au tunnel du Rove) apparaît en revanche peu sensible au phénomène (-1% entre 1927 et 2003).

Les zones soumises à l'érosion des zones côtière, associée aux secteurs sensibles vis-à-vis de la submersion marine sont présentés dans la cartographie ci-dessous.

6.2.6 Analyse des coûts de certains risques

Dans les sections suivantes, sont proposés des éclairages sur le coût de l'inaction, pour une sélection d'impacts du changement climatique choisis pour leur importance pour le territoire (telle qu'elle ressort du Cahier Climat et du Cahier Vulnérabilités), pour la disponibilité de littérature sur le coût du changement climatique et aussi pour leur intérêt au regard de la capacité d'adaptation à ces impacts à l'échelle de la métropole.

Les estimations sont réalisées à partir de la littérature existante (à l'échelle européenne et nationale) sur le coût du changement climatique et des retours d'expérience d'événements extrêmes passés dont on anticipe une augmentation sous l'effet du changement climatique.

Ces estimations sont réalisées toutes choses égales par ailleurs, pour isoler l'impact du changement climatique. En d'autres termes, il s'agit de se demander : « quel serait l'impact pour le territoire s'il connaissait, aujourd'hui, le climat de 2050 ? ». Les résultats reposent sur de nombreuses hypothèses, qui sont détaillées dans les sections ci-après. Ils sont à considérer comme des ordres de grandeur uniquement, des premières tentatives d'estimations qu'il conviendrait d'affiner dans le cadre d'études spécifiques sur chacun des thèmes traités.

6.2.6.1 Éclairage sur le coût du changement climatique pour l'aléa retrait-gonflement des argiles

Le bâti (logement et activité économiques) est vulnérable au changement climatique et sa sensibilité est très élevée, comme vu précédemment. C'est pourtant un élément sur lequel il est possible d'agir dans les plans d'aménagement futurs et les plans de prévention, à condition d'en estimer le coût de l'inaction.

Le coût actuel du retrait-gonflement des argiles sur le territoire

Le retrait-gonflement des argiles (RGA) représente un risque d'ores et déjà important sur le territoire. D'après les données de l'Observatoire national des risques naturels et de la Caisse centrale de réassurance, sur l'ensemble de la Métropole, le coût cumulé d'indemnisation au titre du RGA entre 1995 et 2014 est compris entre 295 et 985 millions d'euros, soit entre 15 et 50 millions d'euros de dommages en moyenne annuelle.

Plusieurs communes se distinguent : en particulier Aix-en-Provence, Allauch, Aubagne, Bouc-Bel-Air, Cabrès, Equilles, Gignac-la-Nerthe, Martigues, Plan-de-Cuques, Trets, Velaux, Venelles, Ventabren, qui cumulent chacune plus de 10 millions d'euros de dommages sur 20 ans. A Marseille, les dommages cumulés dépassent les 50 millions d'euros.

Le risque, qui touche essentiellement les maisons individuelles, est accentué lors des sécheresses sévères. En France, la sécheresse/canicule de 2003 a entraîné une multiplication par 6 du coût d'indemnisation au titre du RGA, en comparaison à une année « normale » (Plat et al, BRGM, 2009).

Évaluation de l'impact du changement climatique

L'évaluation se base sur une étude pilotée par le BRGM (Plat E. et al., 2009), qui propose une estimation du coût du changement climatique, à partir :

Du retour d'expérience de l'année 2003 (en termes de surcoût par rapport à une année « normale »)

D'une modélisation, par Météo-France, de la probabilité de connaître un épisode « de type 2003 » en 2050, selon deux scénarios climatiques (A2 et B2).

Estimation du surcoût d'une année « type 2003 » dans la Métropole

D'après les données fournies dans le rapport du BRGM, le nombre de sinistres dus au RGA en 2003 **a augmenté de 188% dans les Bouches-du-Rhône par rapport à la moyenne 1989-2002**. Dans le Var, l'augmentation a été de 394% et dans le Vaucluse, de 441%. On considèrera que cette augmentation de dommage représente la conséquence d'une année très chaude / sèche rapport à une année « normale ».

En supposant (i) que l'augmentation des sinistres dans les communes de la Métropole dans une année type 2003 est identique à celle du département auquel elles appartiennent et (ii) que l'augmentation du coût d'indemnisation est proportionnelle à celle du nombre de sinistres, **une année « types 2003 » engendrerait un surcoût compris entre 25 et 85M€ sur le territoire de la Métropole⁴¹.**

Estimation du « surcoût » du changement climatique

Pour estimer le surcoût du changement climatique, on se fonde sur les mêmes hypothèses que le BRGM, à savoir une probabilité annuelle de connaître un épisode « de type 2003 » à l'horizon 2050 comprise :

- entre 8 et 19% dans le scénario « optimiste » B2 (hypothèse retenue : 14%)
- et entre 12 et 51% dans un scénario « pessimiste » A2 (hypothèse retenue : 32%).

Le surcoût annuel du changement climatique en 2050 s'échelonnerait donc entre 4 et 12M€ dans le scénario B2 (proche du RCP2.6), et entre 8 et 27M€ dans le scénario A2 (proche du RCP8.5).

Cela correspond à **une hausse comprise entre 24 et 55% du coût annuel moyen actuel du retrait-gonflement des argiles** selon le scénario (si l'on considère les valeurs moyennes des dommages annuels).

Cette estimation est réalisée « toutes choses égales par ailleurs » pour isoler le surcoût du changement climatique. En particulier, elle ne tient pas compte d'une poursuite de l'urbanisation en zone d'aléa, qui constituera un facteur majeur d'augmentation du coût du risque dans les prochaines décennies.

6.2.6.2 Éclairage sur l'impact du changement climatique sur le coût des inondations

Les risques liés aux inondations ont été mises en évidence dans de nombreux secteurs dans ce rapport. La mise en œuvre d'infrastructures et la considération de ces risques dans les plans d'aménagement feront partie des plans d'adaptation métropolitains.

Le coût actuel indemnisé des inondations sur le territoire

Toutes les communes du territoire sont concernées par le risque inondation. L'analyse proposée ci-après se concentre sur le coût d'indemnisation CatNat (particuliers et professionnels), car on dispose de données locales (échelle commune) homogènes sur la question.

D'après les données de l'ONRN et de la CCR (Groupe public de réassurance), le coût cumulé d'indemnisation pour les inondations (tous types) sur le territoire sur la période 1995-2014 est compris entre 135 et 410 millions d'euros sur le territoire de la Métropole, soit un coût annuel moyen indemnisé compris entre 7 et 20 millions d'euros.

Est à noter la forte sensibilité de la commune de Marseille, qui totalise à elle seule entre 100 et 284 millions d'euros de dommages cumulés sur la période. Les communes d'Aix-en-Provence, Allauch, Aubagne, Cabriès, Cassis, La Ciotat, Gignac, Plan-de-Cuques et Septèmes-les-Vallons cumulent chacune entre 2 et 5 millions d'euros de dommages entre 1995 et 2014.

Les dommages indemnisés ne représentent qu'une partie du coût réel d'une inondation : de l'ordre de 50% (CEREMA, 2015. L'enjeu « inondation » en France). Le coût annuel moyen « réel » du risque inondation sur le territoire serait donc plutôt compris entre 14 et 40 millions d'euros.

L'impact du changement climatique sur le coût des inondations

On ne dispose pas d'éléments chiffrés sur l'évolution du risque inondation à l'échelle locale. L'analyse se fonde donc sur une étude menée à l'échelle nationale en 2015 par la Caisse centrale de réassurance (CCR) en partenariat avec Météo-France. Cette étude évalue l'impact du changement climatique sur les dommages assurantiels en couplant une modélisation climatique (Météo-France), une modélisation d'aléa et une modélisation de dommages (CCR), pour le scénario RCP4.5 à l'horizon 2050.

Pour l'aléa inondation, ce travail de modélisation conclut à une augmentation de 20% des dommages moyens annuels en France, principalement due à l'augmentation des phénomènes cévenols dans le Sud-est de la France. La prise en compte de la hausse de la vulnérabilité (poursuite de l'urbanisation en zone inondable, hausse des valeurs assurées) porterait l'augmentation des dommages à 85%.

Appliquée au territoire, cette hausse de 20% se traduirait par un surcoût annuel moyen compris entre 3 et 8 millions d'euros à l'horizon 2050 dans le scénario RCP4.5, sous le seul effet du changement climatique. En tenant compte de l'évolution des enjeux exposés, le surcoût par rapport à la situation actuelle serait compris entre 11 et 35 millions d'euros par an, soit un quasi doublement des coûts actuels (+85%).

Cette estimation est à considérer avec précaution, et représente probablement la fourchette basse des impacts du changement climatique. En effet, seul le scénario « médian » RCP4.5 est considéré : un travail est en cours au sein de la CCR pour proposer des estimations avec le scénario RCP8.5, avec des dommages modélisés potentiellement beaucoup plus importants. Par ailleurs, faute de projections locales, l'évolution des dommages est fondée sur des résultats moyens à l'échelle nationale, dont nous savons qu'ils sont « tirés vers le haut » par le Sud-est de la France.

6.2.6.3 Le coût humain des canicules et l'impact du changement climatique

La santé des métropolitains est particulièrement exposée aux impacts du changement climatique, comme vu précédemment. Les canicules constituent un aléa critique, dont la fréquence et intensité sont sujet à une augmentation future.

Lien entre chaleur et mortalité

Le lien entre températures et mortalité est bien documenté dans la littérature : cette relation suit une courbe en U, avec un optimum thermique (mortalité la plus basse) situé autour de 17 à 20°C en France. Dans les Bouches-du-Rhône, cet optimum se situe entre 20 et 23°C (Besancenot, programme GICC APR2000). En deçà et au-delà de ce seuil, la mortalité augmente, d'où un pic principal de mortalité en hiver, et un pic secondaire de mortalité en été.

Le changement climatique se traduirait par une diminution du nombre de jours inférieurs à l'optimum thermique, et une augmentation du nombre de jours supérieurs à l'optimum thermique, qui se traduirait, notamment dans la zone méditerranéenne, par une augmentation de la mortalité générale (Besancenot, GICC).

Le retour d'expérience de la canicule de 2003

La fréquence accrue des phénomènes caniculaires fait craindre une hausse des épisodes de surmortalité estivale, comme cela a été observé durant l'été 2003. La canicule de 2003 a entraîné près de 15 000 décès en France, avec des disparités territoriales significatives : une surmortalité généralement supérieure dans les villes (effet « îlot de chaleur » et effet aggravant de la pollution atmosphérique), et dans les départements du nord de la France, où les populations sont peu habituées aux fortes chaleurs. Ainsi, en Ile-de-France, la surmortalité a été de 134%.

En région PACA, la canicule de 2003 a entraîné une surmortalité de 34% : près de 820 décès en excès ont été observés entre le 1er et le 20 août 2003, par rapport aux deux années précédentes. A Marseille, la surmortalité a été moins importante que dans le reste de la région. En effet, 590 décès ont été reportés entre le 1er et le 20 août 2003, ce qui correspond à une surmortalité de 25% (environ 120 décès en excès) (INVS, 2003). Sur l'ensemble de la Métropole Aix-Marseille-Provence, on peut estimer que la vague de chaleur de 2003 a causé entre 250 et 290 décès selon que l'on suppose que la surmortalité rapportée à la population hors Marseille a été semblable à celle de Marseille, ou à celle de la moyenne du reste de la région.

L'évaluation de l'impact du changement climatique

L'impact de la hausse des températures sur la mortalité a été évalué dans le cadre du projet européen Climate Cost (Kovats et al., 2011), à partir de la relation connue entre températures et mortalité. En France, à l'horizon 2050 dans le scénario A1B (scénario « médian- pessimiste », proche du scénario RCP 4.5), les fortes chaleurs entraîneraient environ 10 000 décès supplémentaires par an, un nombre réduit de moitié si l'on intègre l'effet « d'acclimatation » (adaptation spontanée des organismes aux fortes chaleurs). Il s'agit là de l'impact isolé du changement climatique, sans prise en compte de l'évolution démographique. Pour territorialiser cette évaluation, on supposera que ces décès en excès sont distribués sur le territoire français comme l'a été la surmortalité lors de la canicule généralisée de 2003.

Sur le territoire de la Métropole, selon cette hypothèse, les fortes chaleurs estivales en 2050 entraîneraient entre 85 et 100 décès anticipés par an si l'on tient compte de l'effet d'acclimatation. Sans tenir compte de cet effet (si le climat de 2050 s'appliquait aujourd'hui), le nombre de décès chaque année serait compris entre 170 et 200.

6.2.6.4 Éclairage sur l'impact du changement climatique sur la demande d'énergie pour la climatisation dans le résidentiel

La demande d'énergie est « météo-sensible » par essence : chaque année, les consommations d'énergie varient en fonction des paramètres climatiques, si bien que les statistiques de consommation sont généralement présentées de manière « corrigée » du climat pour permettre les comparaisons interannuelles. L'analyse se concentre ici sur l'impact du changement climatique sur la demande en énergie pour climatisation dans le secteur résidentiel.

La demande actuelle en climatisation

Il n'existe pas de statistiques détaillées sur les consommations d'énergie de climatisation dans le résidentiel. En France, celles-ci restent limitées, en raison d'un faible taux d'équipement des ménages en systèmes de climatisation : de l'ordre de 3% des foyers seraient équipés. Cette estimation masque des disparités géographiques considérables. Ainsi, en région PACA, 27% des foyers disposent d'un système de climatisation en 2015 (Profil environnemental régional, 2015).

En supposant (i) que ce taux d'équipement s'applique à la Métropole Aix-Marseille-Provence –soit près de 250 000 logements équipés et (ii) que la consommation unitaire annuelle d'un système de climatisation s'élève à 500 kWh par an (hypothèse ONERC, 2009), la climatisation dans le résidentiel représenterait aujourd'hui près de 125 GWh par an sur le territoire.

L'impact du changement climatique sur la demande en climatisation

Pour estimer l'impact du changement climatique sur la demande en énergie pour climatisation, toutes choses égales par ailleurs, deux paramètres sont considérés :

L'évolution du taux d'équipement en systèmes de climatisation : nous posons ici l'hypothèse d'un doublement de l'équipement (soit 60% des foyers équipés sous l'effet de la hausse des températures) :

L'impact de la hausse des températures sur la consommation unitaire d'un foyer équipé : conformément à la littérature sur la question (Mima et al., 2011), on suppose une augmentation équivalente à celle des degrés jours de climatisation à l'horizon milieu de siècle :

+46% dans le scénario RCP4.5

+77% dans le scénario RCP8.5.

Toutes choses égales par ailleurs, sans adaptation, la consommation d'énergie pour la climatisation dans le résidentiel serait multipliée par un facteur 3 à 4 selon le scénario climatique considéré, soit 275 à 360GWh supplémentaires chaque année. En termes monétaires, en considérant un prix de l'électricité à 0,11€ HTT par kWh (CGDD, 2018), le coût pour les ménages de cette hausse des consommations d'énergie représenterait de l'ordre de 29 à 38 millions d'euros chaque année.

Synthèse – enjeux en lien avec le PCAEM :

La Métropole Aix Marseille Provence est une zone particulièrement touchée par le changement climatique et à risque pour les aléas météorologiques extrêmes :

- Augmentation de la température moyenne qui se confirme et s'intensifie au cours du XXIème siècle,
- Augmentation du nombre de journées et de nuits chaudes et notamment de nombre de jours de vagues de chaleur ,
- Allongement de la période estivale (commencerait plus tôt au printemps et finirait plus tard en automne) d'après les projections,
- Risque d'inondation qui reste élevé sur le territoire,
- Légère diminution du nombre de jours de pluie et augmentation des périodes de sécheresse estivales qui se dessinent,
- Risque d'incendie qui se voit également à la hausse,
- Risque d'érosion qui domine sur la façade littorale de la métropole,

Les enjeux d'adaptation prioritaires à l'échelle métropolitaine en lien avec le PCAEM sont les suivants :

- **Les chaleurs estivales, une menace forte pour la population métropolitaine** : le coût des canicules est un coût essentiellement humain (85 à 100 décès anticipés par an à l'horizon 2050). L'ensemble des impacts générés directement par le changement climatique sont susceptibles de toucher l'essentiel du territoire métropolitain, et plus particulièrement ses centres urbains. Délicats à atteindre dans les politiques d'adaptation, ces impacts nécessitent des actions de mise en alerte, d'éducation et d'adaptation progressive des activités économiques, sans oublier la nécessité de mieux gérer le rafraichissement pour faire face à ce risque.
- **Une adaptation nécessaire des infrastructures métropolitaines** : les infrastructures de transport et de distribution énergétique sont susceptibles de subir des dommages et des perturbations (notamment le bâti, les autoroutes, les voies ferrées ou encore les infrastructures portuaires). L'intégration dans les documents de planification, dans les réglementations, et les bonnes pratiques pourront en partie aider à faire face aux aléas.
- **Une ressource en eau à préserver et gérer** : le changement climatique devrait créer plus de tension sur le besoin en eau dans tous les domaines économiques, et plus particulièrement l'agriculture. Une politique d'adaptation future ne peut se baser sur la relative insouciance actuelle au sujet de l'eau et se doit d'être proactive en terme d'arbitrage de l'utilisation de la ressource et d'équipements en économie d'eau.
- **Une biodiversité sujette à évolution, comme les activités économiques liées** : la biodiversité marine et terrestre sera soumise aux extrêmes climatiques et aux évolutions (température de l'eau de surface, fréquence des incendies). Le lien entre biodiversité et activités économiques est très large. Tourisme, pêche, énergie, agriculture sont intimement liés à cette biodiversité. Et la fragilité des écosystèmes impose de mettre en œuvre des plans de préservation et de suivi de la biodiversité, afin de mieux contrôler son impact sur les activités économiques humaines.

7 La qualité de l'air dans la Métropole

La Métropole Aix-Marseille-Provence est un territoire largement exposé aux problématiques de la qualité de l'air principalement en raison de l'importance du secteur industriel et des transports. En effet, les secteurs industriels et énergétiques combinés sont responsables de la majeure partie des émissions de polluants sur le territoire de la Métropole (58%). Viennent ensuite les transports (31%) puis le secteur résidentiel (9%).

Pour bien comprendre l'ampleur de l'enjeu de la qualité de l'air sur le territoire Aix-Marseille Provence, il est important de rappeler qu'en 2016, 71 % de la population métropolitaine a été concernée par au moins un dépassement des teneurs en NOx ou en PM10 par rapport aux seuils fixés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Les éléments de ce focus sont repris directement du Diagnostic air climat énergie du PCAEM de la Métropole Aix-Marseille-Provence réalisé par ATMOSud.

7.1 Présentation des principaux polluants atmosphériques

- Les NOx, et notamment le dioxyde d'azote (NO₂) sont principalement issus des transports, puis des installations de combustion. L'évaporation océanique en produit aussi sur le territoire. Ils peuvent provoquer une irritation des voies respiratoires et altérer les fonctions pulmonaires. Ils interviennent dans le processus de formation de l'ozone dans la basse atmosphère et contribuent au phénomène des pluies acides.
- Les particules en suspension de diamètre inférieur à 10µm (PM10) et à 2.5µm (PM2.5) sont des substances organiques ou minérales. Elles peuvent être d'origine naturelle, c'est le cas des pollens, mais elles sont aussi causées par les activités humaines, notamment les transports routiers, les industries, mais aussi le chauffage et le brûlage des déchets verts. Les particules fines parviennent

jusqu'aux bronches, et peuvent y transporter des allergènes et des molécules cancérigènes. C'est plus particulièrement problématique pour les jeunes enfants. Les plus fines peuvent passer à travers la membrane pulmonaire dans le sang, et avoir un impact sur le système cardio-vasculaire et l'ensemble des organes.

- Le SO₂ provient des combustibles fossiles tels que le fioul et le charbon, qui sont de moins en moins utilisés dans les pays développés. Sur le territoire, l'industrie est le principal émetteur de SO₂. En présence d'humidité, il forme de l'acide sulfurique, y compris dans les fosses nasales ; il a sa part de responsabilité dans les nez qui coulent... Il accroît les gênes respiratoires, abaisse aussi le seuil de déclenchement des crises d'asthme chez les personnes sensibles. Il contribue au phénomène des pluies acides, dégrade la pierre et certains matériaux.
- La famille des composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) regroupe des composés nombreux et variés. Ces hydrocarbures proviennent d'industries ou de la combustion incomplète des combustibles, mais aussi de solvants émis par les peintures et des produits nettoyants. Certains interviennent dans le processus de formation d'ozone dans la basse atmosphère. Certains sont directement irritants pour les muqueuses. Le benzène, et le formaldéhyde sont eux cancérigènes.
- L'ammoniac (NH₃) résulte majoritairement d'activités agricoles, de la fabrication d'engrais et composts, de l'épandage de lisiers et d'engrais. L'industrie papetière en utilise aussi de grandes quantités, car il entre dans le processus de fabrication de la pâte à papier.
- Des composés divers issus des process industriels (dérivés du chlore par exemple) , encore peu mis en évidence et qui font l'objet d'une surveillance ponctuelle mais rigoureuse dans un contexte sanitaire préoccupant (voir § population proche de l'industrie de l'Etang de Berre, p219).

7.2 Évaluation des émissions de polluants atmosphériques

Les polluants atmosphériques pris en compte dans le diagnostic d'ATMOSud sont les oxydes d'azote (NOx), les particules PM10, PM2.5, les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), ainsi que le dioxyde de soufre (SO₂) et l'ammoniac (NH₃), conformément aux textes réglementaires régissant les Plans climat-air-énergie issue de la Loi Transition énergétique pour la Croissance Verte.

Les émissions de GES issues des transports aériens et maritimes internationaux sont prises en compte mais uniquement dans un cadre précis :

- Maritime : uniquement la phase à quai et la phase manœuvre, ce qui correspond aux émissions au port et à l'approche du port (phase à forts impacts)
- Aérien : uniquement la phase décollage/atterrissage (entre le sol et 1000 m d'altitude), car au-dessus de cette limite on considère qu'il n'y a pas d'impact en termes de polluants, et les émissions de GES ne sont pas définies comme faisant partie du territoire

Cette méthodologie répond à une logique de découpage territorial des émissions.

Enfin les sources naturelles (végétation, incendies) ne sont pas non plus pris en compte.

Sur le territoire de la Métropole, les NOx sont les polluants les plus émis (42 kt), viennent ensuite les composés organiques volatils non méthaniques (22 kt) et le dioxyde de soufre (21 kt). Si les COVNM et NH₃ représentent une faible part des émissions régionales, la part des émissions des autres polluants est importante, notamment le SO₂ qui atteint 88,7%.

Polluant	COVNM	NH ₃	NOx	SO ₂	PM10	PM2.5
Emissions (en kt)	22	1	42	21	6	4
Part régionale	13,5%	13,4%	50,7%	88,7%	37,4%	37,4%

Tableau 11 : Répartition des émissions de polluants atmosphériques en 2015 - Source: ATMOSud

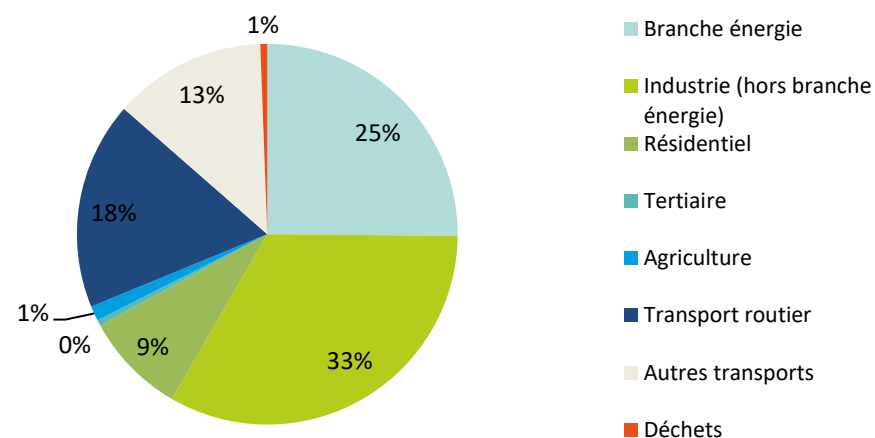


Figure 191 : Part relative des différentes sources de polluants sur le territoire métropolitain en 2015

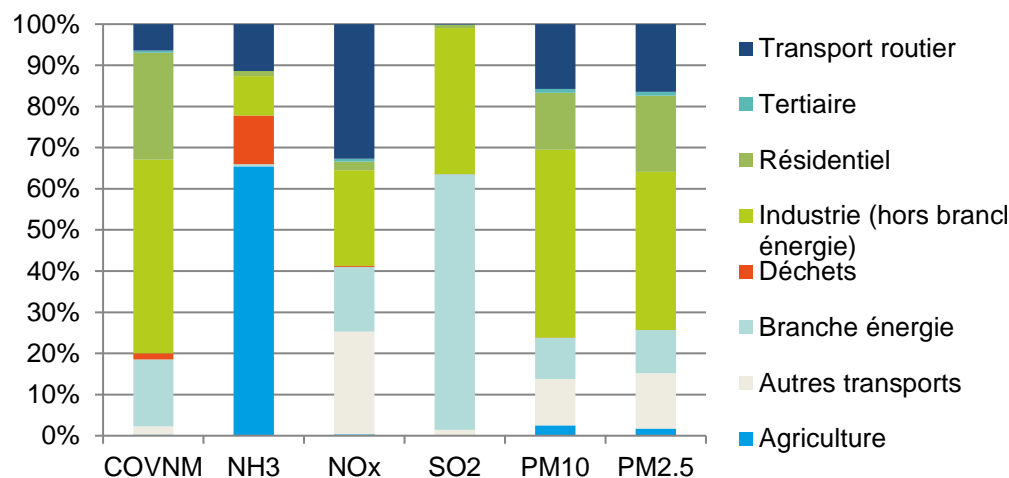


Tableau 12 : Répartition des émissions de polluants atmosphériques selon le secteur émetteur - Source: ATMOSud

La tendance à la diminution des émissions entre 2007 et 2015 s'observe pour l'ensemble des polluants. Cette baisse peut s'expliquer par les progrès technologiques, par le changement de profil des activités industrielles, mais aussi par la diminution de ces activités liée à la crise économique de 2007-2008. Les émissions sont cependant en hausse entre 2014 et 2015, à cause notamment de la reprise économique.

Le SO₂ est le polluant ayant la plus forte diminution, avec une baisse de près de 70% en 8 ans. En revanche, l'ammoniac (NH₃) est le polluant qui montre la plus faible réduction.

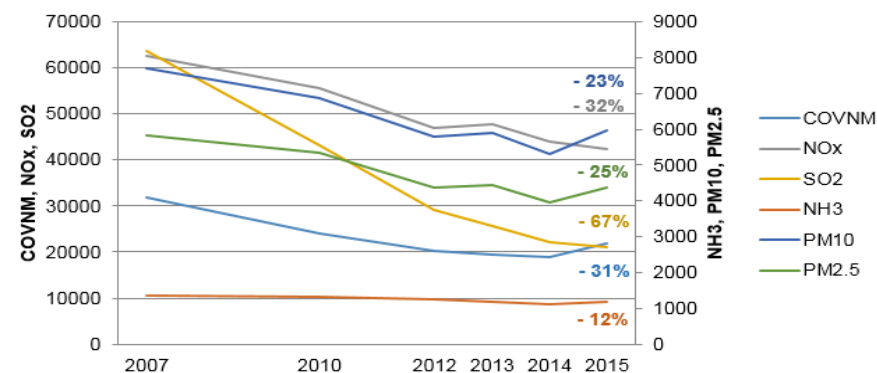


Tableau 13 : Évolution des émissions de polluants atmosphériques au sein de la Métropole de 2007 à 2015 - Source: ATMOSud

Lorsqu'on s'intéresse à la répartition territoriale des émissions de polluants au sein de la Métropole, on peut constater qu'elle diffère grandement de ce soit pour la valeur absolue des polluants émis ou dans la répartition sectorielle des émissions selon les différents territoires.



Figure 192 : Répartition des émissions de polluants atmosphériques par conseil de territoire et par secteur - Source: ATMOSud

Épisodes de pollution :

En 2017, on recense 33 épisodes de pollution sur la région Sud PACA, dont 22 touchent la Métropole. Il s'agit donc d'une zone prioritaire concernant la pollution atmosphérique en PACA. Sur ces 22 épisodes, 7 épisodes concernent des épisodes de pollution estivale à l'Ozone, et 15 concernent des épisodes de pollution aux particules fines, ayant plutôt lieu en hiver.

La pollution chronique s'exprime par des niveaux de polluant élevés pendant des périodes relativement longues, et auxquels il est attribué l'impact sanitaire le plus important.

7.3 Exposition de la population à la pollution atmosphérique

Le profil des rejets atmosphériques du territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence se décompose en deux entités géographiques. À l'Est, sur la zone Aix-Marseille, on constate un profil caractérisé par un fort impact du trafic routier, et des sites ICPE⁴¹ tels qu'ARKEMA à La penne sur Huveaune, ALTEO à Gardanne et UNIPER à Meyreuil. C'est sur cette partie du territoire que les niveaux de concentrations en particules et oxydes d'azote ont le plus d'impact. À l'Ouest, sur la zone industrielle de l'étang de Berre, les émissions de COVNM et de SO₂ sont plus importantes. D'autres polluants plus spécifiques, comme les métaux sont également caractéristiques de cette partie du territoire. Le NH₃, émis majoritairement par l'agriculture, est émis majoritairement sur la partie Nord du territoire.

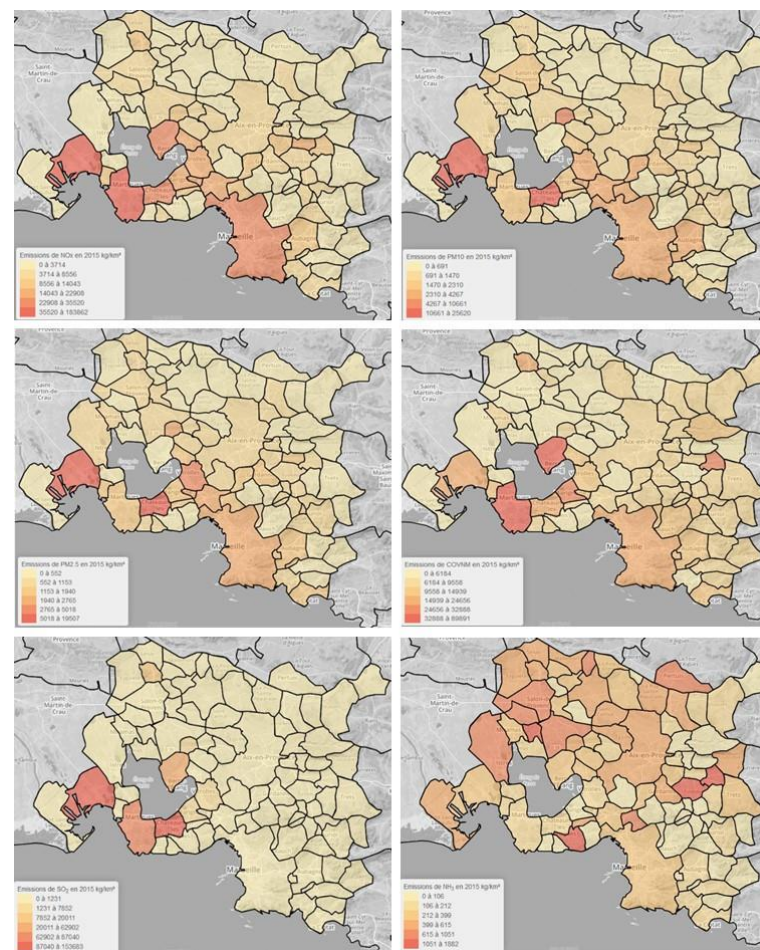
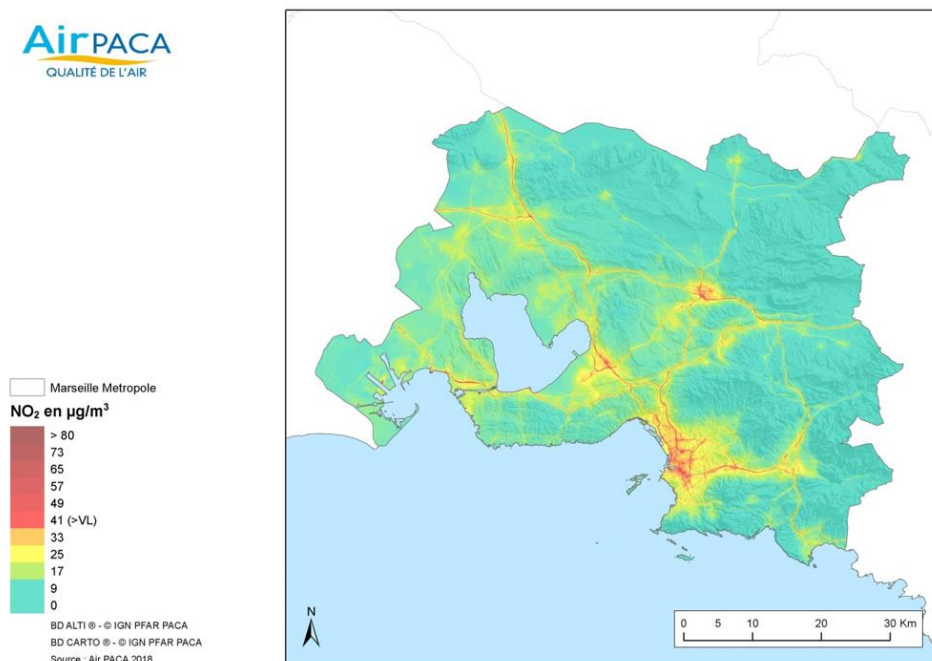


Figure 193 : Cartes des émissions de polluants atmosphériques en 2015 (en kg/km²) - Source: ATMOSud

ICPE³: Installation Classée pour la protection de l'environnement

L'exposition de la population aux polluants atmosphériques peut être observée via les modélisations des concentrations d'oxydes d'azote, PM10 et O₃ ci-dessous. Elles permettent de visualiser les zones les plus impactées par la pollution chronique, qui correspond à une exposition continue des populations. Pour rappel, ce ne sont pas les pics de pollution qui ont le plus d'impact sur la santé et la mortalité mais plutôt l'exposition à long terme. L'Indice Synthétique Air (ISA), permet de représenter la concentration des trois polluants (NO_x, PM10, O₃) sur une même carte.

AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR



AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR

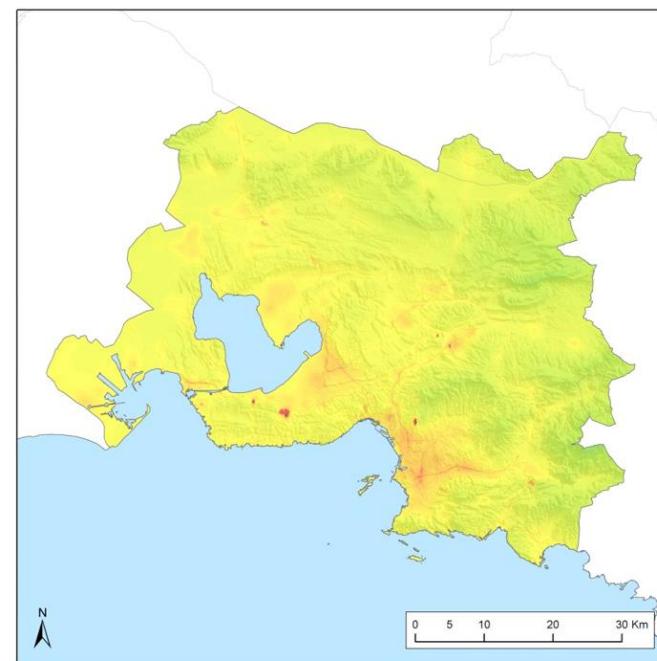
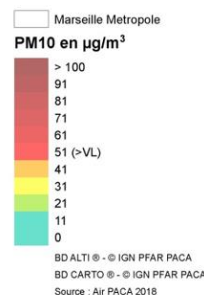


Figure 194 : Concentrations de NO₂ et de PM10 sur le territoire (en microgramme par mètre cube) - Source: ATMOSud

Les niveaux de concentration en polluants atmosphérique sont plus importants à proximité des axes routiers. Les zones urbaines denses, véritables pièges à polluants, ainsi que les carrières (tâches rouges foncées sur la carte ISA) se détachent également. La concentration en oxydes d'azote, dont plus de 50% des émissions sont liées aux transports, est directement corrélée au réseau routier du territoire. Malgré tout, l'ensemble du territoire reste concerné par la problématique de la qualité de l'air, notamment en ce qui concerne la pollution à l'ozone et aux particules. La comparaison des cartes ISA 2012 et 2016 montre une amélioration globale de la qualité de l'air sur la période considérée.

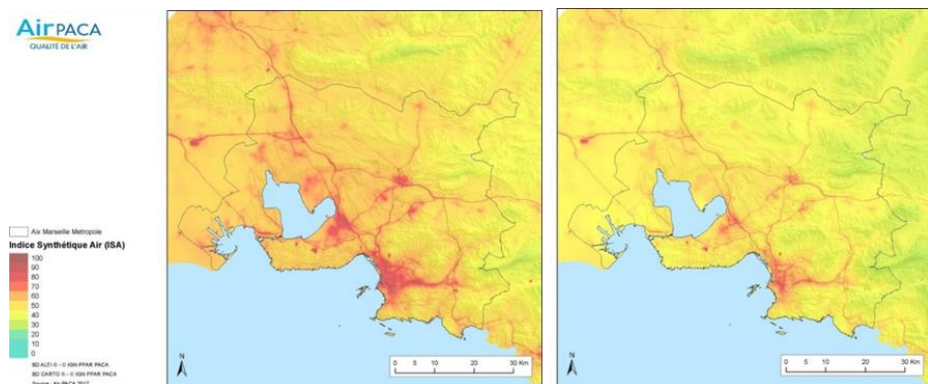


Figure 195 : Comparaison de l'exposition des populations à la pollution chronique sur le territoire métropolitain en 2012 (à gauche) et 2016 (à droite) - Source: ATMOSud

En 2016, 71 000 personnes (essentiellement dans les grands centres urbains) sont exposées à des teneurs supérieures aux valeurs limites d'oxydes d'azotes sur le territoire de la Métropole et environ un millier est exposé à des teneurs supérieures aux valeurs limites de PM10 (essentiellement sur la zone de Marseille). Lorsqu'on s'attache aux recommandations OMS, plus contraignantes, 71 % de la population est concernée par au moins un dépassement des teneurs en NOx ou en PM10. Selon l'ORS, 100% de la population métropolitaine est également exposée à des taux d'ozone (O3) supérieurs aux limites de l'OMS.

Selon l'étude EQIS (2016), si toutes les communes du territoire atteignaient les concentrations les plus faibles observées dans les communes françaises équivalentes en matière de type d'urbanisation et de taille, cela représenterait un gain moyen entre 2 et 7 mois d'espérance de vie à 30 ans selon la typologie de la commune (rurale, moyenne, grande). Et selon l'ORS, 2 000 décès seraient évitables chaque année en Région Sud si les lignes directrices OMS concernant les particules fines PM 2,5 étaient respectées.

Le cas particulier des populations à proximité des industries de l'étang de Berre :

Le CGEDD (Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable) a publié un rapport en février 2018 sur ce sujet : « la pollution de l'air dans le secteur de l'étang de Berre ». Ce rapport fait notamment suite à la publication d'une étude

participative en santé environnement (« étude FOS-EPSEAL2 ») effectuée dans les communes de Fos-sur-Mer et de Port-Saint-Louis du Rhône, qui fait apparaître une prévalence supérieure à la moyenne française pour plusieurs affections (asthme et certains cancers ou diabètes). Cette étude a aussi permis de recueillir des demandes d'une partie de la population sur le contrôle des rejets industriels, la réduction des sources de pollution et l'information de la population dans les domaines de la santé et de l'environnement.

La zone de l'étang de Berre est une des zones les plus exposées à la pollution en raison de l'importance du pôle industriel-portuaire auquel sont ajoutées les émissions anthropiques liées au transport ou à la combustion. Face à l'inquiétude de la population quant aux effets sur la santé de ces pollutions, de multiples études sanitaires et environnementales ont été réalisées. De plus, l'analyse des données de santé issues de l'Observatoire régional de santé Paca indique que l'état de santé des habitants de la zone de Fos-Berre est globalement moins bon comparé à celui de la population de la région Paca.

L'état de santé de la population de cette zone est donc une préoccupation majeure de l'agence régionale de la santé (ARS) qui a développé une politique d'action fondée sur trois axes :

- Axe 1 - Améliorer les connaissances sur l'état de santé des populations au regard des spécificités du territoire
- Axe 2 - Renforcer la prévention par l'action environnementale,
- Axe 3 - Adapter l'offre de santé.

C'est ainsi que le projet SCENARII est réalisé dans le cadre du Plan Régional Santé Environnement (PRSE) pour répondre à l'objectif de réduction et de contrôle des expositions nocives à la pollution atmosphérique ayant un impact sur la santé.

Ce projet a permis de développer et de valider l'outil OSIRIS, outil de gestion de risques et d'aide à la décision, basé sur une démarche d'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS). Cette démarche permet de quantifier, à l'aide d'un indicateur de risques, l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé.

Les éléments présentés ci-après sont issus du rapport de synthèse rédigé par AtmoSUD en janvier 2018.

L'utilisation de cet outil sur la région de l'étang de Berre a permis d'identifier les zones pour lesquelles des dépassements des seuils de gestion sont observés.

Pour 7 des substances étudiées, des dépassements des valeurs de gestion (seuils fixés par le Haut Conseil de Santé Publique) sont observés : le dioxyde d'azote, les particules PM10, les particules PM2.5, les particules diesel, le benzène, 1,3-Butadiène et le 1,2-Dichloroéthane.

En considérant les effets cumulés (somme des quotients de danger (QD)⁴² pour les substances présentant des effets à seuil, ou des excès de risque individuel (ERI)⁴³ pour les substances présentant des effets sans seuil), l'ensemble de la population de la zone d'étude est concerné par des dépassements du seuil de conformité. Des secteurs présentent néanmoins des indicateurs de risques plus élevés (golfe de Fos, Martigues, Berre, Marignane et certains axes de transport). De plus des dépassements ponctuels du seuil d'action rapide sont observés à proximité immédiate des axes de circulation importants tels que l'A55, l'A7, la RD9 (0,06% de la population de la zone étudiée) ou au cœur de sites industriels (absence de population résidente).

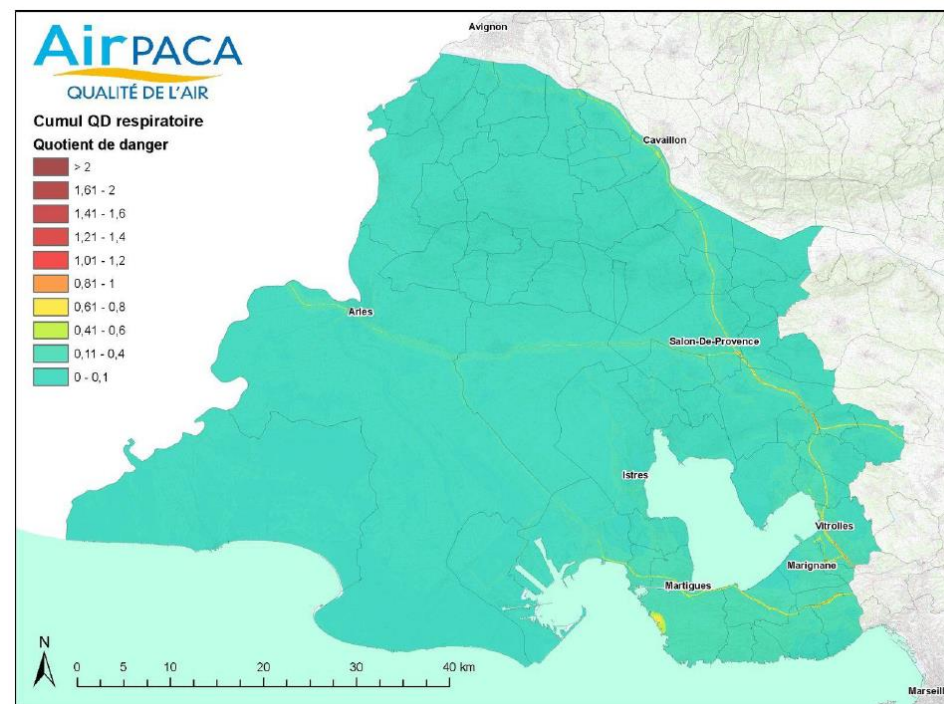


Figure 196 : Localisation des populations exposées à des dépassements-système respiratoire- effets à seuil

⁴² DQ : les effets à seuil sont des effets pour lesquels il existe un seuil d'exposition en dessous duquel l'effet néfaste n'est pas susceptible de se manifester.

⁴³ ERI : les effets sans seuils (essentiellement pour les effets cancérogènes) sont des effets pour lesquels il est difficile scientifiquement de définir de façon fiable un niveau d'exposition sans risque.

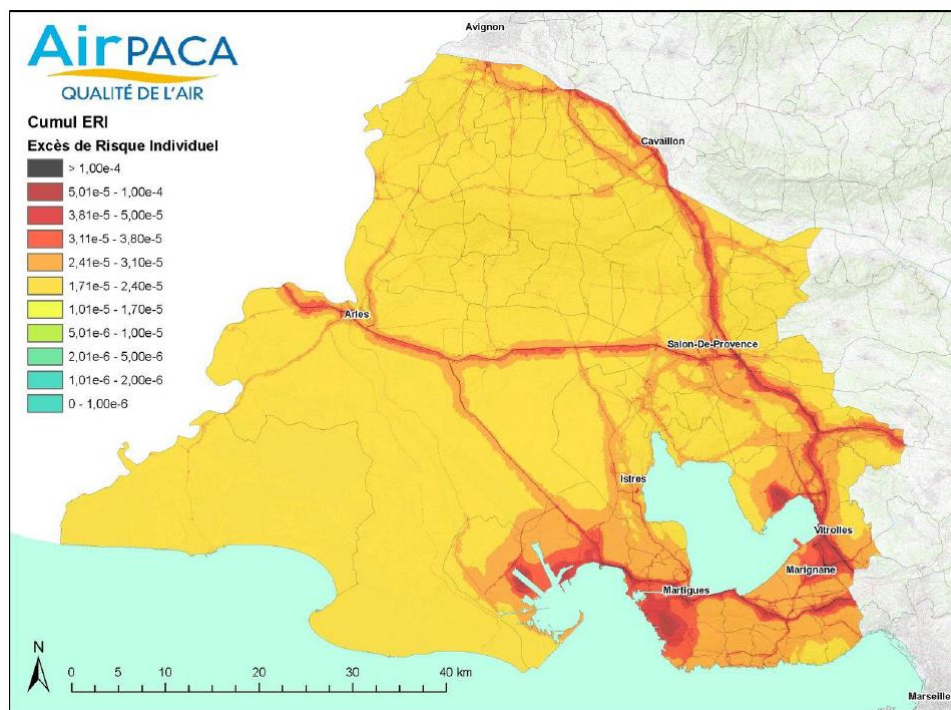


Figure 197 : Localisation des populations exposées à des dépassements – effets sans seuil cumulés par inhalation

7.4 Les conséquences d'une mauvaise qualité d'air

Des effets sur la santé:

La pollution atmosphérique a des conséquences significatives sur la santé de la population. En effet, l'exposition des individus à des taux anormalement élevés de polluants dans l'air peut aggraver la morbidité et induire une mortalité prématurée.

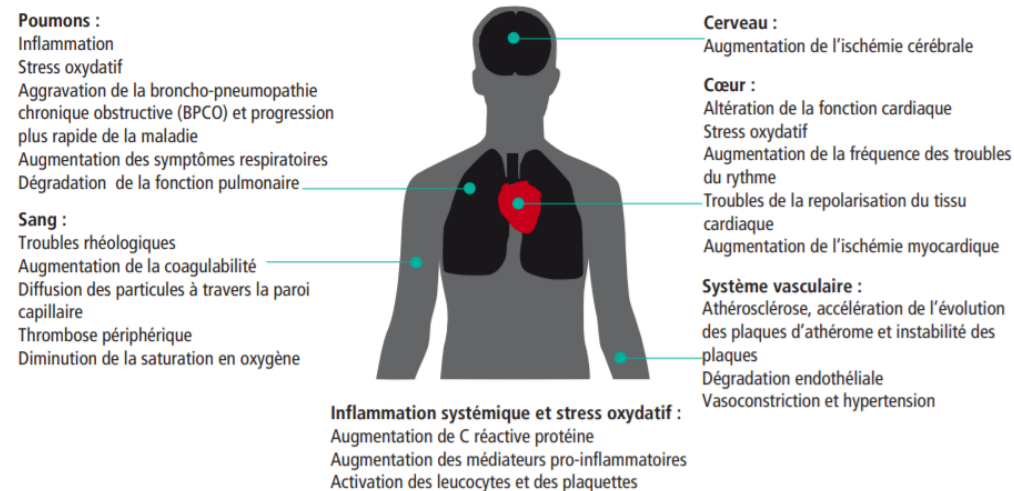


Figure 198 : Représentation schématique des différents organes impactés par les particules en suspension – Source: Résumé des résultats du projet Aphekom 2008-2011, Septembre 2012

Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine dépendent de plusieurs éléments: la durée d'exposition, la concentration en polluants dans l'air ambiant et l'état de santé de l'individu.

Il faut savoir que même s'ils sont très médiatisés, les pics de pollution pèsent beaucoup moins sur la santé que l'exposition chronique des individus à des seuils beaucoup plus faibles (conclusion de l'étude sur la part des pics de pollution dans les effets sur la santé menée par Santé publique France de 2007 à 2010 dans 17 villes françaises).

Généralement, les populations les plus sensibles aux polluants atmosphériques sont les enfants en bas âge, les personnes âgées, et les personnes atteintes d'insuffisances respiratoires ou de maladies cardio-vasculaires.

L'exposition des populations doit s'appréhender d'un point de vue global, dans la vie d'un individu. C'est pourquoi, la **qualité de l'air intérieur** est également un enjeu fort puisque nous passons 80% de notre temps dans les lieux clos.

A partir d'enquêtes récentes, notamment celle réalisée par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), la préoccupation se focalise sur les émissions domestiques émanant du bâti, du revêtement de sol, du mobilier, des activités domestiques et de bricolage. La contribution de ces sources à l'émission de composés organiques volatils apparaît déterminante, spécifique et globalement plus élevée que celle résultant de la pollution extérieure.

Il peut ainsi se réaliser à l'intérieur des locaux, sans que cela soit l'objet d'inquiétude de la part des résidents, une exposition complexe où se retrouvent à la fois les constituants de la pollution extérieure peu modifiés et de nombreux polluants spécifiques à l'habitat dont près d'un millier peuvent avoir un potentiel toxique non négligeable. Les principaux polluants présents en air intérieur sont : -

- **le formaldéhyde** : ce Composé Organique Volatil (COV) est classé parmi les composés cancérigènes. Il est émis notamment par certaines colles et vernis, parfois présents dans le bois aggloméré ou les moquettes par exemple.

- **le benzène** : le benzène est un COV également toxique, et un cancérigène classé dans le premier groupe. Son impact sur la santé peut se faire soit par exposition brève à des doses fortes, soit par exposition chronique à des doses relativement faibles. Cette pollution est due à une mauvaise combustion (gaz d'échappement, cheminée, cigarettes...).

- **Le dioxyde de carbone** représentatif du niveau de confinement.

- **Le dioxyde d'azote** dans les parties extérieures : le NO₂ est un traceur de la pollution automobile.

Sur la base des propriétés intrinsèques des toxiques de l'air intérieur les pathologies qui pourraient résulter de ces expositions sont multiples : irritatives, immunotoxiques, neurotoxiques, cancérigènes et reprotoxiques.

Les ministères de l'Environnement et de la Santé ont lancé en 2013 le Plan d'actions sur la qualité de l'air intérieur. Ce plan prévoit des actions à court, moyen et long termes afin d'améliorer la qualité de l'air dans les espaces clos dont la surveillance de la Qualité de l'Air Intérieur de certains établissements recevant du public sensible dans lesquels des diagnostics et un plan d'action doivent être proposés par les gestionnaires.

Selon une étude de Santé Publique France de 2016, l'impact de la pollution particulaire sur la mortalité a été estimé à 48 000 décès prématurés par an en France.

Quant à son impact sur la réduction de l'espérance de vie, celui-ci a été évalué à :

- 15 mois dans les zones urbaines de plus de 100 000 habitants
- 10 mois en moyenne dans les zones entre 2000 et 100 000 habitants
- 9 mois en moyenne dans les zones rurales

Selon l'ORS, l'augmentation des températures, de la fréquence des feux de forêt et la baisse des précipitations vont conduire à une plus forte concentration d'ozone et de particules fines dans l'air, augmentant les risques de décès et de maladies cardio-vasculaires et respiratoires.

Des conséquences économiques:

Neuf villes françaises dont Marseille ont participé au projet européen Aphekom qui a consisté à évaluer pendant 3 ans l'impact sanitaire et économique de la pollution atmosphérique urbaine dans 25 villes européennes.

La qualité de l'air a été estimée à partir de la mesure des niveaux moyens de particules en suspension (PM 2,5 et PM 10) et d'ozone pendant la période 2004-2006. L'étude a évalué l'impact sanitaire de la pollution en termes de mortalité et d'hospitalisations. Elle a également estimé les bénéfices économiques potentiels associés.

Toutes les villes étudiées en France présentaient des valeurs de particules et d'ozone supérieures aux valeurs guides recommandées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Ainsi, pendant la période 2004-2006, le niveau moyen de particules fines (PM_{2,5}) variait de 14 à 20 µg/m³ selon la ville (valeur guide de l'OMS : 10 µg/m³) et la valeur guide journalière de l'ozone (maximum sur 8 heures : 100 µg/m³) avait été dépassée de 81 à 307 fois pendant ces trois années.

Les bénéfices sanitaires et économiques potentiels associés à une amélioration de la qualité de l'air sont tout à fait substantiels pour ces 9 villes françaises :

- L'espérance de vie à 30 ans pourrait augmenter de 3,6 à 7,5 mois selon la ville, ce qui équivaut à différer près de 3 000 décès par an, si les concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} respectaient la valeur guide de l'OMS

(10 µg/m³). Le bénéfice économique associé est estimé à près de 5 milliards € par an

- Près de 360 hospitalisations cardiaques et plus de 630 hospitalisations respiratoires par an dans les neuf villes pourraient être évitées si les concentrations moyennes annuelles de PM10 respectaient la valeur guide de l'OMS (20 µg/m³). Le bénéfice économique associé est estimé à près de 4 millions € par an
- Une soixantaine de décès et une soixantaine d'hospitalisations respiratoires par an dans les neuf villes pourraient être évités si la valeur guide de l'OMS pour le maximum journalier d'ozone (100 µg/m³) était respectée. Le bénéfice économique associé est estimé à près de 6 millions € par an.

7.5 Approche de la qualité de l'air par secteur

7.5.1 Le résidentiel

Les principaux impacts du secteur résidentiel vis-à-vis de la qualité de l'air sont :

- 71% des émissions de COVNM
- 31% des émissions de PM10 et 36% des émissions de PM2.5

L'impact du secteur résidentiel sur les émissions de particules fines est principalement associé aux problématiques de chauffage au bois. En effet, la combustion du bois est fortement émettrice de particules fines et de composés organiques volatils. 80% de ces poussières sont émises par des appareils non performants (foyers datant d'avant 2002 et foyers ouverts), selon l'ADEME. Les poussières de bois ont un impact non négligeable sur la santé, car elles sont notamment constituées d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), clairement pointées par l'OMS comme cancérigènes.

Concernant les émissions de COVNM, l'impact du secteur résidentiel est lié majoritairement à l'utilisation de solvants et peintures (63% des émissions).

Le détail de l'impact de l'habitat sur la qualité de l'air est présenté ci-dessous :

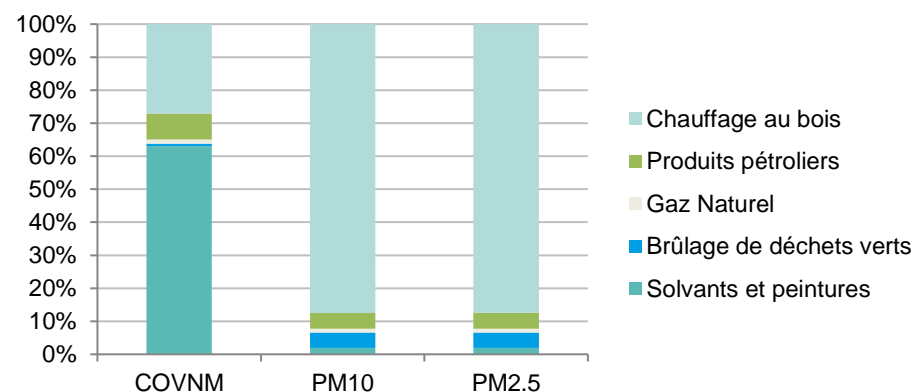


Figure 199 : Origine des principaux polluants émis par le secteur résidentiel métropolitain en 2015 - Source: ATMOSud

Si les émissions liées au brûlage des déchets verts peuvent sembler relativement faibles par rapport aux émissions annuelles, cette pratique, interdite depuis 2014, a tout de même des impacts très importants selon la quantité de déchets brûlés.

En effet, le brûlage de cinquante kilogrammes de branchages équivaut à la pollution dégagée par le moteur diesel d'une voiture qui parcourrait 6000 km, ou par trois mois de chauffage au fioul d'une villa. Il peut être à l'origine de 45% de la masse des particules au niveau d'une vallée lors d'une journée polluée, et il est fortement émetteur de HAP, à cause de la combustion peu performante des végétaux, en particulier lorsqu'ils sont humides.

Cette pratique est comptabilisée dans les émissions du secteur résidentiel.

7.5.2 Les transports

Les transports (tout type confondu) sont les premiers émetteurs de NOx et les deuxièmes émetteurs de particules fines. SO₂ mis à part, les transports ont un impact dans les émissions de tous les polluants concernés par le PCAEM.

Hors industrie, les principaux impacts des transports sont :

- **94%** des émissions d'oxydes d'azote

– **61%** des émissions de PM10 et **59%** des émissions de PM2.5

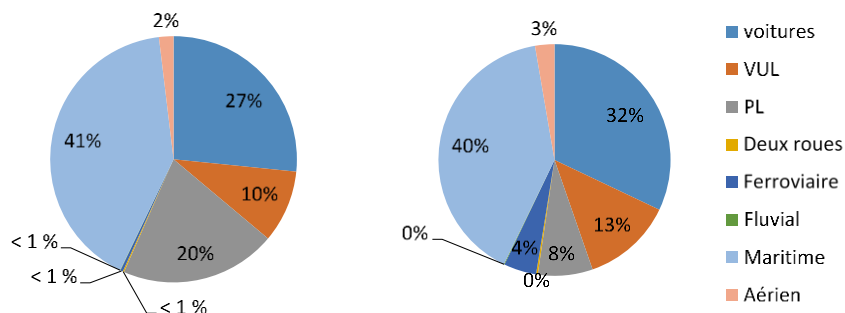


Figure 200 : Répartition des émissions de NOx (à gauche) et de PM10 (à droite) du parc de véhicules sur le territoire métropolitain en 2015 - Source: ATMOSud

Les transports maritimes sont eux aussi responsables d'une part non négligeable de ces émissions, ils représentent respectivement 41% des émissions de NOx et de 40% des émissions de PM10. Cette importance s'explique par la présence du GPMM (Grand Port Maritime de Marseille), 1^{er} port français et 2^e port méditerranéen, spécialisé aussi bien dans le transport de marchandises que de passagers. La différence d'impact du maritime sur les consommations énergétiques et les émissions d'oxydes d'azote et de PM10 provient du fait que les bateaux utilisent des combustibles non raffinés ou peu raffinés, qui produisent jusqu'à 6 fois plus de polluants par quantité d'énergie utilisée que les véhicules diesel.

Les transports routiers représentent 57% des émissions d'oxydes d'azote et 45% des émissions de PM10 du secteur des transports.

Le nombre de kilomètres parcourus sur le territoire métropolitain augmente depuis 2007 (+4,3%), avec une hausse plus marquée entre 2014 et 2015. Les trois quarts des kilomètres parcourus le sont en voiture, une part qui reste stable depuis 2007.

Type de véhicule	Voitures particulières	VUL	PL	Bus urbains	Autocars	Deux roues
Évolution	+ 2,9 %	+ 2,9 %	+ 7,8 %	+ 5,7 %	+ 7,7 %	+ 4,7 %

Figure 201 : Évolution relative entre 2014 et 2015 du nombre de kilomètres parcourus sur le territoire métropolitain par type de véhicules - Source: ATMOSud

Entre 2007 et 2015, l'évolution du parc roulant sur le territoire métropolitain montre une diminution du nombre de véhicules aux normes Euro les plus anciennes au profit des normes Euro 5 et 6, moins polluantes. Cela se traduit par une baisse de la quantité d'oxydes d'azote et PM10 émis, malgré l'augmentation du nombre de kilomètres parcourus.

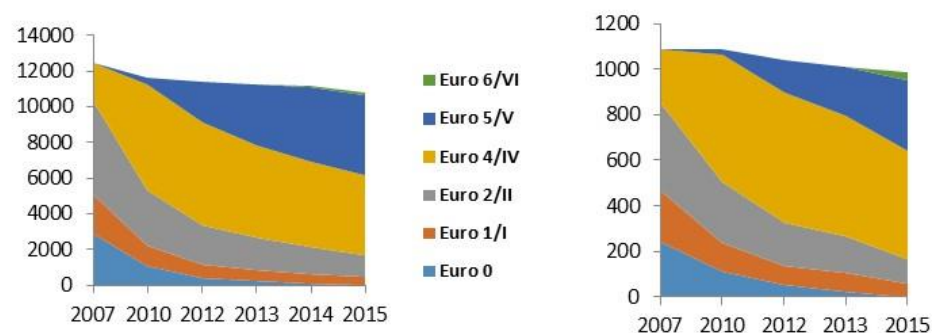


Figure 202 : Évolution des émissions (en Tonnes) d'oxydes d'azote (à gauche) et de PM10 (à droite) du parc de véhicules entre 2007 et 2015 - Source: ATMOSud

7.5.3 L'industrie

Le secteur industriel est le principal contributeur aux émissions de polluants atmosphériques sur le territoire. Les concentrations de polluants liées à ses émissions peuvent être mesurées aussi bien à proximité des sources d'émission, (émissions des

tuyaux, pompes...) qu'à distance (polluants rejetés par les hautes cheminées et dispersés plus ou moins loin en fonction des régimes de vents).

D'une manière générale, les niveaux de concentration dans l'air de SO₂ et de benzène (et donc leurs émissions) diminuent de manière continue depuis plusieurs dizaines d'années. Ces résultats encourageants ne doivent cependant pas occulter les pics de concentration horaires qui peuvent être mesurés à proximité des sites industriels. Les niveaux de PM₁₀ et PM_{2.5} mesurés à proximité des sites industriels sont en diminution également, dans la même tendance que celle observée sur le reste du territoire.

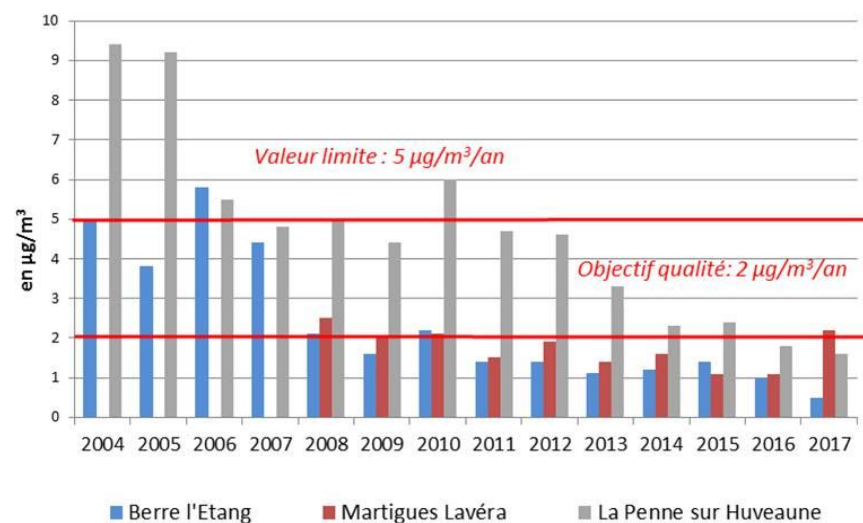


Figure 203 : Moyennes annuelles en benzène mesurés sur trois sites industriels caractéristiques en µg/m³/an - Source: ATMOSud

Les COVNM et oxydes d'azote produits par l'industrie sont des précurseurs d'ozone, ils participent à la pollution photochimique de l'ensemble du territoire. Ces phénomènes, favorisés par l'activité solaire, ont majoritairement lieu en été. Le territoire, de par son exposition, est fortement concerné.

Si les concentrations de l'ensemble des polluants d'origine industrielle historiquement mesurées sont en diminution, d'autres polluants d'intérêt comme le 1,3 Butadiène ou le 1,2 Dichloroéthane pris en considération dans les Évaluations de

Risque Sanitaire, sont aujourd'hui mesurés dans des quantités pouvant potentiellement impacter la santé des habitants à proximité des sites industriels. Enfin, il ne faut pas oublier l'impact olfactif de ces activités sur les populations.

Synthèse – enjeux en lien avec le PCAEM :

Les principaux polluants atmosphériques sur le territoire métropolitain sont :

- Les NOx, et notamment le dioxyde d'azote (NO₂),
- Les particules en suspension de diamètre inférieur à 10µm (PM₁₀) et à 2.5µm (PM_{2.5}),
- Le SO₂,
- La famille des composés organiques volatils non méthaniques (COVNM),
- L'ammoniac (NH₃).

En 2017, 33 épisodes de pollution ont eu lieu sur la région PACA, dont 22 ont touché spécifiquement la Métropole.

En 2016, sur le territoire de la Métropole Aix Marseille Provence, 71 000 personnes sont exposées à des teneurs supérieures aux valeurs limites d'oxydes d'azotes et environ un millier est exposé à des teneurs supérieures aux valeurs limites de PM₁₀.

Le secteur industriel est le principal contributeur aux émissions de polluants atmosphériques sur le territoire, suivi par les transports (et notamment les transports maritimes), puis le secteur résidentiel (notamment en raison du chauffage au bois)

L'enjeu du PCAEM est un enjeu sanitaire de premier ordre. Il s'agit de **réduire au maximum les émissions de polluants et dans le même temps de travailler à la baisse de l'exposition de la population à ces mêmes polluants.**

8 Des nuisances sonores essentiellement dues aux infrastructures de transport

Le développement de l'urbanisation et l'évolution des modes de vie au sein de la Métropole conduisent à une exposition des populations à des niveaux sonores de plus en plus importants et nuisibles pour la santé.

Alors que la problématique de l'exposition au bruit des personnes suscite toujours des attentes considérables au niveau de la population, les facteurs sources semblent être les mêmes que pour les enjeux de réduction des émissions de polluants et de GES, en particulier le transport. **C'est la raison pour laquelle la Métropole a décidé d'intégrer cette dimension dans l'élaboration de son PCAEM. A noter que la Métropole est lauréate de l'Appel à projets « Convergence des actions Bruit, Climat, Air, Energie pour une proposition performante- Des pistes pour comprendre et pour agir sur les territoires », lancé par l'ADEME.**

8.1 Contexte général

8.1.1 Notions préliminaires

Plusieurs paramètres caractérisent un son : la pression, la fréquence (aiguë ou grave), la durée, l'émergence, et la puissance de la source.

Il est mesuré par sa pression acoustique. C'est une mesure purement physique exprimée en décibels (dB).

L'oreille humaine perçoit certains sons plus forts ou plus gênants que d'autres, alors que leur mesure physique en dB est la même. Le son peut alors aussi être mesuré en dB(A), autre échelle sonore, qui tient compte de la perception des sons par l'oreille humaine en incluant une notion d'intensité.

BRUITS POTENTIELLEMENT « AGRÉABLES »	NIVEAU EN dB(A)	BRUITS POTENTIELLEMENT « DÉSAGRÉABLES »
Concert rock en plein air	110	Avion au décollage à 200 m
Pub dansant	100	Marteau piqueur
Ambiance de fêtes foraine	90	Poids lourd à 1 m
Match en gymnase	80	Circulation intense à 1 m
Sortie école, rue piétonne	70	Circulation importante à 5 m
Ambiance de marché	60	Automobile au ralenti à 10 m
Rue calme	50	La télévision du voisin
Cour intérieure	40	Moustique vers l'oreille

Figure 204 : Echelle de niveaux de gêne sonore

Ce qui différencie le bruit d'un son est la perception que nous en avons. Cette perception varie en fonction de l'individu, du moment et du contexte. L'Académie française définit le bruit comme un « son ou ensemble de sons qui se produit en dehors de toute harmonie régulière ».

Une des autres particularités du son réside dans le fait que les sources sonores ne s'additionnent pas de façon arithmétique mais selon une progression logarithmique. Ainsi, lorsque deux sources sonores de même intensité s'ajoutent, le niveau augmente de 3 décibels, une variation tout juste perceptible par l'oreille humaine. De plus, lorsqu'il y a 10 dB d'écart entre 2 sources sonores, on ne perçoit que la source qui a le niveau le plus élevé. C'est « l'effet de masque ».

Par exemple, multiplier par 10 la source de bruit revient à augmenter le niveau sonore de 10 dB, ce qui correspond à un doublement de la sensation auditive. En conséquence, il faudrait diviser par 10 le trafic automobile pour réduire de 10 dB le niveau sonore d'une rue, à condition que la vitesse des véhicules soit la même.

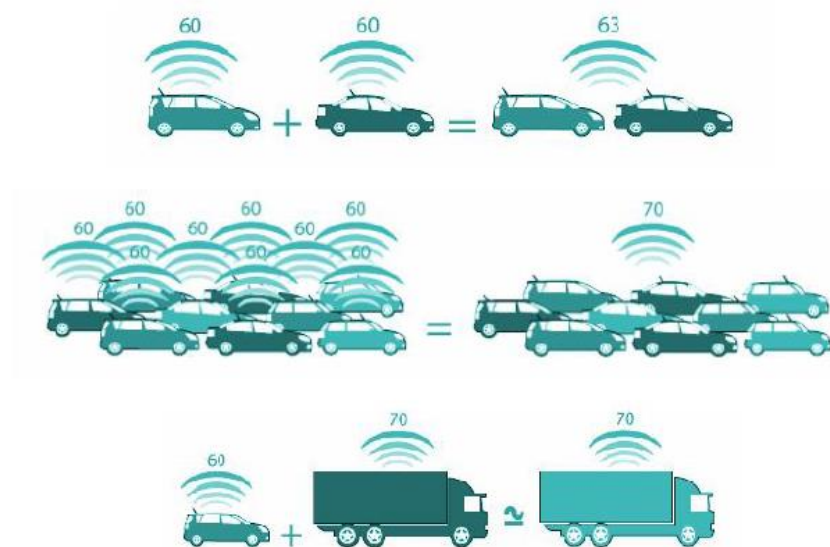


Figure 205 : Schéma de principe du cumul des niveaux sonores

8.1.2 Conséquences du bruit sur la santé

Les enquêtes d'opinion montrent que les Français attribuent une valeur importante et croissante au droit à la tranquillité sonore dans leur cadre de vie. Le bruit est perçu comme une gêne, une nuisance, voire une pollution environnementale. Cependant, il n'est pas seulement une atteinte à la qualité de vie : lorsqu'il devient excessif ou se prolonge tard le soir ou durant la nuit, des effets néfastes sur la santé apparaissent et peuvent être multiples.

Dans le cas d'une exposition importante ou de longue durée, le bruit peut endommager l'oreille (moyenne et interne), et notamment ses cellules ciliées, de façon transitoire (fatigue auditive ou surdité passagère) ou définitive. Une surdité, totale ou partielle, peut donc survenir, qu'elle soit traumatique (courte mais violente), ou progressive (ambiance sonore supérieure à 80 dB(A)).

L'exposition à des sons intenses (musique amplifiée, explosions...) peut alors provoquer des acouphènes (bourdonnement dans les oreilles) ou une surdité (augmentation du seuil d'audibilité) passagère ou définitive.

Si le niveau est extrêmement élevé (supérieur à 135 dB(A)), toute exposition, même de très courte durée, est dangereuse.

Au-delà de ces effets et de la gêne ressentie, le bruit des transports dégrade notre santé sans que l'on en ait nécessairement conscience. De fait, en occasionnant stress, anxiété, troubles du sommeil. Cette exposition chronique est néfaste pour le système cardio-vasculaire, immunitaire, nerveux, psychologique, digestif ou respiratoire, et a des effets sur les réponses hormonales et notamment sur celles sensibles au stress, etc.

Bien que ces impacts sur la santé humaine soient connus depuis longtemps, de récents travaux de recherche montrent qu'ils surviennent à des niveaux sonores plus faibles que ce qu'on imaginait précédemment. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), c'est entre 50 et 55 décibels Lden, que le risque d'hypertension, d'infarctus ou même d'AVC, commence à augmenter. L'Agence européenne pour l'environnement (EEA) estime qu'un Européen sur quatre serait concerné par une exposition à un niveau sonore moyen supérieur à 55 décibels Lden.

Dans l'Union européenne, le bruit du trafic routier serait ainsi responsable de :

- 900 000 cas d'hypertension
- 43 000 hospitalisations
- 16 000 décès prématurés par an

En France, 50% des habitants des grandes villes subissent en moyenne plus de 55 décibels Lden. Une attention particulière doit être portée sur l'exposition au bruit des enfants. Ils sont plus vulnérables que les adultes dans la mesure où ils n'ont pas encore mis en place de stratégies d'adaptation pour lutter contre les nuisances sonores. Des études ont montré que le bruit affecte aussi le développement cognitif (lecture, mémorisation de tâches complexes...) et la qualité de vie des enfants. L'étude NORAH (2017) s'est intéressée aux relations dose-exposition de 1243 enfants. Les résultats montrent une baisse significative des performances en lecture avec l'augmentation du bruit des avions (lp,8H-16H 40-60 dB). Une augmentation de 10 dB des niveaux sonores est associée à un mois de retard en lecture.

Au regard de tels enjeux sanitaires, une récente étude commanditée par l'ADEME et le Conseil National du Bruit, a récemment estimé le coût social de la pollution sonore en France à 57 Milliard d'euros par an.

Deux tiers des Français se disent personnellement gênés par le bruit à leur domicile (difficultés d'endormissement, de concentration, fatigue ...) et près d'un Français sur six a déjà été gêné au point de penser à déménager.

Les Français les plus gênés vivent dans des agglomérations de plus de 30.000 habitants et habitent en appartement (28% s'y déclarent gênés souvent ou en permanence, 38% pour Paris, Lyon et Marseille).

Les transports sont considérés comme la principale source de nuisances sonores (54%). Parmi les différents transports, la principale source de gêne est la circulation routière (59%), le transport aérien (14%) et le transport ferroviaire (7%). Les autres sources de nuisances sont les bruits liés au comportement et aux activités industrielles et commerciales.

S'agissant du bruit lié à l'exercice d'activités, ce sont les travaux et chantiers qui gênent le plus les Français (31%) loin devant le dépôt et le ramassage des ordures (9%), les activités industrielles ou artisanales (5%), les activités des bars, restaurants, salles de spectacles et discothèques (4%).

Des travaux menés par l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS, source J. Lambert) permettent de bien mesurer quels sont les effets potentiels du bruit au travers des enjeux socio-économiques :

- Dépréciation de la valeur des logements (0,4 à 1,1 % / dB(A)2)
- Coût du bruit des transports : 0,26 % du PIB (*) (source : Acoucity, « effets du bruit sur la santé »)

Il reste encore beaucoup d'interactions non connues entre le bruit et la santé, et les recherches actuelles continuent à démontrer les liens possibles.

8.1.3 Cadrage réglementaire

La loi du 31 décembre 1992 (loi Bruit) a pour objet principal d'offrir **un cadre législatif complet** à la problématique du bruit et de poser des bases cohérentes de traitement réglementaire de cette nuisance. Elle regroupe diverses mesures réglementaires pour lutter contre le bruit et fixe les objectifs de résorption des points noirs des réseaux routiers et ferroviaires.

La Directive 200/49/CE du Conseil du 25 juin 2002 relative à **l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement**, vise à éviter, prévenir ou réduire en priorité les effets nuisibles, y compris la gêne, de l'exposition au bruit dans l'environnement à travers les actions suivantes : la détermination de l'exposition au bruit grâce à la cartographie du bruit, la garantie de l'information du public, l'adoption de plans d'actions par les États membres.

Le PPBE (Plan de Prévention du Bruit dans l'Environnement) impose pour les grandes agglomérations et les grandes infrastructures de transport **l'établissement de cartes de bruit stratégiques**, associées à une évaluation du nombre d'habitants touchés par ces nuisances sonores. Il s'agit d'un recueil de mesures de prévention pour limiter les effets de la gêne sonore. Il préconise donc une cartographie du bruit, un classement des voies bruyantes, ainsi qu'un recensement des points noirs de bruit, afin de limiter et réduire au mieux les nuisances sonores générées.

Le PEB (Plan d'Exposition au Bruit) fixe les conditions d'utilisation des sols exposés au bruit aéroportuaire. Il définit 4 zones de bruit, A, B (zones de bruit fort), C (zones de bruit modéré) et D, et y contraint l'urbanisation par des mesures d'interdiction ou de limitation de l'urbanisation.

Le PPB (Plan de Prévention du Bruit) rappelle les principaux éléments de diagnostic issus de la cartographie du bruit, qui permet de proposer différentes actions pour lutter contre le bruit, comme l'identification et la préservation des « zones calmes » à inscrire à terme dans les PLU, l'implantation de dispositifs anti-bruit routier ou

encore les aides financières à la réhabilitation acoustique de logements ou d'établissements scolaires.

Le PDU (Plan de Développement Urbain) prend en compte les nuisances en amont et de façon cohérente sur l'ensemble des réseaux de voiries en améliorant l'organisation des déplacements (structuration du réseau métropolitain de transports en commun autour du TER, la création de lignes de bus et de car express, le prolongement de lignes de métro, le dispositif Vélo, la semi-piétonisation des milieux).

8.2 Nuisances sonores par types d'activités

8.2.1 Général

Un diagnostic du bruit sur le territoire métropolitain a été réalisé par Acoucity en 2018. Les éléments présentés ci-après en sont issus. Le rapport complet du diagnostic bruit est présenté en annexe.

Les premières transpositions de la Directive, dans le droit français, prévoyaient une application en plusieurs temps et chaque territoire s'est donc saisi de cette question selon son propre calendrier. Les territoires du Pays d'Aix et de Marseille Provence ont, par exemple, réalisé leur carte de bruit en 2010 puis les ont mises à jour en 2015/2017, alors que les territoires d'Aubagne et de l'Etoile et du Pays de Martigues les ont réalisées en 2010 mais ne les ont pas mises à jour. Les territoires d'Istres Ouest Provence et du Pays salonnais n'ont pas réalisé de carte, n'ayant pas pris de compétences bruit.

Des données supplémentaires ont pu être intégrées grâce à la réalisation communale de la cartographie du bruit de la ville de Rognac en 2010, et à l'intégration de données concernant certaines grandes infrastructures routières, fournies par la DREAL, et datant de 2012.

Une cartographie à l'échelle de la Métropole sera réalisée en 2019 selon la nouvelle norme de calcul (CNOSSOS) applicable à partir du 1er janvier 2019. Cette méthodologie permettra un traitement plus fin du trafic routier ainsi que du relief et des caractéristiques des territoires.

	CBS 1ère et 2ème échéance	CBS révisée
Territoire Marseille Provence	2008	2018
Territoire Pays d'Aix	2009	2014
Territoire de Martigues	2010	-
Territoire d'Aubagne	2011	-
Territoire Ouest Provence	Territoires non soumis à l'application de la directive car n'ayant pas pris la compétence « lutte contre le bruit »	
Territoire Berre Durance		
Métropole Aix Marseille Provence	Prévue pour 2019	

8.2.2 Bruit routier

8.2.2.1 Classement des voies bruyantes

Dans chaque département, le préfet est chargé de **recenser** et de **classer** les **infrastructures de transports terrestres** en **cinq catégories** en fonction de leurs caractéristiques sonores et du trafic. Après consultation des communes, le préfet détermine les secteurs affectés par le bruit au voisinage de ces infrastructures, les niveaux sonores à prendre en compte par les constructeurs, et les isollements acoustiques à respecter lors de la construction d'un bâtiment.

Doivent être classées toutes les **routes** dont le trafic est **supérieur à 5000 véhicules par jour**, et toutes les **voies de bus en site propre** comptant un trafic moyen de plus de **100 bus/jour**, qu'il s'agisse d'une **route nationale, départementale ou communale**.

Pour les Bouches-du-Rhône la carte présentée sur la Figure 206 a été établie (arrêté préfectoral du 19 mai 2016).

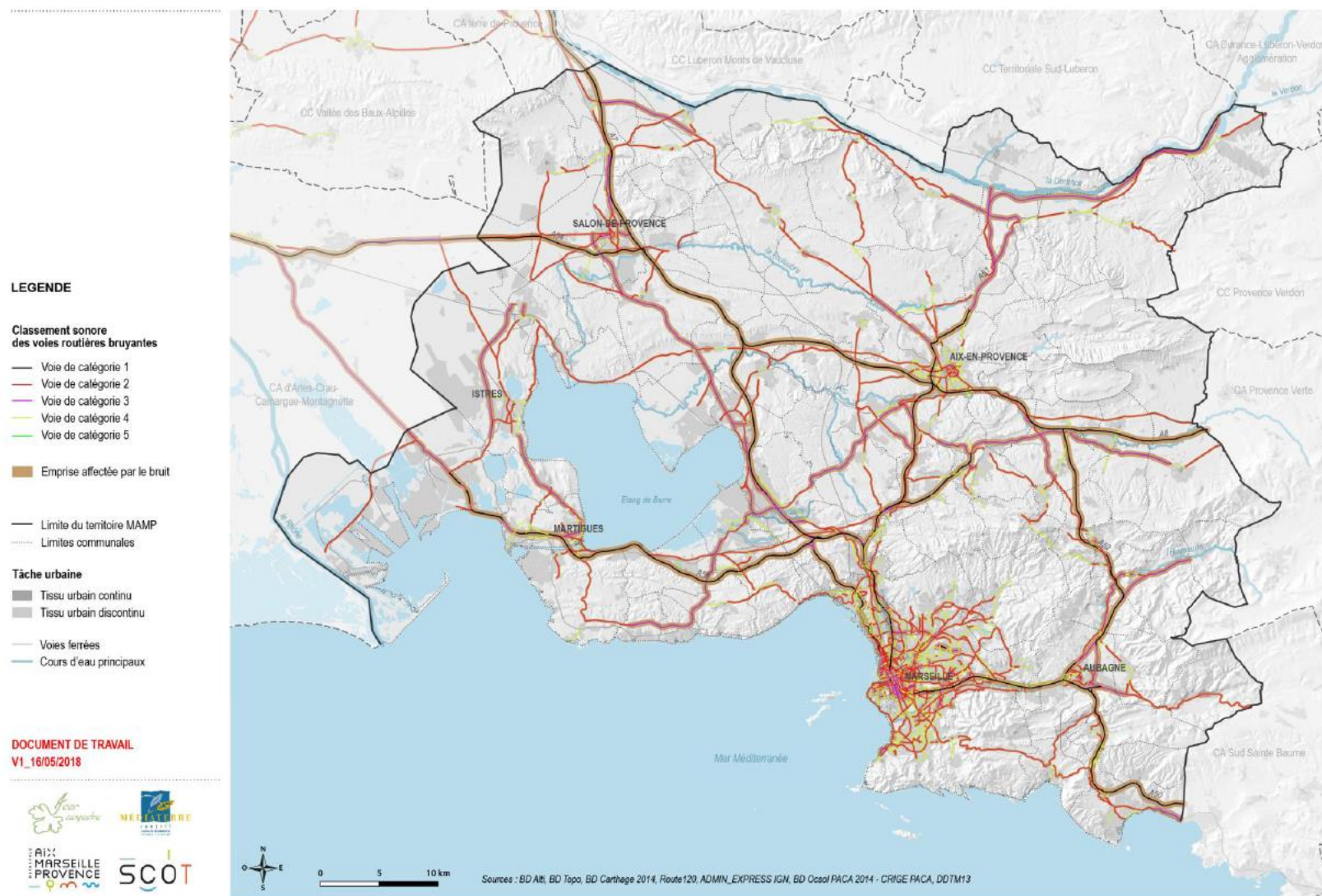


Figure 206 : Carte de classement des voies routières

8.2.2.2 Analyse des nuisances dues au bruit routier

Au **Nord-Est** de la métropole, au niveau du conseil de territoire du Pays d'Aix, le transport routier représente à lui seul **99%** des nuisances de ce territoire, et 80% de ses communes sont concernées. Jusqu'à **6%** de la population est impacté par des nuisances sonores **supérieures à 68 dB(A)**.

15 secteurs sensibles sont identifiés sur cette zone du territoire, Aix en Provence, Bouc-Bel-Air, Cabriès, Coudoux, Fuveau, Le Tholonet, Les Pennes Mirabeau, Meyreuil, Pertuis, Peyrolle, Rousset, Saint Cannat, Venelles, Ventabren et Vitrolles. Ces secteurs sensibles sont définis par plusieurs critères :

- zones où le bruit est supérieur à 68dB(A) le jour et 62dB(A) la nuit ;
- habitations ayant leur permis de construire antérieur au 1er octobre 1978 ;
- présence d'établissements sensibles d'enseignement ou de santé ;
- densité du bâti et nombre de personnes concernées ;
- gêne ressentie par les habitants et plaintes déposées sur le secteur.

Au **Sud** de la métropole, le conseil de territoire Marseille Provence est très bruyant, **40%** de sa population sont exposés à des niveaux sonores élevés, soit **supérieurs à 65 dB(A)**, d'origine principalement **routière** et **27%** sont exposés à plus de **68 dB(A)**.

Marseille est la commune la plus touchée avec 47% de sa population exposée au bruit suivie par Septèmes-les-Vallons (31%). Elle concentre de **grandes infrastructures de déplacement** et 82% de la population du conseil de territoire, **5%** subissent cette nuisance **la nuit**.

L'**ensemble des autoroutes** présentes génèrent toutes **plus de 70 dB(A)**. La A55 et la A50 qui convergent vers le cœur de la ville centre sont à l'origine des **26 points noirs de bruit** identifiés à Marseille. Plus de 5000 logements sont impactés.

Il y existe tout de même d'importantes **disparités** au sein de ce conseil de territoire, Carry-le-Rouet et Sausset-les-Pins sont par exemple des zones préservées de nuisances sonores, leur population n'étant exposée à aucun dépassement sonore d'origine routier.

Le **Sud-Est** du territoire qui comprend le conseil de territoire du Pays d'Aubagne et de l'Étoile peut être décrit comme étant **périurbain**. Il y a en effet un **éloignement**

progressif entre les lieux de vie et les emplois, ce qui implique que **3 déplacements sur 4** s'effectuent en voiture à partir de ce secteur.

Les axes routiers majeurs du territoire sont très fréquentés et **traversent les centres urbains et villageois**, ce qui impacte le niveau sonore et diminue le cadre de vie des riverains.

Sur cette zone, **18%** de la population sont exposés à des niveaux de bruit considérés comme importants, soit supérieurs à 65dB(A), et **14%** en période nocturne, soit plus de 60 dB(A).

A l'inverse, au **Sud-Ouest** du territoire (conseil de territoire Istres Ouest Provence), le réseau viaire et ferré est important face à **la position stratégique du territoire** et à la **présence d'industries**, ce qui engendre de **fortes nuisances sonores**, surtout via la A55.

10 000 habitants sont exposés à des bruits journaliers compris entre **63 et 68 dB(A)**. **96%** du bruit sont liés au **transport routier** (nuisances supérieures à **68 dB(A)**), et **4%** sont liés à l'**activité industrielle** (zone industriel de Lavéra).

Un **accroissement du trafic routier** est observé face aux différents projets envisagés comme le contournement de Martigues-Port-de-Bouc, la liaison autoroutière Fos-Salon, ou encore le développement du Grand Port Maritime de Marseille. Cependant, la **création de nouveaux axes réduirait les nuisances** sur certains secteurs (le projet de contournement de Martigues – Port-de-Bouc permettrait de délester la RN568).

8.2.3 Bruit aérien

Les aéroports sont des sources de nuisances sonores qui ne sont pas négligeables.

L'aéroport Marseille-Provence occasionne des nuisances sonores non négligeables sur les communes alentours. Implanté sur les rives de l'Étang de Berre à Marignane, il expose moins de 0,1% de la population à plus de 65 dB(A), et 1,2% de la population est, elle, exposée à un dépassement de la valeur limite spécifique au bruit aérien de 55 dB(A), plus particulièrement sur les communes de Marignane et de Saint-Victoret.

Il existe par ailleurs une probabilité d'accroissement du mouvement aérien dû au projet de prolongement d'une des pistes de l'aéroport. Les communes de Vitrolles,

Les Pennes-Mirabeau et Aix-les-Milles sont concernées par un PEB (Plan d'Exposition au Bruit) ou un PGS (Plan de Gene Sonore) dû à l'aéroport de Marseille Provence et de l'aérodrome d'Aix-les-Milles.

La base aérienne présente à Istres génère également ces nuisances. Un PEB est présent autour des aérodromes, car le périmètre du territoire qui porte cet aérodrome est en interaction avec le PEB de l'aéroport de Marseille Provence. Cette nuisance touche les communes de Miramas ainsi que la frontière entre les communes de Miramas et Istres.

L'aéroport militaire de Salon de Provence possède un PEB.

8.2.4 Bruit ferré

Le **bruit ferroviaire impacte 2,7%** des habitants (plus de **65dB(A)**), cette nuisance peut être localement plus élevée que la nuisance générée par la route. Les communes de Marseille, Saint-Victoret, Septèmes-les-Vallons, Cassis, et la Ciotat sont impactées par cette nuisance.

Dans le Sud-Est du territoire, le bruit ferroviaire existe lui dans une moindre mesure (Penne-sur-Huveaune, Aubagne), et est quasi inexistant la nuit.

Au Sud-Ouest du territoire, les nuisances liées aux transports ferroviaires sont moins importantes que celles liées au transport routier.

8.2.5 Bruit industriel

La **présence d'industries** sur la métropole est aussi une source de nuisances sonores. Cette nuisance liée aux bruits industriels est cependant très **limitée** sur le territoire de la Métropole. Elle affecte principalement les **zones industrielles**, notamment celle de Lavéra (Ouest Étang de Berre) en étant supérieure à **65 dB(A)** pour la population.

D'autres zones sont impactées par cette source de nuisance, mais uniquement à des niveaux très localisées (zone arrière-portuaire du Grand Port Maritime de Marseille, carrières en exploitation, vallée de l'Huveaune, ...). Au niveau de certaines zones, le bruit industriel peut paraître très limité, il peut être perceptible de jour, mais couvert par le bruit routier.

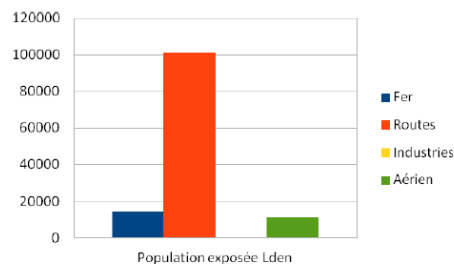
8.3 Les impacts sur la santé

Les valeurs limites relatives aux contributions sonores visées à l'article 3 du décret du 24 mars 2006 relatif à l'établissement des cartes de bruit figurent dans l'article 7 de l'arrêté du 4 avril 2006.

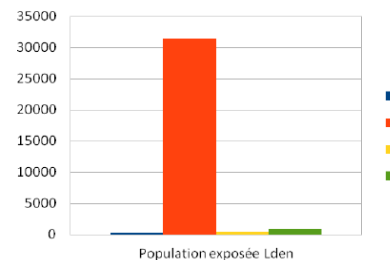
	INDICATEURS DE BRUIT	
	Lden (période sur 24h)	Lnicht (période de nuit)
Activités industrielles	71	60
Route	68	62
Voie ferrée conventionnelle	73	65
Aérodrome	55	-
Cumul : Route + voie ferrée	73	65

Selon ces valeurs, et les données fournies par les différents territoires, ACOUCITE a pu évaluer la population exposée à des nuisances sonores (considéré comme les populations soumises à un dépassement du seuil réglementaire) comme le montrent les graphiques suivants qui ont été établis (le tableau ci-dessous retranscrit les chiffres issus de la lecture des différents graphiques) :

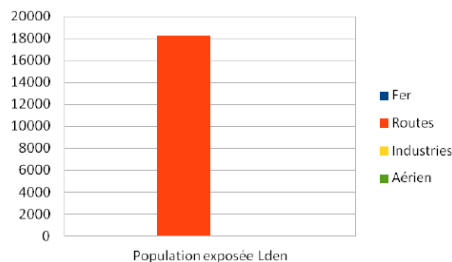
	Population exposée Lden				Population exposée Ln			
	Fer	Routes	Indus.	Aérien	Fer	Routes	Indus.	Aérien
Territoire Marseille Provence	1 700	10 000	0	1 500	17 800	18 100	0	0
Territoire du Pays d'Aix	500	31 000	500	700	300	12 500	300	0
Territoire d'Aubagne	0	18 000	0	0	0	8 900	0	0



Graphique 1: Territoire de Marseille Provence

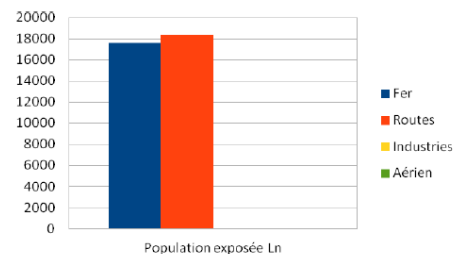


Graphique 2: Territoire du Pays d'Aix

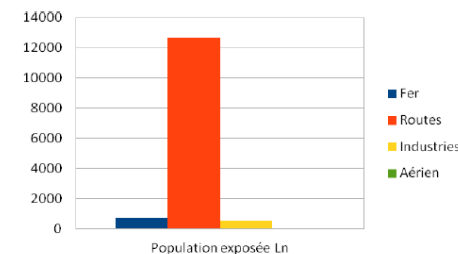


Graphique 3: Territoire d'Aubagne

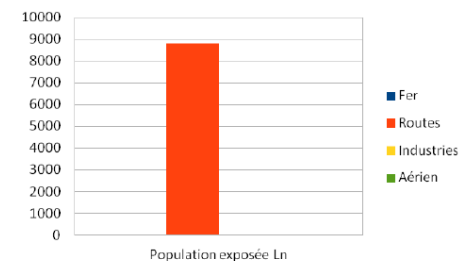
Figure 207 : Population exposée Lden – ACOUCITE



Graphique 4: Territoire de Marseille Provence



Graphique 5: Territoire du Pays d'Aix



Graphique 6: Territoire d'Aubagne

Figure 208 : Population exposée Ln – ACOUCITE

8.3.1 Origines du bruit

En prenant en compte la population exposée à des niveaux sonores supérieurs à 70dB en Lden et 65dB en Ln, courbes isophones pris par ACOUCITE comme seuils de nuisances importantes, la répartition des sources sonores est la suivante (selon les graphes présentés sur la Figure 209) :

	Sources de bruit selon les territoires
Source d'exposition sonore supérieure à 70 dB(A)	Territoire d'Aubagne : bruit routier exclusivement Territoire Pays d'Aix : bruit routier principalement, faible partie de ferré et d'industriel Territoire Marseille Provence : bruit routier pour environ 67 % et bruit ferré pour environ 33 %
Source d'exposition sonore supérieure à 65 dB(A)	Territoire pays d'Aix : bruit routier principalement, faible partie de ferré et d'aérien Territoire de Marseille : environ 10 % bruit ferré, 5 % aérien et 85 % routier
Source des expositions sonores liées aux établissements sensibles	Territoire d'Aubagne : bruit routier exclusivement Territoire Pays d'Aix : bruit routier principalement, faible partie de ferré et d'industriel Territoire Marseille Provence : bruit routier pour environ 23 % et bruit ferré pour environ 77 %

Sur les territoires de Marseille Provence, du Pays d'Aix et d'Aubagne, **9% de la population est exposée à un bruit routier supérieur aux seuils réglementaires.**

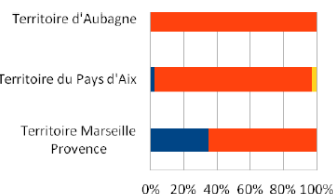
Néanmoins, le territoire de Marseille Provence est également fortement affecté par le bruit ferré. Le nombre de personnes exposées à un dépassement du seuil réglementaire est équivalent pour les deux sources sur la période de nuit.

8.3.2 Les Points Noirs Bruits

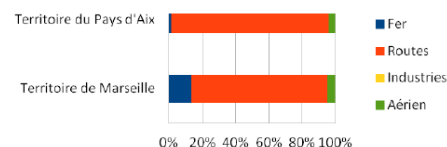
Un **point noir bruit** est un bâtiment sensible (habitation, établissement de santé, d'enseignement) dont les niveaux sonores en façade dépassent les valeurs limites fixées par la réglementation (**70 dB(A) le jour et 65 dB(A) la nuit**).

26 points noirs de bruit ont été recensés à Marseille de part et d'autre de la A7 et de la A50, et 1 à Châteauneuf-les-Martigues. Quatre sites sont considérés comme prioritaires, au regard du trafic et du nombre de logements soumis à la nuisance sonore : au niveau de l'A7 à Saint-Antoine, La Delorme et Le Canet et au niveau de l'A50 à La Rouguière (Saint-Marcel). Plusieurs aménagements de grande ampleur, en cours ou en projet, contribueront à terme à atténuer les nuisances sonores liées aux autoroutes (enterrement de la passerelle routière du quai du Lazaret à Marseille, réaménagement urbain de l'entrée de ville jusqu'alors "autoroutière", de la Porte d'Aix).

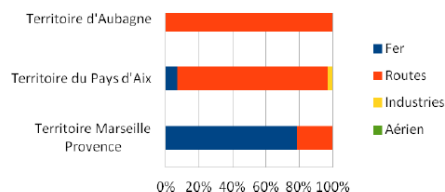
Sur les communes du territoire du Pays de Martigues, **5,3%** de la population (soit 3650 habitants) sont en situation de **points noirs de bruit**.



Graphique 7 : Source des expositions sonores supérieures à 70 dB en Lden



Graphique 8 : Source des expositions sonores supérieures à 65 dB en L

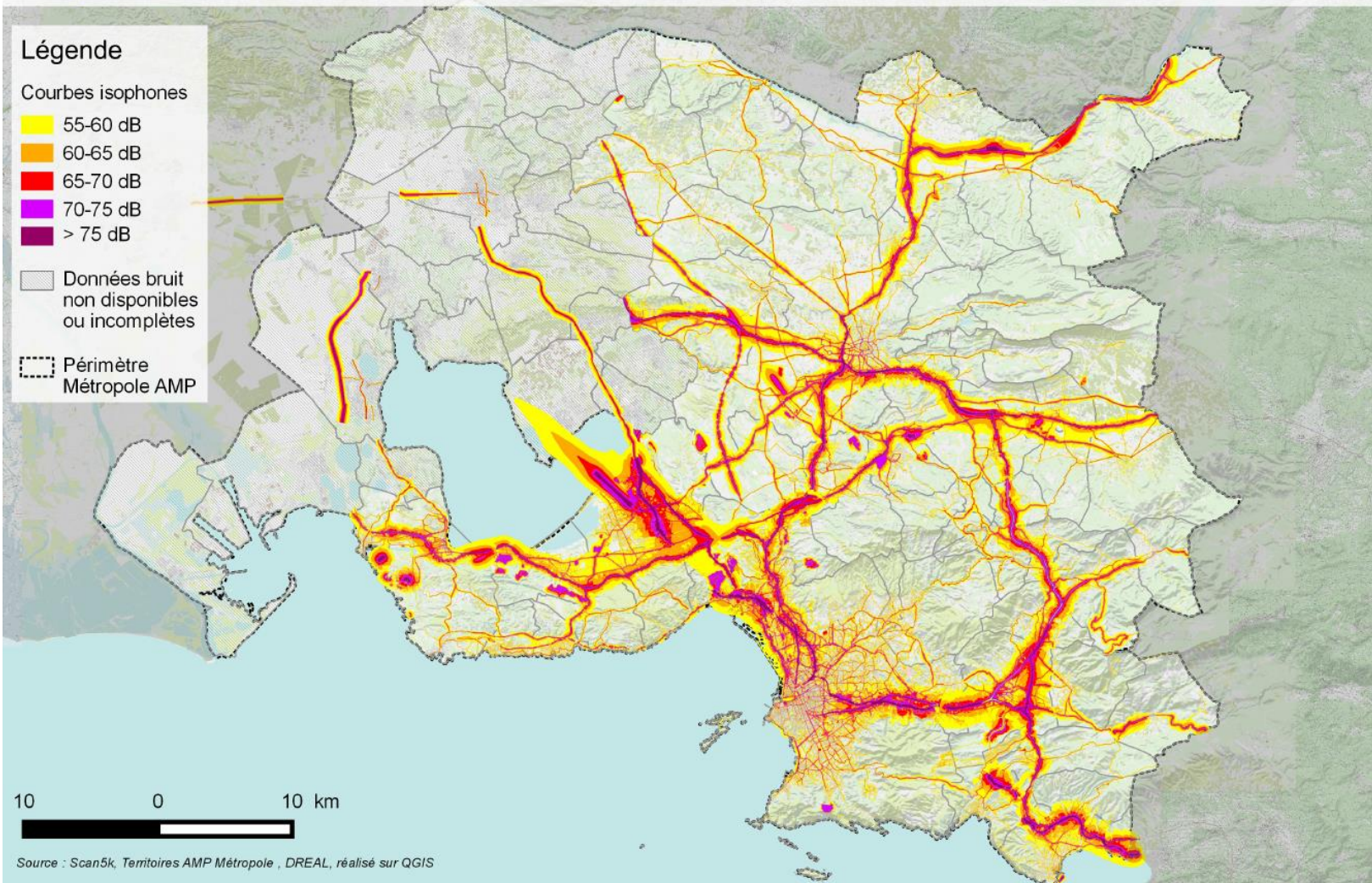


Graphique 9 : Source des expositions sonores liées aux établissements sensibles

Figure 209 : Répartition des nuisances sonores – ACOUCITE

Les diagrammes présentés montrent que les nuisances sonores auxquelles est exposé le territoire métropolitain sont majoritairement routières.

Cartographie du Bruit - Multisources - Lden



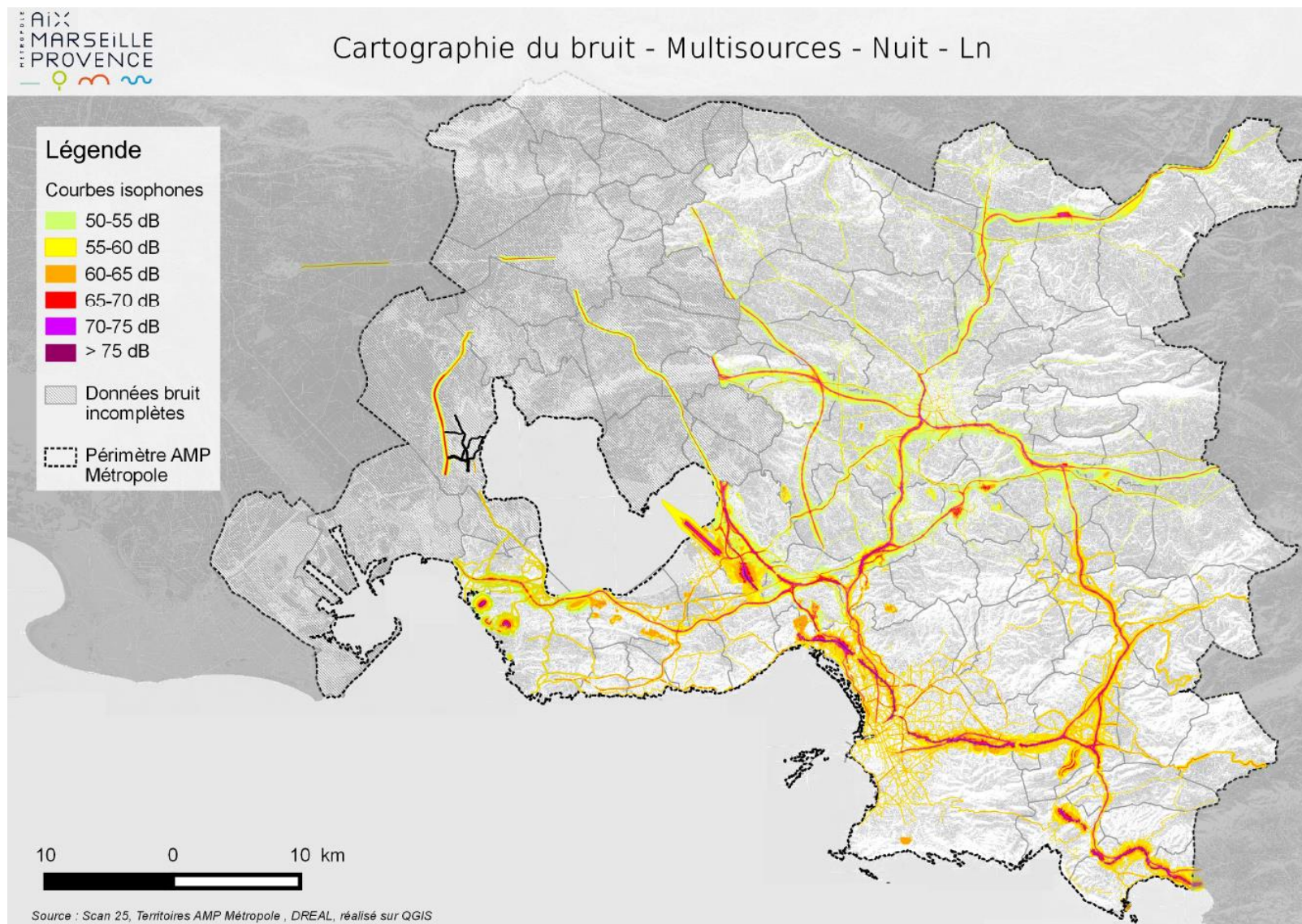


Figure 210 : Cartographies du bruit - Synthèse

Synthèse – enjeux et préconisations en lien avec le PCAEM :

Au sein de la métropole, plusieurs sources sont à l'origine de nuisances sonores. Les infrastructures routières, les voies ferrées, la présence d'industries, les aéroports ou encore les aérodromes.

La principale source de bruit perçu par le territoire Aix-Marseille-Provence est liée aux transports terrestres (routes et voies ferrées).

On compte 26 points noirs bruit à Marseille (de part et d'autre de la A7 et de la A50).

Le principal enjeu du PCAEM sera de ne pas dégrader la situation actuelle, voire de contribuer à une amélioration en réduisant les nuisances sonores en particulier dans les secteurs les plus denses, où la population exposée est plus importante, notamment en relation avec la politique d'urbanisme à proximité des grands axes et le traitement de la vitesse dans les espaces urbanisés.

En effet, la régulation / diminution du trafic sur les infrastructures de transport, principales génératrices de nuisances sonores, est un des enjeux importants à prendre en compte dans la définition des actions du PCAEM en liaison avec les projets d'aménagement et de transports et du Plan de Déplacements Urbain en cours d'élaboration.

Par ailleurs, l'établissement de documents stratégiques à l'échelle de la Métropole (cartes stratégiques du bruit, plan de prévention du bruit), sera à mettre en regard des actions à proposer dans le cadre du PCAEM. Ces documents constituant des outils d'aide à la décision, permettent de planifier des actions de préventions et de réduction des nuisances sonores.

9 Une forte présence d'espaces naturels sur la Métropole

Le territoire métropolitain se caractérise par la présence de grands espaces naturels, touristiques et culturels emblématiques (Sainte Victoire, Calanques, Garlaban, étang de Berre, mer Méditerranée...), dont certains de renommée mondiale. Ces espaces naturels représentent environ 51% du territoire (soit plus de 160 000 ha). Le territoire s'inscrit dans un cadre géographique et géologique remarquable à plus d'un titre. La diversité offerte en termes de milieux naturels et de conditions de vie par ce socle à dominante calcaire est à l'origine de la présence d'une biodiversité exceptionnelle tant terrestre que marine. Le pourtour méditerranéen est en effet l'un des Hot Spots mondiaux de la biodiversité et le seul en France Métropolitaine. Il est caractérisé par un fort taux d'endémisme : 15 000 espèces ont été comptabilisées par les biologistes, dont 60 % spécifiques au pourtour méditerranéen. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur comporte 85 % des espèces d'oiseaux nicheurs et 65% des espèces végétales de France. 41 % des espèces de flore vasculaire menacées sont présentes en Région. Le secteur littoral présente la plus importante concentration d'espèces menacées. Ce riche patrimoine naturel est à préserver et à protéger.

9.1 Connaissance et protection de la biodiversité du territoire

Les espaces naturels du territoire d'Aix-Marseille-Provence font l'objet de trois grands types de protection plus ou moins forte :

- des protections de type réglementaire (protection forte) : parc national, réserves naturelles, arrêtés préfectoraux de protection de biotope,...
- des protections foncières qui garantissent durablement la vocation de ces espaces : foncier acquis par le conservatoire du littoral, par les départements (ENS),...
- des protections contractuelles et périmètres de gestion, régies par des chartes et des documents d'objectifs : PNR, site Natura 2000, réserves de biosphère,...

Au total, 155 764 ha d'espaces naturels font l'objet d'une protection (réglementaire, foncière ou contractuelle), soit 49,3% du territoire de la métropole. Toutefois,

seulement 81 376 ha, soit 25,8% du territoire font l'objet d'une protection forte (réglementaire ou foncière).

Connaitre la biodiversité du territoire afin de mieux la préserver est également nécessaire. Il existe des outils de connaissance de la biodiversité comme les ZNIEFF, ZNIEFF géologique, inventaire des zones humides,... Environ 41% du territoire est couvert par un périmètre d'inventaire de type ZNIEFF.

9.1.1 Périmètres d'inventaire

Les inventaires des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) ont pour objectif d'identifier, de localiser et de décrire le patrimoine naturel régional. Ils permettent de connaître et de faciliter la prise en compte de la biodiversité dans les projets portant sur le territoire. Ces zones d'inventaire n'ont aucune conséquence réglementaire. Les ZNIEFF sont réparties en deux types :

- les ZNIEFF de type 1 : Ensemble de quelques mètres carrés à quelques milliers d'hectares constitués d'espaces remarquables : présence d'espèces rares ou menacées, de milieux relictuels, de diversité d'écosystèmes ;
- les ZNIEFF de type 2 : Ensemble pouvant atteindre quelques dizaines de milliers d'hectares correspondant à de grands ensembles naturels peu modifiés, riches de potentialités biologiques et présentant souvent un intérêt paysager.

Le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence comporte 96 ZNIEFF continentales et 24 ZNIEFF marines (Cf. Figure 211).

	ZNIEFF continentales	ZNIEFF marines
ZNIEFF de type 1	43 ZNIEFF de type 1 qui témoignent de la diversité des espaces naturels et de la présence d'espèces rares ou menacées au sein du territoire d'Aix Marseille Provence.	14 ZNIEFF marines de type 1.

	ZNIEFF continentales	ZNIEFF marines
ZNIEFF de type 2	53 ZNIEFF de type 2 qui comprennent de vastes étendues naturelles dont les qualités paysagères et les potentialités biologiques sont incontestables.	8 ZNIEFF marines de type 2.

Il existe en région Sud-PACA un autre zonage d'inventaire : les ZNIEFF géologiques. Il s'agit d'une spécificité de la région. Elles constituent des secteurs présentant une richesse exceptionnelle en fossiles et strates géologiques, liées à l'histoire des sites. Ces ZNIEFF correspondent à des stratotypes ou des gisements paléontologiques. Le territoire compte **52** ZNIEFF géologiques.

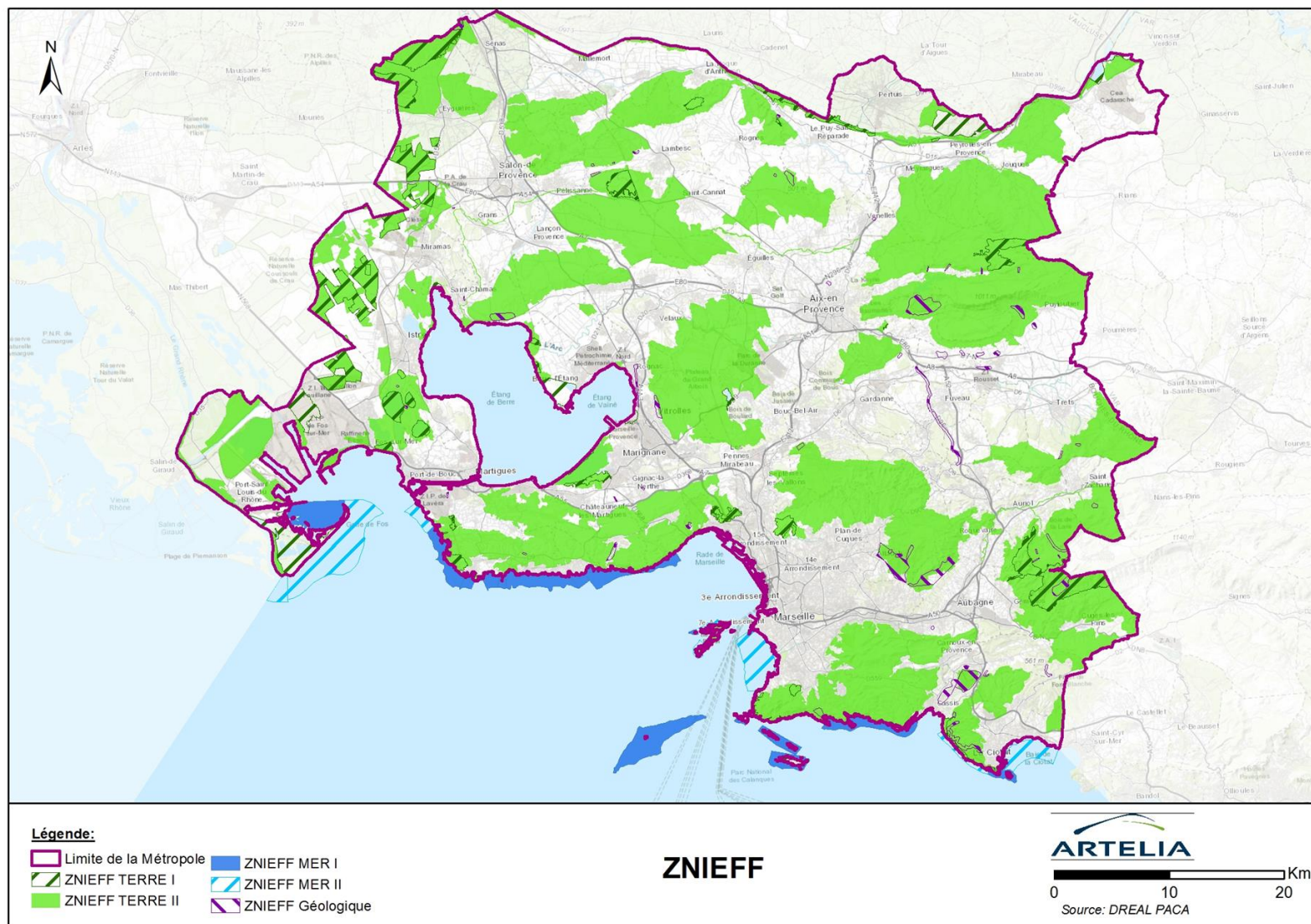


Figure 211 : Carte de localisation des périmètres ZNIEFF sur le territoire

9.1.2 Protections réglementaires

Types de protection	Commentaires
1 Parc National	<i>Le Parc National des Calanques</i> est le premier parc européen péri-urbain à la fois terrestre et marin. Il s'étend sur 52 000 ha avec 43 500 ha de superficie marine.
15 Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope (APPB)	Ce sont des procédures qui visent à la conservation de l'habitat d'espèces protégées du territoire telles que l'Aigle de Bonelli (<i>Aquila fasciata</i>), l'Hélianthème à feuille de marum (<i>Helianthemum marifolium</i>) ou l'Agrion de Mercure (<i>Coenagrion mercuriale</i>), etc.
2 Réserves Naturelles Nationales	<p><i>Les « Coussouls de Crau »</i> (7411 ha) : Cette réserve présente un écosystème unique en France (les coussouls) et elle est renommée pour ses oiseaux, typiques des steppes ibériques et du Maghreb (<i>Ganga Cata</i>, <i>Pterocles alchata</i>).</p> <p><i>La « Sainte Victoire »</i> (140 ha) : Cette réserve comporte un gisement paléontologique à œufs de dinosaures. Ce site est d'importance majeure dans un contexte international.</p>

Types de protection	Commentaires
1 Réserve Naturelles Régionale et 2 en projet	<p><i>La « Poitevine-Regarde-Venir »</i> (220 ha) : Cette réserve présente 140 ha de coussoul, du bocage de prairie de fauche et de belles populations d'Outardes canepetières (<i>Tetrax tetrax</i>) et d'Oedicnèmes nicheurs (<i>Burhinus oedicnemus</i>).</p> <p>2 projets sont à l'étude portés par les Conseils de Territoire de la Métropole, respectivement les étangs du Pourra et du Citis (270 ha) par le CT du Pays de Martigues et les Gorges de la Barben par le CT du Pays Salonais.</p>
2 Réserves biologiques :	<p><i>La « Castellane »</i> (360 ha) : un complexe de milieux ouverts et forestiers</p> <p><i>Les « Falaises rocheuse de la Gardiole et Vallon d'En Vau »</i> (111 ha) : comportant une forêt mixte et qui concerne la protection d'espèces végétales et d'insectes rares</p>

Les sites faisant l'objet de protections réglementaires sont présentés sur la Figure 212.

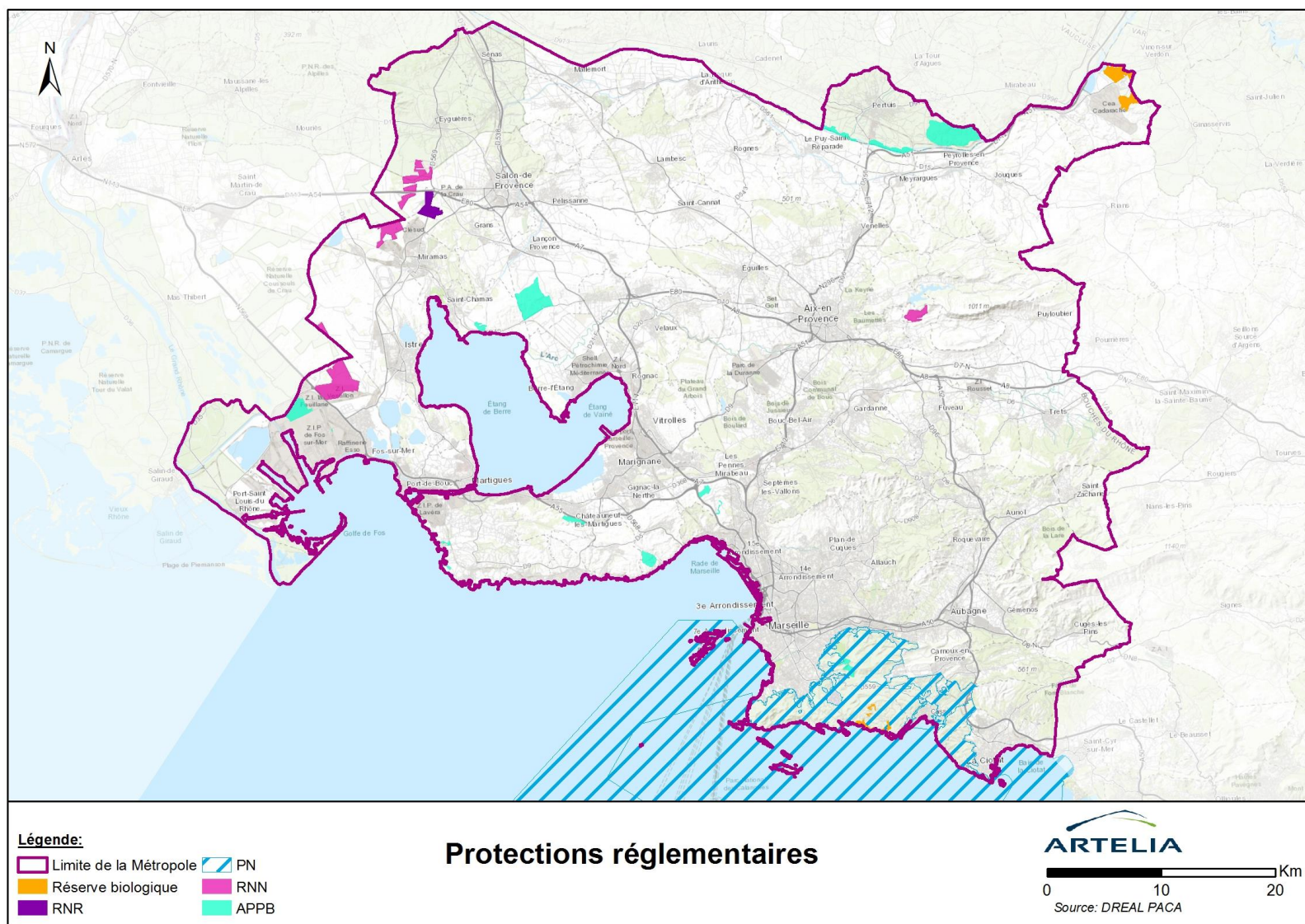


Figure 212 : Cartographie des périmètres définis par des protections réglementaires

9.1.1 Protections foncières

Types de protection	Commentaire
16 Sites du Conservatoire du littoral	Le Conservatoire du littoral a pour missions d'identifier, acquérir et aménager des espaces naturels du littoral : terrains situés sur le littoral ou sur le domaine public maritime, zones humides des départements côtiers, estuaires, domaine public fluvial et lacs. Une fois les sites acquis, le Conservatoire du littoral et ses partenaires territoriaux construisent un projet viable et durable pour le site et installent une gouvernance (comité de gestion), une surveillance (gardes du littoral) et aménagent si nécessaire (sentiers, restaurations...).
31 Espaces Naturels Sensibles	Leur but est de préserver la qualité des paysages et des milieux naturels. Le Département est compétent pour mettre en œuvre une politique de protection et de gestion tout en assurant l'ouverture au public de ces espaces naturels sensibles, boisés ou non.

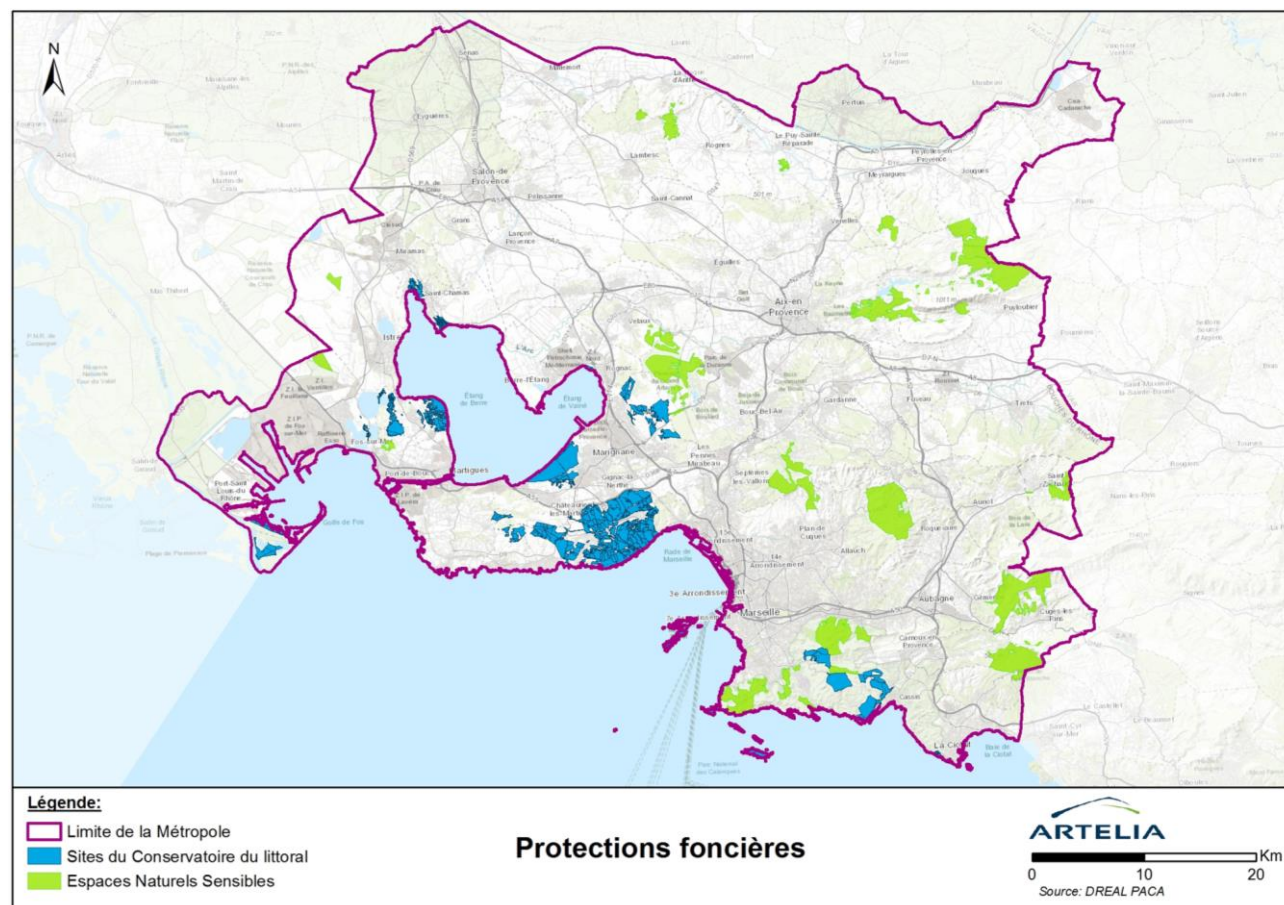


Figure 213 : Cartographie des périmètres définis par des protections foncières

9.1.2 Protections contractuelles

Types de protection	Commentaires
Sites Natura 2000 15 Zones de Protection Spéciale 14 Zones Spéciales de Conservation	<p>Le réseau NATURA 2000 a pour objectif d'identifier un réseau européen représentatif et cohérent d'espaces pour y favoriser le maintien de la biodiversité, tout en tenant compte des exigences économiques, sociales, culturelles et régionales dans une logique de développement durable. Il est fondé sur 2 directives européennes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • « Directive Oiseaux » : elle prévoit la création de Zones de Protection Spéciales (ZPS) afin d'assurer la conservation d'espèces d'oiseaux jugées d'intérêt communautaire. • « Directive Habitats » : elle prévoit la création des Zones Spéciales de Conservation (ZSC) destinées à permettre la conservation d'habitats et d'espèces.

Types de protection	Commentaires
4 Parcs Naturels Régionaux	<p>« <i>Alpilles</i> » (50 000 ha) : le territoire du Parc offre une complémentarité d'habitats naturels rarement observée où les milieux humides (canaux, mares temporaires...) se mêlent intimement aux espaces secs de la colline.</p> <p>« <i>Camargue</i> » (100 000 ha) : Ce parc est une halte migratoire majeure pour les canards et les oiseaux d'eau (plus de 150 000 oiseaux y transitent chaque année).</p> <p>« <i>Lubéron</i> » (185 000 ha) : Il possède une multitude de milieux naturels, réserves d'une biodiversité exceptionnelle : 1 800 espèces de végétaux (35% de la flore française) dont 70 protégées statutairement, 135 espèces d'oiseaux (50%) et 2 300 espèces de papillons (40%).</p> <p>« <i>Sainte Baume</i> » (108 000 ha) : Le parc bénéficie d'une triple influence bioclimatique et biogéographique (méditerranéenne, steppique et montagnarde) qui lui offre une abondance d'eau. Dans ces conditions écologiques particulières, une abondante richesse naturelle se développe.</p>
2 Réserves de biosphère	celles de <i>Camargue</i> et du <i>Lubéron Lure</i> , couvrant une superficie de 6 627 ha (zone centrale et zone tampon), soit 2,1% du territoire.

Les sites faisant l'objet de protections contractuelles sont présentés sur la Figure 214.

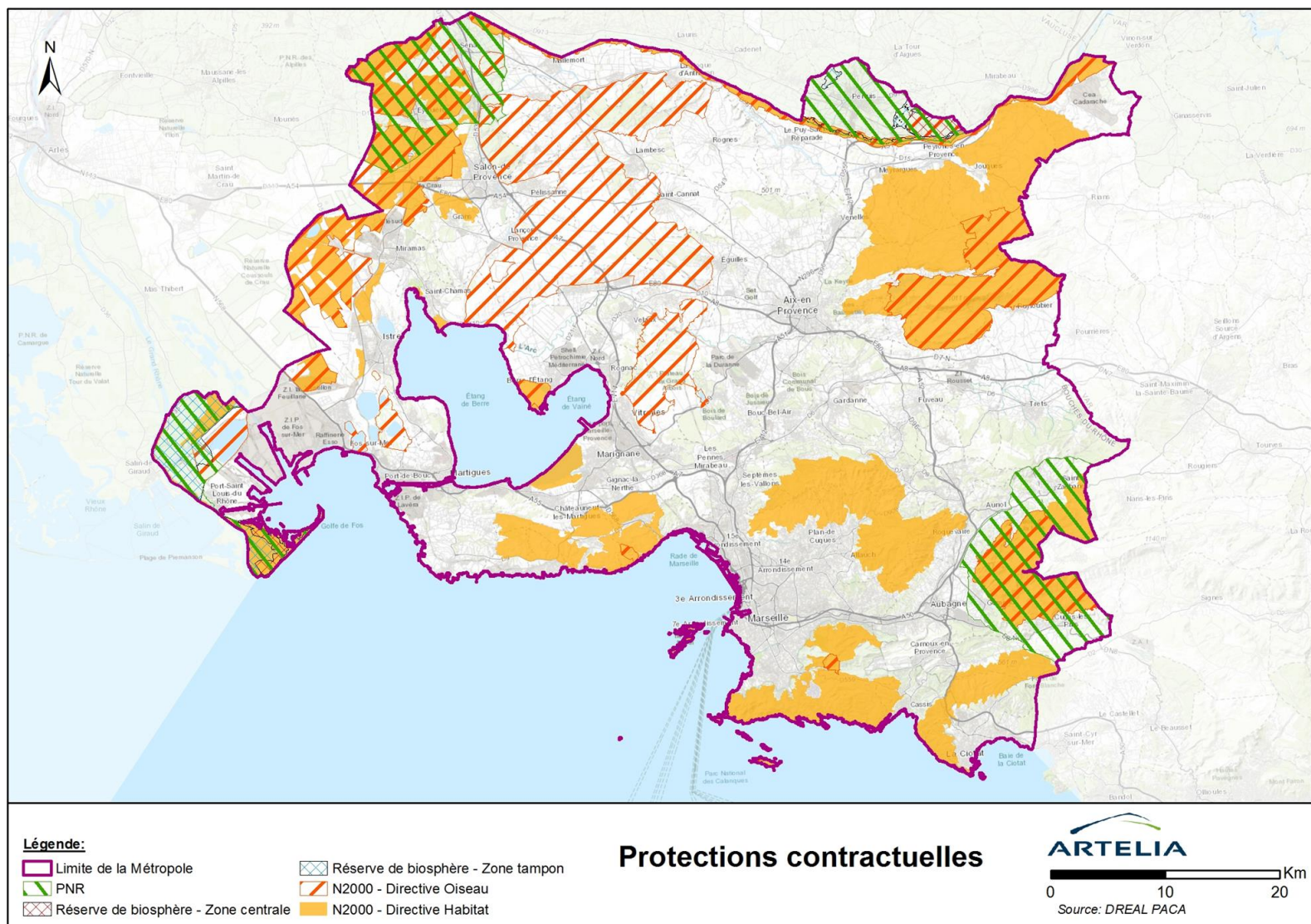


Figure 214 : Cartographie des périmètres définis par des protections contractuelles

9.2 Continuités écologiques

Les continuités écologiques ont été définies à l'échelle de la région Sud-PACA, via le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE), adopté le 17 octobre 2014. Le SRCE sera intégré au SRADDET (Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires), qui est en cours d'élaboration par la Région.

Les richesses écologiques du territoire métropolitain se répartissent au sein d'ensembles géographiques très isolés les uns des autres. L'extension de l'urbanisation, les grandes zones d'activités et de commerces reliées par des infrastructures de transports lourdes et multiples ont rompu la plupart des grandes liaisons écologiques (trames vertes et bleues). Seul l'extrême Sud-Est du territoire, entre le massif des Calanques, le massif du Grand Caunet et le massif de la Sainte Baume, semble être une zone de moindre discontinuité écologique.

9.2.1 Des cœurs de nature bien conservés

Les cœurs de nature, ou réservoirs de biodiversité, se définissent comme des ensembles à caractère naturels distribués sur des étendues plutôt importantes. Ce sont dans ces espaces que la biodiversité est la mieux représentée. Une espèce peut y exercer l'ensemble de son cycle de vie : alimentation, reproduction, repos. Ils se composent des espaces naturels déjà protégés, des espaces naturels dont la biodiversité a été inventoriée (ZNIEFF type 1) et des espaces naturels contigus et en extension de ces zonages car ils en augmentent la pertinence et la fonctionnalité écologique. Les cœurs de nature identifiés sur le territoire d'Aix Marseille Provence sont :

- les massifs : Nerthe, Étoile, Garlaban, Sainte-Baume, Calanques / Saint-Cyr, Grand Caunet, Trévaresse, Concors, Gardiole ;
- la montagne du Regagnas ;
- les plateaux de la Mûre, de l'Arbois, de Venergues Roquerousse et des Quatre-Termes ;
- le secteur du Marinier et du Moulin du Diable ;
- les grandes plaines agricoles (Trets/Rousset/Peynier, autour de Pertuis, Lambesc/St.-Cannat) ;

- la forêt du Défens ;
- le coussoul et prairies de la Crau ;
- les zones humides camarguaises ;
- l'étang de Bolmon, son Lido et ses milieux humides proches ;
- L'étang de Berre ainsi que l'ensemble de petits étangs situés à l'Ouest ;
- les étendues d'eau du Réaltor, du Salin du Lion, de Saint-Christophe ;
- La Durance, L'Arc, la Touloubre et l'Huveaune ;
- la partie amont des cours d'eau de la Cadière et de l'Huveaune ;
- les îles : archipel du Frioul, de Riou, île Verte.

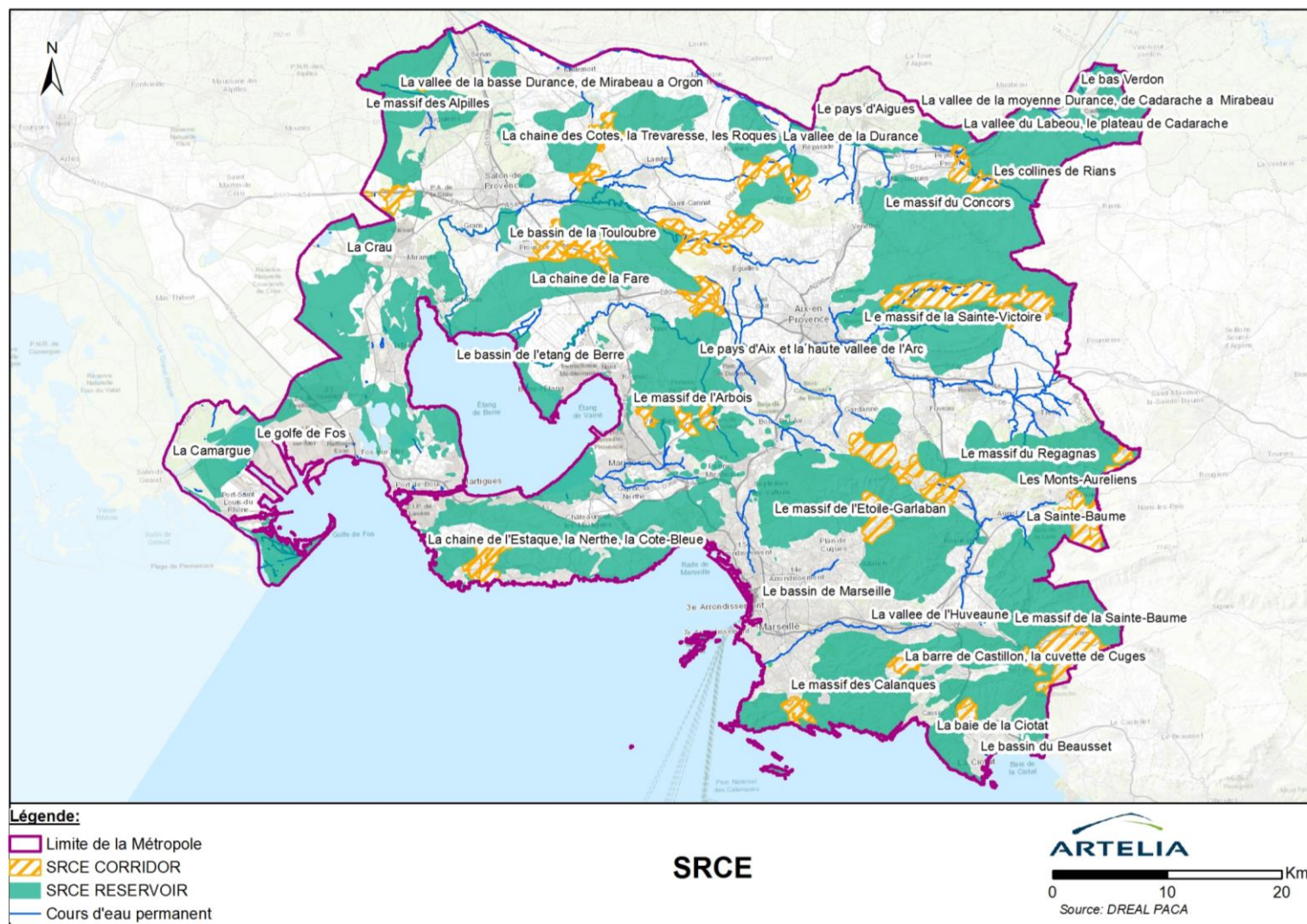
9.2.2 Des grandes liaisons écologiques encore fonctionnelles à préserver

Les grandes liaisons écologiques fonctionnelles assurent la continuité écologique entre deux cœurs de nature (liaisons inter-cœurs) ou au sein d'un même cœur (liaisons intra-cœur). Ces liaisons entre écosystèmes ou habitats permettent la dispersion et la migration des espèces. Elles peuvent prendre une forme linéaire (haies, chemins, cours d'eau...) ou dite "en pas japonais" (non continue). Sur le territoire d'Aix Marseille Provence, elles se situent :

- entre les étangs de Berre et Bolmon ; le long de la Cadière ; au sein du massif de la Nerthe ;
- entre la Nerthe et le secteur Marinier/Moulin du Diable ;
- entre l'Étoile et le Garlaban ;
- entre Saint-Cyr et le massif des Calanques ;
- entre le massif du Grand Caunet et la Montagne du Regagnas ;
- entre le massif de la Sainte Baume et la montagne du Regagnas ;
- entre le massif de l'étoile Garlaban et la Sainte Baume ;
- entre la Chaîne des Côtes et la Chaîne de la Trévaresse ;
- entre le Plateau des Quatre Termes et celui de la Chaîne des Côtes ;
- entre le Plateau d'Arbois, le Plateau de Vitrolles et la Plaine des Milles ;
- Entre le Concors et la Sainte Victoire ;
- entre le massif de la Chaîne de l'Étoile et celui de Gardanne ;
- entre la Montagne du Regagnas, le Mont Aurélien ;
- entre le Plateau des Quatre Termes et la Chaîne de la Trévaresse ;
- entre la Chaîne de la Trévaresse et le Massif de la Sainte-Victoire ;

- entre la Crau et le complexe des étangs (étangs de Berre, de l'Olivier, de Lavalduc,...).

Les espaces agricoles représentent également des zones de perméabilité permettant aux espèces de se déplacer d'un massif à l'autre.



Remarque : le SRCE PACA est intégré au SRADDET

Figure 215 : Cartographie des corridors écologiques et réservoirs de biodiversité définis par le SRCE PACA

9.2.3 Des corridors fragilisés par l'artificialisation

Cependant, certains corridors ont été fragilisés par les activités humaines. Les éléments de rupture sont représentés par différents types d'obstacles :

- Les infrastructures linéaires (autoroutes, routes, voies ferrées, canaux, clôtures, lignes électriques...) ;
- Les obstacles liés aux ouvrages hydrauliques (seuils, ponts, retenues...) ;
- Les obstacles surfaciques (aménagement urbain, zone industrielle).

Sur le territoire, les principaux corridors ayant été fragilisés sont :

- le massif des Alpilles ;
- la Réserve Nationale des Coussouls de Crau ;
- les chaînes de la Fare et des Côtes ;
- les plateaux de l'Arbois et de Vitrolles ; les massifs de l'Etoile et de la Nerthe ;
- les massifs du Garlaban et de la Sainte-Baume et les deux cœurs terrestres du Parc national des Calanques ;
- l'Huveaune, rupture majeure liée au détournement de son lit naturel au niveau de Sainte-Marguerite (La Pugette).

Trame verte (continuités écologiques terrestres)

Concernant la trame verte, les ruptures qui ressortent sont : les autoroutes A8, A7, A51, A52 et A54, la LGV, les routes nationales et départementales très fréquentées comme la D9, N7, D5, D6, D10. Néanmoins, les ruptures induites par les infrastructures de transport font l'objet d'une « action prioritaire » déclinée dans la partie prescriptive du SRCE de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Cette action identifie 20 secteurs prioritaires pour la restauration de grandes continuités au regard des infrastructures de transport à l'échelle de la Région. La Métropole Aix-Marseille-Provence concentre à elle seule onze secteurs prioritaires de restauration (Cf. Figure 216) :

- la Crau/Alpilles
- la Fare/ Coudoux ;
- Ventabren ;

- l'Arbois TGV ;
- l'Etoile/ la Nerthe ;
- la Penne sur Huveaune ;
- Aubagne-La Ciotat ;
- Rocquevaire ;
- Belcodène ;
- Pourcieux ;
- La Clue de Mirabeau.

La Métropole est donc concernée par 58% des secteurs d'action de PACA alors que son territoire ne représente que 10% de la Région. Les travaux de la LPO PACA sur le pourtour de l'étang de Berre ont permis de préciser les enjeux de cette zone et de définir que ce secteur présentait des enjeux importants en termes de reconnexion écologique. Deux autres secteurs prioritaires sur le territoire ont ainsi été identifiés : la pointe de Berre et Saint-Chamas.

Les grands secteurs industriels et commerciaux (comme par exemple les zones de Plan de Campagne ou encore de Pertuis) tout comme les continuums urbains parfois très denses, à l'image de celui de Marseille-Aubagne, constituent également des ruptures « surfaciques » bloquantes pour le déplacement de nombreuses espèces.

Trame bleue (continuités écologiques aquatiques)

Il existe également des ruptures de continuité de la trame bleue. De manière générale, les fonctionnalités écologiques de la trame bleue sont très dégradées sur le territoire d'Aix Marseille Provence : détérioration de l'état écologique, contaminations chimiques, présence de nombreux obstacles à l'écoulement, détournement de cours d'eau,... La trame bleue du territoire est constituée des cours d'eau, plans d'eau et zones humides associées. Le référentiel des obstacles à l'écoulement de 2018 identifie 308 obstacles sur le territoire de Métropole Aix-Marseille-Provence : 241 seuils en rivière, 41 barrages, 16 buses, 3 grilles de pisciculture, 2 obstacles induits par un pont, 1 digue et 4 obstacles non renseignés. Les cours d'eau les plus concernés par ces obstacles sont : l'Huveaune, l'Arc, la Touloubre, la Cadière et la Durance. Ces ouvrages hydrauliques sur les cours d'eau peuvent limiter voire interrompre la circulation des poissons. Le Plan de gestion des poissons migrateurs (PLAGEPOMI) 2016-2021 précise en particulier les objectifs et actions relatives aux poissons migrateurs évoquées dans le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) du bassin Rhône Méditerranée Corse. Sur le territoire sont présents :

- des Zones d'Action Prioritaire Anguille (Durance, Arc, aval de la Touloubre, Cadière, chenal de Caronte) et des ZAP Alose et Lamproie (Rhône) ;
- des Zones d'Actions sur le Long Terme Anguille (amont de la Touloubre, Huveaune, ruisseau la Cause), des ZALT Alose (Durance) et des ZALT Lamproie (Durance, chenal de Caronte).

Trame noire (continuités écologiques des zones d'obscurité)

Une autre continuité écologique est aujourd'hui prise en compte : la **trame noire**. Elle désigne l'ensemble des corridors écologiques caractérisés par une certaine obscurité et empruntés par les espèces nocturnes. Elle permet de mettre en évidence la pollution lumineuse d'un territoire, définie comme « le rayonnement lumineux infrarouge, UV et visible émis à l'extérieur ou vers l'extérieur, et qui par sa direction, intensité ou qualité, peut avoir un effet nuisible ou incommodant sur l'Homme, sur le paysage ou les écosystèmes ». Les conséquences de cette pollution sont multiples : gêne des habitants, dépenses inutiles d'énergie, impacts sur les oiseaux migrateurs, les insectes nocturnes, les pollinisateurs, les chauves-souris, etc. La lumière artificielle nocturne génère un effet barrière qui limite certains animaux dans leurs déplacements et donc une fragmentation des habitats. Elle peut également modifier le comportement des espèces et nuire à leur développement ou à leur reproduction. Sur l'ensemble du territoire, cette continuité est très fragmentée et perturbée par une pollution lumineuse importante et continue entre chaque pôle urbain. Elle est illustrée par la carte de pollution lumineuse ci-dessous. Les couleurs présentes vont du blanc : pollution lumineuse très puissante et omniprésente typique des très grands centres urbains et des grandes métropoles régionales et nationales, au vert : grande banlieue tranquille, faubourgs des métropoles. Les halos lumineux au-dessus de pôle urbain influence une grande partie du territoire.

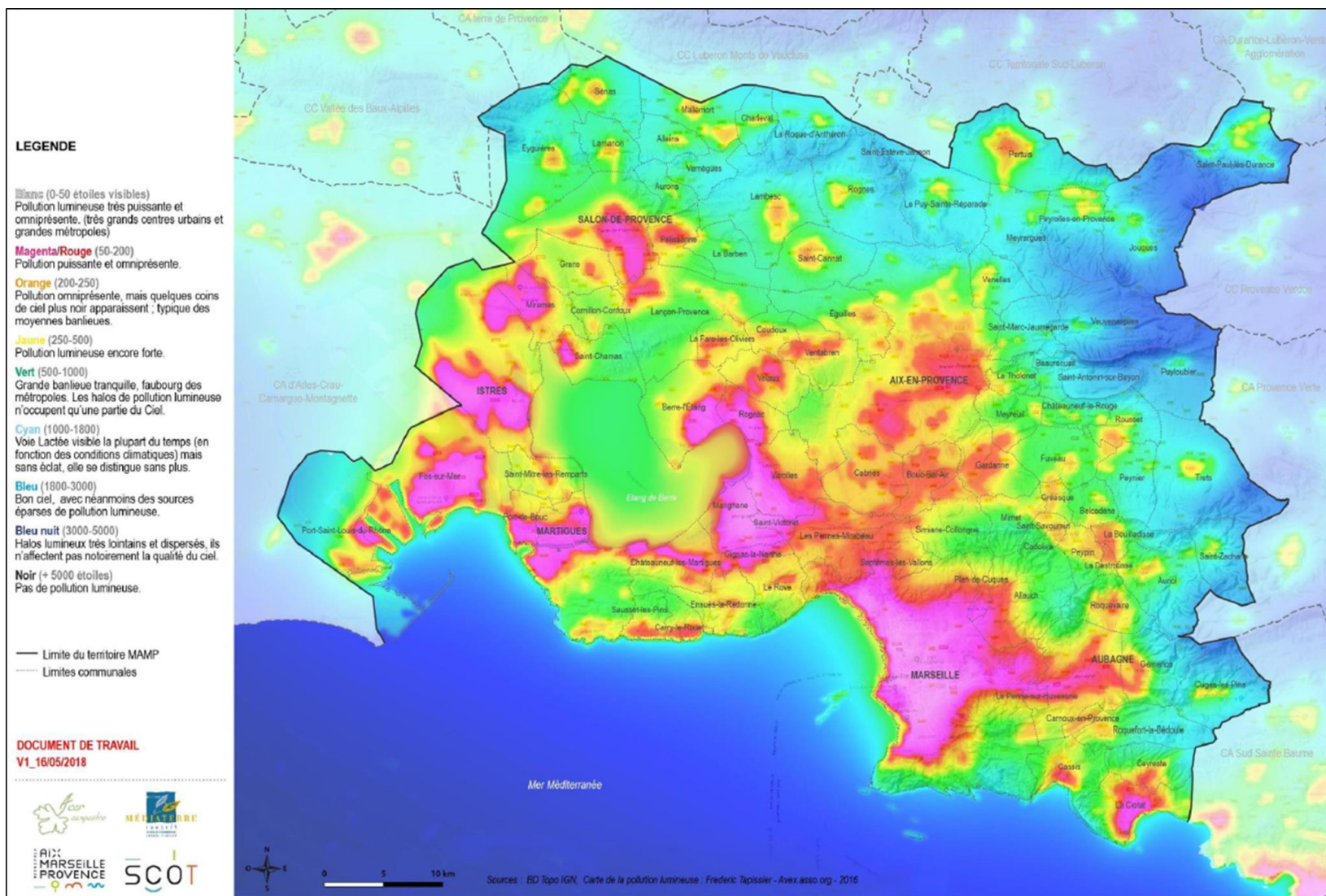


Figure 217 : Cartographie de la pollution lumineuse

Trame brune (continuités écologiques des sols)

La trame brune correspond à la continuité des sols. Ces derniers constituent un habitat pour de nombreux groupes biologiques, abritant des bactéries, des champignons, la faune invertébrée (nématodes, collemboles, lombrics,...), des mammifères (rongeurs, insectivores, ...) ou encore des végétaux (système racinaire). Plus d'un quart des espèces terrestres seraient présentes dans ce compartiment. Le sol est le lieu de vie mais également le lieu de déplacement, de dispersion de ces êtres vivants, or l'artificialisation des sols rompt leur continuité. Imperméabilisation, fondations d'habitation, réseaux de transport d'énergie, d'eau ou de personnes (ex : métro) sont autant d'obstacles présents sur ces corridors écologiques. En ville, les espaces de pleine terre sont rares ; de nombreux espaces verts se limitent à des grands bacs de terre sans communication entre eux. Pourtant la faune du sol a besoin de se déplacer, pour accomplir son cycle de vie ou échapper à des changements ponctuels. Les arbres peuvent aussi avoir besoin d'échanger des nutriments entre eux via leurs racines. Des sols sains, avec une flore et une faune associées en bon état, apportent des bénéfices aux êtres humains comme la régulation du réchauffement climatique et du risque inondation, des ressources alimentaires, etc. Il est donc essentiel de préserver cette continuité écologique.

9.3 Nature en ville

9.3.1 Une nature peu présente dans les villes du territoire

La nature en ville correspond à la faune, à la flore urbaine mais également à l'environnement biophysique comme les sols. En milieu urbain, les composantes naturelles sont concentrées en périphérie des villes et dans les interfaces ville-nature. Au cœur des agglomérations, ce sont les parcs et jardins, publics ou privés, qui constituent principalement les espaces de nature. Ils peuvent également prendre d'autres formes très variées au travers des arbres d'alignement, des haies, des ripisylves et des jardins familiaux et partagés. Plusieurs grandes villes du territoire (Marseille, Aix-en-Provence, Martigues,...) comportent globalement peu d'espaces verts en centre-ville. Au sein de la métropole, la part de surface de végétation en tissu urbain continu est de 5,2%, contre 20,9% en tissu urbain discontinu et 44,4% en

espace bâti diffus et autre bâti (source Occsol 2014 et BD Topo). Le graphique ci-après illustre la répartition des différents types de végétation dans le tissu urbain du territoire. La forêt est prédominante (44,8%), suivie par les haies (26,5%).

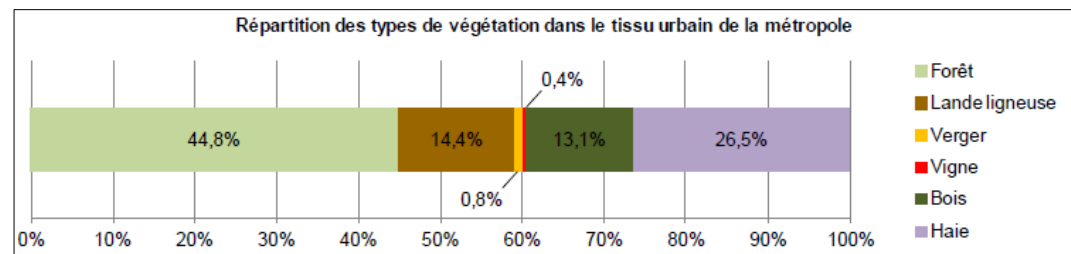


Figure 218 : Répartition des types de végétation dans le tissu urbain de la métropole

Source : Occsol 2014 et BD Topo – Etat initial du SCoT de la Métropole (V0 – 31/10/2018)

La nature en ville est pourtant un atout. Elle apporte aux citoyens des bénéfices appelés services écosystémiques. Il en existe quatre types :

- les services de support qui sont les services de base à l'origine de tous les autres services (formation des sols, habitat pour les espèces,...) ;
- les services de régulation qui sont responsables du contrôle des processus naturels (régulation du climat local et lutte contre l'effet d'îlot de chaleur urbain, régulation de la qualité de l'air, du ruissellement, du risque inondation, de la pollinisation ...) ;
- les services d'approvisionnement qui correspondent à la production de biens (aliments, matériaux, fibres, eau douce et bio-énergie) ;
- les services culturels qui sont des services non matériels obtenus à travers les loisirs, les activités sportives, le tourisme, l'éducation, la recherche, l'enrichissement artistique, patrimonial et spirituel. Les espaces de nature en ville améliorent la santé mentale et physique.

9.3.2 Les actions menées sur le territoire

Conscientes des enjeux, liés principalement aux effets du réchauffement climatique, et du rôle joué par les espaces de nature, la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et les agglomérations du territoire d'Aix-Marseille-Provence mettent en place des démarches pour favoriser la nature en ville.

La région Sud-PACA a lancé officiellement en février 2018 le projet Nature for City Life, dont la Métropole et la Ville de Marseille sont partenaires dont l'objectif pour 2022 est de renforcer la résilience des espaces urbains face aux changements climatiques. Dans ce cadre, la région souhaite développer et valoriser la nature en ville par des actions :

- d'information, de sensibilisation et de formation de différents publics et acteurs sur les services rendus par la nature en ville en se basant sur des sites de démonstration ;
- de renforcement de l'intégration de la nature en ville dans les projets d'aménagement urbains.

A l'échelle des agglomérations de Métropole Aix Marseille Provence, des actions sont également menées pour favoriser la nature en ville.

Marseille a été élue « ville la plus dynamique en matière de promotion des parcs et jardins » dans le cadre du palmarès 2017 des villes vertes de France, réalisé par l'Observatoire des villes vertes (UNEP et Hortis). Depuis octobre 2015, la Ville de Marseille a mis en place un permis de végétaliser nommé Visa Vert, ainsi qu'une "Charte de végétalisation de l'espace public marseillais". Ils permettent aux particuliers d'occuper temporairement et gratuitement l'espace public par l'installation de plantes tout en respectant la sécurité et l'utilisation des voies par les autres usagers (personnes à mobilité réduites, pompiers...). Plantes, fleurs et arbustes peuvent ainsi se développer, contribuer à l'embellissement du cadre de vie et apporter un peu de nature en ville. La ville de Marseille met également à disposition des citoyens des parcelles collectives pour jardiner en ville. Elle compte 66 jardins collectifs dont 14 jardins familiaux et 52 jardins partagés. Ces derniers sont des espaces collectifs dont s'occupe un groupe d'habitants d'un quartier. Jardins d'agrément, potagers, jardins pédagogiques, terrains de jeux, participent également à l'embellissement de la ville et au maintien de la biodiversité. En effet, la Charte des jardins partagés marseillais, mise en place par la Ville en 2010 et dont les gestionnaires de jardin sont signataires, impose un jardinage respectueux de l'environnement. Ces jardins partagés, dont 25 sont implantés sur des terrains municipaux, représentent une superficie totale de près de 4 hectares.

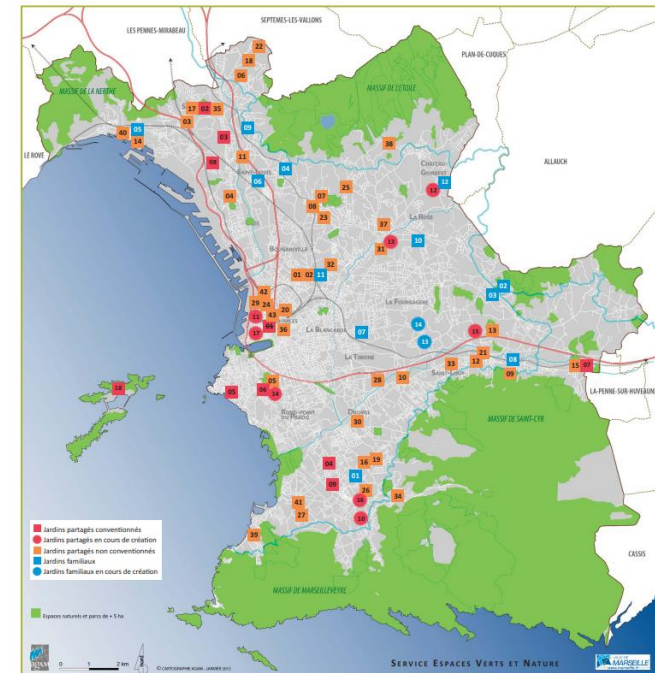


Figure 219 : Jardins collectifs au sein de la ville de Marseille

La ville de **Miramas** a elle été récompensée par le label national Ville Nature avec le niveau maximal de 4 libellules, attribué par L'Agence française pour la biodiversité (AFB), l'Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France (ARB îdF) et Plante & Cité. Il récompense les collectivités locales pour leur politique cohérente et leurs actions exemplaires en matière de protection de la biodiversité. Miramas est la première ville en France, dans la catégorie des communes de 20 000 à 100 000 habitants, à atteindre ce niveau de certification par le label Ville Nature, avec Grande-Synthe (Hauts-de-France).



Istres a pour objectif d'obtenir un autre label, le label Terre Saine. Il implique la suppression totale des pesticides et anti-mousses sur tous les espaces publics qui relèvent de la responsabilité de la collectivité, et ce depuis au moins 1 an (dans les cimetières et les stades également). Il vise à accompagner l'ensemble des collectivités françaises dans l'abandon complet de l'usage de pesticides (herbicides, insecticides et fongicides), puisque depuis le 1er janvier 2017, l'utilisation des produits phytosanitaires par les collectivités dans les espaces publics, est interdite. Cette interdiction s'inscrit dans la loi de transition énergétique pour la croissance verte, mais aussi dans le cadre du programme Ecophyto 2 qui vise à réduire de 50% l'utilisation des pesticides chimiques en France.

La ville de **Septèmes-les-Vallons** se soucie également de la biodiversité présente sur son territoire. La commune va réaliser son Atlas communal de la biodiversité, programme mis en place par le ministère de l'Environnement. Chaque atlas de la biodiversité communale est élaboré, à l'échelle communale ou intercommunale, à partir d'un inventaire précis et cartographié des habitats, de la faune et de la flore, avec l'appui d'une équipe d'experts pluridisciplinaires. Ces atlas ont pour objectifs de :

- sensibiliser et mobiliser les élus, les acteurs socio-économiques et les citoyens à la biodiversité ;
- mieux connaître la biodiversité sur le territoire d'une commune et identifier les enjeux spécifiques liés ;
- faciliter la prise en compte de la biodiversité lors de la mise en place des politiques communales ou intercommunales.
-

Synthèse – enjeux et préconisations en lien avec le PCAEM :

- **Limiter les effets du changement climatique afin de préserver la biodiversité du territoire** : les effets du changement climatique sont susceptibles d'entraîner la disparition de certains écosystèmes et la destruction d'habitats naturels sur le territoire suite à l'augmentation des températures et de la durée des périodes de sécheresse, à l'élévation du niveau de la mer et à l'amplification du risque incendie ;

- **Favoriser la nature en ville** : le développement de la nature en ville permet de lutter contre le phénomène d'ilôt de chaleur urbain (température plus élevée en coeur de ville qu'en périphérie).

- **Concilier énergie renouvelable et biodiversité** : La construction d'ENR engendre 2 problèmes : la consommation d'habitats d'espèces avec le photovoltaïque et les problèmes de collisions, mortalités avec l'éolien pour les oiseaux et les chauves-souris. Les effets cumulés liés aux rejets d'eaux chaudes dans le milieu marin suites aux installations de géothermie sont également à contrôler. L'élévation de température peut nuire à la biodiversité marine.

10 Des ressources naturelles à protéger, préserver et exploiter

La Métropole Aix-Marseille-Provence est une métropole de contrastes : aussi bien rurale qu'urbaine, naturelle que construite, maritime que terrestre... Elle bénéficie effectivement d'un Parc national terrestre et marin (les Calanques), de quatre Parcs

naturels régionaux, d'un Grand Site de France (La Sainte-Victoire), du plus grand étang salé d'Europe (l'Étang de Berre), de la plus haute falaise d'Europe (Cap Canaille) et de 255 km de façade maritime.

La Métropole Aix-Marseille-Provence est incontestablement la Métropole la « plus verte » de France avec ses 73% d'espaces agricoles et naturels : autant de ressources naturelles qu'il s'agit de protéger, préserver et exploiter.

10.1 Ressources agricoles et forestières

Aix Marseille Provence comporte une surface agricole supérieure à la moyenne régionale (17%). En effet, les espaces agricoles et pastoraux, y compris les pelouses et pâturages naturels, occupent plus de 61 000 ha et représentent 20% de la superficie métropolitaine (OCCSOL CRIGE PACA 2014). Les systèmes agricoles du territoire sont diversifiés et de qualité.

10.1.1 Des espaces agricoles diversifiés

La diversité des espaces agricoles est une des caractéristiques spécifiques au territoire métropolitain et un avantage non négligeable à conserver. Peuvent-être cités, par exemple : la plaine de la Durance, le grand Bayanne, la plaine de Berre, la haute vallée de l' Arc, la plaine des Milles, la colline de Sainte Marthe, le massif du Rove, la chaîne de la Trévaresse, le massif du Concors, le Frioul, l'anse de Carteau, etc.

L'analyse de la part des surfaces agricoles (OCCSOL CRIGE PACA 2014) que représente chaque type de cultures sur la métropole, donne (cf. graphique ci-dessous) :

- pour les **cultures permanentes** : 24% de vignobles, 4% d'oliveraies, 8% d'autres qu'oliveraies et 0,2% de plantes à parfum aromatiques et médicinales ;
- 15% de **prairies** : Plus de 3 000 ha de landes, pelouses et pâturages naturels sont classés dans les milieux naturels mais sont utilisés par l'agriculture.
- pour les **terres arables** (49%) : 2% de zone à forte densité de serres, 3% de rizières, 11% de cultures irriguées en permanence ou périodiquement, 33% de terres arables autres que des serres et des rizières ;
- 2% de **zones agricoles complexes ou en mutation**.

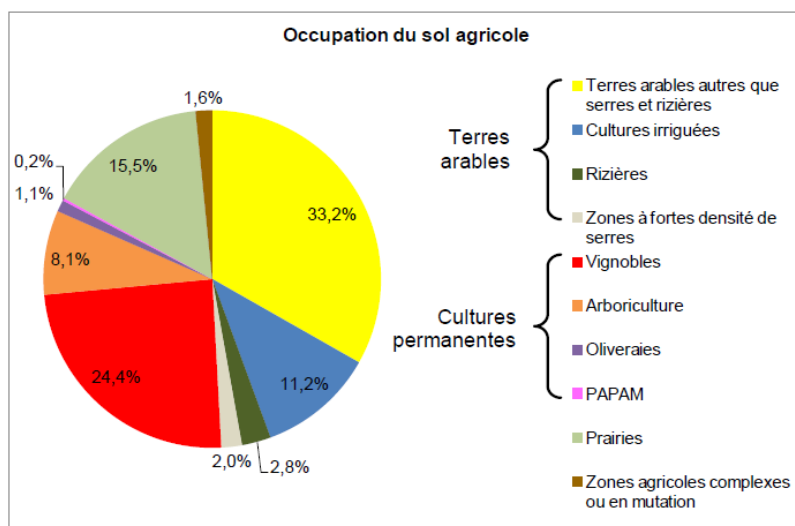


Figure 220 : Occupation du sol sur les terres agricoles

Source : OcSol2014 – Etat initial du SCOT de la Métropole (V0 -31/10/2018)

Cette pluralité d'espaces agricoles et naturels est le support d'une grande diversité de pratiques et de productions agricoles. Au sein de cette diversité, les productions végétales sont dominantes. D'Ouest en Est, les milieux agricoles sont composés par :

- des rizières en Camargue ;
- des prairies de foin, pâturages des moutons mérinos d'Arles au printemps et à l'automne, productions fruitières et légumières dans la plaine de la Crau ;
- des espaces agricoles concentrés au Nord et à l'Ouest du pourtour de l'étang de Berre, sur les communes de Berre-l'Etang, Istres, Miramas, Grans et Cornillon-Ofnoux. Les cultures irriguées, les productions sous serres et la vigne y représentent les cultures permanentes dominantes ;
- au Sud des étangs de Berre et de Bolmon, au niveau des communes de Châteauneuf-les-Martigues, Marignane, et Rognac, des espaces agricoles résiduels alternent avec les zones d'activités, les industries, les réseaux de déplacement ;

- des terres arables, support des cultures céréalières, de fruits et légumes de plein champ et cultures traditionnelles sous abris sont développées dans la Basse vallée de la Durance et sur la ceinture Ouest d'Aix-en-Provence ;
- des vignes classées AOC (Côtes de Provence, Coteaux d'Aix), des cultures légumières, des vergers traditionnels d'oliviers dans la région aixoise ;
- la ceinture maraîchère marseillaise et aubagnaise qui est constituée de quelques exploitations éparses situées principalement sur les contreforts des massifs de l'Etoile et du Garlaban ;
- de la vigne située à l'extrême est du territoire métropolitain, avec notamment l'AOC vins de Cassis, même si les cultures sont diversifiées notamment sur le territoire du Pays d'Aubagne et de l'Etoile ;
- des espaces de productions halieutiques (pêche et aquaculture) sur quasiment tout le linéaire côtier et dans l'étang de Berre.

10.1.2 Une répartition inégale des types d'espaces agricoles sur le territoire

La majorité des espaces agricoles sont situés dans la moitié Nord du territoire, constituant les « greniers agricoles » de la métropole. Moins important en superficie et sous forte pression urbaine, les espaces agricoles morcelés au Sud de la Métropole sont particulièrement concernés par des enjeux de développement d'une politique alimentaire. Ils remplissent également tous des fonctions environnementales, sociales et culturelles majeures.

Au regard de la spécificité du territoire métropolitain, ces espaces peuvent être classés en 4 grandes familles ou typologies :

1. Les espaces agricoles de productions spécialisées : Ce sont des espaces homogènes avec des productions plutôt en monoculture. Ils représentent un socle agricole fort, où les capacités productives sont encore préservées et dynamiques.
2. Les espaces agricoles périurbains et/ou urbains : Ce sont des espaces où les productions sont plutôt diversifiées avec principalement : grandes cultures, maraîchage, oliviers, vignes, etc. En contact direct avec l'urbanisation, ce sont les espaces agricoles qui souffrent le plus des pressions liées à l'étalement urbain.

3. Les espaces agricoles à forte valeur environnementale : Ils se caractérisent par une imbrication en mosaïque entre des espaces agricoles et des milieux naturels. Ils sont le support d'activités agricoles souvent liées à l'élevage (zone de parcours, pâturages,...) et peuvent être identifiés comme des espaces gestionnaires d'écosystèmes. A ce titre, ils concourent à maintenir les milieux naturels ouverts plus propices à la biodiversité.

4. Les espaces agricoles de productions « marines » ou littoraux : Ce sont des espaces et des sites caractérisés par des productions halieutiques (produits de la mer) de type pisciculture, conchyliculture, ostréiculture,... Ils sont principalement localisés du côté de l'anse de Carteau sur la commune de Port-Saint-Louis du Rhône, sur l'étang de Berre, au niveau des îles du Frioul,... Les produits de la mer sont une source notable de valorisation du territoire : pêche du jour et pisciculture en vente directe, conchyliculture et mytiliculture labellisées (huîtres de Camargue, moules de Carteau,...). Des réflexions sont en cours sur le développement de piscicultures « on shore » sur d'ancien marais salants.

Les espaces agricoles métropolitains sont inégalement répartis et créent une métropole à 2 visages :

- un socle de production agricole au coeur du territoire représentant 96% des terres cultivées et 80% des exploitations (Pays d'Aix et Pays Salonais) où l'enjeu économique est central ;
- une façade maritime possédant une agriculture résiduelle, morcelée par la pression urbaine, représentant 4% des terres cultivées en 2010 et 20% des exploitations (Marseille Provence, Pays d'Aubagne et Pays de Martigues).

10.1.3 Des productions de qualité

Le territoire est exemplaire concernant la qualité de ses productions, notamment labellisées « bio ». Une augmentation très forte de ce mode de culture est constatée, qu'il s'agisse des surfaces cultivées (SAU) ou du nombre de fermes bio. Le département des Bouches du Rhône est le 1er département français en surfaces agricoles labélisées bio ou en conversion (31 365 ha, 23% de la SAU), et le 1er département producteur de fruits et légumes. Plusieurs filières agricoles sont également valorisées via des AOP comme c'est le cas pour la viticulture, l'oléiculture, la production de fromage et de foin en Crau. Le département des Bouches du Rhône compte au total 10 AOP, 11 IGP et 41,5% des exploitations

présentent au moins une production sous signe de qualité en 2010 (IGP, AOP, label rouge). A ces reconnaissances officielles s'ajoutent des « reconnaissances commerciales » qui placent notamment le blé dur pour toute la vallée de la Durance au sommet en termes de qualité.

La Métropole collabore avec la Chambre d'agriculture des Bouches du Rhône pour former les agriculteurs à la *Haute Valeur Environnementale*. Cette certification s'appuie sur des indicateurs mesurant la performance environnementale des exploitations. Elle est fondée sur quatre thématiques :

- la préservation de la biodiversité (insectes, arbres, haies, bandes enherbées, fleurs ...) ;
- la stratégie phytosanitaire ;
- la gestion de la fertilisation ;
- la gestion de l'irrigation.

La qualité et la diversité des productions viennent notamment du fait que le territoire possède des conditions pédologiques avantageuses. En effet près d'un tiers des espaces agricoles de la métropole comportent un sol d'excellente à bonne aptitude. Les plaines et les vallées alluviales sont dominées par des terres de très bonne qualité agronomique (sols plats, profonds et fertiles), notamment la vallée de la Durance, de l'Arc et de la Touloubre.

10.1.4 Un Projet Alimentaire Territorial, le plus ambitieux de France

Le projet alimentaire territorial (PAT) de la Métropole Aix-Marseille-Provence et du Pays d'Arles entend défendre une agriculture locale et accessible à tous.

L'objectif prioritaire du PAT n'est ainsi pas d'augmenter les productions du territoire mais de limiter la perte de production agricole métropolitaine. Aujourd'hui 41% des exploitants de la Métropole, concernés par une transmission dans la prochaine décennie (chef d'exploitation de plus de 50 ans), n'ont pas de repreneur. Cela représente 33% des emplois pour 50 822 ha. Le PAT a aussi pour objectifs de limiter l'artificialisation des sols et de participer à la réduction des émissions de GES, en s'appuyant sur une agriculture de « saisonnalité ».

Le PAT vise ainsi à répondre à 6 enjeux :

- Economie et emploi
 - o Permettre aux producteurs de mieux vivre de leur activité
 - o Favoriser l'installation d'agriculture et la création d'emplois
 - o Structurer et consolider les filières rapprochant offre et demande
- Urbanisme et aménagement
 - o Préserver et dynamiser le foncier agricole afin de maintenir le potentiel productif
- Environnement
 - o Favoriser l'évolution de nos modes de production vers des pratiques plus respectueuses de l'environnement
 - o Réduire l'empreinte carbone de nos assiettes
- Nutrition, santé et accessibilité sociale
 - o Faciliter l'accès à tous à une alimentation saine, de qualité et locale
 - o Lutter contre le développement des problèmes de santé publique liés à l'alimentation
- Identité, patrimoine alimentaire, culturel et touristique
 - o Valoriser le patrimoine agricole, alimentaire, gastronomique et paysager du territoire
- Innovation
 - o Favoriser les innovations sur toute la filière alimentaire
 - o Encourager l'expérimentation et diffuser les savoirs et bonnes pratiques
 - o Croiser, mettre en synergie et rapprocher le monde de la recherche et de l'entrepreneuriat

Pour se faire, le PAT s'appuie sur les atouts du territoire. Le territoire comporte 1/3 de terres agricoles et rassemble près de 5000 exploitations. Il s'agit aussi du 1^{er} territoire bio de France, déjà résolument engagé dans la transition agro-écologique.

Le lancement du PAT a eu lieu en 2018, avec la réalisation de diagnostics et un travail de valorisation de l'existant. La formalisation du PAT est fixée à l'année 2020, mais les actions ont bel et bien commencées.

10.1.5 Un marqueur du paysage

L'agriculture est donc un marqueur très fort de l'identité du territoire, notamment en terme paysager. En effet l'agriculture contribue à « l'effet mosaïque » des paysages par son petit parcellaire, ses haies pour se protéger contre le mistral, ses cultures

typiques de vignes et d'oliviers, mais surtout grâce à son patrimoine hydraulique omniprésent (nombreux canaux datant des 12^e, 16^e et 19^e siècles), qui souligne les courbes de niveau et qui contribue au renouvellement des nappes phréatiques, notamment celle du Val de Durance.

Il existe deux types d'irrigation en Provence : l'irrigation gravitaire (réseau dans le Val de Durance, la plaine de Salon, la Crau et la Camargue) et l'irrigation sous pression (réseau de la société du canal de Provence et la société des Eaux de Marseille, autour d'Aix et de l'étang de Berre). Les Bouches du Rhône est le 1^{er} département irrigué de France. En 2010, la SAU irrigable du territoire totalise près de 21 650 ha (soit 35% de la SAU totale), et plus de 61% des exploitations (RGA 2010). Les principales cultures irriguées sur la métropole sont les grandes cultures, le maraîchage, l'arboriculture, le foin et à la marge la viticulture.

10.1.6 Une ressource forestière importante mais peu exploitée

Les forêts et plus largement la végétation du territoire, sont caractéristiques de la Provence et du climat méditerranéen. Elles représentent une surface totale de 127 440 ha, soit 40 % du territoire métropolitain, auxquels s'ajoutent 45 671 ha de landes, formations herbacées ou arbustives (BD Forêts, IGNF, 2008).

Les différents propriétaires forestiers

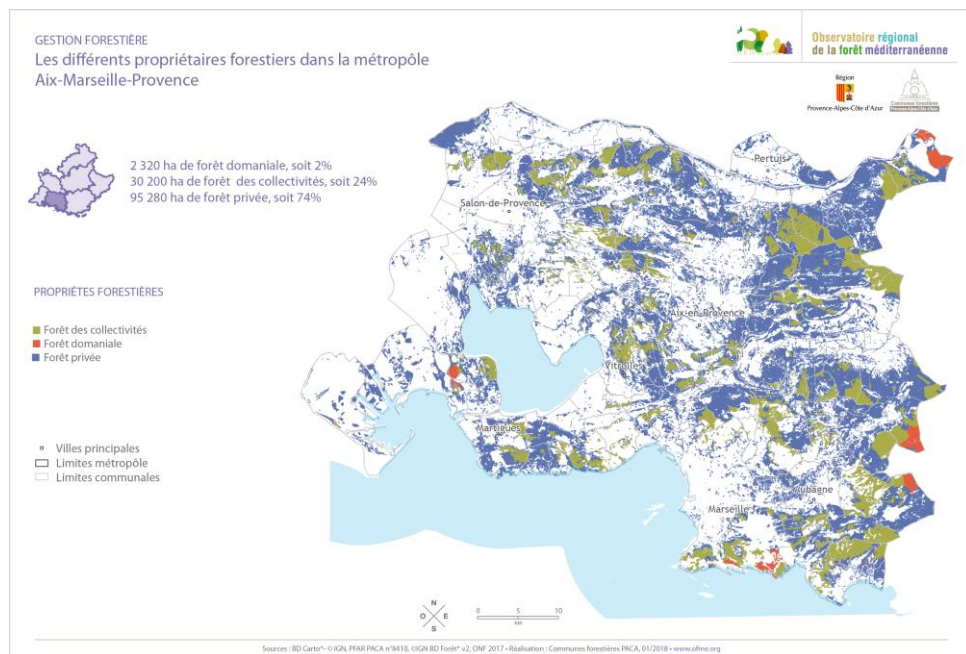


Figure 221 : Les différents propriétaires forestiers dans la Métropole

Source : Observatoire régional de la forêt méditerranéenne

30 200 ha de forêt appartient à la collectivité, soit 24% de l'ensemble des forêts du territoire.

La forêt est jeune : elle a moins de 150 ans et est liée à la déprise agricole. En effet, le pin d'Alep est une espèce pionnière qui a colonisé les secteurs de pâturage laissés à l'abandon. Il y a donc peu de « culture de la forêt » sur le territoire.

Les forêts du territoire sont dominées par trois grands types (Cf. les figures suivantes)

- Les conifères, dominés principalement par le pin d'Alep, qui représentent 33,1% du couvert végétal du territoire (BD Forêts, IGN, 2008). Le pin d'Alep

représente 36% des essences végétales boisées et 95% des forêts de conifères. Cette espèce xérophile est peu exigeante en richesse de sol et en besoin en eau. Elle colonise rapidement les espaces ouverts, notamment après le passage d'un incendie. Ces facteurs expliquent que le pin d'Alep soit aujourd'hui l'essence boisée la plus représentée sur le territoire.

- Les feuillus, qui représentent 17,9% du couvert végétal du territoire. Peu présents au Sud du territoire, les feuillus sont d'avantage représentés au Nord et en particulier dans les Alpilles, le Concors et le Régagnas. D'autre part, les feuillus sont plus présents sur les versants Nord des massifs, comme sur la Sainte-Victoire.
- Les essences mixtes, qui représentent 20,2% du couvert végétal du territoire. Les essences mixtes sont composées de conifères et de feuillus.

Le reste du couvert végétal est occupé par des landes, des formations herbacées et arbustives (26,3%) et des zones à composition indéterminée venant de coupe rase ou d'incident (2,5%).

Si la ressource forestière apparaît comme importante, les débouchés et la valorisation du bois dépend des essences. La filière bois-énergie dispose d'un potentiel local actuellement peu exploité. Ce faible niveau d'exploitation s'explique en grande partie par le coût nécessaire à la collecte et par la structuration de la filière qui est en cours de développement.

Le pin d'Alep est peu valorisé (essentiellement à la papeterie de Tarascon) et peu connu : des études sont en cours pour savoir quelles sont les valorisations possibles y compris en construction.

Dans les Bouches-du-Rhône, on note une certification durable des forêts avec le PEFC.

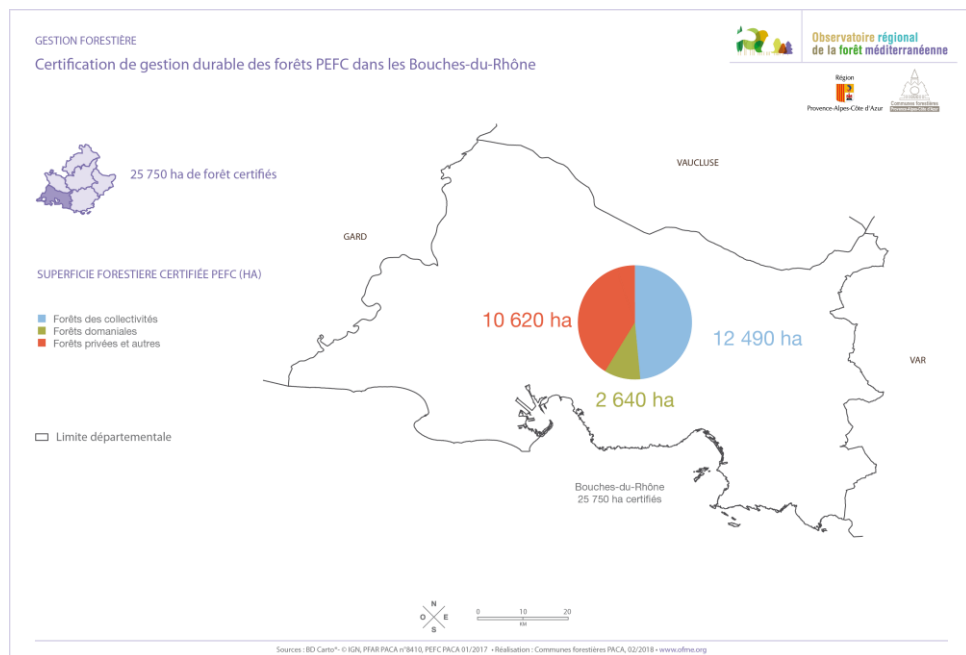


Figure 222 : Certification de gestion durable des forêts PEFC dans les Bouches-du-Rhône

Source : Observatoire régional de la forêt méditerranéenne

12 490 ha des 30 200 ha de forêts appartenant à la collectivité sont certifiés « gestion durable des forêts PEFC ».

Le risque incendie pour les forêts est très présent sur le territoire. Il provient majoritairement du facteur humain et est accentué par les conditions météorologiques locales propices au départ d'incendies. (Cf. rapport thématique risques naturels).

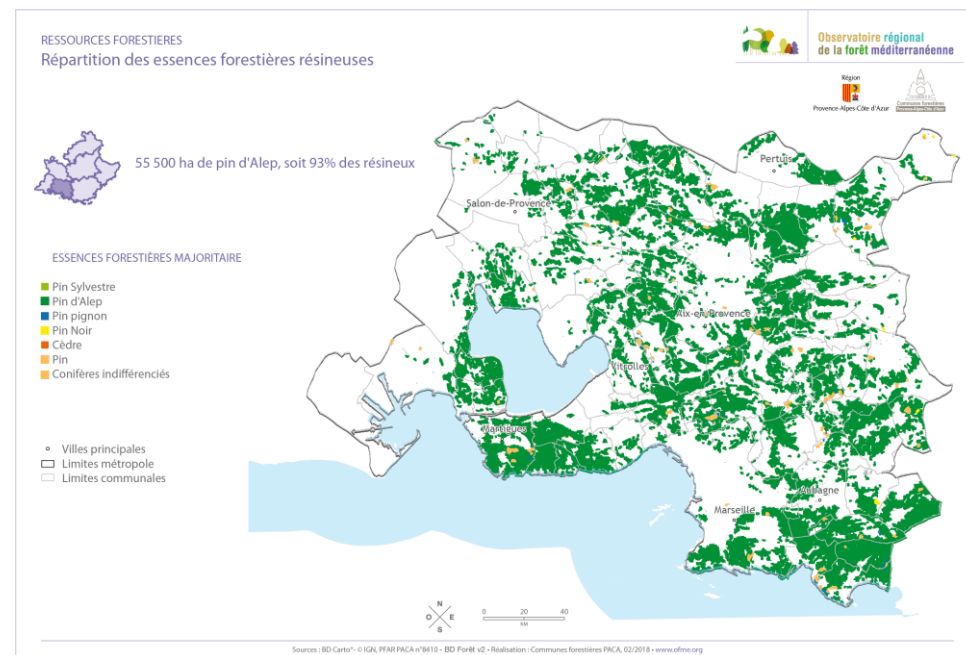


Figure 223 : Répartition des essences forestières résineuses

Source : Observatoire régional de la forêt méditerranéenne

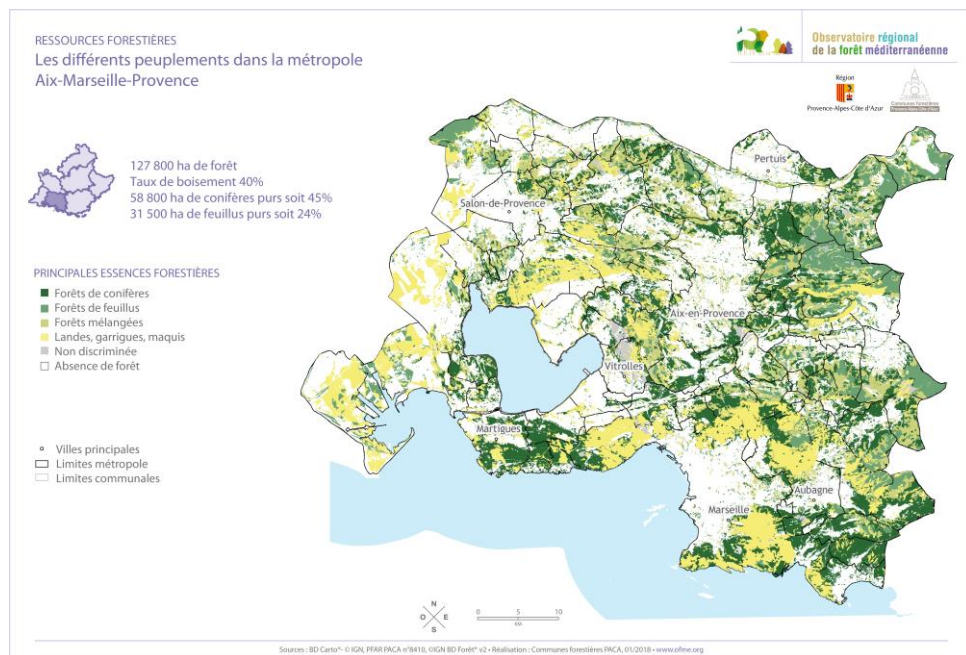


Figure 224 : Les différents peuplements dans la Métropole Aix-Marseille Provence

Source : Observatoire régional de la forêt méditerranéenne

Remplacer certains matériaux ou l'utilisation d'énergies fossiles par du bois permet de réduire les émissions de CO₂. L'utilisation du bois et l'allongement de leur durée de vie (notamment par le recyclage) permet de prolonger le stockage du carbone dans les produits formés. 1 m³ de bois nouveau = 1 m³ de CO₂ en moins dans l'atmosphère. Dans les forêts gérées durablement, le stock est reconstitué progressivement après chaque prélèvement.

- Utiliser les matériaux locaux en bois (mobilier) pour le stockage du carbone :
- Substituer les matériaux industriels (béton, acier...) ou dérivés des énergies fossiles émetteurs de CO₂ dans leur production par des produits bois en particulier pour la construction. L'utilisation des produits bois locaux est

encore plus favorable au bilan carbone global : la certification Bois des Alpes et la nouvelle normalisation du Pin d'Alep pour la construction permettent une valorisation de ces matériaux en circuits courts.

- Substituer les énergies fossiles par le bois énergie qui est une énergie renouvelable au bilan carbone neutre dans le temps. Le développement d'une filière à haute performance environnementale (hauts rendements et efficacité énergétique, limitation des émissions), avec en particulier les réseaux de chaleur au bois, permet une production et consommation d'énergie renouvelable, une indépendance énergétique et la réduction des gaz à effet de serre fossiles.

La complémentarité des usages (bois d'œuvre / bois industrie / bois énergie) doit être respectée.

10.2 Ressource en eau

La métropole, bien qu'en climat méditerranéen sec, bénéficie d'une ressource en eau satisfaisante. Cours d'eau, étendues d'eau, eaux souterraines et eaux côtières, lui permettent de répondre aux usages tels que l'apport en eau potable, l'irrigation ou bien les activités de loisir. La particularité du territoire réside dans son réseau de canaux très développé qui assure les transferts d'eau.

10.2.1 Les eaux superficielles

10.2.1.1 Cours d'eau et étendue d'eau

La liste des masses d'eau avec leur état chimique et écologique est reportée en Annexe 1.

La qualité des eaux superficielles

Concernant l'évaluation de l'état chimique, cette dernière est réalisée en mesurant la concentration de 41 substances prioritaires(5) (métaux lourds, pesticides, polluants industriels) dans le milieu aquatique. Si la concentration mesurée dans le milieu dépasse une valeur limite pour au moins une substance, alors la masse d'eau n'est pas en bon état chimique. Cette valeur limite, appelée norme de qualité environnementale (NQE), est définie de manière à protéger la santé humaine et l'environnement.

Le territoire comporte des masses d'eau superficielles dont l'état chimique est mauvais : la partie aval de l'Huveaune, de l'Arc et de la Touloubre, la partie amont de la Cadière, le Raumartin (affluent de la Cadière) et l'étang de Berre et d'Entressen.

Concernant l'évaluation de l'état écologique, elle s'appuie sur des éléments de qualité biologique, physico-chimique et hydromorphologique permettant un bon équilibre de l'écosystème. Ainsi, le bon état écologique de l'eau requiert non seulement une bonne qualité d'eau mais également un bon fonctionnement des milieux aquatiques.

Sur le territoire, l'état écologique des masses d'eaux superficielles est globalement moyen à médiocre. Cependant, l'état écologique de l'étang de Berre, l'étang d'Entressen et d'un affluent de l'Arc, est mauvais.

Les différentes pollutions subies par les principaux cours d'eau du territoire sont décrites ci-après :

L'Huveaune : depuis le milieu du 19ème siècle, ce cours d'eau a été utilisé comme déversoirs naturels des eaux usées et industrielles. Malgré la disparition de la plupart des industries polluantes et la construction de plusieurs stations d'épuration dans la vallée, le cours d'eau reste particulièrement pollué. Les PCB (polychlorobiphényles) sont notamment toujours très présents dans les sédiments. Des hydrocarbures aromatiques sont également détectés. L'objectif de bon état chimique et écologique fixé par le SDAGE est à atteindre pour 2027.

L'Arc : sur les premiers kilomètres, la qualité de l'eau est bonne. Elle se dégrade tout au long de son trajet dès la commune de Trets pour devenir polluée à l'aval d'Aix-en-Provence et jusqu'à la confluence du Grand Torrent. Des progrès ont été enregistrés sur la dernière décennie, et, depuis 2008, la qualité de l'Arc est bonne pour la plupart des paramètres physico-chimiques, excepté le phosphore, où la qualité reste moyenne à médiocre. L'Arc est également pollué sur sa partie aval par des hydrocarbures aromatiques. L'objectif de bon état chimique et écologique fixé par le SDAGE est à atteindre pour 2027.

La Touloubre : La qualité des eaux est globalement bonne bien qu'elle dépende des rejets des stations d'épuration (Venelles, Saint-Cannat, Lambesc). Entre 2008 et 2012, la qualité est bonne à très bonne pour la plupart des paramètres, excepté les nitrates et le phosphore. La Touloubre a été classée « rivière prioritaire » vis-à-vis des problèmes d'eutrophisation par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. L'origine de cette pollution est domestique et agricole. Depuis 2013, ces 2 paramètres se sont améliorés pour atteindre le bon état. La Touloubre est également polluée sur sa partie aval par des hydrocarbures aromatiques. L'objectif de bon état chimique et écologique fixé par le SDAGE est à atteindre pour 2027.

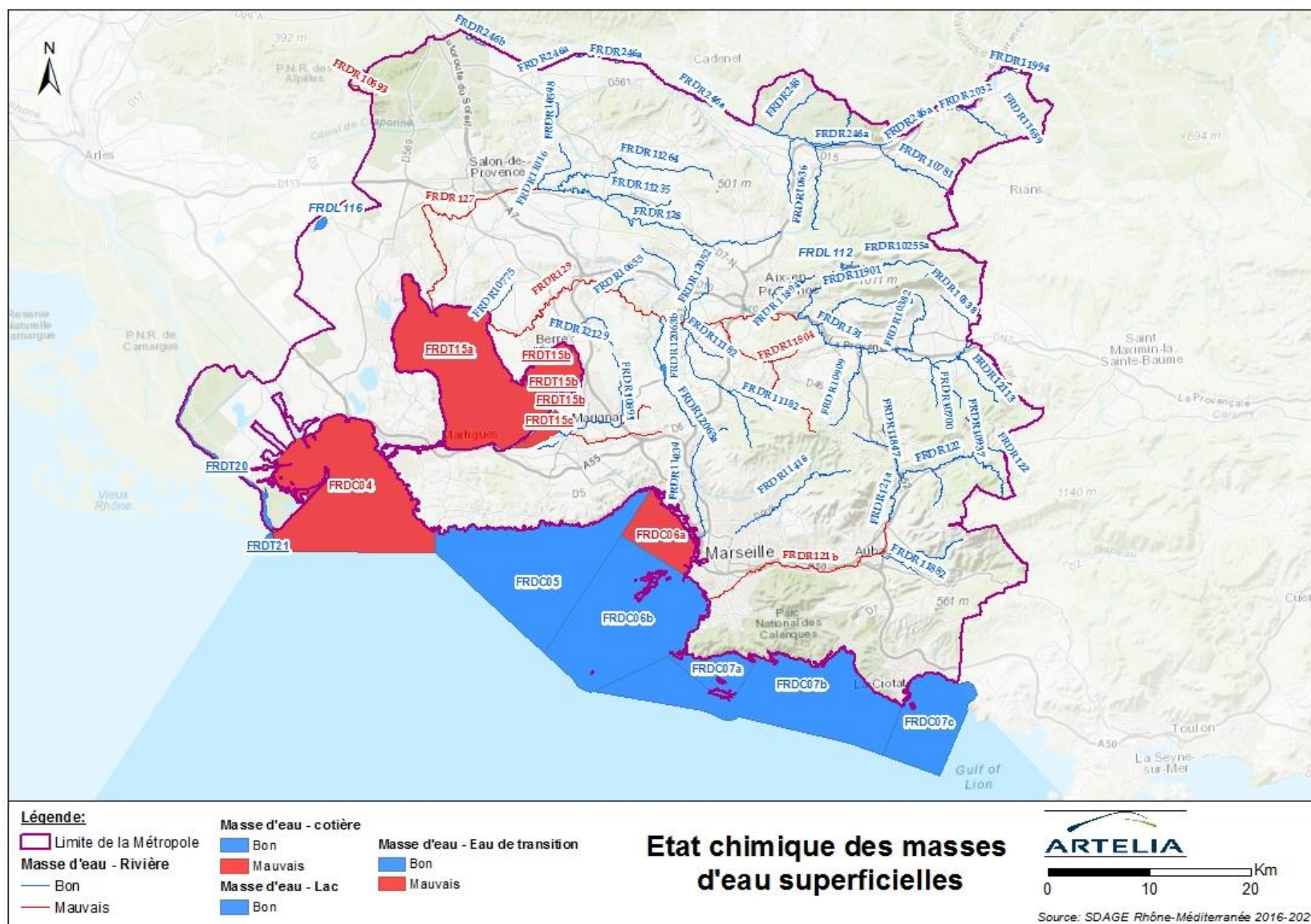


Figure 225 : Cartographie de l'état chimique des masses d'eau superficielles du territoire

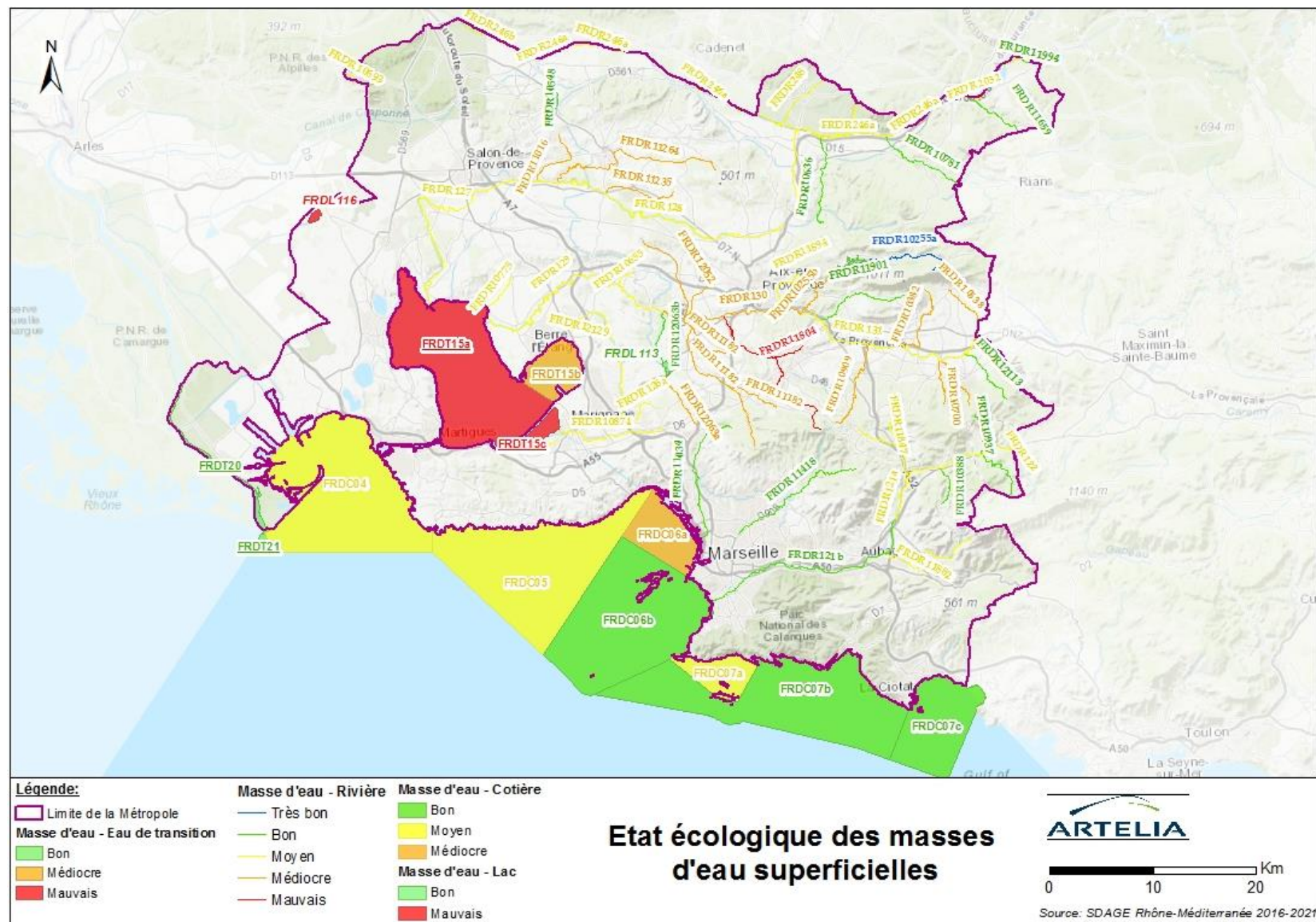


Figure 226 : Cartographie de l'état écologique des masses d'eau superficielles

La Cadière : sur sa partie amont, le cours d'eau présente une eau de bonne à très bonne qualité pour l'ensemble des paramètres physico-chimiques jusqu'à la station d'épuration de Vitrolles dont les rejets, ainsi que ceux des importantes zones commerciales et industrielles la déclassent de manière importante à mi-parcours au niveau du pont de la Glacière. Toutefois, sur sa partie amont, la Cadière est polluée par des hydrocarbures aromatiques. L'objectif de bon état chimique et écologique fixé par le SDAGE est à atteindre pour 2027.

Le Raumarlin : Les pollutions qui affectent ce cours d'eau varient en fonction du secteur qu'il traverse. Ainsi, au niveau des Pennes-Mirabeau, la pollution est essentiellement d'origine domestique ou urbaine alors qu'elle est d'origine domestique et industrielle, au niveau de Marignane. L'objectif de bon état chimique et écologique fixé par le SDAGE est à atteindre pour 2027.

L'étang de Berre : Il subit une dégradation importante de son état depuis ces trente dernières années engendré par un triptyque de pollutions : les apports d'eau douce par le canal EDF, la pollution urbaine et les rejets industriels. La présence de pesticides polluants de type endosulfan ou pesticides cyclodiènes a été relevé L'objectif de bon état chimique et écologique fixé par le SDAGE est à atteindre pour 2027.

L'étang d'Entressen : la pollution de cet étang est issue de la décharge de la Crau, dite d'Entressen, fermée en 2010. Le programme de surveillance de l'étang d'Entressen (données 2010) montre la présence de nombreux micropolluants minéraux (Aluminium, Arsenic, Baryum, Bore, Cuivre, Fer, Manganèse, Molybdène, Nickel, Titane, Uranium, Vanadium) dans les eaux et les sédiments (SYMCRU, 2015).

Une métropole alimentée par les transferts d'eau provenant de la Durance et du Verdon

Une organisation historique autour de la gestion collective de l'eau s'est développée en Provence pour répondre à l'insuffisance des ressources locales dans les territoires les plus densément occupés, en choisissant de mettre en œuvre des aménagements de transfert d'eau. Les premiers grands aménagements hydrauliques dans les Bouches-du-Rhône datent ainsi du moyen âge.

Au XVI^e siècle fut réalisé le premier transfert hors du bassin de la Durance, avec l'aménagement du canal de Craonne (45 km de long et débit transporté de

23,4 m³/s) pour la desserte de la plaine de la Crau, qui connut à partir de cette époque un développement continu de l'agriculture irriguée et une source d'alimentation de la nappe de Crau. Puis, c'est à la suite de sécheresses importantes à l'origine de graves famines (1788, 1822, 1857), que la décision de construire le canal de Marseille a été prise au milieu du XIX^e siècle. L'aménagement géré par EDF comporte un équipement hydroélectrique complet de la Durance entre Serre-Ponçon et Mallemort, dont l'ouvrage structurant est un canal usinier d'une capacité de 250 m³/s qui suit le tracé de la Durance sur tout ce linéaire puis bifurque vers l'étang de Berre, son exutoire. Les canaux agricoles ou mixtes préexistants, dont le canal de Marseille et le canal de Martigues, ont tous été raccordés aux ouvrages d'amenée hydroélectriques. En basse Durance, un débit maximum de 114 m³/s a été affecté à la réalimentation des 15 canaux (dont le canal de Marseille) ; la sécurité de la fourniture d'eau apportée aux canaux par les prises établies sur le canal EDF a induit des extensions de l'irrigation notamment dans la plaine de Crau. Dernière étape clef de l'aménagement hydraulique de la région, la signature du décret de concession du Canal de Provence en 1963, donne le départ des travaux de réalisation du Canal Maître (capacité maximale de 40 m³/s pour une dotation annuelle de 660 Mm³, correspondant à un débit moyen de 21 m³/s) et de la branche de Bimont, ainsi que ceux de la galerie de l'Etoile qui permettent d'acheminer les eaux jusqu'à la réserve de Vallon Dol à Marseille.

Ainsi, la Métropole d'Aix-Marseille-Provence est totalement dépendante du bassin versant de la Durance. L'approvisionnement en eau du territoire est principalement sécurisé par les apports de la rivière.

10.2.1.2 Les eaux côtières

Une masse d'eau côtière est une partie distincte et significative des eaux de surface situées entre la ligne de base servant pour la mesure de la largeur des eaux territoriales et une distance d'un mille marin. Elle permet de définir les objectifs environnementaux, d'évaluer l'état des milieux et ultérieurement de vérifier l'atteinte de ces objectifs.

Sur le littoral du territoire d'Aix-Marseille-Provence, 7 masses d'eau côtières sont répertoriées :

Code	Nom de la masse d'eau
FRDC04	Golfe de Fos
FRDC05	Cote bleue
FRDC06a	Petite Rade de Marseille
FRDC06b	Pointe d'Endoume - Cap Croisette et Iles du Frioul
FRDC07a	Iles de Marseille hors Frioul
FRDC07b	Cap croisette - Bec de l'Aigle
FRDC07c	Bec de l'Aigle - Pointe de la Fauconnière

Les rejets d'assainissement littoraux impactent la qualité des eaux cotière par des effets de dispersion du panache. Le rejet de Cortiou de la station d'épuration de Marseille « Géolide » impacte de manière significative les alentours en cas de vent avec, en cas de pluie, des niveaux de turbidité significatifs à plusieurs kilomètres de l'exutoire. Dans le cadre du Contrat d'Agglomération (2014) signé entre le territoire Marseille Provence Métropole et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée, la station Géolide de Marseille a fait de nombreux aménagements pour palier à ce problème de performance dont le dernier a été la mise en service du bassin de rétention Ganay. Concernant les eaux de la côte Bleue, l'influence des rejets est assez faible, tandis que le rejet de La Ciotat au niveau du Bec de l'Aigle, peut impacter certaines plages par vent d'Ouest.

10.2.1.3 Les eaux de baignade

La qualité des eaux de baignade est contrôlée par l'Agence Régionale de la Santé, selon des paramètres microbiologiques, sur 74 sites sur le territoire d'Aix-Marseille-Provence. En 2017, 88 % des sites surveillés étaient d'excellente qualité, 9 % de bonne qualité, 3 % de qualité suffisante ou insuffisante (sites des Capuccins et de Saint-Jean à La Ciotat). La situation s'est améliorée puisqu'en 2014, sur les 70 sites surveillés, seul 80 % était d'excellente qualité.

10.2.2 Les eaux souterraines

Description générale des masses d'eau

Les eaux souterraines proviennent de l'infiltration de l'eau issue des précipitations et des cours d'eau. Cette eau s'insinue par gravité dans les pores, les microfissures et fissures des roches, jusqu'à rencontrer une couche imperméable. Là, elle s'accumule, remplissant le moindre vide et formant ainsi un réservoir d'eau souterraine. En revanche dans les aquifères karstiques, les eaux s'engouffrent rapidement dans le sous-sol pour rejoindre des conduits et galeries de drainage souterrain structurés de la même manière que les réseaux hydrographiques de surface. Les eaux cheminent en sous-sol, parfois pendant des dizaines voire des centaines de kilomètres, avant de ressortir à l'air libre, alimentant une source, un cours d'eau ou la mer.

Les eaux souterraines représentent une ressource majeure pour la satisfaction des usages et en particulier l'alimentation en eau potable. Les eaux souterraines ont également un rôle important dans le fonctionnement des milieux naturels superficiels : soutien des débits des cours d'eau, en particulier en période d'étiage, et maintien de zones humides dépendantes. Suivant le niveau de la ligne d'eau, et les saisons, la nappe alimente le cours d'eau ou est alimentée par celui-ci notamment lors des inondations. Dans le cas de secteurs karstiques, ces relations sont importantes et localisées.

Sur le territoire d'Aix-Marseille-Provence, 18 masses d'eau souterraines sont présentes (Cf. Tableau 14).

Qualité des masses d'eau souterraines

Pour les eaux souterraines, l'évaluation de l'état chimique s'appuie sur des normes de qualité établies au niveau européen pour une liste fixe de substances (nitrates, pesticides, arsenic, cadmium...) complétées par des valeurs seuils fixées pour des substances pertinentes adaptées à la situation de chaque masse d'eau. Ces substances complémentaires sont en effet identifiées en fonction du risque de non atteinte du bon état ou des résultats de la surveillance des masses d'eau.

L'état chimique (Cf. Figure 227) est bon pour la plupart des masses d'eau du territoire. Il est, cependant médiocre pour les « Alluvions de l'Huveaune » (FRDG369) et pour les « Alluvions de l'Arc de Berre » (FRDG370). Pour ces deux masses d'eau, l'objectif de bon état chimique est à atteindre en 2027 (SDAGE 2016-2021). Les paramètres étant à l'origine de la non-atteinte du bon état en 2015 et qui font l'objet d'une adaptation de délai sont :

- les pesticides, nitrates, solvants et le plomb pour la masse d'eau « Alluvions de l'Huveaune » (FRDG369) ;

- les pesticides et les nitrates pour la masse d'eau« Alluvions de l'Arc de Berre » (FRDG370).

L'état quantitatif (Cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) de toutes ces masses d'eau souterraines est qualifié de bon. L'état quantitatif s'apprécie sur l'équilibre entre prélèvements et recharge de la nappe. Les pressions constatées ne doivent en outre pas augmenter.

Une masse d'eau souterraine est ainsi considérée en bon état quantitatif dès lors :

- qu'il n'est pas constaté d'évolution interannuelle défavorable de la piézométrie, c'est-à-dire une baisse durable du niveau de la nappe hors effets climatiques ;
- que le niveau piézométrique qui s'établit en période d'étiage permet de satisfaire les besoins d'usages, sans risque d'effets induits préjudiciables sur les milieux aquatiques et terrestres associés (cours d'eau, zones humides...), ni d'intrusion saline en bordure littorale.

Code	Nom de la masse d'eau
FRDG369	Alluvions de l'Huveaune
FRDG370	Alluvions de l'Arc de Berre
FRDG504	Limons et alluvions quaternaires du Bas Rhône et de la Camargue
FRDG513	Formations variées du bassin versant de la Touloubre et de l'étang de Berre
FRDG531	Argiles bleues du Pliocène inférieur de la vallée du Rhône (masse d'eau souterraine profonde)

Tableau 14 Liste des masses d'eaux souterraines

Code	Nom de la masse d'eau
FRDG104	Cailloutis de la Crau
FRDG107	Calcaires crétacés des chaînes de l'Estaque, Nerthe et Etoile
FRDG166	Massif calcaire de la Sainte-Victoire
FRDG167	Massifs calcaires de la Sainte-Baume, du Mont Aurélien et Agnis
FRDG168	Calcaires du Bassin du Beausset et du massif des Calanques
FRDG179	Unités calcaires Nord-Ouest varois (Mont Major, Cadarache, Vautubière)
FRDG209	Conglomérats du plateau de Valensole (masse d'eau souterraine profonde)
FRDG210	Formations variées et calcaires fuvéliens et jurassiques du bassin de l'Arc
FRDG213	Formations gréseuses et marno-calcaires tertiaires dans BV Basse Durance
FRDG215	Formations oligocènes de la région de Marseille
FRDG247	Massifs calcaires du Nord-Ouest des Bouches du Rhône
FRDG357	Alluvions de la moyenne Durance
FRDG359	Alluvions basse Durance

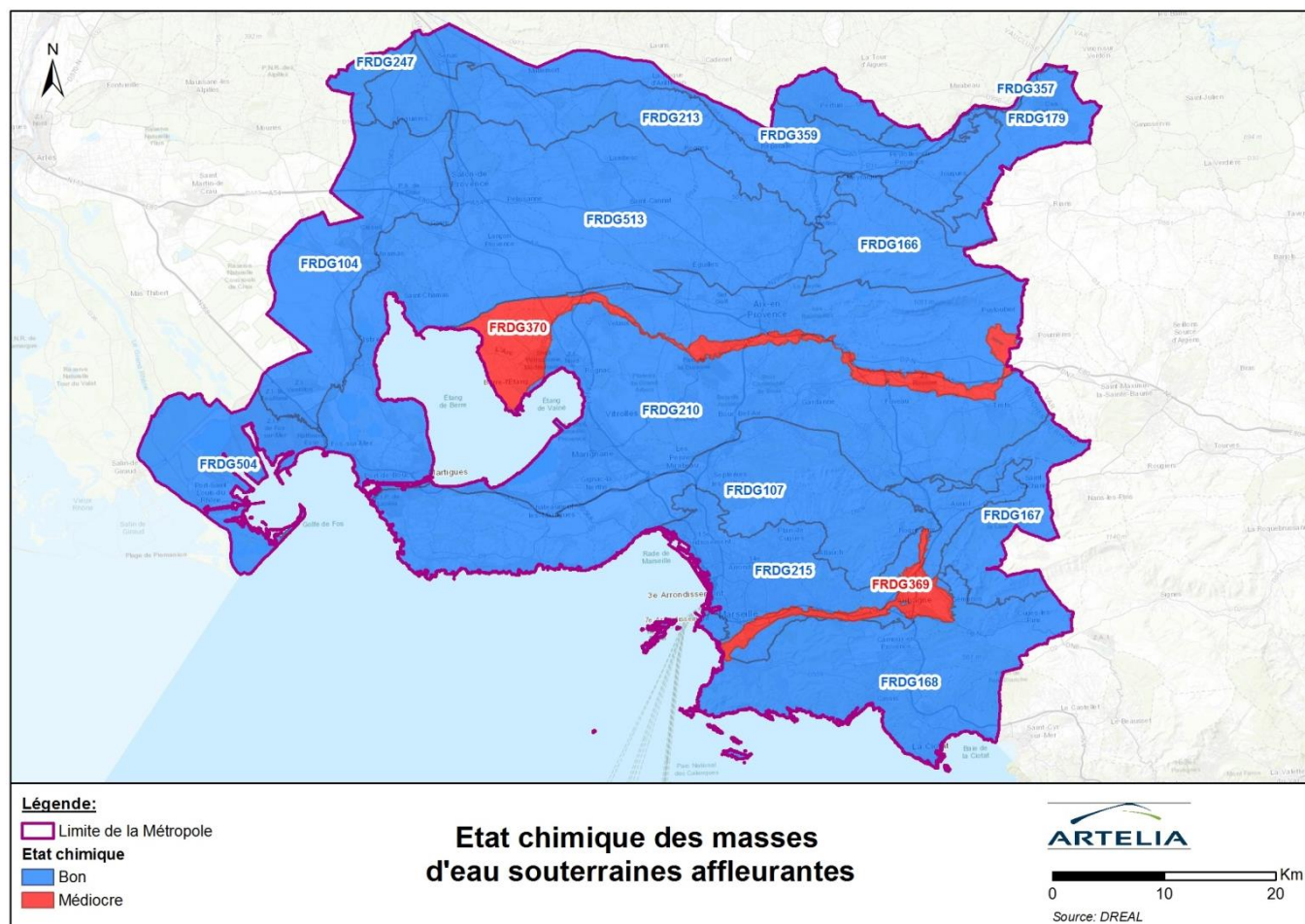


Figure 227 : Etat qualitatif des masses d'eau souterraines affleurantes
Source : Agence de l'eau Rhône Méditerranée

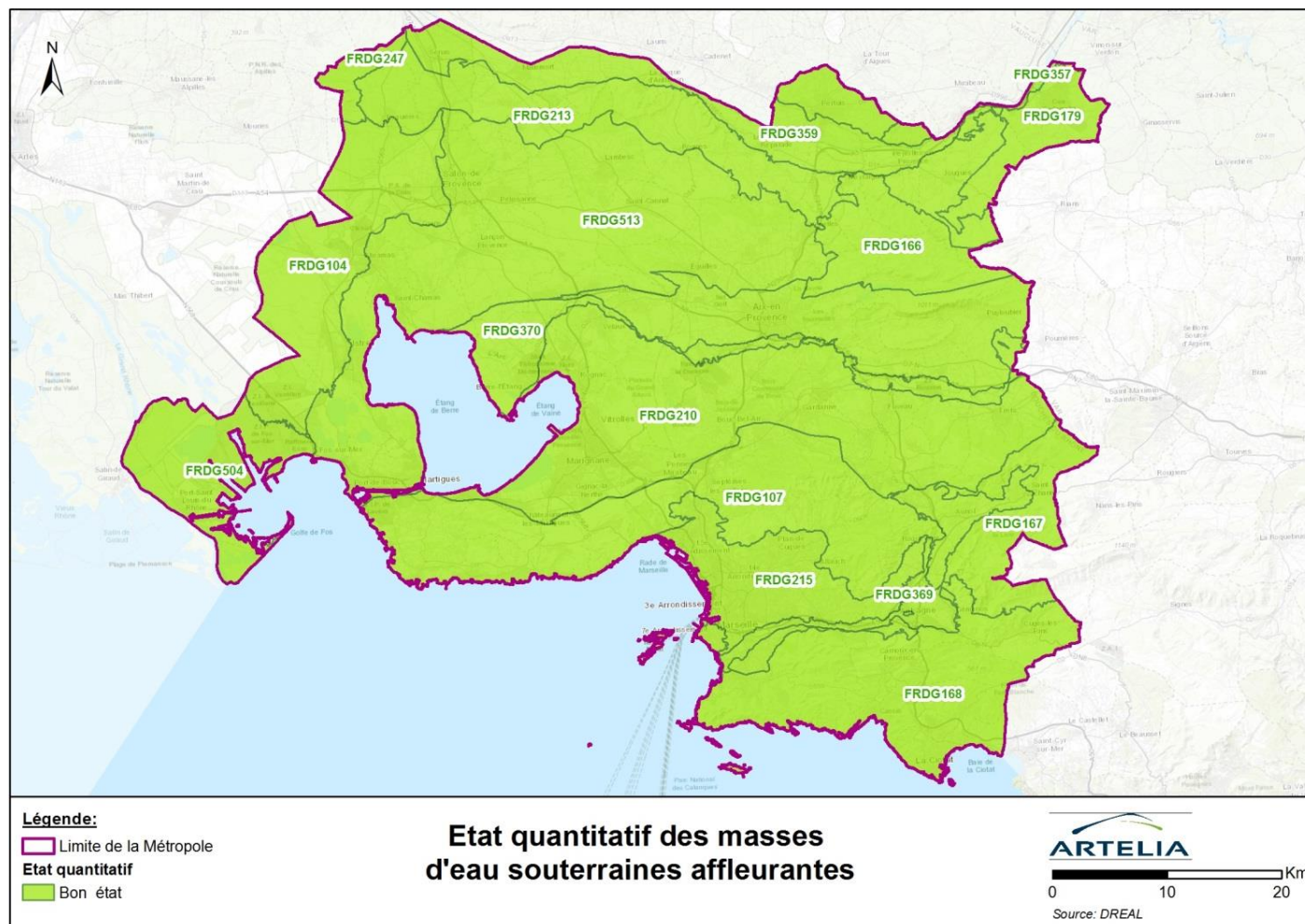


Figure 228 : Etat quantitatif des masses d'eau souterraines affleurantes
Source : Agence de l'eau Rhône Méditerranée

10.2.3 Usages de la ressource par bassin versant et entité hydrogéologique

Dans le bassin versant de l'Huveaune :

L'Huveaune a permis le développement d'une activité industrielle, agricole et maraîchère. Aujourd'hui, les ressources locales sont sollicitées pour les différents usages mais ne couvrent qu'une très faible fraction des besoins, qui sont quasiment entièrement couverts par les transferts depuis le système Durance-Verdon. Les principaux besoins sont liés à :

- l'alimentation en eau potable : 127 millions de m³ d'eau par an, dont 4 % proviennent des eaux souterraines, 1 % de l'eau de nappe réalimentée, 1% de la Société du Canal de Provence, 94 % provenant du Canal de Marseille ;
- l'irrigation : 18 millions de m³, 5 % en ressources locales et 95 % en ressource Durance-Verdon. Les besoins agricoles pourraient augmenter avec le changement climatique ;
- l'industrie : sur les 4 millions de m³ qui leur sont destinées, 100 % proviennent des ressources souterraines. L'Huveaune et ses affluents jouent surtout un rôle de récepteur directs d'effluents de ces activités. D'une forte histoire industrielle, il ne reste plus que trois industries émettrices dans la vallée de l'Huveaune : Arkema (Chimie et parachimie), brasseries Heineken (Agro-alimentaire et boissons), Carlo Erba Réactifs (Chimie et parachimie) ;
- l'usage récréatif (fête de l'Huveaune à Roquevaire, promenade le long des berges avec le projet "fil vert").

Dans le bassin versant de l'Arc :

Il existe de nombreuses prises d'eau, notamment pour les besoins agricoles (environ 17 % de la superficie du bassin versant) et industriels. Deux ressources sont sollicitées pour les différents usages existants :

- des prélèvements internes au bassin dans l'aquifère de la plaine de Berre, par le captage de quelques sources et par des dérivations de l'Arc. Deux seuils sont toujours utilisés pour prélever de l'eau dans l'Arc et irriguer par gravité des terres agricoles : celui de Moulin du Pont à Velaux et de Gordes à La Fare-les-Oliviers ;
- des apports externes au bassin, via la Société du Canal de Provence et le canal de Marseille, satisfaisant la majeure partie des besoins.

L'agriculture en régression représente environ 130 km² sur les 750 km² du bassin versant avec 62% de terres irriguées principalement par le Canal de Provence. Le volume annuel des prélèvements agricoles sur ces deux seuils est estimé à 7,4 millions de m³. Il existe également des prélèvements essentiellement agricoles dans la nappe de Berre avec 93 forages référencés Berre pour un volume annuel estimé à 1,8 million de m³.

Les activités industrielles sont également très présentes sur le bassin versant de l'Arc avec la zone industrielle de Rousset/Peynier ; la zone minière de Gardanne sur la Luynes ; la zone industrielle et commerciale des Milles au Sud d'Aix-en-Provence, la zone économique du plateau de l'Arbois, la zone commerciale de Plan de Campagne et le complexe pétrochimique de Berre. Les besoins en eau de ces activités sont principalement satisfaits par les transferts d'eau (apports externes au bassin versant) et les prélèvements souterrains (principalement sur le bassin d'Aix - Gardanne).

Trois établissements utilisent l'eau de la rivière. Cette eau est :

- consommée partiellement par la raffinerie de Lyon Dell Basell à Berre qui s'alimente depuis le canal de Gordes. Elle prélève 2,7 millions de m³ par an.
- dérivée et restituée par les microcentrales du Moulin du Pont et de la Thérèse. 2 seuils permettent de dériver les eaux de l'Arc, court-circuitant respectivement 200 et 400 mètres de cours d'eau. L'eau est ensuite acheminée par des canaux jusqu'aux usines. Une fois l'eau turbinée, elle est restituée au fleuve.

L'essentiel de l'approvisionnement en eau potable est assuré par la Société du Canal de Marseille (eau de la Durance) et la Société du Canal de Provence (eau du Verdon). Quelques communes du bassin versant utilisent toutefois des sources ou des ouvrages-captants pour leur alimentation en eau principale ou complémentaire (la source de Seauves pour la commune de Vauvenargues par exemple).

L'activité de loisirs la plus présente sur le territoire de l'Arc est la pêche. Trois Associations de Pêches et de Protection des Milieux Aquatiques (APPMA) se partagent le territoire de l'Arc. La baignade et les sports aquatiques sont peu pratiqués et très localisés à cause de la mauvaise qualité de l'eau et de la faible profondeur de l'Arc. Cependant, en période estivale, on peut voir des baigneurs au niveau de l'Aqueduc de Roquefavour. Les berges de l'Arc sont par contre assez fréquentées: Des promenades ont été aménagées à Meyreuil, Rousset, Aix-en-Provence, Les Milles... et attirent les promeneurs.

Dans le bassin versant de la Touloubre :

L'irrigation est le principal usage consommateur d'eau sur le bassin versant de la Touloubre. Environ 87 millions de m³ sont utilisés sur le bassin versant de la Touloubre pour l'irrigation des cultures. 99 % de cette eau provient de la Durance ou du Verdon, par l'intermédiaire de canaux. Dans la partie amont du Bassin versant, l'irrigation est assurée par le Canal de Provence (eau du Verdon) ; dans la partie aval, le Canal de Crau (eau de la Durance) irrigue la plaine de Péliassane par des canaux gravitaires d'arrosage. Ces pratiques influencent fortement le régime hydrologique de la Touloubre qui bénéficie en été du surplus des canaux d'irrigation. Des prélèvements dans la Touloubre et ses affluents sont encore pratiqués mais en faible quantité (1 % du volume total).

Sur les 10 millions de m³ d'eau utilisés pour l'alimentation en eau potable, 62% proviennent du Canal de Provence (eau du Verdon), 9% du Canal de Marseille (eau de la Durance), 20% d'eau souterraine, 2% d'eau de nappe réalimentée et 7% d'eau superficielle locale. Quelques communes du bassin versant utilisent toutefois des sources ou des ouvrages-captants pour leur alimentation en eau principale ou complémentaire comme la Source d'Adane ou le forage des Goules.

Trois microcentrales utilisent l'eau de la Touloubre pour produire de l'électricité : les microcentrales de Pont de Fumet, du moulin de l'Abba et de la Poudrerie. Elles sont situées à Grans et à Saint-Chamas. Ces aménagements constituent des obstacles pour les montaisons.

L'activité de loisir la plus présente sur la Touloubre et quelques-uns des affluents est la pêche, surtout en aval de Saint-Cannat.

Dans le bassin versant de la Cadière

Les ressources locales (sources notamment et nappe d'accompagnement) ne sont plus suffisantes et sont trop dégradées pour assurer l'alimentation en eau potable des communes du territoire. L'alimentation en eau potable se fait par le Canal de Marseille (eau de la Durance).

Quelques prélèvements agricoles subsistent au niveau des seuils et prises d'eau (cascade de la Glacière) alimentant des canaux utilisés pour quelques serres et parcelles agricoles, mais cette activité voit sa surface de plus en plus grignotée par les secteurs urbains et industriels. La plupart des anciens canaux d'irrigation ont été réaménagés à des fins paysagères et/ou comme voies d'évacuation des eaux de ruissellement.

La pratique de la pêche de loisir est bien représentée avec de nombreux adhérent et de nombreux lâchés sur la partie amont et plan d'eau (Lac de la Tuilière et Jardin des Pescaïres). En plus de permettre la pratique de la pêche, ces espaces riverains accueillent des parcs et jardins parcourus par des sentiers de promenade et des parcours sportifs. Il y a une volonté de valorisation des espaces paysagers rivulaire de la Cadière malgré la forte pression urbaine.

La nappe de Crau :

La nappe libre de la Crau est classée comme masse d'eau stratégique pour l'alimentation des populations (et permet d'alimenter en eau potable 16 communes soit environ 300 000 habitants : Arles, Saint Martin-de-Crau, Mouriès, Aureille, Eyguières, Lamanon, Salon-de-Provence, Grans, Miramas, Istres, Fos s/Mer, St Chamas, Port Saint-Louis-du-Rhône, Port-de-Bouc, Martigues et Saint-

Mitre-les-Remparts. Elle est également une ressource indispensable aux secteurs économiques et alimente des écosystèmes remarquables.

Environ 70% de la recharge annuelle de la nappe est assurée par l'irrigation des prairies à partir des canaux alimentés par la Durance. La période d'irrigation gravitaire s'effectue de mars à octobre. Un hectare de foin de Crau contribue à la recharge de la nappe pour environ 19 000 m³/an, soit l'équivalent de la consommation en eau potable de 250 habitants. 30 % de la recharge annuelles de la nappe est assuré par les précipitations.

Les capacités d'exploitation de la ressource sont donc fortement dépendantes du fonctionnement de l'irrigation gravitaire sur la plaine. Les plans d'urbanisme en cours sur le territoire de la nappe de Crau menacent à terme plus de 500 ha de prairies irriguées soit une perte d'exploitation permettant d'alimenter environ 125 000 personnes en eau potable.

De nombreuses activités socio-économiques dépendent donc de cette ressource stratégique :

- l'agriculture avec le foin de Crau classé AOC, le maraîchage et l'arboriculture ;
- les activités économique d'intérêt local, national (ZIP de Fos) et stratégique (base militaire d'Istres).

Le SDAGE du Bassin Rhône-Méditerranée classe l'aquifère de cailloutis de la Crau comme ressource stratégique en bon état qualitatif et quantitatif, mais vulnérable. En effet, le caractère libre de la nappe la rend vulnérable aux prélèvements excessifs, aux infiltrations de pollutions de surface diffuses ou ponctuelles, ainsi qu'aux intrusions du biseau salé.

En tant que ressource stratégique et pour sa protection, des zones de sauvegarde de la ressource en eau souterraine de la Crau ont été déterminée au-delà des aires d'alimentation des captages. Ces zones sont destinées à protéger en amont les aires de captage pour l'alimentation en eau potable des populations actuelles et futures. Cette étude réglementaire menée entre mars 2015 et mars 2018, est inscrite dans le programme de mesure du SDAGE Rhône-Méditerranée pour les ressources en eau classées stratégiques.

10.2.4 L'eau potable

L'eau est prélevée dans le milieu naturel (nappe phréatique, nappe alluviale ou source) ou puisée dans le canal de Marseille, le canal de Provence ou le canal de Craponne. Cette eau brute est traitée afin de la rendre potable, puis distribuée sur l'ensemble du territoire à travers un réseau de canalisation et de stockage intermédiaire.

Des captages engagés dans une procédure de protection

Le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence compte plus de 120 captages et prise d'eau sur la ressource. Un tiers concerne les eaux souterraines. Parmi tous ces captages, seul 20 % dispose d'un périmètre de protection, essentiellement les captages de la ressource souterraine. Cette mise en œuvre de périmètre de protection est importante pour assurer la protection de la ressource et pour délivrer une eau de qualité avant tout prélèvement. Cette protection est d'autant plus importante pour les canaux à ciel ouvert. Une procédure est en cours pour le canal de Marseille sur tout son tracé.

La sécurisation de l'approvisionnement en objectif

Une collectivité est dite sécurisée si elle possède plusieurs ressources indépendantes pouvant se substituer l'une à l'autre, permettant de fournir 100 % de la demande en eau potable du jour moyen en cas d'incident. Selon le rapport de la Métropole sur le prix et la qualité des services publics de l'eau potable et de l'assainissement de 2017 (RPQS), 21 communes sont complètement sécurisées, 31 communes sont partiellement sécurisées et 40 communes ne sont actuellement pas sécurisées, avec une seule ressource (Cf. figure 221 : Cartographie de la sécurisation de la ressource en eau et des captages AEP).

Une performance des réseaux qui reste convenable avec toutefois une marge de progrès

Avec un prélèvement de 205 millions de m³ pour une production de 155 millions en 2017, près de 126 Mm³ arrivent au robinet (soit environ 300 litre d'eau prélevée par jour par habitants pour une consommation d'environ 200 l/j/hab). Depuis ses dernières années le rendement du réseau d'adduction en eau potable est en amélioration. Il est de l'ordre de 83 % avec une perte estimée à 10,3 m³/km/j sur

les 7274 km de canalisation soit environ 76 000 m³ par jour soit la consommation journalière de 380 personnes. Sur les 5 dernières années, 352 km de réseau ont été renouvelés. Il reste encore une marge de progrès.

En cas de rendement inférieur aux seuils fixés par le décret n°2012-97 du 27 janvier 2012 (entre 70 et 85% selon les communes), un plan d'actions et de travaux doit être engagé.

Une qualité des eaux distribuées toujours bonne

L'eau prélevée est traitée par 100 unités de traitement qui ont permis de produire, en 2017, 155 millions de m³ d'eau potable d'excellente qualité. Le taux de conformité du point de vue bactériologique est de 99,96 % et physico-chimique de 100 %.

Toutefois certains secteurs ruraux de la Métropole ne disposent pas d'adduction en eau potable. L'alimentation de ces populations se fait par captage privé avec un traitement plus ou moins efficace. Le raccordement aux réseaux AEP publics de ces secteurs est un enjeu sanitaire primordial pour que le contrôle sanitaire puisse garantir une eau conforme au plus grand nombre d'usagers.

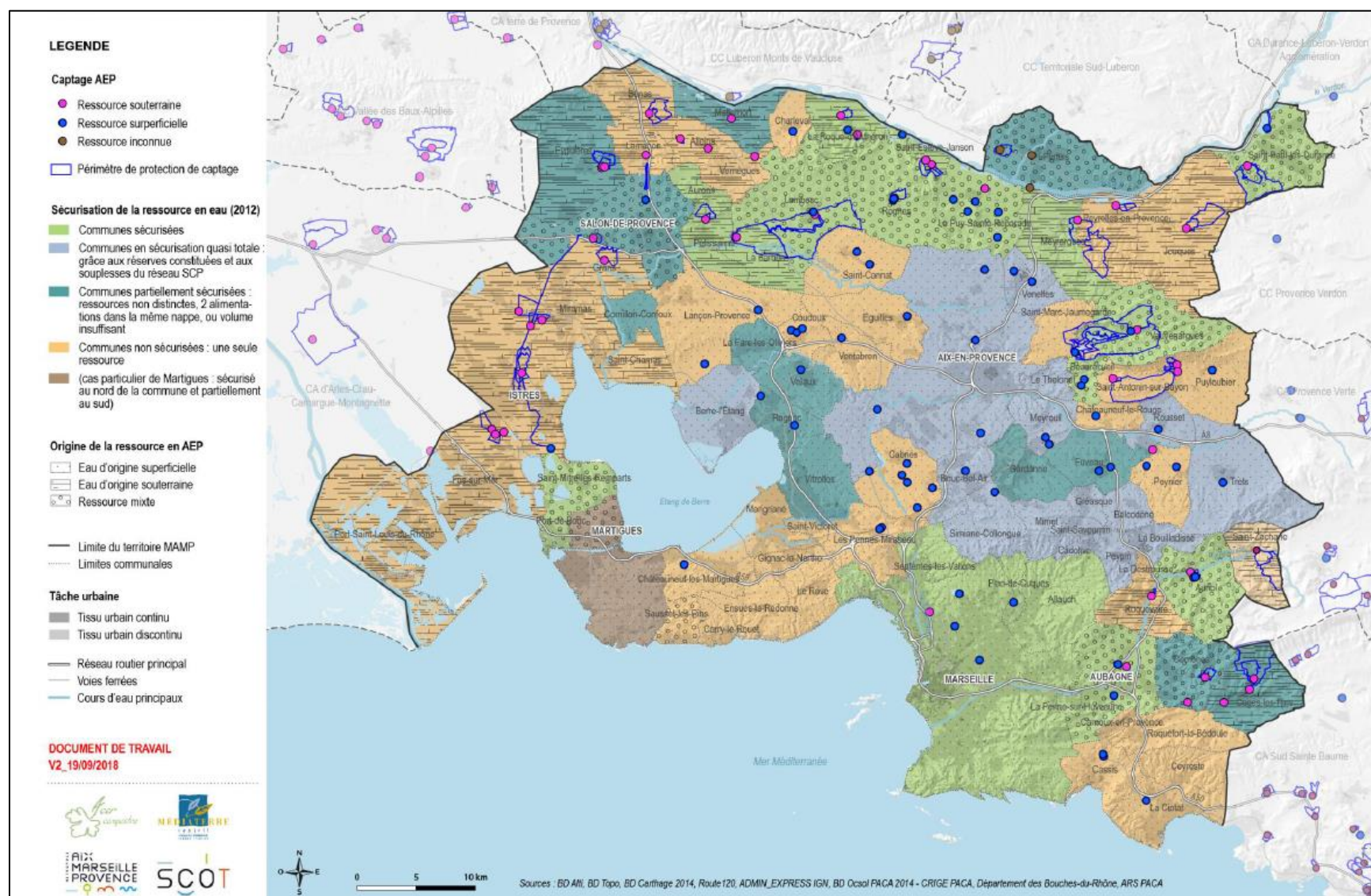


Figure 230 : Cartographie de la sécurisation de la ressource en eau et des captages AEP

10.3 Les sols

10.3.1 Des sols de qualité sur le territoire

Le sol, milieu naturel à part entière est un continuum à trois dimensions spatiales et une dimension temporelle :

- un milieu physique plus ou moins structuré (assemblage intime d'argiles, limons et sables avec de la matière organique et des vides, remplis d'eau ou d'air et plus ou moins poreux) ;
- un réacteur biochimique : la solution (eau) du sol interagit en permanence avec le complexe argilo humique du sol, les racines, et la vie microbienne ;
- un écosystème, base de la biodiversité terrestre, souvent méconnu qui présente différentes fonctions :
 - la fonction de production, agricole, forestière (sylviculture) ou industrielle (coton) ;
 - la fonction d'interface notamment pour les grands cycles biogéochimiques et le cycle de l'eau est fondamentale, ainsi les sols stockent plus de CO₂, que la végétation et l'atmosphère réunis ;
 - la fonction de filtre : régulation des pollutions ;
 - la fonction de biodiversité intrinsèque aux sols est la plus élevée de tous les milieux terrestres.

L'aptitude du sol à la fonction de production est définie selon 6 classes en fonction des paramètres pédologiques et géomorphologiques :

- paramètres pédologiques considérés comme positifs, (la profondeur meuble utile, la texture de l'horizon de surface, la réserve en eau, la fertilité potentielle) ;
- paramètres pédologiques considérés comme des contraintes agronomiques et notés négativement (l'engorgement par l'eau, la charge

en cailloux, la salinité, l'excès de calcaire actif ou son contraire l'acidité, la nature et la dureté des obstacles (encroulements ou substratum géologique) ;

- paramètre géomorphologique commun à tous les sols (la pente est notée négativement lorsqu'elle est forte).

Ce référentiel effectué par la Société du Canal de Provence est le suivant :

- Classe I : Toutes cultures annuelles ou pérennes au sec ou à l'irrigation, cultures exigeantes à haut rendement (représente 25 395 ha soit près de 8 % du territoire),
- Classe II : Vocation comparable à celle de la classe I mais avec une amélioration des conditions d'assainissement car risque d'excès d'eau (représente 5 762 ha soit près de 2 % du territoire)
- Classe III : Cultures résistantes à l'excès d'eau et au calcaire, cultures rustiques (vignes, amandiers ou oliviers), assainissement nécessaire (représente 1 770 ha soit près de 0,6 % du territoire),
- Classe IV : au sec = cultures rustiques (vignes, amandiers ou oliviers), avec lutte antiérosive et épierrage, à l'irrigation sur pentes faibles = cultures légumières, reboisement (représente 31 793 ha soit près de 10 % du territoire)
- Classe V : cultures rustiques (vignes, amandiers ou oliviers), avec lutte antiérosive indispensable, truffière dans les meilleures zones, reboisement (représente 53 482 ha soit près de 17 % du territoire),
- Classe VI : Forêt, garrigues et reboisement avec chênes truffiers (représente 81 507 ha soit près de 26 % du territoire)
- Classe VII : Roche et garrigues (représente 69 554 ha soit près de 22 % du territoire).

Le territoire comporte des sols de bonne voire d'excellente qualité, vis-à-vis de leur aptitude à l'agriculture, dans les vallées des principaux cours d'eau de la Métropole (principalement la Durance mais aussi l'Arc, la Touloubre et la partie amont de l'Huveaune). La Crau sèche présente des sols de qualité médiocre à moyenne mais enrichis de limons de la Durance grâce au processus séculaire d'irrigation par les eaux de la Durance.

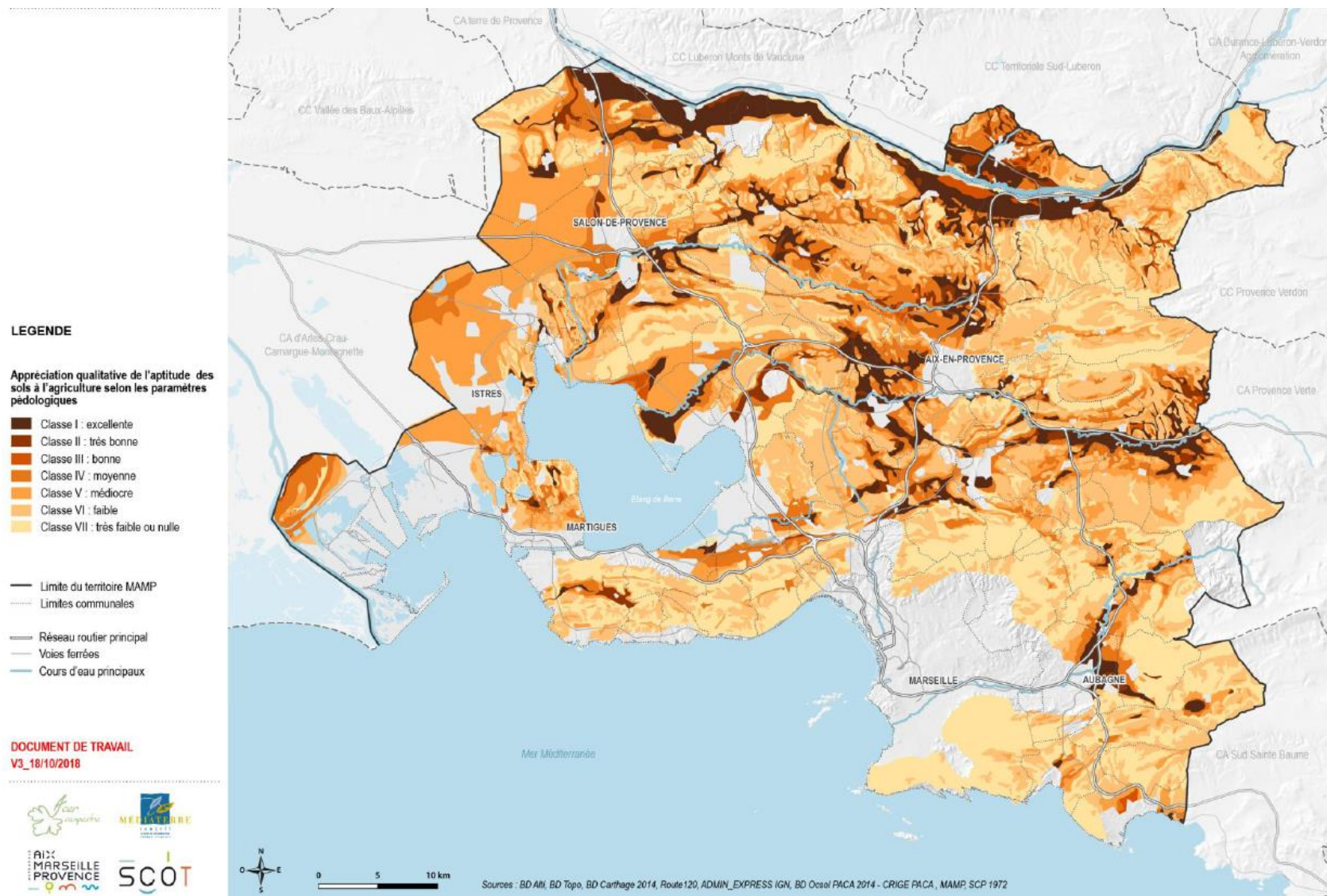


Figure 231 : L'aptitude des sols à l'agriculture selon les paramètres pédologiques

10.3.2 Des sols producteurs de bénéfices

Des sols agricoles de bonne qualité rendent également plusieurs services écosystémiques en participant à la préservation de la biodiversité (avec les continuités écologiques), à l'atténuation du changement climatique (régulation du climat, piégeage du carbone, cycle de l'eau), à la gestion du risque (inondations, feux)

10.3.3 Des sols menacés

Sur le territoire métropolitain, il y a disparition d'environ 200 ha de terres agricoles et naturelles par an (*BD Ocsol CRIGE 2006-2014 / Agam*) dû au développement urbain. Cette vulnérabilité provient en grande partie de l'urbanisation dans les zones en périphérie des villes, avec un morcellement marqué dans la Vallée de l'Arc, les périphéries aixoise et salonnaise (surtout à cause du développement des constructions individuelles). Ceci est associé à une spéculation foncière sur les terrains agricoles en friches, qui peuvent être urbanisés.

L'agriculture intensive est aussi une menace pour les terres cultivables, car les techniques utilisées et mises en avant (labour, intrants chimiques,...) sont néfastes au bon état des sols. Les pollutions induites par ces techniques peuvent s'ajouter à celles provenant des activités industrielles présentes sur le territoire.

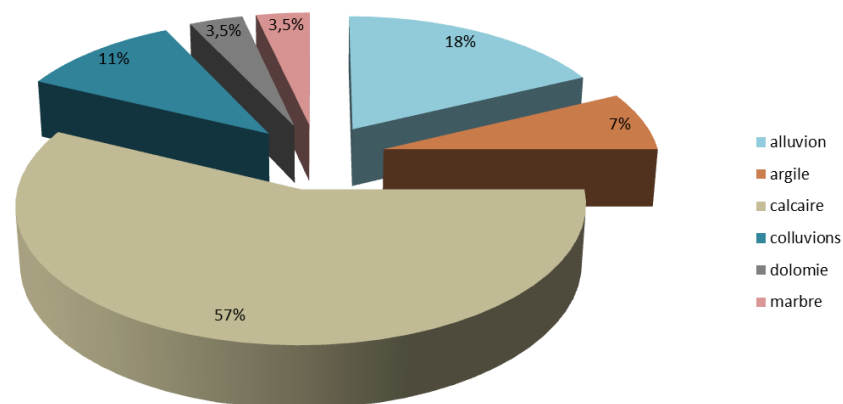
Le changement climatique qui impacte le cycle hydrologique et les températures, affecte également la qualité du sol.

10.4 Les carrières

10.4.1 Gisements et exploitations sur le territoire

Le socle du territoire est constitué de nombreux terrains sédimentaires à base de calcaire de bonne qualité. Ils constituent une ressource importante en matériaux minéraux utiles au développement urbain de la métropole, notamment en granulats et en pierres de taille.

La nature des matériaux présents et exploités sur le territoire sont le calcaire et le calcaire à chaux (exploité par 57% des carrières du territoire), les colluvions et alluvions anciennes, la dolomie, les éboulis, le marbre et l'argile. Le territoire possède également des gisements de grès siliceux et de marne. Des gisements silico-calcaires sont également localisés le long de la Durance, sur la plaine de la Crau et sur les terrasses du Var et du Rhône.



Il n'y a pas d'autorisation de prélèvement de granulat marin sur le territoire, dont la façade maritime n'est pas adaptée à leur exploitation. Le rechargement des

plages se fait donc avec des matériaux provenant des carrières terrestres, des dragages de zone portuaire et de reprofilages de plages.

10 millions de tonnes de granulats sont ainsi extraits chaque année dans les Bouches du Rhône, permettant de couvrir la consommation du territoire et de combler les déficits locaux. En 2014, 26 millions de tonnes de granulats ont été extrait en PACA.

Aujourd'hui, les territoires de Marseille et du Pays d'Aix sont le plus gros producteur de la Métropole Aix-Marseille-Provence. Elles permettent d'alimenter le bassin Aix-Marseille-Aubagne, ainsi que les industries locales. De par leur grand nombre, les carrières font partie intégrante du paysage du territoire métropolitain.

Cette activité est essentielle pour le développement urbain local, qui a des besoins importants et constants, et est en relation forte avec l'aménagement du territoire. L'apport en granulat est donc indispensable sur le territoire mais il induit des impacts sur l'environnement, en particulier sur la ressource en eau, sur les milieux naturels, ainsi que sur les paysages. Cela implique également des bouleversements des milieux et des biotopes. Les changements dans les régimes hydrologiques induits, entre autres, par le changement climatique peuvent aussi créer des conflits d'usage.

D'après la liste des carrières disponible sur le site de la DREAL et mise à jour en septembre 2016, sur le territoire de la métropole Aix-Marseille-Provence, 28 carrières sont autorisées pour une production maximale de 17 477 100 tonnes dont 7 carrières de plus de 1 million de tonnes.

Métropole Aix-Marseille-Provence comporte un certain nombre de gisements remarquables à divers titres (qualité du gisement, rareté du matériau, usage industriel) comme :

- la carrière de dolomie aux Pennes-Mirabeau ;
- gisement d'argile de Puyloubier-Le Défens ;
- gisement alluvionnaire silico-calcaire de la Durance ;
- la carrière de marbre « Rouge de Vitrolles » ;
- la carrière de "pierre de Cassis".

10.4.2 Analyse des besoins

Le Schéma Départemental des Carrières (2007) présente des perspectives d'évolution des besoins en granulats (tous matériaux confondus, granulats nobles et courants) du territoire, basées sur 1 hypothèse : les besoins en matériaux seront constants jusqu'en 2020, hors besoins pour les grands travaux et les enrochements. Cette tendance, bien que simpliste, tend à se confirmer globalement depuis quelques années.

Les besoins en 2004 du territoire étaient de 8,56 millions de tonnes et sa production interne de 9,88 millions de tonnes.

Le Schéma Départemental des Carrières indique une forte réduction des gisements accessibles pour 2020. Par rapport à la production totale dans les Bouches-du-Rhône, qui est de 10,08 millions de tonnes de granulats en 2004 (la demande - hors travaux exceptionnels - s'élève à 9,97 millions de tonnes), le taux de production restante en 2020 serait de 48 % (60% en 2015). Les besoins ne seront plus satisfaits par la production départementale.

Malgré sa richesse minérale, il existe des disparités au sein du territoire métropolitain. L'échange de ces ressources entre les différents pays pourra combler une partie des besoins dus au développement urbain, mais les importations semblent être inévitables.

Un nouveau Schéma Régional des Carrières à l'échelle de la région Sud-PACA est en cours d'élaboration et sera disponible en 2020.

10.4.3 Nuisances

Les nuisances sont principalement dues aux vibrations liées à l'exploitation, aux firs de mines, à la circulation des poids lourds, à l'émission de poussières, à la pollution de l'air et à la saturation des voies routières, elles peuvent aussi indirectement agir sur le milieu environnant et avoir un impact paysager fort. L'analyse de la consommation des espaces naturels, agricoles et forestiers sur le territoire met en évidence le fort impact de l'activité d'extraction sur la consommation d'espace naturel.

10.4.4 Devenir des carrières après exploitation

L'extraction des matériaux calcaires est une activité établie depuis longtemps sur le territoire, et les anciennes carrières sont nombreuses. En 1996, les services de l'État avaient recensé 500 carrières "abandonnées" dans le département, dont 115 sur la seule commune de Marseille. 70% d'entre elles ont été réaménagées en partie ou en totalité. Certaines ont été reconverties en sites d'activités économiques ou de loisirs. Sur la base d'un inventaire actualisé, le Conseil Général assure, depuis 2003, la maîtrise d'ouvrage d'un schéma de réhabilitation des anciennes carrières des Bouches-du-Rhône. Le site de l'ancienne carrière de pierre de taille du Bestouan (Cassis), proche du littoral, fait l'objet d'un projet de complexe hôtelier haut de gamme. Le devenir des anciennes carrières de l'Estaque s'inscrit dans un projet de restructuration du secteur de la Nerthe. La carrière de Rogne a également été réhabilitée et transformée en lieu de spectacles et concerts.

10.5 Energies renouvelables

Les ressources en énergie renouvelable sont détaillée au §. 4.1.5

Synthèse – enjeux et préconisations en lien avec le PCAEM :

- **Prendre en compte le changement climatique dans l'optimisation de la gestion de l'eau :** le réchauffement climatique va générer une évolution de la ressource annuelle et des débits d'étiage ainsi que des périodes de sécheresse plus fréquentes et plus longues qui induiront des nouveaux besoins importants en eau pour irriguer les cultures comme par exemple de besoin récent: l'irrigation de la vigne.
- **Valoriser et préserver les sols du territoire :** cette valorisation permettra de tendre vers la ville perméable et un territoire plus résilient au changement climatique (réintroduction de la nature en ville pour diminuer les îlots de chaleur, infiltration des eaux et recharge de nappe, réduction des inondations, production alimentaire en circuit court, amélioration du cadre de vie et des paysages urbains souvent très minéraux, ...) ;
- **Limiter le trafic lié au transport de granulat :** les gisements accessibles vont se raréfier en générant déséquilibre en granulats sur le territoire. L'approvisionnement nécessitera des transports plus long et générateurs de gaz à effet de serre. Le recyclage accru de matériaux permet de limiter ces inconvénients pour le climat.
- **Améliorer l'autonomie énergétique de la Métropole en développant les EnR et en réduisant la consommation énergétique (Cf. 4.1.5)**

11 Des paysages divers et emblématiques face à des secteurs à préserver

Florence » (Conseil de l'Europe, 2000), le « Paysage désigne une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations ».

Le paysage est une construction sociale et culturelle, il peut être appréhendé de différentes manières en fonction de la sensibilité et des filtres sociaux propres à chaque observateur.

A l'échelle d'un territoire, il est possible de dégager des caractéristiques fortes et partagées qui permettent d'évaluer la sensibilité d'un paysage et l'acceptabilité d'un projet susceptible de le modifier.

La description de l'état des lieux et de la sensibilité d'un paysage passe donc par la description de ses caractéristiques physiques, de son occupation des sols, des usages et des perceptions sociales de ce territoire.

11.1 Les paysages régionaux

La DREAL PACA a défini des grands type de paysages à l'échelle de la région Sud-PACA en 2013 (Cf. Figure 223).

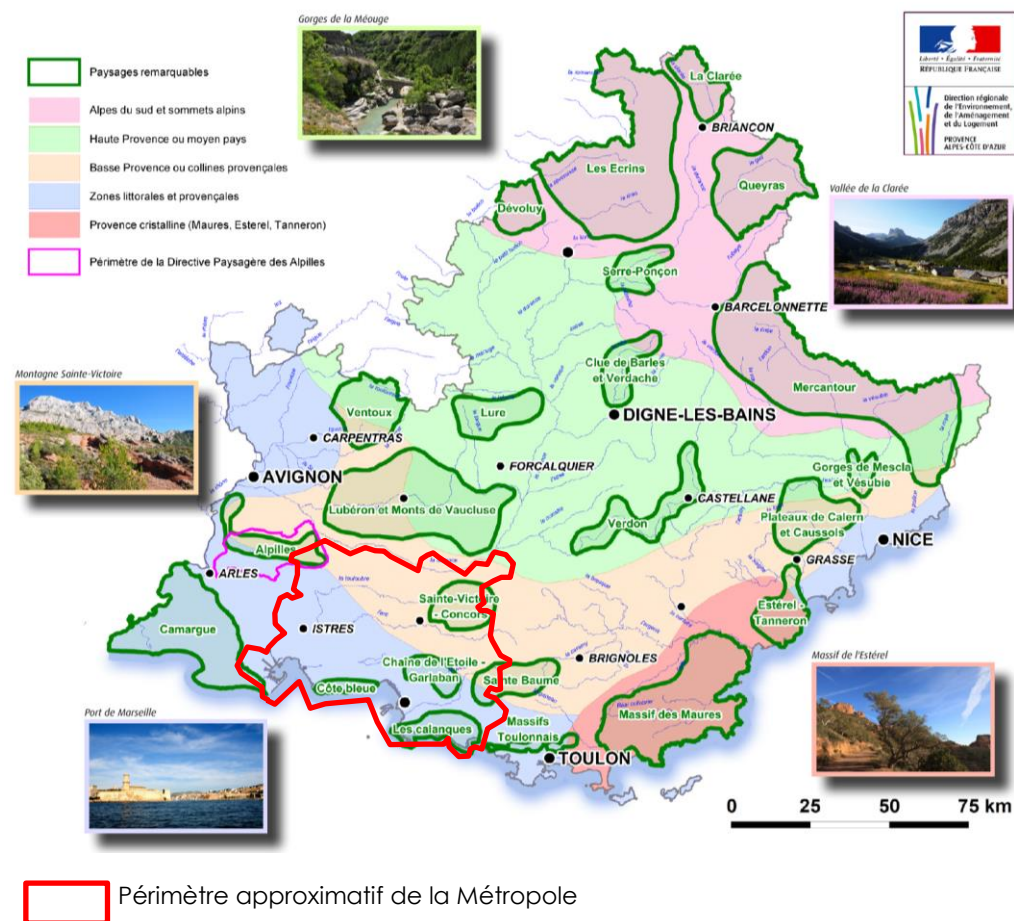


Figure 223 : Grand types de paysages de la région Sud-PACA

La métropole comprend 2 grands types de paysage :

- La basse Provence ou collines provençales : cet espace est marqué par des montagnes de faible altitude et constitue un espace de passage privilégié donc plus peuplé. Les paysages prennent ici une valeur souvent emblématique typiquement provençale liée à l'histoire et à l'usage des terroirs, les Alpilles par exemple ;
- Zones littorales et provençales : il s'agit de paysages exceptionnels liés à la douceur climatique et à la variété géologique affirmée : Provence calcaire à garrigues, pins d'Alep et chênes verts, Provence cristalline à maquis, pins parasols et chênes liège, Côte d'Azur à végétation acclimatée, empreinte du Rhône à l'Ouest.

De plus des paysages remarquables à l'échelle de la région sont présents sur le territoire de la Métropole : les Alpilles (pour partie), la Camarque (pour partie), la Sainte-Victoire/Concors, la chaîne de l'Etoile-Garlaban, la côte bleue, les calanques, Sainte-Baume (pour partie).

11.2 Des paysages emblématiques

L'atlas des paysages des Bouches-du-Rhône (2007) recense 27 unités paysagères dans le département.

Ces unités sont présentées et localisées dans le tableau et dans la Figure .

N°	Nom
1	La baie de la Ciotat
2	Les barres de Castillon, la cuvette de Cuges
3	Le massif de la Sainte Baume
4	Le massif du Régagnas
5	Le pays d'Aix et la haute vallée de l'Arc
6	La montagne Sainte Victorie
7	Le massif du Concors
8	La vallée du Labéou, le plateau de Cadarache
9	La vallée de la Moyenne Durance
10	La vallée de la Basse Durance
11	La chaîne des côtes, Tervaaresses, Roques
12	Le bassin de la Toulourbe
13	La chaîne de la Fare
14	Le massif de l'arbois
15	Le massif de l'Etoile Garlaban
16	La vallée de l'Huveaune
17	Le massif des Calanques
18	La chaîne de l'Estaque, la Nerthe, la Côte bleue
19	Le bassin de l'Etang de Berre
20	Le golfe de Fos
21	La Crau
22	Le massif des Alpilles
23	Basse Durance, la plaine du Comtat
24	Le massif de la Montagnette
25	La vallée du Rhône
26	La Camargue
27	Le bassin de Marseille



 Périmètre approximatif de la Métropole

Figure 224 : Carte des unités paysagères (atlas des paysages des Bouches-du-Rhône)

11.3 Une identité paysagère porteuse d'enjeux

Malgré une matrice paysagère exceptionnelle, l'espace métropolitain voit parfois ses équilibres rompus au profit notamment du développement urbain. Ainsi, l'espace métropolitain compte de nombreuses séquences paysagères fragilisées voire dégradées.

11.3.1 Les paysages d'entrée de ville et les axes de traversées

Les entrées de ville et de village sont un marqueur d'identité pour l'espace urbain qu'elles annoncent. Ce sont des vitrines où se joue en partie l'image du territoire. Certaines sont soulignées par des alignements d'arbres (platanes, pins...), qui apportent du rythme et de la structuration.

Ces paysages sont souvent banalisés par la présence de nombreux panneaux - affichage publicitaire, enseignes commerciales - qui constituent une forte pollution visuelle sur certaines entrées de ville. Ce phénomène s'est exacerbé avec le développement linéaire des commerces le long des voies. Le caractère routier y est généralement très marqué avec une forte présence de la voiture dans l'espace public. Les modes de déplacements alternatifs sont peu pris en compte : trottoirs étroits voire inexistant, traversée dangereuse, vitesse routière élevée...

Les enjeux paysagers pour les entrées de ville et les axes de traversés sont :

- La requalification des entrées de ville dégradées, pour passer d'un paysage subi à un paysage souhaité ;
- La maîtrise du développement commercial le long des principales voies d'accès d'une ville ou d'un village afin de préserver le paysage des entrées de ville et limiter la concurrence des centres urbains ;
- L'atténuation du caractère routier des voies en entrée de ville en redonnant notamment plus de places aux modes doux ;
- Le maintien des espaces de perception du paysage : cône de vue, premiers plans, espaces d'approche des sites et du patrimoine bâti ...

11.3.2 Des paysages difficiles à lire dans les espaces de lisière

Pendant de nombreuses années, la notion de limite n'a pas été prise en compte dans l'urbanisme local ni dans les aménagements du territoire. Les villes et villages de la métropole se sont étendus au gré de leurs besoins de développement en matière d'habitat, d'infrastructure de déplacement, d'activités économiques, d'équipements... en fonction du territoire disponible.

En conséquence de quoi, les limites entre les espaces urbains dilués pour certains et les espaces, agricoles, naturels et forestiers prennent le plus souvent une certaine épaisseur sur le territoire et donnent des paysages difficiles à lire. Les zones de contact entre espaces agricoles, naturels et forestiers ont également subi des évolutions au fil du temps. La déprise agricole et le désinvestissement de certaines productions ont conduit à des accrus forestiers parfois conséquents, notamment en piémont des massifs. Ces phénomènes se traduisent par la fermeture des milieux et donc des paysages.

Espace d'interface entre la terre et la mer (ou l'étang de Berre), le littoral possède une épaisseur naturellement fluctuante. Sous l'influence de plusieurs phénomènes allant en s'accroissant, le trait de côte Est évolue dans le temps, notamment sous l'effet du changement climatique : montée du niveau de la mer, érosion des côtes, submersion temporaire des côtes...

Les enjeux concernant les lisières des espaces sont donc les suivants :

- Poser les limites de l'espace urbain :
 - pour garantir la préservation des espaces agricoles, naturels et forestiers et la lisibilité des paysages,
 - en exploitant les éléments paysagers artificiels (infrastructures de déplacement, de livraison de l'eau, haies plantées...) et naturels (cours d'eau, valats, talwegs...)
- Maintenir la structuration du paysage en ménageant des espaces de respiration et des coupures d'urbanisation.
- Faire des lisières ville/nature, nature/agriculture et agriculture/ville, des espaces ouverts, perméables du point de vue des fonctionnalités écologiques et des pratiques.
- Adapter le territoire aux évolutions du trait de côte liées aux dynamiques sédimentaires et au changement climatique (montée des eaux, érosion, submersion).

11.3.3 Les zones d'activités : un fort enjeu d'intégration paysagère

Entre 2006 et 2014, la moitié des espaces consommés sur Aix-Marseille-Provence l'ont été par des zones d'activités et des équipements (OCSOL2014). Ce phénomène se poursuit avec l'Agenda du développement économique de la Métropole qui prévoit la mise sur le marché de 400 hectares de foncier économique d'ici 2021. L'enjeu d'intégration et de qualité paysagère de ces nouveaux espaces est donc indispensable.

Ces zones se sont développées le plus souvent au contact direct des espaces agricoles ou naturels, dans une logique de confrontation plus que d'intégration paysagère : peu de prise en compte du relief, absence d'espace tampon, végétation horticole, etc. L'aménagement, extensif, a été conçu pour être pratiqué en voiture et offre un confort piéton rudimentaire. La présence excessive de l'affichage publicitaire et des enseignes commerciales génère une pollution visuelle qui fait oublier les éléments paysagers structurants présents au second plan, tels que les massifs. L'architecture, fonctionnelle, se caractérise le plus souvent par une succession de hangars dont la volumétrie et le traitement des façades sont assez hétérogènes (zones commerciales et logistiques). Les espaces techniques (zones de stockage, bennes à ordures) sont souvent très visibles depuis la route.

Il y a donc un enjeu dans la localisation future des zones d'activités dans le territoire métropolitain, dans une logique de complémentarité pour limiter les impacts sur les ressources paysagères, foncières et écologiques. Il faut également accompagner le développement économique local par une exigence paysagère renforcée et encourager une requalification paysagère ciblée sur certaines zones d'activités existantes. Enfin, il faut lutter contre la banalisation des paysages le long des routes.

Synthèse – enjeux et préconisations en lien avec le PCAEM :

Les principaux enjeux concernent l'extension du tissu urbain et celui du tissu pavillonnaire en particulier. Cet étalement doit être limité et mieux intégré au paysage notamment dans le cadre d'une politique de développement des EnR sur le bâti.

L'enjeu d'intégration paysagère concerne en particulier les énergies renouvelables. Le territoire est propice au développement de telles énergies, notamment solaire. Il existe pour l'instant un cadre négocié à l'échelle départementale associé à l'espace agricole et forestier

L'étalement devra être maîtrisé dans un cadre de densification économe en espace qui associera des équipements EnR sur le bâti ;

Enfin, il existe un enjeu important de qualité paysagère souvent dégradée, que ce soit ponctuellement au niveau des entrées de ville et des voies d'accès aux villes ou bien sur des zones plus étendues comme par exemple dans les zones industrialisées de l'étang de Berre ou de La Crau.

12 Un patrimoine important

La métropole est constituée d'éléments naturels et paysagers forts, mais également d'un patrimoine humain important avec des sites patrimoniaux majeurs, des villages provençaux, des monuments et musées de grande renommée (labels « Musée de France » ...). Ces éléments sont marqueurs de son image et de son rayonnement extra-métropolitain.

Sa culture et ses traditions se fondent sur ces « totems » naturels et patrimoniaux qui font rayonner le territoire aux échelles régionale, nationale et internationale.

Un assez grand nombre d'éléments et ensembles de l'héritage bâti des villes et des villages sont protégés par des Servitudes d'Utilité Publique (Périmètre délimité des abords - succédant à la protection de 500 mètres au titre des abords des Monuments Historiques -, Plan de valorisation de l'architecture et du patrimoine de site patrimonial remarquable), d'autres par des documents d'urbanisme (Plan de sauvegarde et de mise en valeur de Site patrimonial remarquable, volet patrimoine du PLU).

Enfin, d'autres éléments, plus récents, bénéficient déjà d'une reconnaissance : label « Patrimoine du XXe ».

Beaucoup d'autres éléments et ensembles composent ce que l'on appelle « le patrimoine local » ou encore « le patrimoine de proximité ». Parfois répertoriés, souvent méconnus, ces zones remarquables ne bénéficient pas de mesures de mise en valeur ou de protection (bâtiments agricoles et industriels, infrastructures hydrauliques, lieux de mémoire, architecture vernaculaire...)

Depuis deux décennies, dans tous les territoires, le champ de protection du patrimoine est en expansion et la notion de patrimoine elle-même devient une composante incontournable de toute démarche en lien avec la gestion intégrée des territoires, l'urbanisme, l'aménagement ou le renforcement de l'attractivité, au même titre que l'environnement et l'économie.

Au-delà de la simple protection de caractéristiques architecturales dominantes ou de strates urbaines, la notion de patrimoine apparaît de plus en plus comme une valeur économique, un critère de qualité, un outil de revitalisation des centres, un élément clef de l'aménagement contextualisé (espace public, nouveau quartier...), un point d'entrée du projet qui fédère et facilite l'adhésion des

habitants, en particulier dans les zones rurales dont il constitue parfois le principal potentiel de développement.

L'existence d'un riche « patrimoine de tissus » et de nombreux sites où s'expriment le « génie du lieu » implique une appropriation et un partage ainsi qu'une transmission correcte aux générations futures. Dans le même temps, le respect des objectifs de développement durable, de modernisation des logements, de l'amélioration du cadre de vie et de l'évolution, éventuellement souhaitée, de la structure des tissus constitués - notamment au regard de l'objectif de restructuration des espaces urbanisés mentionné à l'article L.121-1 du Code de l'urbanisme -, oblige les collectivités à se poser la question des conditions d'évolution des zones les plus anciennement urbanisées (centres historiques, noyaux villageois, extensions orthonormées, faubourgs...).

Une analyse documentée et étayée des qualités intrinsèques des architectures et des formes urbaines remarquables peut permettre d'apporter des réponses équilibrées et durables aux enjeux spécifiques aux quartiers anciens (aménités compensant la densité, éclaircissement et ensoleillement, confort thermique, acceptation sociale, capacité financière...) tout en conservant l'essentiel d'un héritage urbain qui a souvent contribué à forger une identité locale forte. L'utilisation économe et raisonnée de l'héritage bâti doit rester une priorité.

La sauvegarde du patrimoine architectural et urbain passe également par le soin qui est apporté dans l'aménagement des entrées de ville, des espaces de transition et des paysages d'accompagnement. Certains sites industriels et portuaires contribuent à la richesse du patrimoine bâti métropolitain (chevalets de Gardanne, hangars Boussiron de Marignane...) et créent une identité unique qu'il convient de prendre en compte dans les projets.

12.1 Le patrimoine culturel protégé

12.1.1 Sites classés et sites inscrits

La loi du 2 mai 1930, intégrée depuis dans les articles L.341-1 à L.341-22 du code de l'environnement, permet de préserver des espaces du territoire français qui présentent un intérêt général du point de vue scientifique, pittoresque et artistique, historique ou légendaire.

La loi prévoit deux niveaux de protection : le classement et l'inscription.

On compte **30 sites classés** et **58 sites inscrits** dans le territoire de la métropole.

Les sites les plus étendus sur le territoire de la métropole sont (Cf. Figure) :

- Massif de la ste-Victoire et du Concors ;
- Massif des Calanques ;
- Massif de la Nerthe ;
- Massif de l'Arbois ;
- Massif de la ste-Baume ;
- Cap Canaille, Bec de l'Aigle, leurs abords ;
- Chaîne des Alpilles
- La Camargue.

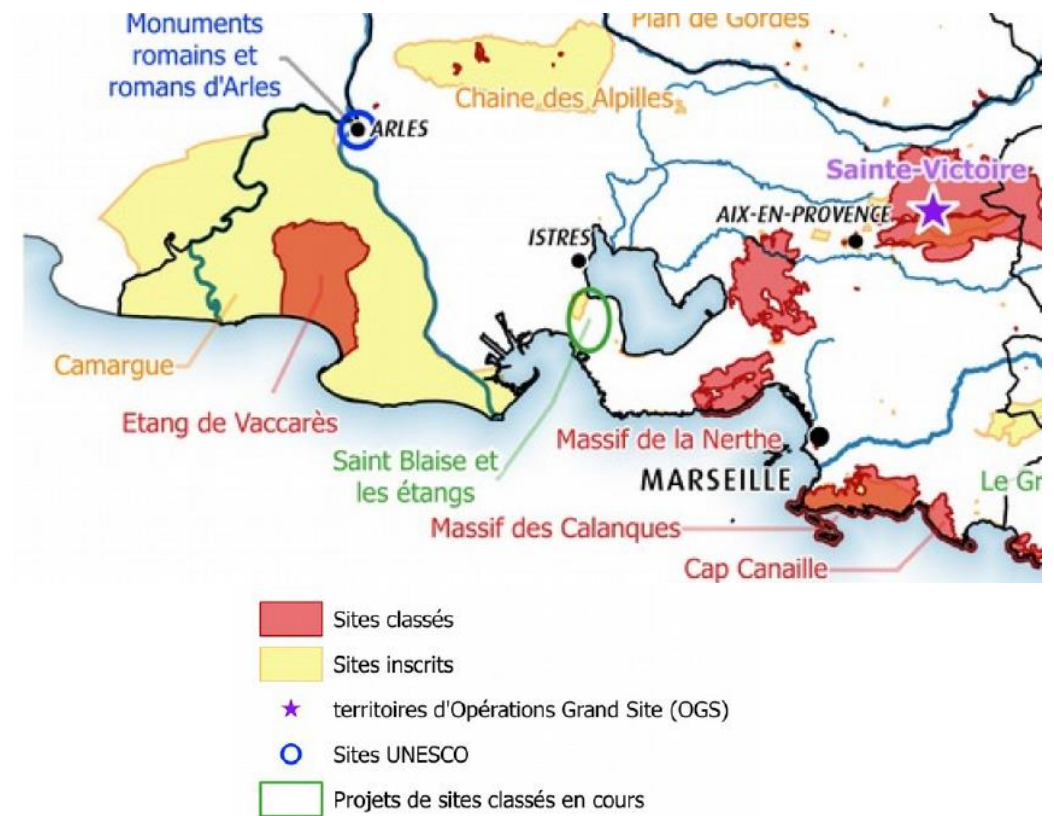


Figure 225 : Localisation des principaux sites classés et sites inscrits

12.1.2 Monuments historiques

Le code du patrimoine définit lui des protections relatives au monuments historiques : le classement et l'inscription des immeubles.

La protection des immeubles classés ou inscrits s'étend au champ de visibilité de ceux-ci, défini ainsi : « Est considéré, pour l'application du présent titre, comme étant situé dans le champ de visibilité d'un immeuble classé ou proposé pour le classement tout autre immeuble, nu ou bâti, visible du premier ou visible en même temps que lui et situé dans un périmètre n'excédant pas 500m » (art. L621-30 du code du patrimoine).

On recense plus de 400 monuments historiques sur la zone d'étude :

- 105 classés ;
- 136 inscrits ;
- 163 partiellement classés et/ou inscrits.

La Figure 226 présente les périmètres de protection de 500 mètres de ces différents monuments.

D'autres protections réglementaires existent, telles que les secteurs sauvegardés et les sites patrimoniaux remarquables. Les secteurs sauvegardés correspondent aux quartiers historiques urbains les plus remarquables. Il s'agit d'une démarche menée par l'Etat, à l'échelle de quartiers entiers. Les sites patrimoniaux remarquables sont « les villes, villages ou quartiers dont la conservation, la restauration, la réhabilitation ou la mise en valeur présente, au point de vue historique, architectural, archéologique, artistique ou paysager, un intérêt public ».

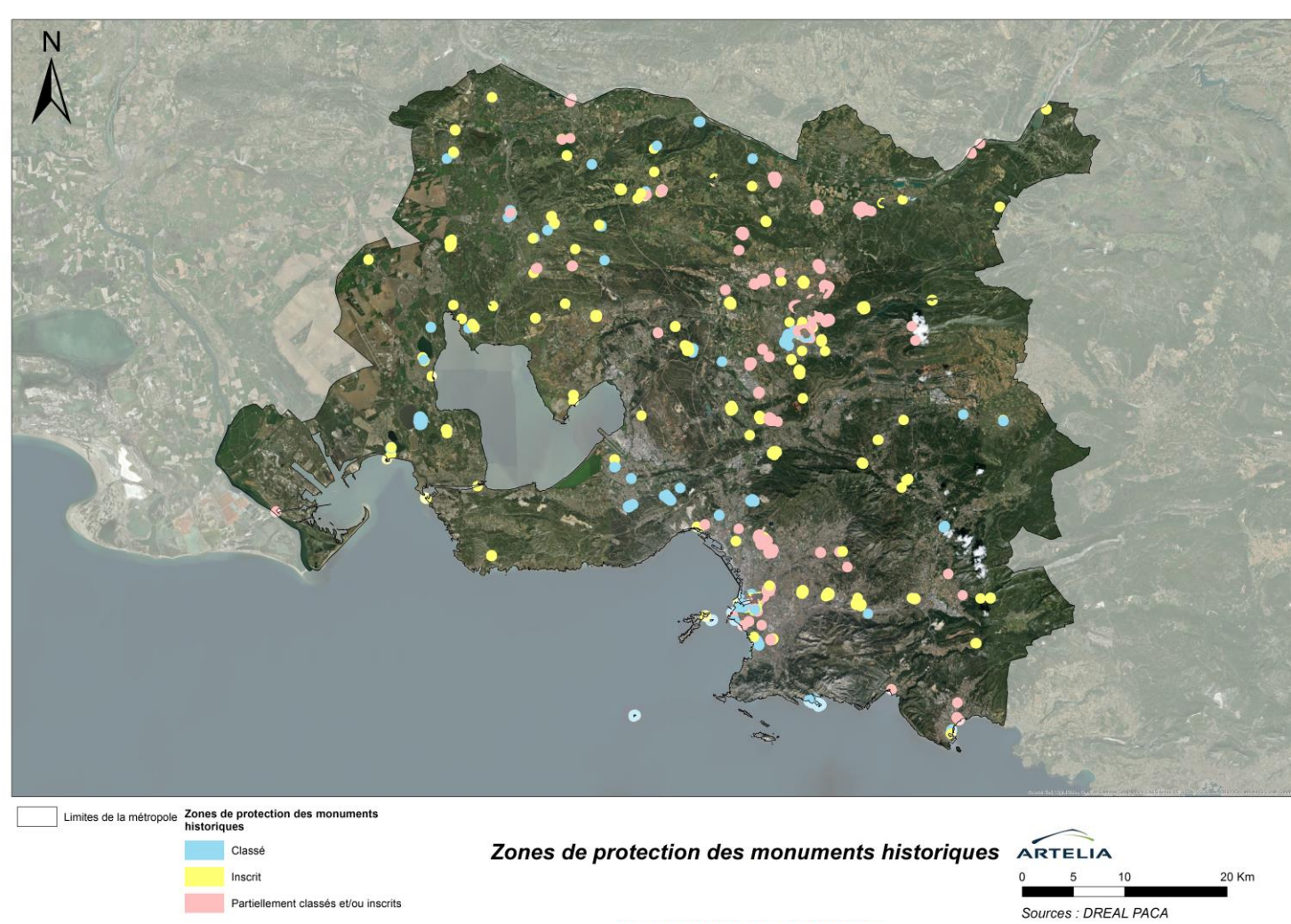


Figure 226 : Localisation des monuments historiques et de leurs périmètres de protection

12.2 Les enjeux et les tendances d'évolution au sein du territoire Métropolitain

L'enjeu majeur actuel autour du patrimoine est la connaissance « fine » de ce dernier. Repérer, inventorier, caractériser les éléments du patrimoine permet de le préserver et de le mettre en valeur en tant qu'héritage culturel et identitaire en lui trouvant un usage (centre d'interprétation, équipement public...).

Il faut donc hausser le niveau d'expertise et d'exigence dans tous les territoires pour élargir et harmoniser la prise en compte du patrimoine architectural et urbain à l'échelle de la Métropole.

Cette connaissance permet de répondre à un autre enjeu qui est celui de l'intégration du patrimoine dans les projets et les problématiques de développement :

- Mieux connaître le patrimoine permet de concilier les impératifs de modernisation, d'économie d'énergie et de confort, et la préservation nécessaire des caractéristiques architecturales : volumétrie, hauteur, éléments de composition, ordonnancement de la façade, forme de la toiture, matériaux utilisés, modénatures, coloris... ;
- Respecter la topographie du site, la forme urbaine et la qualité architecturale du tissu historique dans les projets de rénovation, de renouvellement urbain et d'extension.

La connaissance du patrimoine permet également de répondre à un enjeu touristique et paysager :

- Préserver la silhouette bâtie des villages et des bourgs ;
- La connaissance du territoire permet la mise en valeur potentiel touristique des villages perchés ;
- Préserver les perspectives sur les massifs, les reliefs collinaires...
- Fixer une limite claire à l'urbanisation autour des noyaux villageois encore préservés (par exemple, préservation de zones tampons pour garder un recul nécessaire permettant d'apprécier les contours de la forme urbaine ancienne) ;

- Soigner et marquer les entrées de ville et village : préservation des alignements d'arbres, maintien des espaces ouverts sans obstacle visuel (végétal, bâti...) ;
- Mettre en valeur les points de vue terrestres sur les villes et les villages côtiers notamment depuis les reliefs et les principaux axes de déplacement ;
- Maintenir le caractère pittoresque des fronts urbains traditionnels préservés (villages de La Côte bleue...).

Le patrimoine est plutôt bien protégé sur le territoire de la métropole. Différents types de protections existent, que ce soit pour le patrimoine naturel ou le patrimoine bâti.

Outre les éléments «classiques» - l'architecture privée (immeubles de rapport, maisons de maître, villas, exemples de courants architecturaux, expressions architecturales...), l'architecture religieuse (églises, chapelles, presbytères, oratoires pilons, croix de mission, temples...), l'architecture civile (bâtiments de l'administration, de la santé, de l'assistance et de l'éducation...), et le patrimoine mémoriel (architecture commémorative, tombes...), des éléments bâtis tout aussi remarquables mais moins étudiés ou d'échelle plus locale bénéficient peu à peu d'une nouvelle attention :

- patrimoine industriel : silo, nef, cheminée industrielle, four à chaux... ;
- patrimoine lié à la navigation et au commerce maritime : phare, fanal, feu de môle, pont tournant, grue... ;
- patrimoine de l'automobile / de l'aviation : garage, hangar... ;
- patrimoine militaire : tour vigie, fortin, redoute, batterie, bunker... ;
- patrimoine ferroviaire : gare, viaduc, plateforme, viaduc borgnes de soutènement... ;
- ouvrages d'art : escaliers, passerelle, pont, aqueduc... ;
- art des rocailliers (décor de façade, poste à feu, pigeonier, fabrique...) ;
- édifices divers : fontaine, kiosque...

La valeur identitaire du patrimoine agricole et rural – cave vinicole, ferme-laiterie, grange, moulin à vent, moulin hydraulique, écurie, glacière, four à cade, aire de battage, aire de foulage, lavoir, fontaine, citerne, canal de dérivation... – est tout particulièrement redécouverte.

Le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence est riche aussi d'un patrimoine de tissus cohérents, diversifiés, spécifiques, souvent exceptionnels :

- trames homogènes (Istres, Martigues, Cassis...), extensions orthoformées (La Ciotat, Aix-en-Provence...) ;

- ensembles bâtis médiévaux compacts traversés par des passages couverts (cabarotes de Ceyreste) ... ;
- formes d'habitat remarquables : quartiers programmés et résidences modernistes, habitat ouvrier, cités-jardins, courées, quartiers cabanoniers, « Castors » ... ;
- matérialisation du « génie du lieu » : quartiers en balcon sur la mer / sur la ville, villages perchés...

La redécouverte de ce patrimoine local ou quotidien laisse présager sa meilleure intégration dans les projets de développement de la métropole.

Synthèse – enjeux et préconisations en lien avec le PCAEM :

La valorisation du patrimoine bâti protégé s'exprime dans sa diversité métropolitaine à travers son histoire industrielle et agricole et son passé économique et social. Les nombreux sites classés et monuments historiques qui composent la singularité de chacune des 92 communes sont autant de composantes à préserver et à mettre en valeur et atteste de la richesse historique exceptionnelle de ce territoire.

Mais ils peuvent aussi être très exposés aux conséquences du changement climatique : vulnérabilité aux aléas météorologiques, aux risques naturels, et nécessiter des actions de préservation spécifiques .

L' amélioration de la résilience des grands sites classés / inscrits par une gestion adaptée sera également un enjeu important.

13 Des défis à relever concernant la gestion des déchets sur le territoire

L'évolution de nos modes de consommation et de nos habitudes alimentaires conduit à une augmentation importante des déchets générés aussi bien par les ménages que par les acteurs économiques.

1 864 637 tonnes : c'est le volume annuel des déchets produits par la Métropole, ce qui équivaut à 632 kg par habitant et par an.

13.1 Cadrage réglementaire

Définitions :

Déchets ménagers et assimilés : ce sont les déchets produits par les ménages, y compris les déchets dits « occasionnels » tels que les encombrants, les déchets verts et les déchets de bricolage. Ils intègrent également les déchets industriels banals produits par les artisans, les commerçants et les activités diverses de service, collectés en mélange avec les déchets des ménages. Ils sont collectés par la collecte traditionnelle, la collecte sélective et l'apport volontaire en déchetterie.

Ordures ménagères résiduelles : La fraction résiduelle des ordures ménagères comprend les déchets qui ne font pas l'objet d'une collecte sélective ni d'un traitement particulier.

Fractions recyclables des ordures ménagères : Elles comprennent des déchets qui peuvent faire l'objet de la part des producteurs, d'un tri préalablement à une collecte séparée. Les fractions recyclables comprennent les emballages en verre, les emballages en papier et en carton, les emballages plastiques, les emballages composites quand ils sont recyclables, les emballages métalliques, ainsi que les papiers, journaux, magazines et prospectus.

Les biodéchets : Les biodéchets sont constitués des déchets alimentaires (biodéchets de cuisine et de table) et des autres déchets naturels biodégradables.

Déchets assimilés aux déchets ménagers : Déchets provenant des entreprises industrielles, des artisans, commerçants, écoles, services publics, hôpitaux, services tertiaires et collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers.

Evolutions récentes de la réglementation relative aux déchets ménagers :

La loi de Transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) du 17 août 2015, se donne comme objectif de « lutter contre les gaspillages et promouvoir l'économie circulaire ». Dans ce cadre, la politique nationale de prévention et de gestion des déchets apparaît comme un levier essentiel de cette transition vers l'économie circulaire. Elle propose un renforcement des objectifs du Programme national de prévention : le taux de réduction des DMA passe de 7% à 10%, le découplage entre déchets et activités économiques se traduit par une baisse des déchets produits par les activités économiques rapportés au produit intérieur brut (PIB).

Ces objectifs sont complétés par des objectifs en termes de valorisation :

- 55% de valorisation matière des déchets non dangereux non inertes en 2020, 65% en 2025 ;
- Valorisation de 70% des déchets de construction d'ici 2020 ;
- Généralisation du tri à la source des biodéchets d'ici 2025 ;
- Réduction de 30% des déchets non dangereux non inertes envoyés en décharge entre 2010 et 2020, de 50% d'ici 2025.

La LTECV demande également l'extension progressive des consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques ménagers sur l'ensemble du territoire avant 2022. Cette modification des qualités de flux collectés impliquera une modernisation des centres de tri des déchets ménagers et assimilés.

13.2 Etat des lieux des organisations en place

L'état des lieux présenté ci-dessous résume la situation individuelle de la gestion des déchets en 2016 dans chacun des six territoires de la Métropole.

Compétences :

Tous les territoires exercent les compétences collecte et traitement pour tous les déchets. Elles réalisent majoritairement la collecte en régie, parfois en mixte et sauf Agglopolo Provence qui fait appel à des prestataires de service. Le traitement est

principalement réalisé par des prestataires, sauf la CA du pays de Martigues qui traite ses déchets en régie.

Organisation des collectes

La collecte est réalisée en conteneurs individuels pour une grande partie du territoire (91% de la CU de Marseille et Pays d'Aix). La fréquence de collecte est alors d'au moins 3 fois par semaine.

La collecte sélective des emballages et du papier est majoritairement en porte à porte sauf sur les territoires du Pays d'Aubagne et de l'Etoile et Istres Ouest Provence où la collecte est uniquement en apport volontaire.

La collecte du verre est en apport volontaire sur tous les territoires.

13.3 Equipements de transfert et de traitement

Transfert / transport :

Le territoire dispose de 55 quais de transfert permettant de réduire fortement les transports. Il est important de signaler que 87% des déchets de la CU de Marseille sont transportés par le train vers le site de traitement (50% de l'ensemble des Ordures Ménagères Résiduelles (OMR) de la Métropole Aix- Marseille-Provence).

Déchèteries :

Le territoire est assez bien couvert en déchèteries (entre 20 000 et 26 000 habitants desservis par déchèterie selon les territoires), sauf sur la CU de Marseille où la moyenne est de 62 000 habitants par site. Notons que la moyenne française était en 2015 de 13 856 hab./déchèterie et celle de la région Sud-PACA de 16 356 habitants.

Au total, le territoire dispose de 55 sites dont 2 sur Marseille sont dédiés uniquement aux professionnels. Sur les autres territoires, les professionnels sont acceptés dans les déchèteries.

Traitement des OMR (Ordures Ménagères Résiduelles) :

42% des OMR produites sont enfouies sur 6 sites de stockage situés sur le territoire de la Métropole.

Les déchets du territoire Marseille- Provence, soit 58% de la production de la Métropole, sont incinérés sur le Centre de Traitement multifilières EVERE situé sur la commune de Fos-sur-Mer.

Au regard des dates de fin d'exploitation des sites, le territoire de la Métropole possède assez de capacité d'enfouissement jusqu'en 2022. Au-delà, 4 installations arriveront en fin d'exploitation.

Ainsi, seul le territoire Marseille- Provence peut compter à long terme sur le centre de traitement EVERE.

Sur les autres territoires, les déchets sont valorisés en production électrique par récupération de biogaz des sites d'enfouissement de déchets (process non contrôlé) : la méthanisation (process contrôlé) de la Métropole s'élève à 187 GWh ce qui représente 73% de la production régionale.

13.4 Etat des lieux des performances

En 2016, l'ensemble du territoire a dû gérer 694 000 t d'OMR, 70 000 t de collecte sélective et 365 000 t de déchets collectés en déchèteries.

La production des déchets a globalement peu évolué depuis 2010. En effet, le ratio de Déchets Ménagers et Assimilés (DMA = Somme des OMR + collecte sélective + déchets des déchèteries) du territoire n'a baissé en 6 ans que de 0,6%. Ceci est particulièrement dû à l'augmentation des tonnages en déchèteries car les OMR ont baissé de 7,3% et la collecte sélective a stagné.

Ordures ménagères résiduelles (OMR) :

La Métropole produit en moyenne de **370 kg/hab./an** d'OMR, soit :

- 1,38 fois plus de déchets que l'ensemble du territoire français (269 kg/hab./an selon enquête nationale ADEME 2013)
- 6% de moins que la région Sud-PACA.

Le ratio le plus important est produit par le territoire Marseille Provence Métropole (383 kg/hab./an) et le plus faible par Agglopolo Provence (341 kg/hab./an). Notons néanmoins que les tonnages collectés baissent partout depuis quelques années.

Collecte sélective (emballages légers, verre et papier) :

Les performances globales de la collecte sélective des emballages et des papiers – journaux – magazines sont légèrement meilleures que celles de la région Sud-PACA mais plus faibles de 9 kg/hab./an que la moyenne nationale. Ceci s'explique principalement par les mauvais résultats de la CU de Marseille.

Les collectivités les plus performantes sont le Pays d'Aix (55 kg/hab./an) et Pays Salonais (52 kg/hab./an).

Collecte en déchèteries :

Les faibles tonnages collectés par les déchèteries de la CU de Marseille, plus de 2 fois moins de déchets collectés que les autres territoires, impactent fortement sur le ratio global de la Métropole.

Ceci est principalement dû aux grosses différences de ratio de déchets verts collectés sur la CU de Marseille (20 kg/hab. contre 73 kg sur le pays d'Aix et même 98kg sur Agglopolo Provence).

On observe ainsi que le territoire a un ratio de 21 kg plus faible que celui de la France et 56 kg/hab./an de moins que la moyenne régionale.

Taux de valorisation :

Globalement, le taux de valorisation de la Métropole est de 71%, avec 28% de valorisation matière et 43% de valorisation énergétique. Ce résultat global est bien entendu dû au fort impact de l'incinération des déchets de la CU de Marseille. Néanmoins, ce taux ne dépasse pas 28% sur 3 des 6 territoires.

13.5 Prévention des déchets

Les territoires ont mis en oeuvre diverses actions de sensibilisation à la prévention des déchets. Les actions les plus représentées sont la promotion du compostage

domestique, la lutte contre le gaspillage alimentaire dans les établissements scolaires et la distribution de l'autocollant « Stop Pub ».

Territoire	Principales actions de prévention*
Pays d'AIX	19 300 composteurs Lombric compostage Compostage partagé Communication "prévention" Stop Pub Sensibilisation des scolaires
Pays d'Aubagne et de l'Etoile	Ressourcerie Compostage individuel et collectif (7 sites en 2016) Lutte gaspillage alimentaire en milieu scolaire
Istres Ouest Provence	Promotion du compostage domestique
CU Marseille Provence Métropole	Composteurs individuels et des opérations de compostage en pied d'immeubles collectifs, des actions de sensibilisation des scolaires (primaire et lycées)
CA du Pays de Martigues	687 composteurs
Agglopolo Provence	Compostage Stop pub Intervention des ambassadeurs du tri et de la prévention Programme d'animation auprès des scolaires. Diverses actions de sensibilisation : « Consommez l'eau du robinet », « Sacs en plastique » « Barquettes en plastique ».
* Sources : Rapports annuels 2016 des collectivités	

Figure 232 : Principales actions de prévention de la production des déchets sur les territoires de la Métropole

13.6 Production énergétique à partir des déchets

Ce sujet est développé au §. 4.1.3.

13.7 Déchets du Bâtiment et Travaux publics

Selon l'observatoire départemental de la gestion des déchets issus de chantier du bâtiment, le taux de valorisation dans les Bouches-du-Rhône est de 71 % en 2015. L'objectif à atteindre est de 70 % à 2020 (LTECV).

Néanmoins, en 2015, sur la région Sud-PACA, environ 1,8 Mt de déchets inertes du BTP ont été stockés illégalement soit 12 % de la production régionale de déchets inertes.

Synthèse – enjeux et préconisations en lien avec le PCAEM :

Renforcer le réseau de déchetterie sur le territoire de Marseille-Provence

Production importante de déchets ménagers et assimilés supérieure à la production nationale : **370 kg/hab./an sur la Métropole pour une moyenne nationale de 269 kg/hab./an avec une nécessité : faire baisser ce ratio.**

Anticiper le maintien en service des centres de stockage (4 sites arrivent en fin d'exploitation en 2022-2023) Amélioration de l'efficacité environnementale de la chaîne déchet : optimisation énergétique de la collecte et amélioration de l'efficacité énergétique des centres de traitement

Développement d'une réelle stratégie d'économie circulaire à l'échelle de l'intercommunalité (cf. chapitre suivant).

Réservation des espaces réservés en milieu urbain pour la collecte des biodéchets, obligatoire à partir de 2025 (LTECV) et véritable enjeu organisationnel pour la Métropole.

Lutter contre le stockage illégal de déchets issus du BTP.

14 L'économie circulaire

Epuisement des ressources, pollutions, multiplication des déchets, réchauffement climatique, pour ne citer qu'eux, nous montrent que notre modèle de croissance actuel a atteint ses limites. Ainsi, repenser nos modes de production et de consommation afin d'optimiser l'utilisation des ressources naturelles et ainsi limiter les déchets générés est aujourd'hui essentiel.

L'économie circulaire permet d'y contribuer. Selon l'ADEM, il s'agit d'« un système économique d'échange et de production qui vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer notre impact sur l'environnement. Il s'agit de découpler la consommation des ressources de la croissance du produit intérieur brut (PIB) tout en assurant la réduction des impacts environnementaux et l'augmentation du bien-être ».

14.1 De l'économie linéaire à l'économie circulaire

L'économie circulaire vise à **changer de paradigme par rapport à l'économie dite linéaire**, en limitant le gaspillage des ressources et l'impact environnemental, et en augmentant l'efficacité à tous les stades de l'économie des produits.

Succédant à la révolution industrielle, le XXe siècle a vu se développer une société de consommation qui a augmenté de façon très importante son prélèvement sur les ressources naturelles en le multipliant par un facteur 10. Les travaux du programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) et d'autres organisations montrent que par la conjonction du développement démographique, de la croissance de la consommation dans les pays développés et de l'aspiration des pays émergents à un modèle de consommation similaire, le niveau de consommation des ressources naturelles sera inacceptable avant la moitié de ce siècle.

Il est donc nécessaire de passer à un modèle axé sur une absence de gaspillage et une augmentation de l'intensité de l'utilisation des ressources tout en diminuant les impacts environnementaux. C'est ce que vise l'économie circulaire qui prend en compte trois champs :

- La production et l'offre de biens et de services ;
- La consommation au travers de la demande et du comportement du consommateur (économique ou citoyen) ;
- La gestion des déchets avec le recours prioritaire au recyclage qui permet de boucler la boucle.

L'Ademe retient ainsi 7 piliers, répartis dans 3 domaines, pour définir l'économie circulaire (Cf. Figure 228):

- l'**approvisionnement durable** (extraction/exploitation et achats durables) concerne le mode d'exploitation/extraction des ressources visant une exploitation efficace des ressources en limitant les rejets d'exploitation et l'impact sur l'environnement notamment dans l'exploitation des matières énergétiques et minérales (mines et carrières) ou dans l'exploitation agricole et forestière tant pour les matières/énergie renouvelables que non renouvelables ». Ce pilier recouvre les éléments relatifs aux achats privés et publics (des entreprises et des collectivités)
- l'**éco-conception** vise, dès la conception d'un procédé, d'un bien ou d'un service, à prendre en compte l'ensemble du cycle de vie en minimisant les impacts environnementaux,
- l'**écologie industrielle et territoriale**, dénommée aussi symbiose industrielle, constitue un mode d'organisation interentreprises par des échanges de flux ou une mutualisation de besoins,
- l'**économie de la fonctionnalité** privilégie l'usage à la possession et tend à vendre des services liés aux produits plutôt que les produits eux-mêmes.
- le **recyclage** vise à utiliser les matières premières issues de déchets.
- l'**allongement de la durée d'usage** par le consommateur conduit au recours à la réparation, à la vente ou don d'occasion, ou à l'achat d'occasion dans le cadre du réemploi ou de la réutilisation

- la **consommation responsable** doit conduire l'acheteur, qu'il soit acteur économique (privé ou public) ou citoyen consommateur, à effectuer son choix en prenant en compte les impacts environnementaux à toutes les étapes du cycle de vie du produit (biens ou service)

L'économie circulaire

3 domaines, 7 piliers



Figure 228 : L'économie circulaire : 3 domaines, 7 piliers

14.2 Initiatives sur le territoire de la Métropole

La **plateforme PIICTO** créée en 2014 sur le Grand port maritime de Marseille-Fos a pour principaux projets la mise en place d'un réseau vapeur à partir de l'énergie émise par les incinérateurs situés sur la zone et la création d'une pépinière dédiée à l'innovation en matière de transition énergétique et d'énergie renouvelable : Innovex.

Le **projet NCIS** (Nouvelles coopérations industrielles et synergies Fos étang de Berre) vise à renforcer les échanges entre les entreprises de la zone industrielle de Fos-Étang de Berre (échanges de flux, de services, d'utilités) et à étendre le maillage progressivement à l'ensemble du territoire. Les porteurs du projet, CCI Marseille Provence, Union des industries chimiques et association Environnement-Industrie, travaillent avec les industriels – plus de 70 rencontrés individuellement – pour identifier et développer de nouvelles synergies sur les matières premières, utilités (eau, électricité, vapeur, gaz...), coproduits, déchets, services, équipements.

La démarche **d'EIT METSIE** (Marseille Ecologie Territoriale et Synergies Inter-Entreprises) se déploie sur le territoire de la Vallée de l'Huveaune. À l'Est de Marseille, (territoire très vaste, caractérisé par une forte concentration d'activité industrielle – chimie, raffinage, aéronautique, mécanique), ce territoire s'étend sur 500 ha, morcelés par 13 ZI/ZA, 1 zone commerciale et de l'habitat (170000 habitants, 20 % de la population de Marseille). Il accueille près de 1500 entreprises. Le projet vise à initier et développer les relations et synergies interentreprises de la Vallée de l'Huveaune. Porteur du projet, la CCI Marseille Provence apporte un accompagnement méthodologique pour structurer les échanges et les partenariats et développe des outils tel que la « bourse aux déchets », événement autour des échanges offre/demande.

Vitropole Entreprendre concerne les zones industrielles des Estroublans et de l'Anjoly qui occupent 375 hectares et accueillent 14 300 salariés. La démarche d'EIT de Vitropole Entreprendre est orientée vers l'optimisation des flux entre les 700 entreprises du territoire : valorisation des flux inter-entreprises, mise en place d'une gestion collective des déchets, achats mutualisés, développement des modes de transport alternatif à la voiture individuelle...

Près d'une **quarantaine d'entreprises** ont été mobilisées par l'**Agglomération d'Aubagne** avec pour objectif de partager leurs bonnes pratiques, rechercher ensemble des synergies, mutualiser des moyens, mettre en oeuvre des solutions concrètes et partagées. Les principaux résultats sont la mise en place d'un système d'échanges de palettes non consignées entre les entreprises (Troc ta palette), la valorisation du carton en litière animale, la mutualisation de services à travers la mise en oeuvre d'un groupement inter-entreprises pour les contrôles périodiques réglementaires, la gestion collective des déchets et à la mutualisation des achats d'énergie.

Concernant le recyclage, l'idée maîtresse de l'économie circulaire est que le **déchet constitue désormais une ressource**. Au-delà des déchets ménagers, les

déchets ciblés avec le plus gros potentiel de valorisation matière sont les déchets minéraux du BTP, les films agricoles et bien entendu les effluents d'élevage qui peuvent être transformés en énergie (méthanisation agricole) ou en compost. Les boues d'épuration des eaux peuvent également être utilisées pour la production de gaz (biométhane), c'est ce qui est prévu avec l'usine de traitement des boues de Sormiou à Marseille.

Le secteur de la réparation associe à la fois l'économie traditionnelle et de nouveaux acteurs de l'économie sociale et solidaire. Il représente un potentiel important de création d'emplois. Au niveau local, on compte en 2014, 36 structures de réemploi. À celles-ci s'ajoutent quelques **ressourceries** de création récente comme le Recyclodrome à Marseille, Evolio à Gardanne et la Nouvelle Mine à Gréasque.

La plateforme **Solibat Provence** à Marseille a la particularité de récupérer les dons de matériaux du bâtiment à des fins solidaires. Elle permet aussi aux entreprises de faire dons de temps et de compétences afin de donner la possibilité de rénover à des foyers qui n'en ont pas les moyens.

Synthèse – enjeux et préconisations en lien avec le PCAEM :

Des initiatives existent déjà sur le territoire de la Métropole Aix-Marseille-Provence en matière d'économie circulaire (ex : la plateforme PIICTO, le projet NCIS, la démarche d'EIT METSIE, Vitropole Entreprendre...).

L'enjeu est **d'accompagner de nouvelles démarches d'économie circulaire** afin de limiter le gaspillage des ressources et l'impact environnemental dans les domaines de l'industrie, des déchets, de l'eau, des circuits de commercialisation,....

15 Un territoire avec des risques naturels très présents et des risques technologiques à encadrer

Deux grandes familles de risques majeurs existent :

- Les risques naturels comprenant les avalanches, feux de forêt, inondations, mouvements de terrain, cyclones, tempêtes, séismes et éruptions volcaniques, notamment ;
- Les risques technologiques qui regroupent les risques industriels, nucléaires, ruptures de barrage, transports de matières dangereuses, entre autres.

Dans ce chapitre, nous traiterons des risques majeurs susceptibles d'affecter le territoire de la Métropole Aix Marseille Provence. Effectivement, intégrer le risque aux territoires et à leur aménagement est aujourd'hui une nécessité : pour être durables, les territoires et leurs usages doivent compter avec les risques et leur gestion.

15.1 Risques naturels

15.1.1 Le risque inondation

On distingue plusieurs types de risque inondation : le risque inondation par débordement de cours d'eau, le risque lié au ruissellement pluvial et le risque inondation par submersion marine.

15.1.1.1 Risque inondation par débordement de cours d'eau

Ce phénomène se produit lorsque qu'un cours d'eau sort de son lit mineur (espace occupé, en permanence ou temporairement, par un cours d'eau, délimité par les berges).

Les crues torrentielles des cours d'eau se produisent lors d'épisodes pluvieux locaux souvent très intenses (qui restent fréquents sur le territoire), le ruissellement dépasse

rapidement la capacité du cours d'eau, générant une montée de crue très rapide, mais une période de hautes eaux courte

Les crues torrentielles du territoire AMP sont principalement dues au débordement de l'Huveaune, de la Touloubre, de l'Arc, des Aigalades, du Jarret, de la Cadière et du Raumartin. Les crues importantes observées sur ces 30 dernières années et touchant l'ensemble des bassins versants avec des conséquences les activités ont été en 1993, 2003 et 2008.

Certains fleuves, tels que la Touloubre et ses affluents, prennent leur source dans des massifs de nature calcaire. Les crues générées par de tels massifs résultent du croisement de plusieurs paramètres (saturation du milieu karstique due aux événements pluvieux survenus les mois précédents, caractère convectif d'un orage sur le bassin versant, intensité de la pluie).

Les inondations de plaine sont dues à des inondations sur tout le bassin, le temps de montée des eaux est alors lent, et il y a une longue période de hautes eaux. Ce type d'inondation est principalement causé par la Durance, l'Arc et le Rhône et peut être accentuée par des ruptures de digues (Cf. Figure 229).

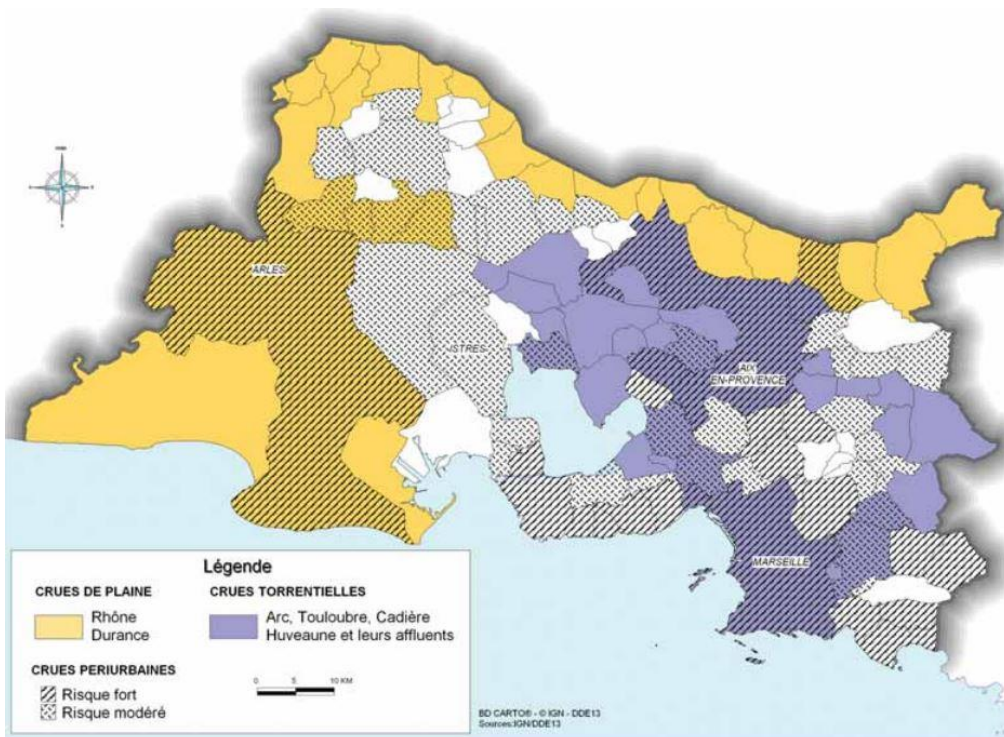


Figure 233 : Les risques d'inondations par crues torrentielles et par crues de plaine dans les Bouches-du-Rhône

Source : Conseil Départemental des Bouches du Rhône

15.1.1.2 Risque inondation lié au ruissellement pluvial

Le risque inondation lié au ruissellement pluvial a plusieurs causes. Le climat et la topographie du territoire en sont des facteurs, mais ce risque est principalement provoqué par l'imperméabilisation des sols. Les installations anthropiques entraînent cette imperméabilisation qui laisse les eaux ruisseler et provoque des inondations en quelques heures. Une insuffisance des réseaux d'évacuation des eaux pluviales amplifie ce risque. Les communes littorales sont particulièrement touchées, elles constituent en effet l'exutoire des eaux de ruissellement.

L'imperméabilisation des sols accentue le ruissellement des eaux pluviales et les conséquences sont d'autant plus grandes lorsque c'est en zone inondable.

Le tableau ci-dessous précise quelles sont les communes du territoire concernées par les deux risques inondation présentés précédemment.

Crue torrentielle	Crue de plaine	Ruissellement
La Barben La Fare les Oliviers Lançon de Provence Velaux Saint Chamas Grans Cornillon-Confoux Auriol Roquevaire Saint-Zacharie Aubagne Penne sur Huveaune	Port Saint Louis Aubagne	Saint Chamas Lamanon Alleins Rognac Marseille Sausset les Pins Cassis La Ciotat Martigues Istres Port-de-Bouc, Cornillon-Confoux Cuges les Pins Aubagne Belcodène Peypin La Destrousse La Bouilladisse Roquevaire

Les risques sont donc importants sur le territoire, et multipliés par des facteurs inhérents à chaque bassin versant, qu'ils soient naturels (gorge, sommet dénudé augmentant le débit et les ruissellements) ou anthropiques (imperméabilisation et construction dans le lit moyen et majeur).

15.1.1.3 Le risque inondation par submersion marine

Ce risque correspond à l'inondation temporaire de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques et marégraphiques provoquant des ondes de

tempêtes. Les espaces situés en dessous du niveau des plus hautes mers sont les plus affectés par ce risque ainsi que certains espaces situés à l'arrière d'ouvrages de protections (digues) en cas de franchissement.

Le risque de submersion marine est un phénomène exceptionnel sur le territoire Aix Marseille Provence, ce risque reste tout de même réel. Des marées météorologiques peuvent générer une submersion d'une partie du littoral. Le littoral Ouest de la métropole, moins escarpé, est particulièrement concerné. Des marées barométriques soumettent le secteur du Vieux Port à Marseille à des débordements réguliers.

Le linéaire de côte est important sur la Métropole ce qui fait du territoire un espace particulièrement vulnérable à ce risque, notamment sur les zones portuaires.

15.1.1.4 Les mesures mises en place contre le risque inondation

Les TRI

La directive inondation fixe un cadre et une méthode pour l'élaboration et la mise en œuvre des politiques publiques de gestion des risques d'inondations sur l'ensemble des Etats membres de l'Union Européenne.

Au niveau national, cette directive se traduit par l'élaboration d'une Stratégie Nationale de Gestion du Risque Inondation (SNGRI) qui se décline sur l'ensemble des bassins hydrographiques français à travers les Plans de Gestion des Risques Inondation (PRGI).

Le PRGI « Rhône-Méditerranée » pour la période 2016-2021 a été approuvé le 7 décembre 2015. Il identifie 31 Territoires à Risques Importants d'inondation (TRI).

Le territoire compte quatre Territoires à Risque Important d'Inondation (TRI) :

- Aix-en-Provence - Salon-de-Provence ;
- Marseille – Aubagne ;
- Delta du Rhône (Port-Saint-Louis-du-Rhône) ;
- Avignon - plaine de Tricastin-Basse Vallée de la Durance (Pertuis).

Des objectifs et orientations prioritaires ont été définis pour ces territoires par le PGRI.

Le PRGI « Rhône-Méditerranée » fait ressortir 5 grands objectifs : une meilleure prise en compte du risque dans l'aménagement et une maîtrise du coût des dommages

liés à l'inondation, augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques, améliorer la résilience des territoires exposés, organiser les acteurs et les compétences, développer la connaissance sur les phénomènes ou les risques inondation.

La stratégie globale de gestion des risques des fleuves côtiers de la métropole Aix-Marseille (qui regroupe les TRI d'Aix-Salon et de Marseille-Aubagne) identifie notamment les objectifs de mieux prendre en compte le risque dans l'aménagement et maîtriser le coût des dommages liés à l'inondation, d'augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques et d'améliorer la résilience des territoires exposés.

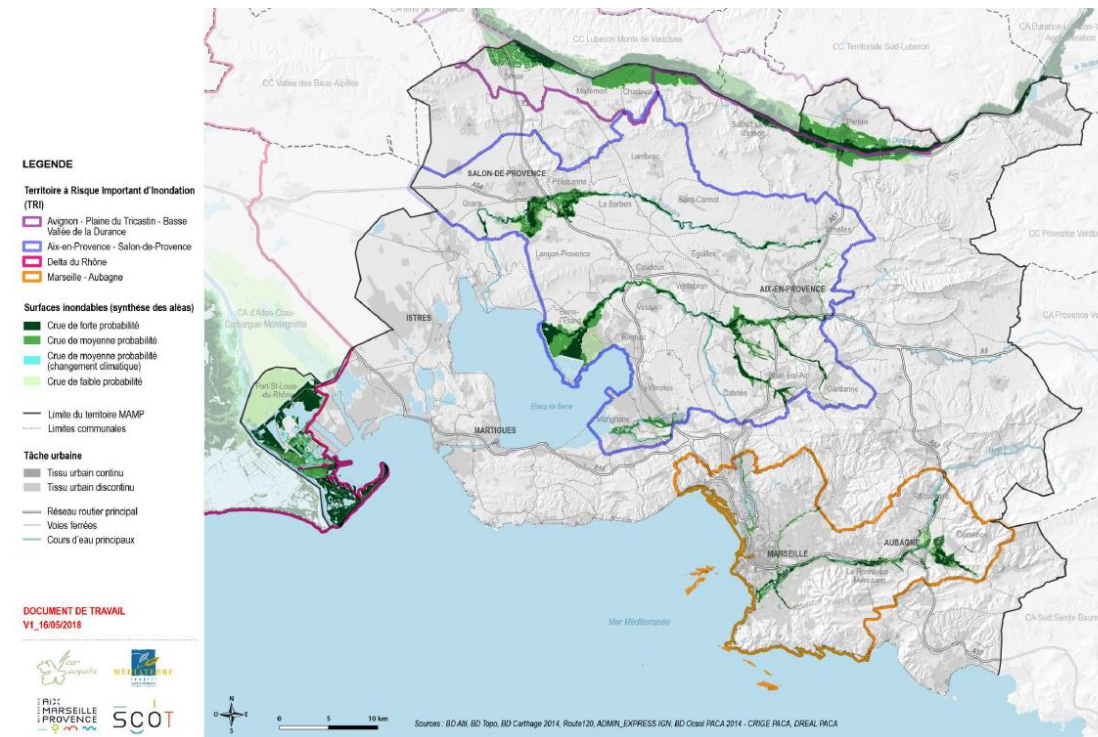


Figure 230 : Localisation des TRI et des zones inondables (atlas)

Atlas des zones inondables (Cf. Figure 231)

L'Atlas des zones inondables retrace l'emprise maximale de la zone inondable. Il identifie le plus souvent trois zones distinctes :

- le lit mineur qui correspond à l'espace situé entre les berges, où le cours d'eau s'écoule la plupart du temps ;
- le lit moyen qui coïncide avec l'espace occupé fréquemment par des crues ;
- le lit majeur qui correspond au lit d'un cours d'eau en cas de crues rares ou exceptionnelles.

La DDTM 13 pilote une étude hydraulique sur l'ensemble des bassins versants du territoire qui contribuera à améliorer les connaissances liées aux débordements des cours d'eau. Ces connaissances servent à élaborer des PPR inondation.

Les PPR

Les PPR Inondation approuvés et prescrits élaborés par l'Etat ont pour objectif de maîtriser et réglementer l'urbanisation en zone inondable. Plusieurs communes de la métropole font l'objet d'un plan relatif aux risques inondations en lien avec le risque généré par les cours d'eau du territoire et leurs affluents.

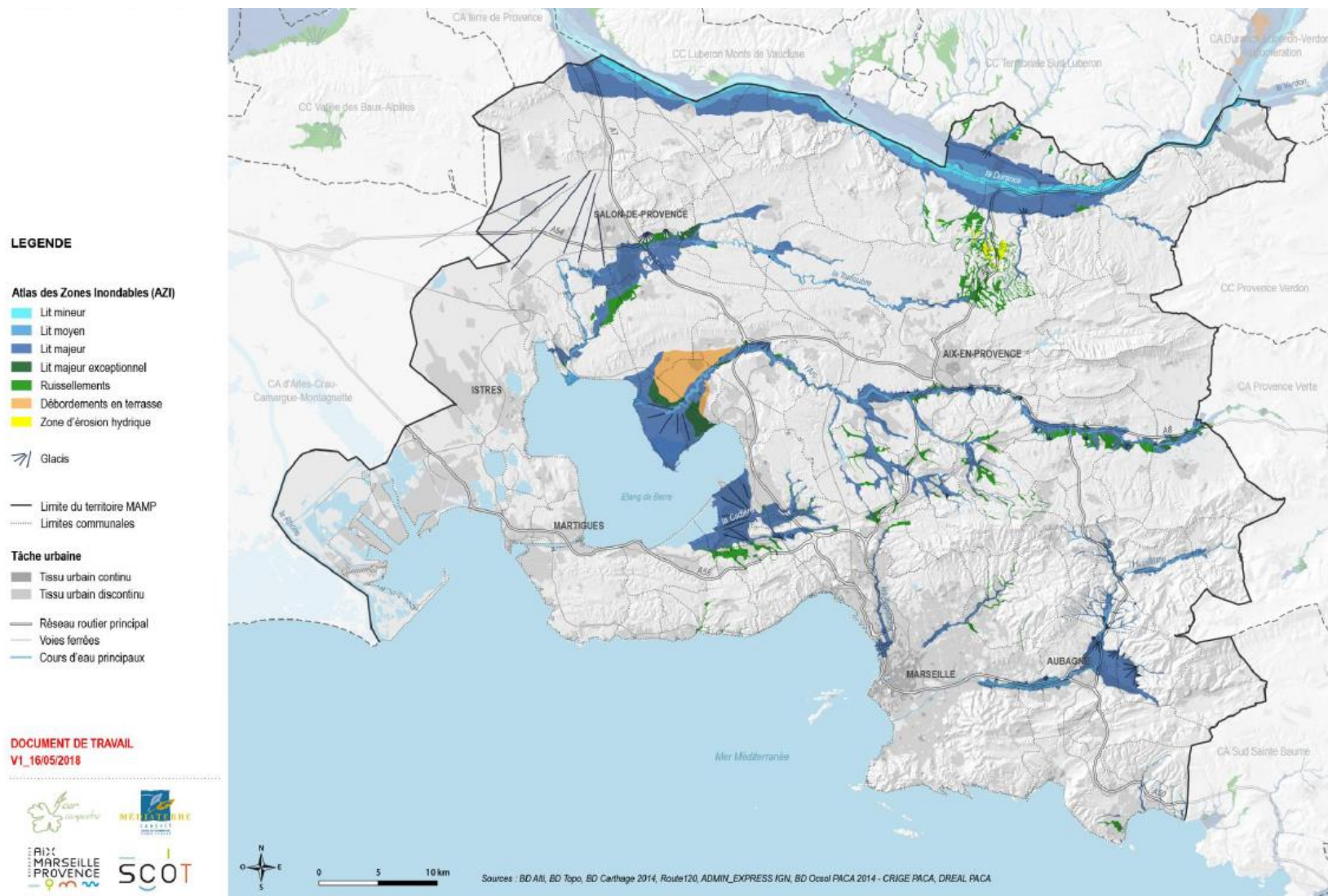


Figure 234 : Atlas des zones inondables

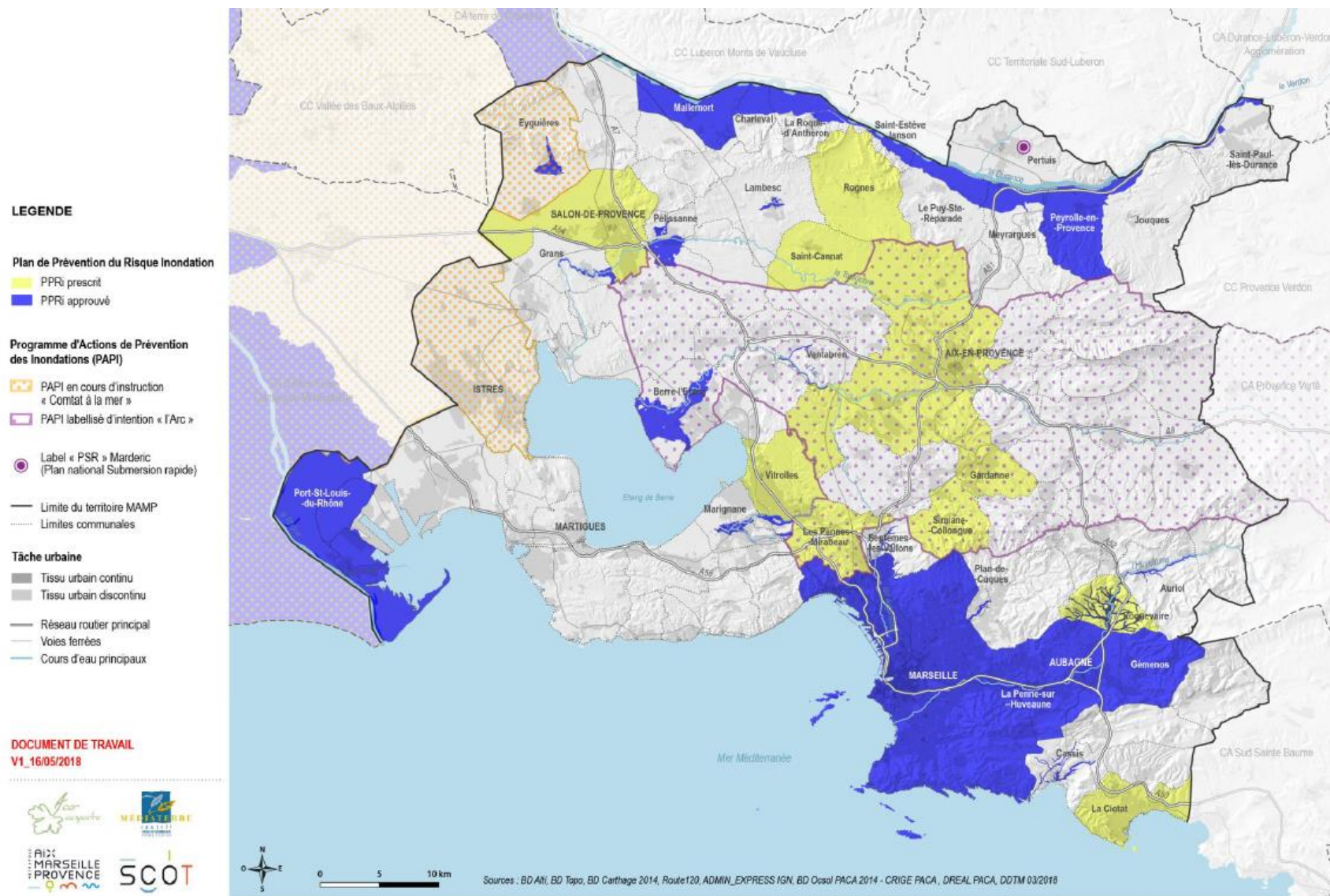


Figure 235 : Localisation des périmètres concernés par des PPRi

Les PAPI

Lancés en 2002, les Programmes d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) visent à promouvoir une gestion intégrée des risques d'inondation en vue de réduire les conséquences dommageables sur la santé humaine, les biens, les activités économiques et l'environnement.

Outil de contractualisation entre l'État et les collectivités, le dispositif PAPI permet la mise en œuvre d'une politique globale des inondations, pensée à l'échelle du bassin de risque.

Ce dispositif PAPI a été initié pour traiter le risque inondation de manière globale, à travers des actions combinant gestion de l'aléa (réhabilitation de zones d'expansion de crues, ralentissement dynamique, ouvrages de protection...) et réduction de la vulnérabilité des personnes, des biens et des territoires (limitation de l'urbanisation des zones inondables, réduction de la vulnérabilité des constructions, amélioration de la prévision et de la gestion des crises...) mais aussi la culture du risque (information préventive, pose de repères de crue, démarches de mise en sûreté et de sauvegarde...).

GEMAPI

Des syndicats de gestion des eaux ont été mis en place notamment pour la prévention du risque d'inondation dans chaque bassin versant (Huveaun, Arc, Eze, Cadière, Touloubre) du territoire métropolitain mais aussi pour la reconquête du milieu aquatique et la restauration des berges. Aujourd'hui, cette compétence de Gestion des Milieux Aquatiques et la Prévention des Inondations (GEMAPI) est assuré par la Métropole Aix-Marseille-Provence depuis le 1er janvier 2018 (Loi de modernisation de l'action publique territoriale et l'affirmation des métropoles (MAPTAM) du 27 janvier 2014).

Plusieurs arrêtés de catastrophes naturelles pour cause d'inondation ont été mis en place sur le territoire.

15.1.1.5 Conclusion sur le risque inondation

La préservation des lits naturels des cours d'eau (entretien, curage), la création de bassins de rétention et de puits d'infiltrations et l'amélioration de la collecte des eaux pluviales sont des actions à mener pour limiter le risque. Pour les espaces non

urbanisés, ces actions visent à la préservation des sols perméables ou de ZEC (zones d'expansion des crues), ainsi qu'aux travaux de protection (digues de protection, barrages écrêteurs de crues, ...).

Concernant les espaces urbanisés, il est important de limiter et de maîtriser ces secteurs qui rendent les sols perméables, afin de lutter contre le ruissellement.

La présence de PPRI permet de contrôler les secteurs vulnérables et de ne pas amplifier le risque d'inondation.

Pour les communes littorales, l'effort de protection (digues, épis,...) est à poursuivre. Le recul stratégique du trait de cote est à envisager sur les secteurs les plus menacés.

15.1.2 Le risque mouvement de terrain

Un autre risque susceptible de toucher le territoire Aix Marseille Provence est le risque de mouvement de terrain. D'origine naturelle ou anthropique selon le type de risque (chutes de pierres et éboulements, affaissements liés à la présence d'anciennes mines et carrières, phénomène de gonflement-retrait des argiles), il est à surveiller de près, notamment à cause du changement climatique qui risque d'accroître ces phénomènes.

De nombreuses communes de la métropole sont classées à risque de mouvement de terrain de surface (chutes de pierres et éboulement) ou souterrain (effondrement, retrait gonflement des argiles).

Selon la base de données nationale des mouvements de terrain, 70% sont d'origine naturelle, et 30% sont d'origine anthropique. Face à ces menaces, des PPR mouvement de terrain ont été prescrits et approuvés sur plusieurs communes du territoire. Ces PPR peuvent être liés aux risques de chutes de blocs, aux retraits gonflements des argiles, aux risques d'affaissements, de coulées de boues.

Certaines communes sont également visées par des arrêtés de catastrophes naturelles, principalement liés au risque retrait gonflement des argiles – vides souterrains.

Les arrêtés de catastrophes naturelles sont des dispositifs d'indemnisation reposant en particulier sur la mise en place des PPR.

La réalisation de cartes d'aléa concernant ces phénomènes est utile à la prévention et à la mise en œuvre d'action pour lutter contre le risque mouvement de terrain.

Risque effondrement

A l'Ouest de la métropole se trouvent d'anciens travaux miniers des concessions de Vèdes, Liquette, Bassan, la Fare et Coudoux. Les aléas miniers résiduels mis en évidence sont de niveau faible à moyen et sont liés aux mouvements de terrain (effondrement localisé, tassement), à l'émission de gaz de mine, à l'échauffement et à la pollution des eaux.

Un risque d'affaissement concerne les communes d'Allauch, Gémenos, Marseille et Roquefort-la-Bédoule, du fait d'anciennes galeries souterraines mal connues qui parcourent le sous-sol. Le risque naturel s'explique par les cavités existantes d'origine naturelle, notamment présent en contre fort des massifs (Saint-Cyr, Etoile, Garlaban, Sainte Baume, Regagnas, ...) et sur les versants des crêtes (Crête du Cavaouet, à Allauch et Plan-de-Cuques).

Une grande partie des sites n'a pas fait l'objet de travaux de mise en sécurité et n'a été que partiellement recensée. Elle laisse donc place à des cavités profondes qui génèrent un risque non négligeable. L'urbanisation a pu s'y développer sans que la mesure du risque n'ait pu être évaluée. Un accident a déjà été recensé en 1963, il s'agissait de l'effondrement du tunnel de Rove.

Les cavités d'origine anthropique, comme les mines et les carrières, sont présentes sur des kilomètres de galeries souterraines sur le territoire.

D'anciennes carrières de gypse sont présentes à Auriol, Aubagne ou encore Roquevaire, et des carrières de pierre à ciment à Belcodène et Peypin.

Risque retrait-gonflement des argiles

Le risque retrait-gonflement des argiles concerne l'ensemble du territoire, il est particulièrement fort à l'Est (Pays d'Aix par exemple). Ce risque est également fort à Marseille, Gignac-la-Nerthe, Sausset-les-Pins, Ensues-la-Redonne et le Rove.

Face au changement climatique et à l'intensification des phénomènes extrêmes de pluie et de sécheresse, il y a une probabilité d'accroissement de risque.

Risque éboulement

Le risque d'éboulement est causé par l'érosion naturelle du littoral inférieure à 10 cm par an au niveau du littoral marseillais. Il touche principalement les falaises (calanques, falaise de Notre Dame, ...).

Risque chute de bloc, risque coulée boueuse

Le risque de chute de bloc existe sur le territoire. Il est principalement présent au niveau de massifs au Sud-Est de la zone ainsi que sur les Cuestas de Vitrolles (coté occidental du massif de l'Arbois). Le risque coulé de boue se répartit à la même localisation que le risque de chute de blocs.

15.1.3 Le risque sismique

Le classement en zone de sismicité est précisé par les arrêtés du 22 octobre 2010 et du 26 octobre 2011.

Il s'accompagne de règles de construction parasismiques. Sur le territoire Aix Marseille Provence, le risque sismique se situe entre 2 à 4 (faible à moyen) selon les communes.

Le Nord de la métropole est classé en zone de sismicité 4 (moyenne) (concerne une trentaine de communes), et en zone de sismicité 3 (modérée) en allant vers le Sud et au niveau du contour de l'étang de Berre. Le Sud-Est du territoire ainsi que l'extrémité Sud-Ouest (Port-Saint-Louis-du-Rhône) sont classés en zone de sismicité 2 (faible).

Des PPR concernant le risque sismique ont été prescrits ou approuvés pour certaines communes de la métropole (cf. carte sismicité). Ceux-ci peuvent imposer des règles de construction plus adaptées que celles prévues par la réglementation nationale (zone de sismicité), des prescriptions techniques visant à l'adaptation ou au renforcement de bâtiments existants.

Au Nord de la commune, 5 arrêtés « catastrophes naturelles » pour cause de séisme ont été mis en place.

15.1.4 Le risque incendie

Particulièrement exposée aux feux de forêt de par la nature de ses boisements, la métropole a connu 2 200 départs de feu en 10 ans (Cf. Figure 23633). Concernant la plupart des communes, le risque feu de forêt est exacerbé par le couvert végétal composé principalement de pins d'Alep et de garrigue (particulièrement inflammable et combustible), par les conditions climatiques et météorologiques (soleil, sécheresse, vent), par l'urbanisation développée jusqu'en piémont des massifs et par les différents usages et pratiques au sein de ces espaces.

Le territoire comprend à un véritable réseaux de Défense des Forêts Contre les Incendies : la Figure 236 localise les pistes et les points d'eau DFCI.

Le risque incendie est calculé à partir des boisements existants : en région méditerranéenne, les zones de contact entre l'urbanisation et les massifs forestiers (interfaces habitat-forêt) sont très fortement vulnérables aux incendies de forêt et concentrent également la plupart des départs de feu.

En étendant la superficie de chaque massif forestier jusqu'à 200 mètres au-delà du massif, on obtient un ensemble d'espaces exposés aux risques d'incendie de forêt qui représente 46% de la surface des Bouches-du-Rhône et touche 110 des 119 communes du département

Le porté à connaissance de l'état, daté du 23 mai 2014, détaille ainsi les communes concernées par le risque incendie dans les Bouches du Rhône (Cf. Figure 234).

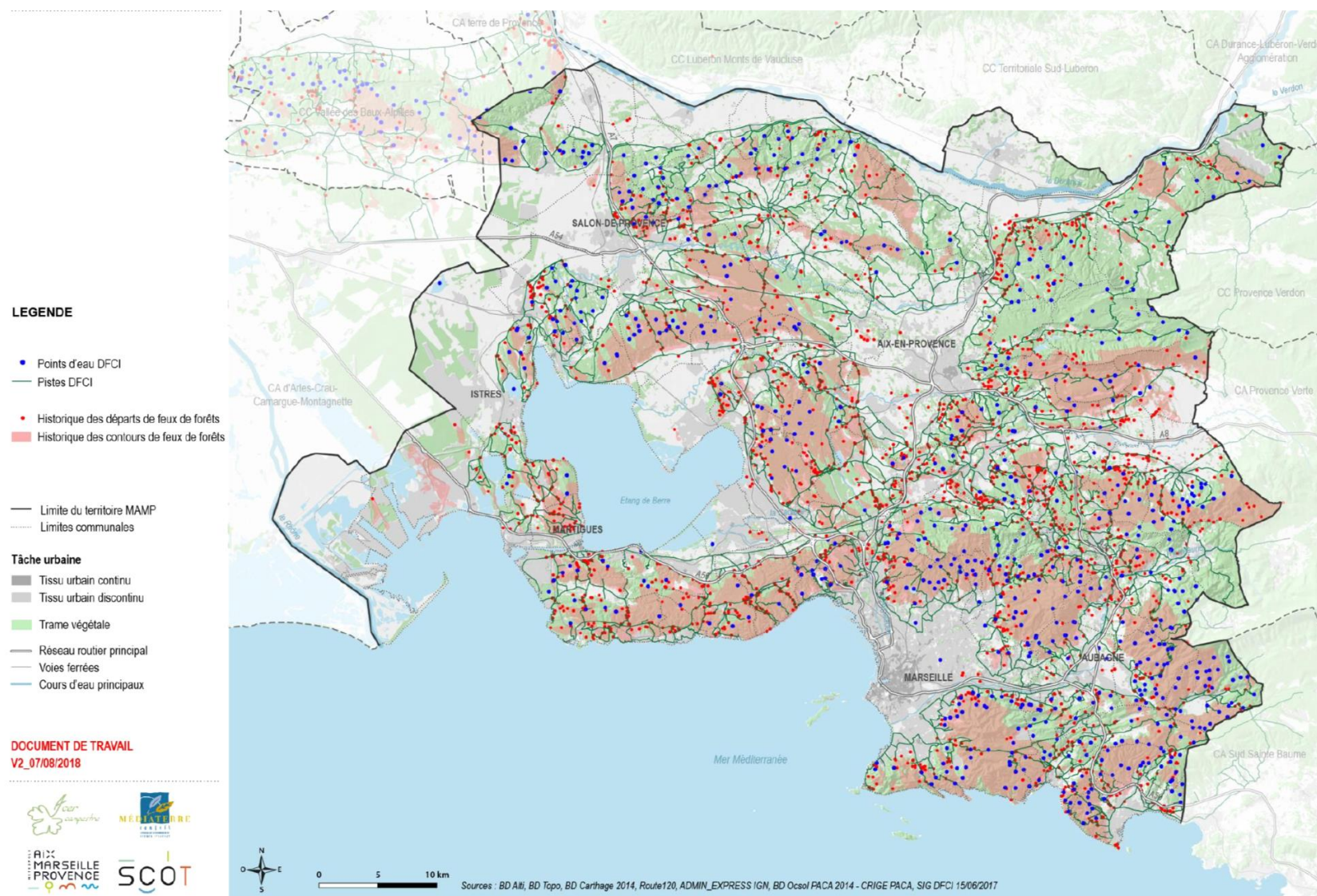


Figure 236 : DFCI et départs de feux de forêts



Communes concernées par le Porter-à-connaissance de l'Etat du 23 mai 2014 relatif au risque incendie de forêt

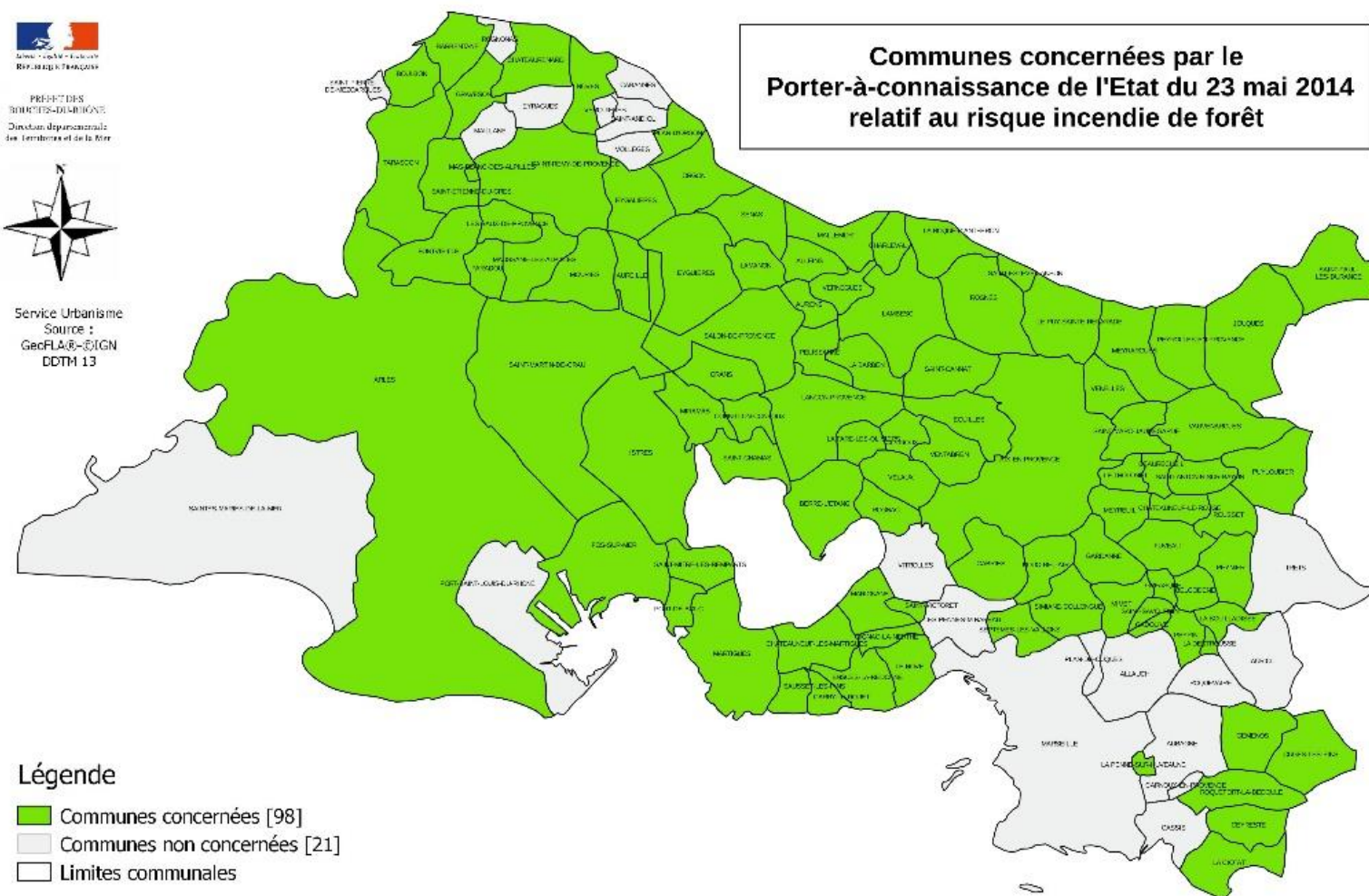


Figure 237 : Plan de zonage du porter à connaissance de l'Etat du 23 mai 2014 relatif au risque incendie
Source : DDTM Bouches-du-Rhône

Les PPRIF, Plan de Prévention du Risque Incendie de Forêt, permettent de délimiter les zones concernées par le risque et d'y définir ou d'y prescrire des mesures de prévention. Il définit 5 zones en fonction de l'aléa, de la zone blanche à la zone rouge où l'aléa d'incendie de forêt est moyen à exceptionnel. Dans la zone rouge, le principe est la mise en sécurité des constructions et activités existantes, et l'interdiction de toute construction ou activité nouvelle.

Sur le territoire, les communes ayant un PPRIF prescrit ou approuvées se regroupent principalement au niveau du Sud-Est et concerne les communes d'Auriol (approuvé en 2013), Aubagne, Carnoux-en-Provence (approuvé en août 2014), Roquevaire, Les Pennes-Mirabeau (approuvé en mai 2018), Marseille (approuvé en août 2018), Trets (approuvé en août 2016) et Vitrolles.

Des PIDAF (Plans Intercommunaux de Débroussaillage) et des ZAPEF (Zones d'Accueil du Public en Forêt) concernent plusieurs massifs du territoire.

Le PIDAF est un document de planification relatif à l'aménagement et à l'équipement d'un massif forestier en vue de prévenir les risques d'incendies et de lutter contre eux de manière efficace. Le débroussaillage est indispensable pour la sécurité de tous et obligatoire. Il protège les habitants et les habitations en permettant une rupture du combustible végétal, et protège également la forêt en limitant les départs de feu accidentel à partir d'une propriété. Le débroussaillage ralentit la progression du feu en le transformant en simple feu courant, il diminue sa puissance et les émissions de chaleur et de gaz. Des PIDAF sont en place sur les 20 massifs forestiers que compte le territoire : Alpilles, Arbois, Chaîne des côtes Trévaresse, Les Roques, Point de Rhaud, Quatre Termes, Lançon - La Fare - Saint Chamas, Les Etangs, Côte bleue, Concors, Sainte Victoire, Montaignet, Etoile, Regagnas Nord, Regagnas Sud, Garlaban, Ouest Sainte Baume, Marcoulène, Calanques, Cap Canaille (Cf. Figure 235).

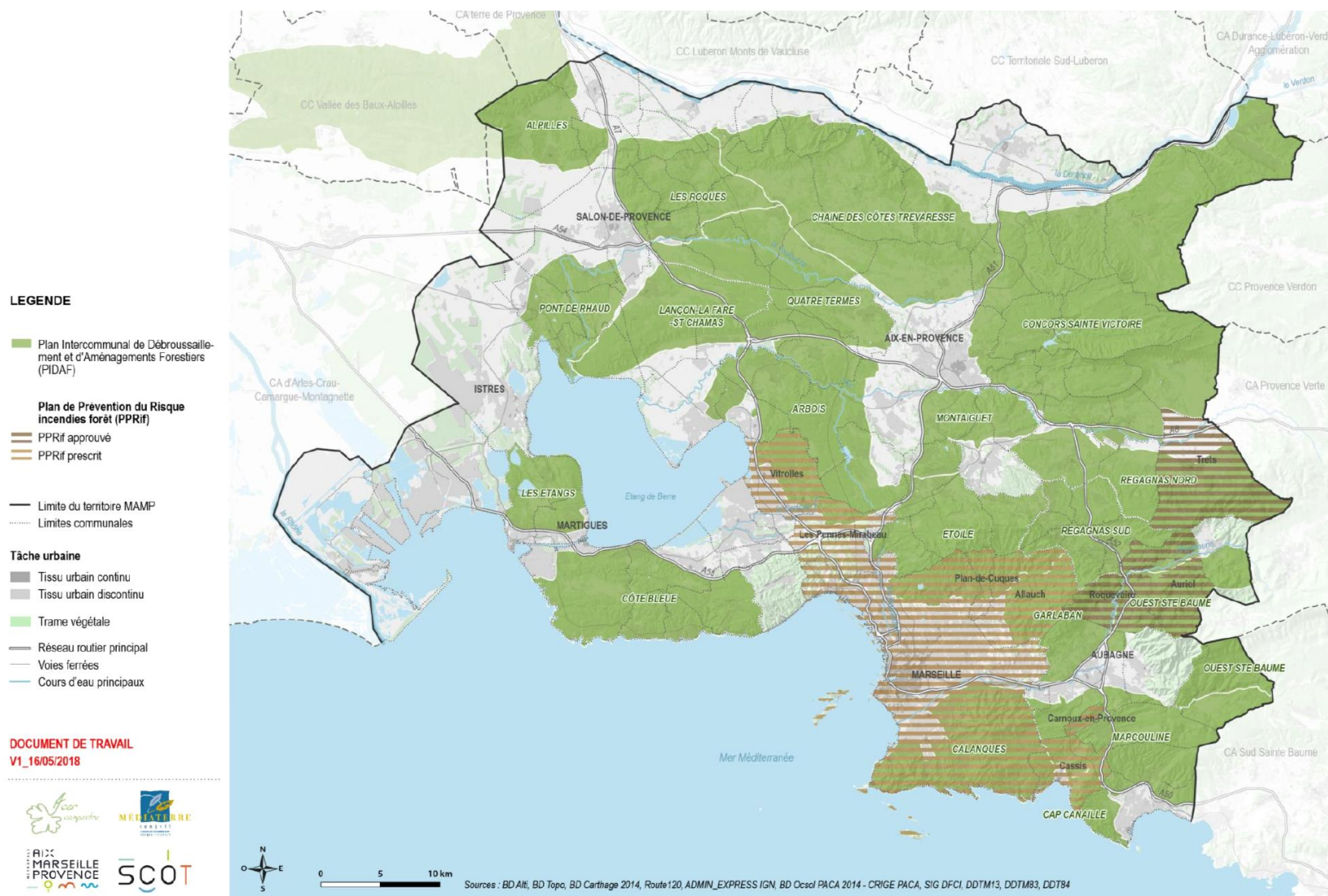


Figure 235 : Localisation des périmètres couverts par les PPRIF et les PIDAF

Des ZAPEF sont des espaces mis en sécurité vis-à-vis du risque incendie pour être utilisés de façon collective à des fins de loisirs durant l'été. Plusieurs d'entre elles sont réparties sur la métropole (1 à Velaux, 16 sur le bassin est de Marseille, 7 à Auriol, Aubagne, Cuges-les-Pins, Gréasque, ...). Ces zones sont accessibles jusqu'au niveau de danger « rouge ».

Des Plans de Massif existent également pour lutter contre le risque feux de forêt. Ceux-ci considèrent l'aménagement forestier dans sa globalité : prévention du risque incendie mais aussi changement climatique, préservation du paysage, de la biodiversité, pastoralisme, accueil du public, filière bois-énergie, programme de travaux pour la coupe des combustibles et l'amélioration de l'accès des secours... Les 2 plans de massifs en place sur la métropole sont le plan de massif Sud Régagnas, et le plan de massif Ouest Sainte-Baume. Un autre plan est en cours d'élaboration sur le Garlaban et remplacera à terme le PIDAF.

Un autre moyen de limiter le risque incendie est le sylvopastoralisme. Il est expérimenté sur les massifs de Garlaban et de la Sainte-Baume. C'est un outil de gestion des espaces naturels qui contribue efficacement à la lutte contre le risque d'incendie (diminution des végétaux combustibles), et à l'ouverture des milieux naturels et des paysages

15.1.5 Les enjeux et tendances d'évolution au sein du territoire Métropolitain

Les enjeux les plus importants sur le territoire de la métropole sont les enjeux autour du risque inondation. Ce sont ainsi près de 100 000 personnes qui sont exposées à un risque inondation avéré, auquel s'ajoute le risque induit par l'érosion des côtes qui menace une partie de la frange littorale.

Le risque incendie est également conséquent puisqu'il est présent sur la majeure partie du territoire.

Par ailleurs, l'urbanisation des secteurs situés au contact des espaces de nature (fonds de vallées, zones inondables, franges des massifs forestiers) a incontestablement accru la vulnérabilité des personnes ou des biens.

La consommation d'espace entre 2006 et 2014 a concerné à 60% les ensembles végétalisés arbustifs et herbacés (landes, broussailles, garrigues). Environ 376 hectares de boisement (41% du total) ont été détruits, affectant tous les types de forêts. L'urbanisation a ainsi gagné les piémonts des principaux massifs (Etoile, Garlaban, Sainte-Baume, sainte Victoire) qui sont pourtant essentiels à la régulation des risques naturels (stabilisation des versants en milieu méditerranéen notamment).

La pression urbaine tend également à la réduction des zones agricoles et donc à une exposition de la population au risque incendie. Cette forte imbrication des espaces urbains et naturels rend ce territoire particulièrement vulnérable aux risques incendie.

La pression urbaine tend également à une amplification du risque inondation par l'imperméabilisation des sols.

Les risques naturels sont aussi amplifiés par les conséquences du changement climatique. La montée du niveau de la mer, estimée à 1 mètre d'ici 2 100 d'après les experts du GIEC (groupement d'experts environnemental sur l'évolution du climat) devrait se traduire par des submersions marines plus fréquentes.

Les secteurs de côtes basses sont particulièrement vulnérables : littoral à l'Ouest du territoire affilié à la Camargue, rives de l'étang de Berre, embouchure naturelle de l'Huveaune.

Le changement climatique pourrait engendrer également des périodes de sécheresse successives de plus en plus intenses risquant d'aggraver la vulnérabilité de la forêt méditerranéenne aux incendies. Une réduction de la durée d'efficacité des opérations de débroussaillage en raison de l'accroissement de la biomasse pourra être observée, ainsi qu'une baisse de la productivité de la végétation défavorisant les formations hautes. L'alternance entre périodes sèche intense et pluvieuse tendrait également à plus de risque concernant le retrait-gonflement des argiles (mouvement de terrain). La méconnaissance de toutes les galeries souterraines existantes pourrait également conduire à un risque de mouvement de terrain (rupture de cavités souterraines).

Les conséquences du changement climatique sur l'accroissement des risques naturels, bien que difficile à évaluer, n'en sont pas moins indéniables et impactent les phénomènes d'inondation, d'incendie et de mouvement de terrain (gonflement retrait des argiles, éboulement liés à l'érosion des côtes rocheuses).

15.2. Risques technologiques

15.2.1 Les risques industriels

Les risques industriels sont dus aux ICPE et en particuliers aux installations classées SEVESO.

Le classement SEVESO est lié à la présence sur le site de certaines substances dangereuses en quantités importantes. Deux types d'installations SEVESO sont distingués par ordre d'importance croissant sur le plan du potentiel des dangers :

- Les installations SEVESO dites « seuil bas » : elles font l'objet de contraintes supplémentaires par rapport aux ICPE soumises à simple autorisation (recensement régulier des substances présentes dans l'établissement, politique de prévention des accidents majeurs, étude de dangers renforcée, démarche de réduction des risques à la source...) ;
- Les installations SEVESO dites « seuil haut » ou « AS » (Avec Servitudes) : cette catégorie correspond aux installations soumises à autorisation avec servitudes d'utilité publique pour la maîtrise de l'urbanisation.

Nature du risque ou de la nuisance	Classement ICPE	Classement Seveso
Nuisance ou risque faible	Déclaration (D)	-
Nuisance ou risque modéré	Enregistrement (régime Autorisation simplifié) (E)	-
Nuisance ou risque important	Autorisation (A)	-
Risque important	Autorisation (A)	Seuil bas
Risque majeur	Autorisation avec servitude d'utilité publique (AS)	Seuil haut

Tableau 15 : Tableau de correspondance entre l'ampleur du risque et le classement ICPE ou SEVESO

La Figure 238 présente les sites SEVESO présents au sein du territoire de la métropole.

Synthèse – enjeux et préconisation en lien avec le PCAEM :

Les risques les plus importants sont le **risque inondation** (qui concerne 100 000 personnes sur le territoire de la Métropole) et le **risque incendie** (avec 2 200 départs de feu en 10 ans).

Les risques naturels sont amplifiés par les conséquences du changement climatique.

La montée du niveau de la mer devrait se traduire par des submersions marines plus fréquentes.

Le changement climatique pourrait engendrer également des périodes de sécheresse successives de plus en plus intenses risquant d'aggraver la vulnérabilité de la forêt méditerranéenne aux incendies.

Les conséquences du changement climatique sur l'accroissement des risques naturels, bien que difficile à évaluer, n'en sont pas moins indéniables et impactent les phénomènes d'inondation, d'incendie et de mouvement de terrain (gonflement retrait des argiles, éboulement liés à l'érosion des côtes rocheuses).

59 sites SEVESO sont dénombrés au sein de la métropole : 38 sites Seveso seuil Haut et 21 sites Seveso seuil Bas.

Les sites SEVESO sont principalement situés autour de l'Etang de Berre :

- Au Nord-Est de l'Etang sur les communes de Rognac et de Berre-l'Etang ;
- A l'Est sur les communes de Vitrolles, Cabriès, Marignane et Châteauneuf-les-Martigues ;
- Au Sud sur la commune de Martigues ;
- A l'Ouest à Fos-sur-Mer et à Port-Saint-Louis du Rhône.

Plusieurs d'entre elles font l'objet d'un Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRt).

Les plans de prévention des risques (PPRt) poursuivent un but préventif et ont pour principal objet de réglementer l'urbanisme dans des zones exposées à des risques technologiques majeurs. Les 3 objectifs principaux d'un PPRt sont :

- délimiter les zones exposées aux risques et, en fonction de la nature et de l'intensité du risque encouru, limiter ou interdire toute construction ;
- délimiter les zones non directement exposées aux risques mais où certains aménagements pourraient provoquer une aggravation des risques ou une apparition de nouveaux risques ;
- définir les mesures de prévention, de protection ou de sauvegarde qui doivent être mises en oeuvre dans les zones directement ou indirectement exposées.

Les PPRt ont pour objet de réglementer l'urbanisme dans des zones géographiques exposées à des risques technologiques. Ils visent à définir, dans la concertation, des règles d'utilisation des sols compatibles avec l'activité de l'installation classée.

Au sein du territoire de la métropole, 9 sites industriels font l'objet d'un PPRt. Il s'agit des sites de :

- ArcelorMittal Méditerranée à Fos-sur-Mer ;
- Arkema à Marseille ;
- Brenntag Méditerranée à Vitrolles ;
- Butagaz à Rognac ;
- Compagnie de distribution des hydrocarbures à Rognac ;

- Deulep à Port-Saint-Louis du Rhône ;
- EPC France à Cabriès
- LYONDELLBASELL SERVICES à Berre l'Etang ;
- POLE PETROCHIMIQUE DE BERRE à Berre l'Etang.

15.2.2 Les autres risques

15.2.2.1 Les risques liés aux ruptures de barrages

Il y a 13 barrages au sein du territoire de la métropole. Le barrage de Bimont, d'une capacité de 14 millions de m³ est doté d'un Plan Particulier d'Intervention (PPI).

Chaque barrage de plus de 20 m de hauteur et de capacité supérieure à 15 hm³ fait l'objet d'un plan particulier d'intervention (PPI) qui s'appuie sur les dispositions générales du plan ORSEC départemental et précise notamment les mesures spécifiques relatives :

- à l'information et à la protection prévues au profit de la population et, le cas échéant, les schémas d'évacuation éventuelle et les lieux d'hébergement
- à la diffusion immédiate de l'alerte aux autorités par l'exploitant et, en cas de danger immédiat, aux populations voisines

Ce plan s'appuie sur la carte du risque et sur des dispositifs techniques de surveillance et d'alerte. Après avis du Comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques sur les documents techniques préparatoires à l'établissement du PPI, celui-ci est arrêté par le préfet et préparé par les services de l'État chargés de la protection civile. Certains dispositifs techniques, en particulier au niveau du barrage, restent à la charge du gestionnaire de l'ouvrage.

Ce plan identifie trois zones en aval d'un barrage suivant l'intensité de l'aléa. La zone de proximité immédiate peut être submergée dans un délai ne permettant qu'une alerte directe des populations par l'exploitant ; la population doit l'évacuer dès l'alerte donnée. Dans la zone d'inondation spécifique, la submersion est plus importante que celle de la plus grande crue connue. Dans la troisième zone (zone d'inondation), la submersion est généralement moins importante.

La zone Ouest du périmètre d'étude est également concernée par un autre PPI : celui du barrage de Serre-Ponçon. La carte suivante présente les différentes ondes des barrages soumises à PPI au sein de la région Sud-PACA.

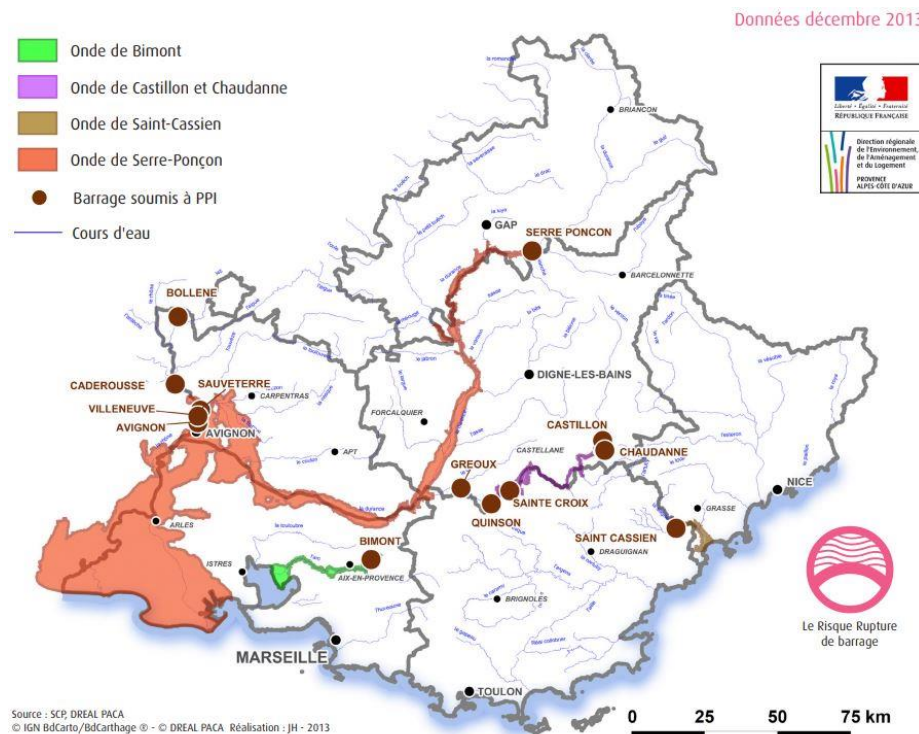


Figure 239 : Ondes des barrages soumises à PPI au sein de la région Sud-PACA

15.2.2.2 Les risques liés aux transport de marchandise

Une matière dangereuse est une substance qui peut présenter un danger grave pour l'Homme, les biens ou l'environnement, par ses propriétés physiques ou chimiques, ou encore par la nature des réactions qu'elle est susceptible de provoquer. Elle peut être inflammable, toxique, explosive, corrosive ou radioactive.

Les réglementations concernant les TMD sont gérées, pour la route et la voie d'eau, par la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies, qui siège à Genève et, pour le fer, par l'Organisation des Transports Internationaux Ferroviaires, qui siège

à Berne. Ces organismes ont élaboré une réglementation internationale, harmonisée pour tous les modes de transports (air, terre, mer).

Le transport routier de matières dangereuses est encadré par l'accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route appelé aussi ADR (*European agreement concerning the international carriage of dangerous goods by road*).

Le transport ferroviaire international de matières dangereuses est encadré par l'Appendice C de la Convention relative aux Transports Internationaux Ferroviaires (COTIF) appelé Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses dit RID7 (*Regulations concerning the International carriage of Dangerous goods by rail*).

Le transport fluvial de matières dangereuses est réglementé par l'ADN (Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par voie de Navigation intérieure).

Le transport de matière par canalisation ne relève pas de la réglementation TMD.

Les Figures 238 et 239 présentent le risque TMD respectivement à l'échelle de la région Sud-PACA et du département des Bouches du Rhône.

TRANSPORT DE MATIÈRES DANGEREUSES (TMD) PAR VOIES TERRESTRES

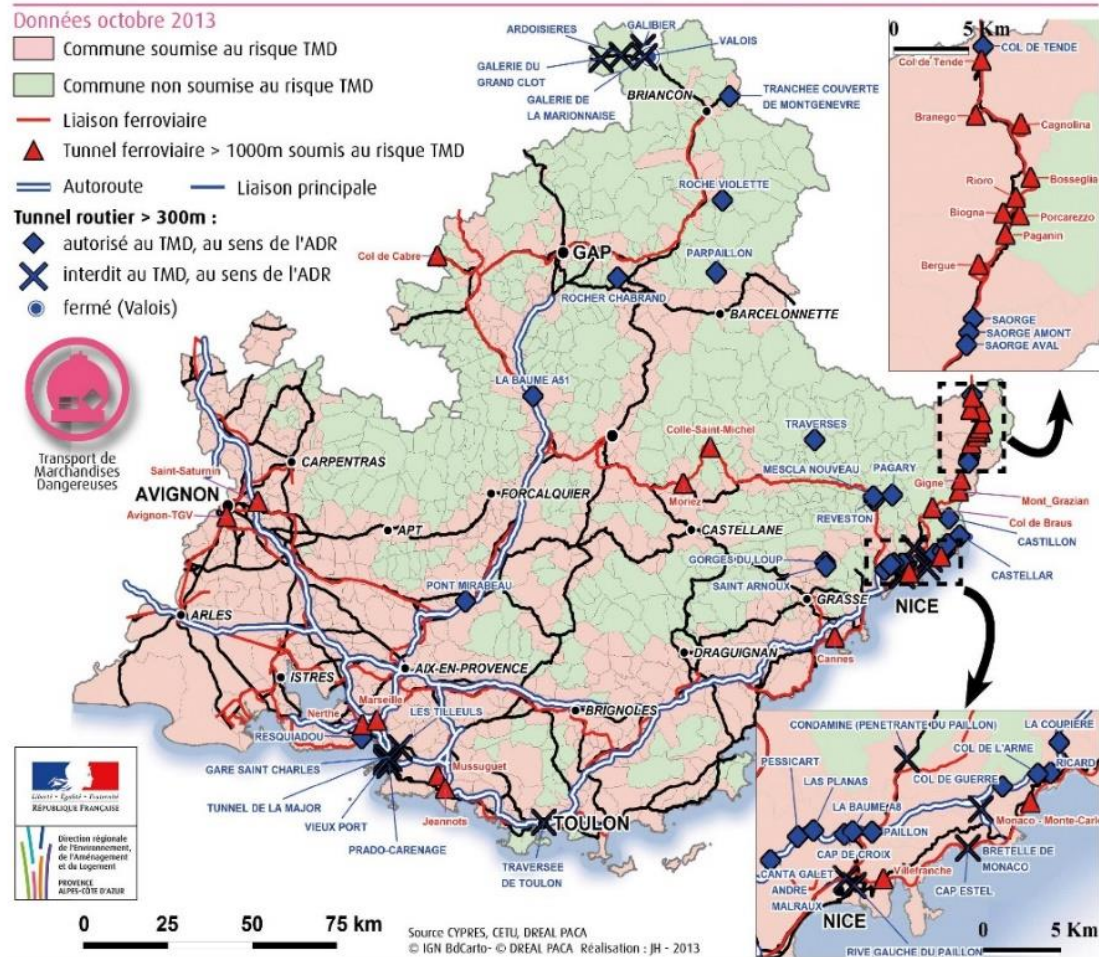


Figure 240 : Transport de Matières dangereuses sur la région PACA

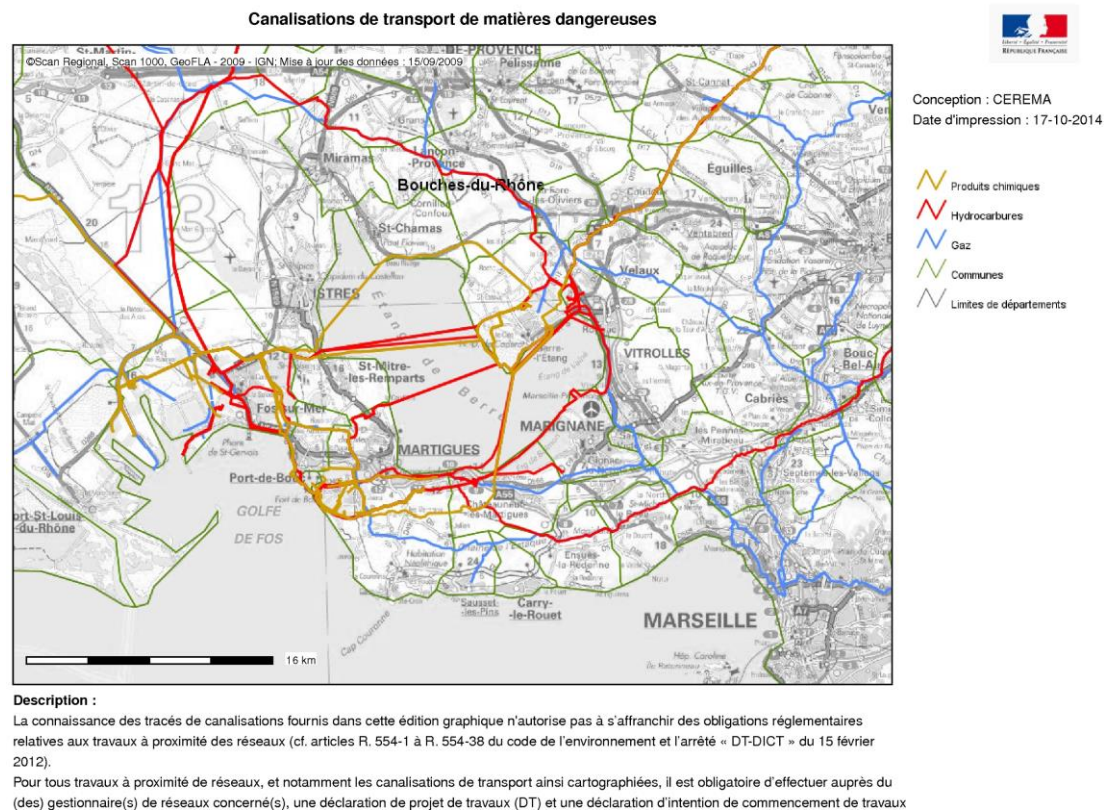
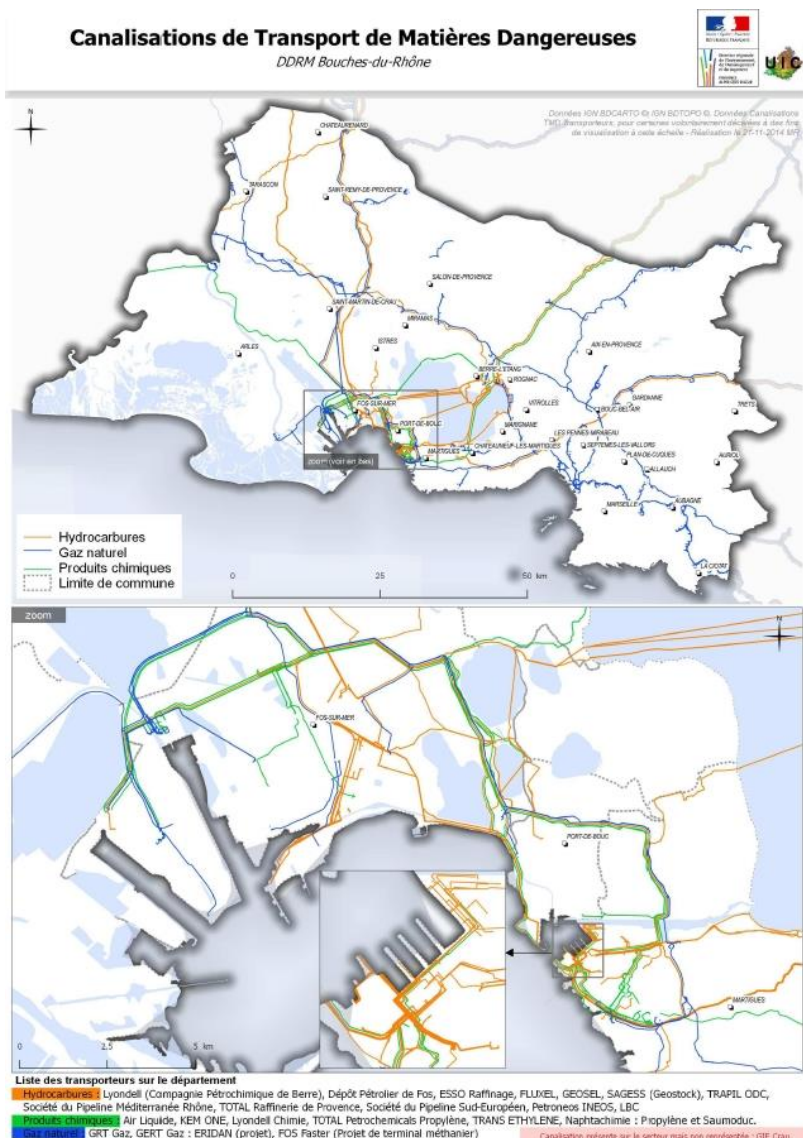


Figure 239 : Cartographie des canalisations de Transport de Matière Dangereuses Bouches du Rhône et zoom sur la zone de Fos – Étang de Berre

15.2.2.3 Pollution du sol

Les sites et sols pollués connus sont référencés sur 2 bases de données les bases de données émanant du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire :

- BASOL, répertoriant les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif ;
- BASIAS, inventaires historiques régionaux des sites industriels et activités de service.

Ils sont localisés sur la Figure 240.

116 sites BASOL ont été recensés sur la Métropole Aix-Marseille-Provence, mais ils sont concentrés dans certaines zones du territoire. La majeure partie de ceux-ci a été étudiée et traitée mais possède des restrictions d'usages.

L'Étang de Berre est une zone aux enjeux particuliers. En effet, les industries qui y exercent leurs activités depuis les années 1950 ont rejetées un certain nombre de substances toxiques dans le milieu, contaminant les sédiments où les polluants s'accumulent (en particulier les métaux lourds). Il existe donc un risque que ceux-ci soient relargués et dispersés dans l'environnement. 32 sites BASOL ont été ainsi recensés, concentrés dans les zones industrielles de Martigues et Fos (Martigues, Port-de-Bouc, Fos-sur-Mer, Port-Saint-Louis, Istres et Miramas). L'Étang de Bolmon est soumis aux mêmes perturbations, mais dans une moindre mesure.

Le territoire Marseille-Provence possède également un grand nombre de sites et sols pollués, avec 57 sites BASOL recensés. Il y existe plusieurs sites mis en sécurité et devant faire l'objet d'un diagnostic, avec par exemple 260 ha de sites dans le Sud de Marseille, dont une certaine partie est sans propriétaire.

Les communes d'Aubagne, de Rognac et de Berre l'Étang sont aussi particulièrement sous l'influence de ces sites et sols pollués.

De plus, les connaissances concernant l'état des pollutions sont parfois incomplètes, et nécessiteraient des études plus approfondies.

Mis à part ces zones où les sols sont très vulnérables et pollués, le reste du territoire métropolitain est plutôt soumis à des pollutions ponctuelles, comme le territoire du Pays d'Aix.

Plus de 4000 sites BASIAS existent sur le territoire métropolitain. Même s'ils ne correspondent pas forcément à des sols avérés pollués, ils permettent de localiser les activités pouvant impacter l'état des sols. La plus grande partie de ces sites se retrouvent dans la ville de Marseille, avec plus de 2700 référencements, mais aussi sur Aix-en-Provence, Pertuis et Vitrolles.

Synthèse – enjeux et préconisations en lien avec le PCAEM :

Le risque technologique lié aux sites industriels est fort sur le territoire de la métropole. Il se localise principalement autour de l'étang de Berre et à Fos-sur-Mer. Le faible nombre de PPRT rend cet enjeu important.

Présence du risque nucléaire avec 4 sites et du risque de rupture de barrage avec 13 barrages. Nombreux sites et sols potentiellement pollués dans les zones urbaines.

Le changement climatique peut aggraver ces risques technologiques avec notamment l'augmentation du niveau de la mer qui peut impacter les sites industriels sensibles situés sur la côte.

Les fortes chaleurs peuvent également avoir un impact sur le transport de matière dangereuse : elles peuvent engendrer des déformations de chaussée et donc accentuer ce risque.

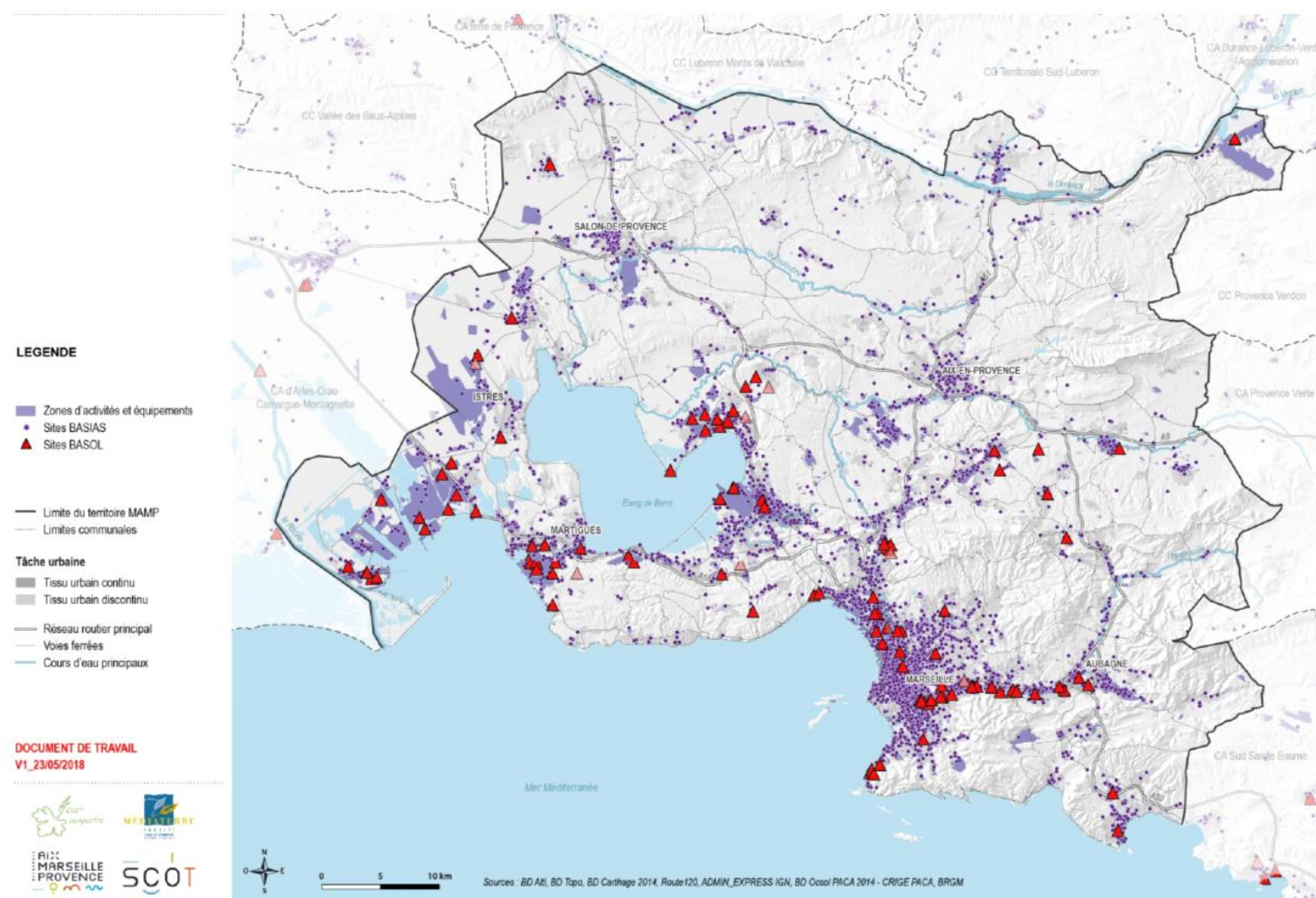


Figure 240 : Localisation des sites et sols potentiellement pollués sur la Métropole

16 Synthèse et hiérarchisation des enjeux environnementaux

La synthèse et la hiérarchisation des enjeux doit permettre une première lecture synthétique visuelle : le choix du code couleur permet cela.

L'analyse de l'état initial du site et de son environnement a abouti à la connaissance des milieux concernés (le constat), nécessaire pour dégager les enjeux, les contraintes et les potentialités du site au regard des caractéristiques spécifiques de l'élaboration du PCAEM.

L'enjeu exprime le risque que l'on a de potentiellement impacter une thématique environnementale du fait de la réalisation du PCAEM.

	Thématique environnementale représentant un enjeu majeur
	Thématique environnementale représentant un enjeu modéré
	Thématique environnementale représentant un enjeu faible

Le tableau suivant présente le constat, les enjeux environnementaux et le niveau d'enjeu associé, ainsi que des préconisations pour l'élaboration du PCAEM.

THEMATIQUE	CONSTAT	ENJEU	Niveau d'enjeu	Leviers à actionner dans le cadre du PCAEM
Empreinte carbone	<p>En 2015, le territoire métropolitain émet 55% des émissions totales de GES de la région.</p> <p>Sur le territoire, le secteur industriel est le premier émetteur de GES (67% des émissions métropolitaines), suivi par le secteur des transports routiers, lui-même suivi par secteur résidentiel.</p> <p>La Métropole présente un potentiel de stockage de carbone important provenant des espaces forestiers et agricoles qui composent son territoire.</p>	<p>La réduction des émissions de GES pour l'ensemble des secteurs émetteurs au regard de leurs poids et de leurs potentiels de réduction.</p> <p>Le développement du gisement de séquestration de carbone organique dans les sols agricoles et forestiers de la Métropole.</p>		<p>Accompagner la réduction des émissions de GES sur l'ensemble des secteurs émetteurs, au travers des différentes politiques de la Métropole (Habitat, Mobilité, Développement économique, etc.).</p> <p>Préserver les surfaces agricoles et forestières afin de ne pas réduire les capacités de séquestration du carbone organique présentes sur la Métropole.</p>

THEMATIQUE	CONSTAT	ENJEU	Niveau d'enjeu	Leviers à actionner dans le cadre du PCAEM
Energie	<p>Les consommations énergétiques métropolitaines représentent 47% des consommations énergétiques de la région.</p> <p>Les 3 secteurs d'activités que sont l'industrie, les transports et le résidentiel se répartissent près de 90% de la consommation énergétique totale du territoire. L'industrie à elle seule représente plus de la moitié de ce bilan (52%).</p> <p>La Métropole AMP est un territoire encore fortement dépendant des importations d'énergie : en 2015, elle produit seulement (hors branche énergie) 14% de l'énergie qu'elle consomme (fossile et renouvelable).</p> <p>La production d'énergie d'origine renouvelable au sein de la Métropole représente seulement 4% de la consommation finale d'énergie du territoire métropolitain.</p> <p>De nombreuses filières d'énergies renouvelables sont à ce jour très largement inexploitées.</p>	<p>La valorisation de l'ensemble des gisements d'efficacité énergétique présents sur le territoire (process industriel, évolution des parts modales, maîtrise de la demande en énergie du bâti résidentiel et tertiaire, usages, comportements).</p> <p>Le développement de la part des énergies renouvelables et de récupération dans le mix énergétique métropolitain.</p> <p>Le développement des capacités de stockage de l'énergie, gage de développement des EnR.</p>		<p>Identifier et engager l'ensemble des actions contribuant à la maîtrise de la demande en énergie sur le territoire et ce sur l'ensemble des principaux secteurs consommateurs du territoire.</p> <p>Développer de manière conjointe l'ensemble des filières EnR-R présentes sur le territoire selon une approche différenciée par les usages.</p> <p>Porter une attention particulière aux enjeux de développement des réseaux de distribution de l'énergie qui assurent un maillage territorial susceptible de faciliter l'évolution du mix énergétique.</p>

THEMATIQUE	CONSTAT	ENJEU	Niveau d'enjeu	Leviers à actionner dans le cadre du PCAEM
Vulnérabilité aux effets du changement climatique	<p>Le territoire métropolitain est une zone déjà particulièrement touchée par le changement climatique et déjà impactée par des aléas climatiques extrêmes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la température moyenne de + de 1°C en 30 ans , - Augmentation du nombre de journées et de nuits chaudes et notamment de nombre de jours de vagues de chaleur, - Allongement de la période estivale, - Accroissement du risque d'inondation, - Augmentation des périodes de sécheresse, - Augmentation du risque incendie... <p>Ces conditions environnementales, et en particulier la hausse des températures, augmenteront les risques socio-sanitaires (maladies infectieuses, allergies, pollution de l'air...) et ce, davantage en milieu urbain, où se situent en majorité les personnes les plus vulnérables.</p> <p>Les changements climatiques affecteront également les milieux naturels (impacts sur la faune et la flore, développement des espèces invasives, augmentation du risque incendie...) et, les activités économiques déjà vulnérables (tourisme, pêche...).</p>	La réduction de l'exposition et de la sensibilité (et donc de la vulnérabilité) du territoire, des activités et des personnes le composant aux effets du changement climatique		<p>Déployer des actions de mise en alerte, d'éducation et d'adaptation progressive des activités économiques ; et gérer le rafraichissement pour faire face aux impacts générés par le changement climatique.</p> <p>Adapter les infrastructures métropolitaines et les documents d'urbanisme (plannification et opérationnel) pour faire face aux aléas du changement climatique.</p> <p>Préserver et gérer la ressource en eau en étant proactif en terme d'arbitrage de l'utilisation de la ressource et d'équipements en économie d'eau.</p> <p>Mettre en œuvre des plans de préservation et de suivi de la biodiversité, afin de mieux contrôler son impact sur les activités économiques humaines.</p>

THEMATIQUE	CONSTAT	ENJEU	Niveau d'enjeu	Leviers à actionner dans le cadre du PCAEM
Qualité de l'air	<p>En 2017, 33 épisodes de pollution ont eu lieu sur la région Sud-PACA, dont 22 ont touché spécifiquement la Métropole.</p> <p>En 2016, sur le territoire métropolitain, 71 000 personnes sont exposées à des teneurs supérieures aux valeurs limites d'oxydes d'azotes et environ un millier est exposé à des teneurs supérieures aux valeurs limites de PM10.</p> <p>Le secteur industriel est le principal contributeur aux émissions de polluants atmosphériques sur le territoire, suivi par les transports (et notamment les transports maritimes et surtout la logistique), puis le secteur résidentiel (notamment en raison du chauffage au bois)</p>	La réduction d'une part des émissions de polluants à la source et la réduction de l'exposition de la population à ces mêmes polluants.		<p>Réduire les émissions de polluants en accompagnant l'évolution des process industriels et en favorisant le report modal et/ou la réduction du besoin de déplacement.</p> <p>Pendre en compte les risques sanitaires dans les politiques d'aménagement afin de réduire l'exposition des populations sur les zones présentant les plus importantes concentrations.</p>

THEMATIQUE	CONSTAT	ENJEU	Niveau d'enjeu	Leviers à actionner dans le cadre du PCAEM
Nuisances sonores	<p>Les transports terrestres (routes et voies ferrées) sont les principales sources de nuisances sonores sur le territoire métropolitain.</p> <p>Sur les territoires de Marseille Provence, du Pays d'Aix et d'Aubagne, 9% de la population est exposée à un bruit routier supérieur aux seuils réglementaires. Le territoire de Marseille Provence est fortement affecté par le bruit ferré. Le nombre de personnes exposées à un dépassement du seuil réglementaire est équivalent pour les deux sources sur la période de nuit.</p>	<p>La maîtrise des nuisances à la source</p> <p>La réduction de la part de population exposée aux nuisances sonores, notamment celle dû aux transports terrestres.</p>		<p>Contribuer à une amélioration dans les zones soumises à des nuisances importantes (régulation/diminution du trafic routier).</p>
Milieux naturels	<p>La région méditerranéenne est un véritable hotspot de biodiversité. 50 % du territoire est en espace naturel, dont 55 % d'espaces naturels protégés. 43 % est en réservoir de biodiversité (SRCE).</p> <p>Un territoire avec un fort taux d'endémisme et de nombreuses espèces protégées.</p> <p>De nombreuses dégradations des fonctionnalités écologiques sont observées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - trame noire très fragmentée et perturbée, - fonctionnalité des cours d'eau et zones humides très dégradées, - ruptures de continuités écologiques terrestres et aquatiques. 	<p>Le développement urbain et des EnR sans consommation d'espaces naturels.</p> <p>La limitation des impacts du changement climatique sur les milieux naturels : <i>le changement climatique est une pression importante exercée sur les milieux naturels et les espèces (modifications de la répartition des espèces et des densités de populations, par un déplacement des habitats).</i></p>		<p>Préserver la biodiversité du territoire en limitant les effets du changement climatique.</p> <p>Améliorer la biodiversité en ville.</p> <p>Concilier énergie renouvelable et biodiversité.</p>

THEMATIQUE	CONSTAT	ENJEU	Niveau d'enjeu	Leviers à actionner dans le cadre du PCAEM
Ressources naturelles	<p>Les ressources en eaux souterraines sont en bon état quantitatif et chimique.</p> <p>L'état chimique et écologique est moyen, médiocre voire mauvais pour de nombreuses masses d'eaux superficielles.</p> <p>Le territoire dispose d'une agriculture diversifiée et de productions de qualité.</p> <p>La ressource forestière est importante mais est actuellement peu exploitée.</p> <p>Les gisements de matériaux extractibles sont remarquables et le sous-sol riche en calcaire.</p> <p>La fin d'autorisation d'exploitation de nombreuses carrières d'ici 2020, sur le territoire de la Métropole, entrainera un déficit en granulats.</p> <p>Les ressources solaire et thalassothermie sont importantes mais peu exploitées : 30% de la production énergétique totale de la Métropole provient d'énergie renouvelable.</p>	<p>La limitation des impacts du changement climatique sur les ressources (eau, forêt, ...)</p> <p>Le développement urbain et des EnR sans consommation d'espaces agricoles et forestiers</p> <p>Fort potentiel en énergie renouvelable sur le territoire (notamment solaire, biomasse et thalassothermie)</p>		<p>Optimiser la gestion de l'eau dans le contexte du changement climatique.</p> <p>Préserver et valoriser les sols du territoire.</p> <p>Améliorer la valorisation des ressources forestières.</p> <p>Augmenter la production énergétique provenant des énergies renouvelables dans le respect des espaces naturels et agricoles.</p> <p>Utiliser le bois des forêts pour réduire les productions de CO2 (substitution).</p>

THEMATIQUE	CONSTAT	ENJEU	Niveau d'enjeu	Leviers à actionner dans le cadre du PCAEM
Paysage	<p>La Métropole est un territoire avec un tissu pavillonnaire développé qui détériore la qualité paysagère existante, avec un grand étalement pavillonnaire mitant les paysages et les versants boisés.</p> <p>Les entrées de ville et les voies menant aux villes sont généralement de faible qualité paysagère.</p> <p>Un étalement urbain qui ne prend pas en compte la qualité paysagère existante : disparition, perte de qualité et de cohérence des paysages.</p> <p>Malgré une bonne protection des grands massifs, un effacement des structures linéaires (ripisylves, haies ...) est à regretter.</p> <p>Le poids des projets de requalification paysagère (par rapport à d'autres projets de grande ampleur) est difficile à porter.</p> <p>Le développement des Energies renouvelables est facteur de dégradation potentiel des paysages.</p>	<p>L'extension de l'urbanisation ou l'implantation d'EnR (aménagements qui ont un impact sur le paysage) sans consommation d'espaces naturels ou agricoles.</p>		<p>Intégrer les projets des énergies renouvelables dans les paysages (ex. le solaire, , ...).</p> <p>Requalifier les paysages urbains dans un contexte d'adaptation au changement climatique.</p>
Patrimoine	<p>Le patrimoine, en particulier le patrimoine vernaculaire n'est pas assez recensé (afin de mieux l'intégrer au développement de la Métropole).</p> <p>Il y a une perte du caractère pittoresque des villes et villages typiques du paysage provençal (ex : villages de La Côte bleue,...).</p> <p>Les sites classés sont vulnérables aux effets du changement climatique.</p> <p>Les batiments sont endommagés par la pollution atmosphérique</p>	<p>Concilier rénovation énénergétique du bati avec préservation du patrimoine</p> <p>Amélioration de la résilience des grands sites classés / inscrits par une gestion adaptée</p>		<p>Adapter la rénovation énergétique des bâtiments en fonction de leur niveau de protection.</p>

THEMATIQUE	CONSTAT	ENJEU	Niveau d'enjeu	Leviers à actionner dans le cadre du PCAEM
Gestion des déchets	Le territoire de la Métropole produit des quantités importantes de déchets ménagers et assimilées : 1,37 fois supérieure à la moyenne nationale. 12 % des déchets sont issus du BTP et stockés illégalement.	<p>Réduction des déchets à la sources</p> <p>L'optimisation de la gestion des déchets, afin de contribuer de manière positive au bilan GES, émissions polluantes, etc. de la Métropole.</p> <p>La poursuite et l'augmentation de la valorisation énergétique des déchets.</p>		<p>Améliorer la performance des programmes de prévention des déchets</p> <p>Concevoir une réelle stratégie d'économie circulaire (tri sélectif, valorisation matière, ...).</p> <p>Optimiser la collecte, la gestion et la valorisation des déchets par un mix énergétique</p> <p>Conserver des solutions locales de gestion des déchets pour limiter les transports hors Métropole (émissions GES).</p>

THEMATIQUE	CONSTAT	ENJEU	Niveau d'enjeu	Leviers à actionner dans le cadre du PCAEM
Risques naturels	<p>Le changement climatique accentue le risque incendie, inondation et mouvement de terrain. L'augmentation de l'imperméabilisation et du développement urbain dans les zones d'inondation (L'Huveaune et la Cadière notamment) et aux lisières naturelles ; ainsi que l'altération de l'hydro morphologie des cours d'eau (endiguement, imperméabilisation des berges, canalisation, etc...), accentue le risque inondation (qui concerne déjà 100 000 personnes sur le territoire de la Métropole). L'incohérence entre les documents de planification et les documents de gestion des risques ne facilite pas la prise en compte du risque (plus d'appropriation nécessaire par les populations).</p> <p>Le risque incendie (avec 2 200 départs de feu en 10 ans) est un autre risque majeur sur le territoire. Le croisement entre pentes, embroussaillage des zones rurales et exposition des vents dominants favorise la propagation du feu.</p> <p>Le manque d'approche multi-risques est également préjudiciable.</p>	<p>La circonscription des conséquences du changement climatique sur les risques naturels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la montée du niveau de la mer devrait se traduire par des submersions marines plus fréquentes, - des périodes de sécheresse successives de plus en plus intenses risquant d'aggraver la vulnérabilité de la forêt méditerranéenne aux incendies. 		<p>Accroître la prise en compte des risques dans la politique d'aménagement du territoire métropolitain.</p>

THEMATIQUE	CONSTAT	ENJEU	Niveau d'enjeu	Leviers à actionner dans le cadre du PCAEM
Risques technologiques	<p>Le territoire compte de nombreux sites et sols potentiellement pollués dans les zones urbaines.</p> <p>Les sites industriels potentiellement dangereux sont rassemblés dans certains secteurs (Fos-sur-Mer et pourtours de L'Etang de Berre notamment) à proximité de zones urbaines.</p> <p>Le territoire compte 4 sites nucléaires et 13 barrages ainsi que 38 sites SEVESO niveau haut.</p>	<p>La limitation de l'impact possible du changement climatique sur les sites industriels (notamment en bord de mer en lien avec l'élévation du niveau de la mer) et le transport de matières dangereuses.</p>		<p>Améliorer la prise en compte des risques sanitaires issues des établissements industriels de la Métropole.</p>

17 Perspectives d'évolution de l'environnement en l'absence de PCAEM

17.1 Le scénario tendanciel

Le scénario tendanciel est celui qui correspond au scénario "le plus probable". Il tient compte des tendances récentes mais également du contexte économique, technique ou réglementaire selon les secteurs.

17.1.1 Les hypothèses pour le résidentiel

Il est anticipé une production de 14 000 logements neufs /an construit selon les dernières normes en vigueur (source projet métropolitain) et une rénovation annuelle des logements existants à hauteur de 12 % des résidences principales (source ADEME). Pour ces derniers, l'étude des tendances récentes montre que 75 % des rénovations couvrent seulement 15 % des besoins réglementaires (chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage) et que les 5% les plus performants en rénovation atteignent 65 % des besoins.

17.1.2 Les hypothèses pour le tertiaire

Les premières estimations métropolitaines font état d'un besoin de 200 000 m2 de locaux tertiaires par an. Ce chiffre sera ajusté dans le Schéma de production d'offre foncière et immobilière économique (SPOFIE) en cours d'élaboration. Mais comme pour le résidentiel, la principale source de réduction des émissions de GES provient de la rénovation de l'existant dont la pérennité est boostée par la loi Elan qui prévoit des objectifs ambitieux

de rénovation de l'immobilier tertiaire (jusqu'à 60 % du parc existant). Le scénario tendanciel prévoit d'appliquer 70 % du champs de la loi dès 2030.

17.1.3 Les hypothèses pour les transports

Les flux de personnes et de marchandises sont prévus en augmentation régulière dans la continuité des chiffrages récents avec une croissance de la voiture « solo » et du covoiturage. Il en est de même avec les modes doux dont les flux augmentent en proportion du volume global. Les flux logistiques sont estimés en forte augmentation, dans des proportions conformes aux ambitions du Projet Métropolitain (doublement du trafic containers). La part modale des Transports en Commun reste stable, comme celle relative aux modes doux et au covoiturage. Le parc véhicule particulier est issu des données CITEPA avec une part de 10 % de véhicules électriques en 2030. Le reste du parc est inchangé mais les émissions par véhicule évoluent en baisse selon le rythme national.

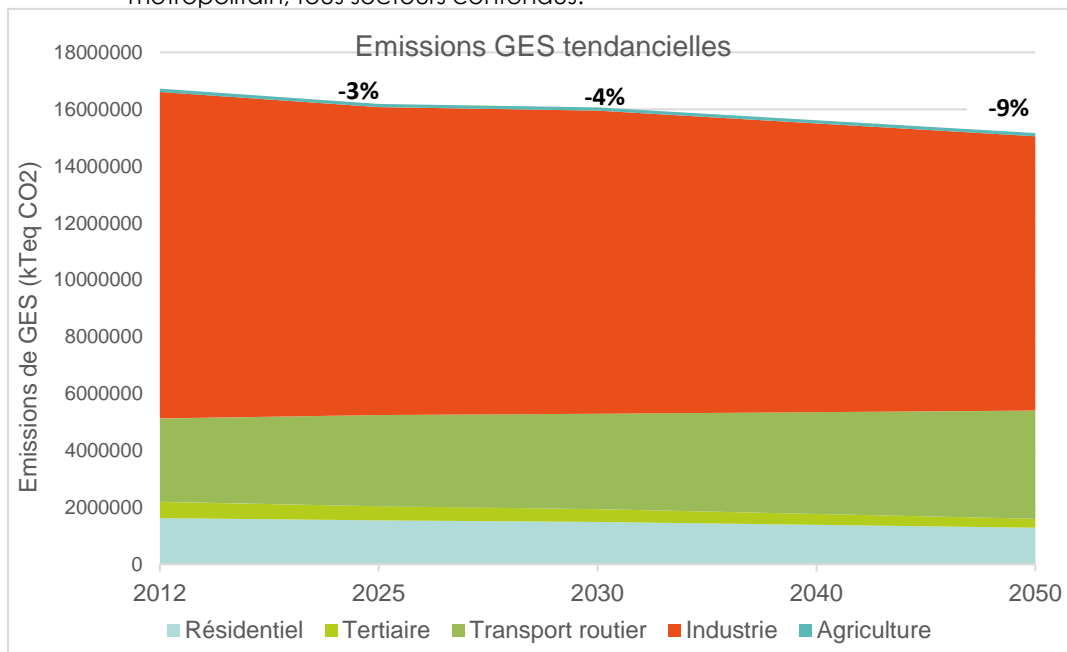
17.1.4 Les hypothèses pour l'agriculture

Issue de l'étude Climagri réalisée par la Chambre d'agriculture 13, l'évolution tendancielle des surfaces agricoles est évaluée à - 22%, avec un maintien au niveau actuel des serres chauffées et des surfaces en vignes, les deux filières les plus consommatrices d'énergie en agriculture.

17.1.5 Les hypothèses pour l'industrie

Les tendances métropolitaines constatées sur la période 2012-2015 sont conservées mais moyennées avec les tendances nationales. Le phénomène de désindustrialisation nationale explique en grande partie ces évolutions qui se sont fortement accrues depuis l'émergence de la Chine dans l'économie mondiale. De part l'ampleur des émissions issues de ce secteur sur la Métropole, cette tendance nationale a des

répercutions très fortes sur les émissions de GES et de polluants du territoire métropolitain, tous secteurs confondus.



Les éléments d'évolution tendancielle montrent tous secteurs confondus une légère baisse des émissions de Ges et polluants et une baisse plus accentuée des consommations d'énergie.

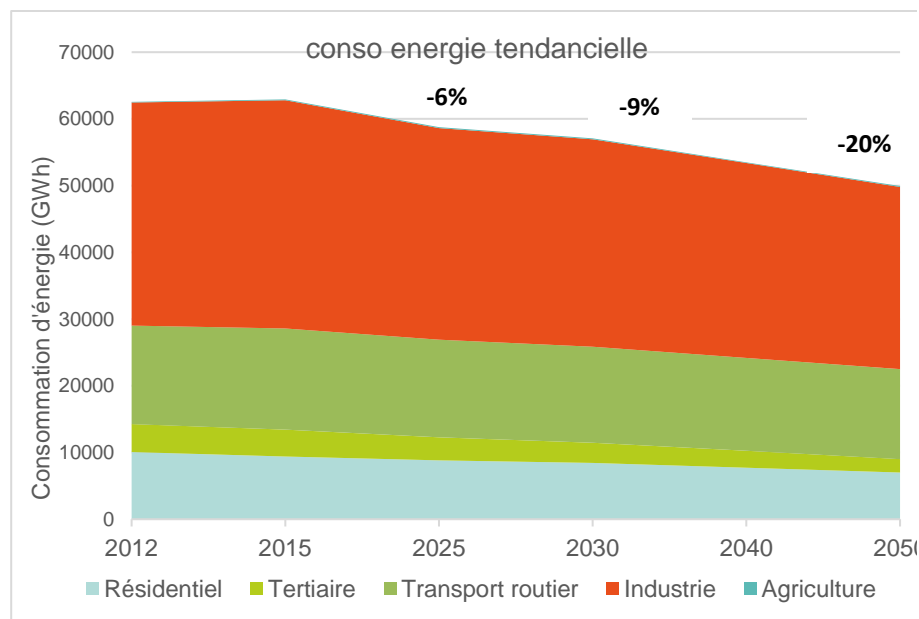
Par secteur, l'interprétation est plus contrastée :

- Une augmentation pour les transports due essentiellement à une augmentation des flux et une part croissante de la logistique
- Une légère baisse pour le résidentiel qui est issue de la structuration du parc, plus ancien que la moyenne régionale, ancienneté qui booste les obligations de rénovation et donc de mise aux normes thermiques, au moins partiellement
- Une baisse assez marquée des émissions du tertiaire induite par les obligations réglementaires de la loi ELAN

- Une agriculture qui voit ses émissions très légèrement baissées, conséquence de la réduction des surfaces cultivées, mais un

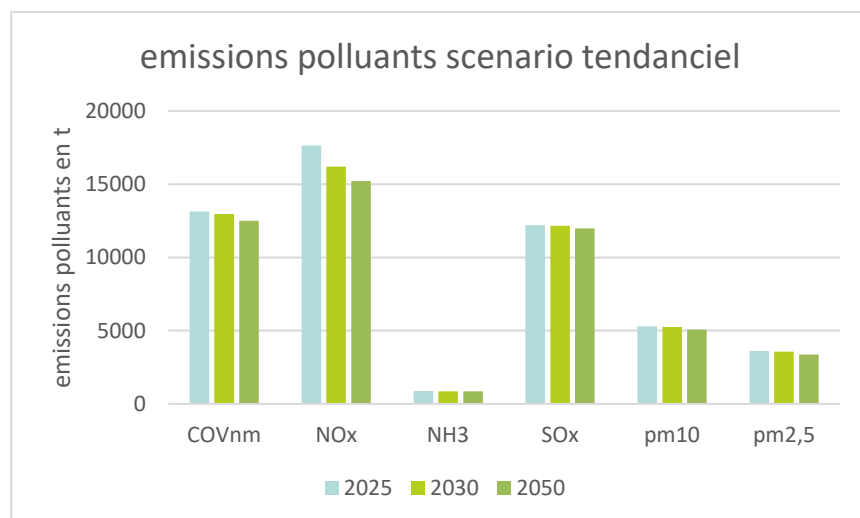
secteur viticole et serriste toujours consommateur et émetteur

- La réduction prévisible du périmètre industriel, en accompagnement de la tendance nationale, se traduit par une baisse assez significative des émissions et des consommations de ce secteur, le plus impactant vis-à-vis des émissions globales.



Toutes émissions confondues, seul le secteur des transports est exclu d'une tendance baissière modeste mais assez générale des émissions GES et polluants et qui concerne de manière plus importante la consommation d'énergie. Sur chaque secteur les causes de cette évolution peuvent être très différentes et plus ou moins marquées mais les secteurs de l'économie métropolitaine (évolution de l'industrie en volume et du tertiaire en mise aux normes ELAN) prennent une part prépondérante dans les dynamiques tendancielle envisagées.

L'absence d'actions génère une situation plus favorable à la réduction de la consommation d'énergie qu'à la baisse des GES et des polluants.



17.2 Les tendances d'évolution des nuisances sonores

Les principales sources de nuisances sonores étant essentiellement liées aux infrastructures de transport, la mise en œuvre du PDU, en l'absence de PCAEM permettra d'avoir des actions fortes de diminution du trafic et par conséquent de diminution des nuisances sonores.

La population la plus exposée aux nuisances sonores se trouvant dans les zones urbaines, la mise en place de la Zone à Faible Emissions (ZFE), devra permettre en mettant en place des actions pour lutter contre la pollution de l'air, d'agir également sur les nuisances sonores ressenties par les populations les plus exposées.

Néanmoins, il s'agira d'un secteur restreint (pour ce qui concerne la ZFE) de la Métropole Aix Marseille Provence. Cependant, les actions qui seront définies à travers la ZFE, couplées à celles du PDU devraient se traduire par une tendance à la baisse de ces nuisances.

17.3 Les tendances d'évolution du milieu naturel

Le territoire d'Aix-Marseille-Provence concentre de nombreuses pressions sur les fonctionnalités écologiques des milieux naturels et sur les espèces présentes dans ces milieux.

L'artificialisation des sols : L'étalement urbain conduit à la destruction d'espaces naturels et à la fragmentation des habitats. A de nombreux endroits du territoire, l'urbanisation et notamment la construction de logements résidentiels, s'étend en bordure de massifs forestiers, sans laisser un espace tampon entre les habitations et les milieux naturels.

En raison des surfaces importantes qu'ils occupent, de leur répartition dans la métropole et de la raréfaction d'espace foncier urbanisable, les espaces « naturels » sont de plus en plus exposés aux dynamiques urbaines dans la métropole. Une partie des espaces ayant une fonction de réservoir

de biodiversité, non couverte par des dispositifs de protection, risque de disparaître et de créer des ruptures de la trame verte et bleue.

Les limites planétaires correspondent aux limites à ne pas dépasser pour éviter un changement d'état brutal du système terre. Une de ces limites correspond à l'érosion de la biodiversité.

Extrait de l'article « La Planète a atteint ses limites » par Stéphane Foucart, Le Monde, 2015

« L'actuelle érosion de la biodiversité est sans appel. Les auteurs (Johan Rockström et Will Steffen) estiment que la diversité du vivant peut s'éroder à un rythme de 10 espèces par an sur un capital d'un million, sans impacts majeurs pour les sociétés humaines. Cette limite est largement dépassée par le taux d'érosion actuel, 10 à 100 fois supérieur. »

Néanmoins, les ruptures déjà induites par les infrastructures de transport font l'objet d'une « action prioritaire » déclinée dans la partie prescriptive du SRCE. Cette action identifie 11 secteurs prioritaires pour la restauration de grandes continuités au regard des infrastructures de transport à l'échelle de la Métropole Aix-Marseille-Provence.

Le changement climatique : les effets des changements climatiques vont impacter les différents milieux naturels

présents sur le territoire. L'augmentation des températures, associée à une diminution des précipitations en été, pourrait conduire à des épisodes de sécheresse plus longs, particulièrement sur le pourtour méditerranéen où le climat est déjà sec. Les changements prévus risquent d'engendrer des modifications de la répartition des espèces et des densités de populations, par un déplacement des habitats (vers le Nord de la France ou en altitude). Il est ainsi probable que la composition de la majorité des écosystèmes actuels change. Les risques d'extinction d'espèces devraient augmenter significativement, en particulier pour les espèces endémiques, pour celles dont l'aire de répartition climatique est restreinte, celles qui ont des besoins très spécifiques en matière d'habitat et/ou les petites populations naturellement plus vulnérables face à une modification de leurs habitats. La Méditerranée verrait plus d'un tiers de ces plantes,

mammifères et amphibiens menacés si aucune disposition n'est prise pour limiter le phénomène de réchauffement climatique.

L'élévation du niveau de la mer, le réchauffement et la modification du régime des précipitations devraient également grandement modifier les écosystèmes côtiers : certaines ripisylves et marais seraient amenés à disparaître avec des menaces d'érosion de la biodiversité qui leur est inféodée. Les zones humides littorales et les embouchures de cours d'eau seront également affectées par l'élévation du niveau de la mer : elles auront tendance soit à se restreindre soit à se replier vers l'intérieur. Les côtes meubles auront également tendance à reculer ou alors à disparaître sous l'effet de l'érosion. Lors de cette phase transitoire d'élévation accélérée du niveau de la mer, les organismes les moins mobiles seront les plus impactés. A l'opposé les organismes mobiles, notamment les poissons et les oiseaux d'eau devraient pouvoir s'adapter.

Les espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE) : Elles sont reconnues comme la troisième cause de l'érosion de la biodiversité. Ces espèces invasives ont été importées par l'Homme, soit volontairement, pour leur qualité ornementale ou bien fourragère par exemple, soit involontairement, lors de transports et voyages. Elles se développent au détriment des espèces locales et uniformisent les habitats naturels. Dans le département des Bouches-du-Rhône, 97 espèces exotiques végétales envahissantes sont présentes (données de 2014). Ces plantes peuvent être observées en ville, le long des infrastructures de transport (qui leur servent de corridors de dispersion) ou bien des cours d'eau et investissent également aujourd'hui les espaces protégés. Certaines invasives se sont implantées au sein du Parc National des Calanques, comme le Figuier de Barbarie, l'Agave d'Amérique ou la Griffe de sorcière. Elles se propagent rapidement et entrent en compétition avec les plantes locales dites « indigènes » parfois protégées, comme l'Astragale de Marseille ou la Sabline de Provence. Le territoire comporte de nombreuses espèces endémiques (localisées sur une aire restreinte) et de ce fait, il est davantage concerné par le risque d'une perte de biodiversité engendrée par les invasives. Ces plantes ont une dynamique de colonisation rapide efficace. Elles sont souvent propagées lors de la réalisation de travaux par apport de terres contaminées ou par fragmentation des pieds déjà présents. Certaines plantes invasives sont même toujours commercialisées.

La dispersion des plantes invasives est rapide et doit être limitée voire stoppée pour préserver la biodiversité du territoire. D'autant plus que le réchauffement climatique pourrait favoriser les espèces végétales

exotiques envahissantes du fait de leurs capacités d'adaptation élevées aux différents contextes environnementaux (supérieures aux espèces locales). La Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) PACA et le Conseil régional SUD - PACA ont mandaté les Conservatoires botaniques nationaux alpin et méditerranéen de Porquerolles pour élaborer une stratégie relative à ces plantes exotiques envahissantes et un plan d'actions pour cette région (publiés en 2014).

Le tourisme et la surfréquentation : Une autre pression est celle liée au tourisme et à l'afflux important de personnes dans les milieux naturels. Environ 6 millions de visiteurs par an sont recensés dans les principaux sites ou massifs (Camargue, Alpilles, Calanques, Sainte-Victoire), dont certains subissent une surfréquentation lors de la période estivale. La proximité voire l'imbrication des espaces urbains dans les massifs et sur les espaces littoraux, et leur fréquentation n'est pas sans conséquences : arrachage des herbiers de Posidonie par les ancres des bateaux, risque d'incendie accru, dégradations du milieu, destruction des sols par le piétinement, pollution sonore et lumineuse, etc. C'est pourquoi différents dispositifs de gestion ont été mis en place sur certains espaces (exemples : chartes du Parc national des Calanques et des PNR, plans de gestion,...).

Les énergies renouvelables : La problématique des énergies renouvelables (ENR) est également très présente sur le territoire, en lien avec le photovoltaïque au sol et l'éolien. La construction d'ENR engendre 2 problèmes : la consommation d'habitats d'espèces inféodées aux milieux agricoles (liées aux garrigues ou aux milieux plus agricoles) avec le photovoltaïque au sol, et les problèmes de collisions, mortalités avec l'éolien pour les oiseaux et les chauves-souris (plus impact paysager et au sol). Cela a touché notamment Lançon de Provence, La Barben, avec l'implantation de parcs photovoltaïques. Les effets des Energies Marines Renouvelables sont à prendre en compte également, notamment ceux des rejets thermiques liés à la géothermie marine. Pour ces rejets, les impacts cumulatifs doivent être évalués au regard de l'existence d'autre rejets thermiques à proximité. Etant donnée la faible densité générale de rejets thermiques en milieu marin et les dilutions locales des panaches, ce type d'effet cumulatif sera globalement négligeable. Néanmoins, si l'évolution de ces technologies conduit à la mise en œuvre de plusieurs unités relativement proches, cette hypothèse devra être réévaluée.

17.4 Les tendances d'évolution du paysage

Les tendances d'évolution du paysage peuvent être traitées à l'aune de différents volets spécifiques à enjeux : le tissu pavillonnaire, les énergies renouvelables.

Le tissu pavillonnaire :

Le tissu pavillonnaire est très présent dans les paysages d'Aix-Marseille-Provence. Dominé par l'habitat individuel, il s'est développé en réponse au désir des ménages d'accéder à la maison individuelle dans un contexte de pression foncière. Il est d'autant plus perceptible dans les paysages que la mutation de l'occupation du sol a été rapide. Ainsi, sur la période 2006-2014, 68% des espaces consommés sur la Métropole Aix-Marseille-Provence l'ont été par de l'habitat diffus, soit plus de 1000 hectares (OCSOL 2014, CRIGE PACA).

Les enjeux concernant le paysage et le tissu pavillonnaire sont de donner une limite claire à l'espace urbain et à son développement pour préserver des espaces de respiration et un rythme dans la perception des paysages et de privilégier la densification urbaine à l'étalement urbain (sous condition d'une connexion à des infrastructures de transport en commun efficaces). Enfin, il y a un enjeu dans l'intégration et la connexion des extensions pavillonnaires, existantes et futures, avec le centre urbain et ses aménités.

Les énergies renouvelables :

Le développement de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique local est un enjeu majeur pour lutter contre le changement climatique et réduire la dépendance énergétique du territoire.

Aujourd'hui, **les projets s'orientent principalement vers le développement du solaire photovoltaïque, en toiture des bâtiments, mais aussi sous forme de parcs solaires au sol.** Le territoire est en effet propice au développement de ce type d'équipement.

Les enjeux concernant les fermes solaires sont de définir une position claire sur la production d'énergie renouvelable dans les espaces naturels et

agricoles et lui donner une traduction réglementaire. Un enjeu d'intégration paysagère est également à noter : il faut privilégier l'intégration des panneaux sur les toitures des bâtiments.

Le potentiel éolien sur la métropole est en revanche assez faible : le régime de vents dominants (marin, du Sud-Ouest ou mistral du Nord Est) n'est pas le plus opportun pour l'installation d'éolien en raison de leur caractère intermittent et de leur force. Ainsi, deux parcs éoliens sont localisés, à Port-Saint-Louis-du-Rhône et à Fos-sur-Mer.

Toutefois, d'importantes perspectives se dessinent à l'Ouest avec l'éolien offshore, autour de deux projets : le projet Vertiwind (Nenuphar), pour lequel des essais ont été réalisés à terre à Fos-sur-Mer et le projet Provence Grand Large (EDF Energie Nouvelles), initialement prévu pour accueillir les éoliennes Nenupahr, et actuellement en cours de redéfinition en lien avec l'appel à projet national qui a retenu le site de Faraman au large du golfe de Fos. L'objectif est, à terme, d'aménager une ferme d'une centaine d'éoliennes en mer et de créer une filière industrielle sur la zone industrialoportuaire de Fos.

Ces projets viendront s'intégrer dans un paysage déjà fortement industrialisé. L'enjeu paysager est donc assez faible.

17.5 Les tendances d'évolution des ressources naturelles

17.5.1 Ressources en eau

Les premiers résultats des modélisations hydrologiques réalisées dans le cadre du programme de recherche R2D2 2050 (Risque, Ressource en eau et gestion Durable de la Durance en 2050), visant à analyser l'impact du changement climatique sur la ressource en eau du système Durance-Verdon, sont les suivants :

- une augmentation d'au moins 1°C sur l'ensemble du bassin de la Durance ;

- une hausse de l'évapotranspiration potentielle sur l'ensemble du bassin de l'ordre de 50 mm ;
- un stock de neige plus réduit, conséquence de l'augmentation des températures. Le maximum est observé plus précocement, et en quantité plus faible de 80 mm ;
- une réduction des débits d'étiage estivaux de la Durance, de l'ordre de 20 m³/s sur le débit moyen d'août ;
- une évolution de la ressource annuelle de la Durance autour de - 20 m³/s à Cadarache.

A la baisse de la ressource, vient s'ajouter l'augmentation de la population et donc de la demande. En effet le projet métropolitain, qui définit les ambitions pour 2040, prévoit 2,3 millions d'habitants à cet horizon (population métropolitaine d'1,85 millions aujourd'hui) avec une augmentation de 16 000 habitants et la création de 14 000 logements par an. Ce développement va donc encore augmenter la pression sur la ressource en eau.

La première action passe donc par les économies d'eau, tant pour l'alimentation en eau potable que pour l'agriculture. En effet l'irrigation gravitaire utilisée dans la plaine de la Crau via les canaux utilise un volume 5 fois plus important que les besoins des cultures et l'irrigation sous pression. Le potentiel d'économie d'eau est donc considérable, mais se pose alors la question de la recharge de la nappe de Crau dépendant fortement de ces canaux et de l'irrigation gravitaire.

L'étude du GREC-PACA sur l'impact du changement climatique sur la ressource en eau montre, pour le scénario médian en termes d'émission de GES, un accroissement de la demande évaporatoire de 2 à 12% selon les types de couverts végétaux. Si cette accroissement de l'évaporation est compensée par l'irrigation sans restriction avec un débit de la Durance suffisant, cette augmentation n'aura pas d'impact sur l'aquifère de la Crau. Par contre, à prélèvement équivalent, toute modification d'allocation en eau se répercutera de manière très significative sur le niveau de la nappe. Par exemple, en 2030, une réduction de 30% de l'eau prélevée sur la Durance aura un impact majeur avec un rabattement du niveau de la nappe de plusieurs mètres dans certains secteurs et une intrusion saline plus accentuée en milieu côtier.

Des interrogations sont donc aujourd'hui soulevées. Le contexte local et régional, les nouvelles pratiques, les évolutions économiques, le

changement climatique ainsi que le cadre réglementaire pourraient influencer le maintien de l'état quantitatif de la nappe.

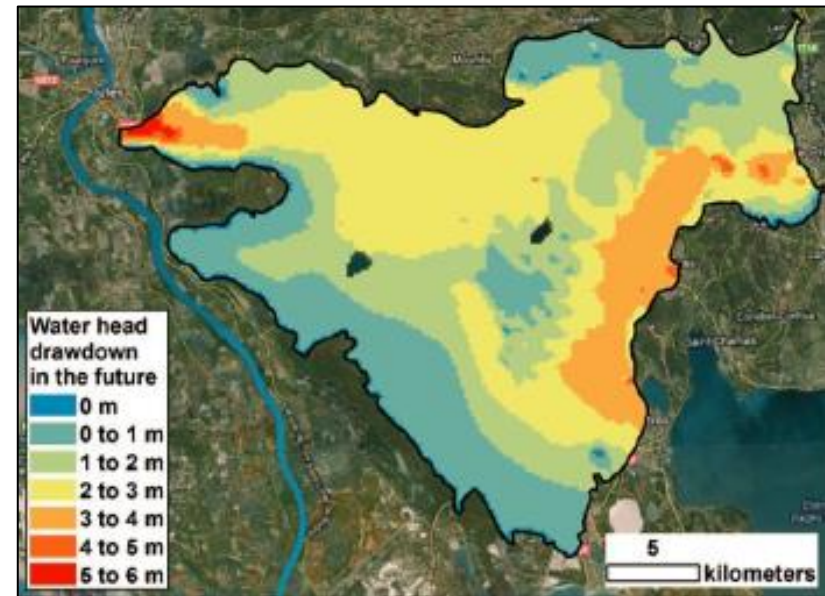


Figure 241 : Baisse du niveau de la nappe de la Crau en 2030 avec scénario de -30 % sur les apports d'eau venant de la Durance (Trolard et al. 2016)

17.5.2 Agriculture et ressource en sol

Consommation des terres agricoles

La pression foncière est la menace principale s'exerçant sur les terres agricoles. La consommation d'espace agricole a évolué au cours du temps. Si elle concerne toutes les catégories d'espaces, elle semble de plus en plus orientée vers une consommation des terres arables, davantage destinées à des cultures annuelles, et aux prairies (respectivement 36 % et 41 % du total des pertes entre 2006 et 2014). A contrario, la consommation des terres à destination des cultures irriguées,

les PAPAM (Plantes à parfum, Aromatiques et Médicinales), et les oliveraies, toutes à plus forte valeur ajoutée, semble en retrait. La viticulture apparaît par contre en position intermédiaire, notamment sur la période 2006-2014 (15% des pertes).

Même si l'érosion des surfaces agricoles a diminué depuis 2006, elle reste assez importante. Pour rappel entre 2000 et 2010, 7 882 ha de SAU ont été consommés, soit une moyenne de 788 ha par an. A ce rythme, toute la SAU du territoire aurait disparu en 80 ans.

Un développement de projets d'énergie renouvelable pouvant dégrader les milieux naturels et agricoles

Le développement de projets d'énergie renouvelable va également augmenter sur le territoire (Cf. §. 16.3). Si aucun cadrage n'est mis en place, ces projets pourraient entraîner la consommation de milieux naturels et agricoles, accentuant l'artificialisation de ces milieux et la dégradation de leur qualité.

Une évolution de l'économie agricole

La tendance nationale est aujourd'hui celle de la déprise agricole. Les agriculteurs métropolitains subissent, depuis 30 ans, une crise sociale et productive. En effet, une régression des surfaces cultivées, du nombre d'exploitation (- 52 % entre 1988 et 2010 au recensement général agricole) et du nombre d'emplois (- 45 %,) est constatée, ainsi qu'une dépendance des aides financières de la Politique Agricole Européenne couplée à une faiblesse des revenus. La pérennisation de ce secteur passe donc aujourd'hui par une action publique volontaire de rejet de la spéculation foncière et d'aide à l'installation de nouveaux exploitants.

le manque des autres bassins. Cela va donc augmenter le transport de matières minérales pour subvenir aux besoins du territoire métropolitain, ainsi que les impacts associés (pollution de l'air, trafic,...). Cela va également ajouter de la pression sur les gisements hors du territoire qui permettront d'assurer l'apport en ressources minérales.

Le Schéma Régional des Carrières, en cours, permettra d'évaluer de manière plus précise les tenances d'évolution.

17.5.3 Carrières

Le Schéma Départemental des Carrières des Bouches du Rhône indique une forte réduction des gisements accessibles, qui n'est pas cohérente avec les besoins en urbanisme.

Les fins d'autorisation d'exploitation de nombreuses carrières sur le territoire vont amener un déficit en granulats d'ici 2020, avec des disparités au sein des bassins d'extraction. Seul le territoire Marseille Provence sera excédentaire pour la ressource minérale, permettant de combler en partie

18 Glossaire

Les Parcs Naturels Régionaux

Les Parcs Naturels Régionaux (PNR) ont pour vocation d'asseoir un développement économique et social du territoire, tout en préservant et valorisant le patrimoine naturel, culturel et paysager. La richesse des Parcs réside dans la transversalité dont ils font preuve, en intégrant les enjeux de biodiversité à leurs projets de territoire.

Les Parcs Naturels Nationaux

Les Parcs Nationaux sont des espaces reconnus au niveau international comme des territoires d'exception. Ils offrent une combinaison d'espaces terrestres et maritimes remarquables et un mode de gouvernance et de gestion qui leur permettent d'en préserver les richesses. Les principales missions des Parcs Nationaux sont :

- développer la connaissance et le suivi scientifique des patrimoines ;
- conserver, gérer et si besoin restaurer les patrimoines naturels, culturels et paysagers ;
- favoriser les usages contribuant à la préservation des patrimoines et au développement durable ;
- faire du classement en parc national un atout pour le territoire ;
- sensibiliser, animer, éduquer aux enjeux de la préservation des patrimoines de ces territoires ;
- offrir au public un accueil de qualité compatible avec les objectifs de préservation des patrimoines ;
- contribuer aux politiques nationales de développement durable et de protection des patrimoines.

Réserve biologique

Une réserve biologique fait partie des espaces naturels protégés (ENP) qui sont des zones désignées ou gérées dans un cadre international, communautaire, national ou local en vue d'atteindre des objectifs spécifiques de conservation du patrimoine naturel. Il existe 2 types de Réserve biologique :

- les réserves biologiques dirigées : espace protégé en milieu forestier, ou en milieu associé à la forêt (landes, mares, tourbières, dunes), dans lequel une gestion conservatoire visant la protection d'espèces et d'habitats remarquables ou menacés est mise en place ;
- les réserves biologiques intégrales : espace protégé en milieu forestier, ou en milieu associé à la forêt (landes, mares, tourbières, dunes), laissé en libre évolution pour y étudier la dynamique spontanée des écosystèmes.

Réserve de biosphère

Une réserve de biosphère est une reconnaissance par l'UNESCO de zones modèles conciliant la conservation de la biodiversité et le développement durable, dans le cadre du Programme sur l'homme et la biosphère (MAB). Une réserve de biosphère a la particularité de ne pas imposer de législation et d'être structurée en trois secteurs : une zone de protection renforcée appelée «aire centrale» qui se superpose à une zone possédant déjà une réglementation stricte en matière de protection de la nature, une «zone tampon» où les activités humaines durables sont tolérées et une «aire de transition» beaucoup plus large.

Réserve Naturelle Nationale

Une réserve naturelle nationale (RNN) est un outil de protection à long terme d'espaces, d'espèces et d'objets géologiques rares ou caractéristiques, ainsi que de milieux naturels fonctionnels et représentatifs de la diversité biologique en France. Les sites sont soustraits à toute intervention artificielle susceptible de les dégrader mais peuvent faire l'objet de mesures de réhabilitation écologique ou de gestion en fonction des objectifs de conservation.

Réserve Naturelle Régionale

Les réserves naturelles régionales présentent les mêmes caractéristiques de gestion que les réserves naturelles nationales, à ceci près qu'elles sont créées par les Régions. Elles constituent à la fois un vecteur des stratégies régionales en faveur de la biodiversité et un outil de valorisation des territoires.

19 Bibliographie

Toutes thématiques

- Projet métropolitain
- état initial de l'environnement du SCoT de la métropole Aix Marseille Provence – Groupement Acer Campestre/Méditerranée – octobre 2018 (version de travail)
- Agam, atlas de l'environnement 2017
- Dire de l'Etat pour le SCoT Métropole Aix-Marseille-Provence
- SCoT Marseille Provence Métropole (2011)
- SCoT Communauté du Pays d'Aix (2015)
- SCoT du Pays d'Aubagne et de l'Etoile, et de Gréasque (2013)
- SCoT Ouest Etang de Berre (2013)
- SCoT Aggloprovenche (2013)
- Fiche de synthèse des ateliers SCoT Métropole Aix Marseille Provence

Milieu physique

- Infoterre
- Carmen Goïde, DREAL PACA
- <https://www.syndicat-huveaune.fr/wp-content/uploads/2018/01/2.-Qualit%C3%A9-des-eaux.pdf>
- MétéoFrance

Risques technologiques

- données cartographiques de la DREAL PACA (sites ICPE et SEVESO, risques de ruptures de barrages)
- Dossier départemental des risques majeurs des Bouches du Rhône, Préfecture des Bouches du Rhône (23/10/2015)

- Bases de données du ministère Basias et Basol

Risques naturels

- Etude hydrologique et hydraulique sur le bassin versant de Plans de l'Huveaune, préalable à la prescription PPRI carte assemblage + 29 cartes d'inondation hydrologie PHEC – DREAL PACA – Avril 2012
- Huveaune - Etude hydrologique et hydraulique sur le bassin versant - 1 Rapport_phase5_dossier global-partie 1 à 4 – DREAL PACA – mai 2014
- PAC Aléa inondation bassin versant de l'Huveaune – DREAL PACA – mai 2014
- Etude hydrologique et hydraulique sur le bassin versant de l'Huveaune - Phase 2 : Compléments en hydrogéomorphologie – DDTM 13 – avril 2012

Bruit

Diagnostic Bruit - Métropole Aix Marseille Provence, ACOUCITE, 2018

Milieux naturels :

- DREAL PACA
- Site internet du conservatoire du littoral
- Stratégie d'intervention du conservatoire du littoral 2015-2050 Provence Alpes-Côte d'Azur
- Arrêtés préfectoraux de protection de biotope
- Formulaire standard de données Natura 2000
- Site internet : <http://environnement.marseille.fr/nature-en-ville/vegetalisation-des-rues>
- NATURE FOR CITY LIFE - Les métropoles de Provence-Alpes-Côte d'Azur s'adaptent aux changements climatiques, Cerema, 2017
- Impacts des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière en mer Méditerranée, PNUE, 2010

- Les effets du changement climatique sur l'agriculture et la forêt en Provence-Alpes-Côte d'Azur, GREC-PACA, 2016

-Stratégie régionale relative aux espèces végétales exotiques envahissantes en Provence-Alpes-Côte d'Azur et son plan d'actions, Conservatoires botaniques Nationaux Alpin et méditerranéen de Porquerolles, 2014

- Observatoire départemental de la gestion des déchets issus de chantiers de bâtiment et travaux publics des Bouches –du-Rhône

Paysage- Patrimoine :

- Atlas des paysages des Bouches du Rhône ;
- Projet de paysage métropolitain – V1 – septembre 2018.
- Données cartographiques DREAL PACA et UDAP 13

Ressources naturelles :

- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse
- Schéma départemental des carrières - Département des Bouches-du-Rhône, révision 2007
- Liste des carrières (maj 09/2016) – DREAL PACA

La liste des carrières disponible sur le site de la DREAL a été mise à jour en septembre 2016. Depuis, 5 carrières ont atteint la date limite d'autorisation d'extraction des matériaux. L'autorisation est susceptible d'avoir été renouvelée mais les données ne sont pas disponibles.

- Portrait agricole métropolitain, Agam et Aupa
- Registre parcellaire graphique
- OcSol CRIGE PACA 2014

le Registre Parcellaire Graphique et l'OcSol ne prenant pas en compte les mêmes éléments. Par exemple les estives landes ne sont pas comptabilisées dans les terres agricoles dans le cas de l'OcSol mais sont intégrés au RPG.

Déchets :

20 Liste des figures et tableaux

Figure 1 : Trajectoire de baisse des émissions pour les trois premiers budgets carbone (source SNBC)	9
Figure 2 - Répartition sectorielle indicative des objectifs de la SNBC (source SNBC)	9
Figure 3 : Objectifs de réduction des émissions fixées pour la France par la directive NEC révisée (exprimés en % par rapport à 2005)	11
Figure 4 : Objectifs de réduction des émissions inscrits dans le PREPA (exprimés en % par rapport à 2005)	11
Figure 5 : Extrait du guide ADEME « PCAET, comprendre, construire et mettre en œuvre »	13
Figure 6 : Carte de la Métropole Aix Marseille-Provence (janvier 2019) ...	14
Figure 7 : L'étalement urbain en France – Comparaison de huit aires urbaines	16
Figure 8 : les 7 paradoxes métropolitains.....	16
Figure 9 : Les 6 territoires de la Métropole	17
Figure 10 : Température moyenne mensuelles (en C°) et précipitation mensuelles (en mm) sur la période 1981-2010 (station MétéoFrance de Marignane).....	18
Figure 11 : Topographie du territoire.....	19
Figure 12 : Carte du réseau hydrographique du territoire.....	22
Figure 13 : Carte des canaux présents sur le territoire.....	25
Figure 14 : Bilan métropolitain des émissions de GES en 2015, hors UTCF et gaz fluorés – Source: ATMOSud 2018.....	27
Figure 15 : Contribution des différents secteurs d'activité aux émissions de GES, hors UTCF et gaz fluorés – Source: ATMOSud 2018	28

Figure 16 : Évolution des émissions métropolitaines de GES depuis 2007, hors UTCF et gaz fluorés, en kilotonnes équivalent CO ₂ – Source : ATMOSud 2018	28
Figure 17 : Ratio des émissions de GES du territoire rapportées au nombre d'habitant - Source: INSEE et ATMOSud	29
Figure 18 : Répartition des émissions de GES sur le territoire de la Métropole en 2015 – Source : Base de données CIGALE - ATMOSud ORECA	29
Figure 19 : L'initiative 4 pour 1000 lancée lors de la COP 21	31
Figure 20 : Méthode d'estimation du stock de carbone par occupation du sol à l'échelle de l'EPCI (d'après ADEME, 2018).....	34
Figure 21 : Méthode d'estimation du flux de carbone par occupation du sol à l'échelle de l'EPCI (d'après ADEME, 2018).....	35
Figure 22 : Méthode d'estimation du flux de carbone par occupation du sol à l'échelle de l'EPCI (d'après ADEME, 2018).....	36
Figure 23 : Surface par occupation du sol de la Métropole AMP (tous réservoirs inclus) en tC/ha entre CLC 2012 et l'OCSOL 2014 pour les typologies sol et biomasse	37
Figure 24 : Stocks de référence (tC/ha) par occupation du sol de la Métropole Aix-Marseille-Provence (tous réservoirs inclus)	38
Figure 25 : Répartition en pourcentage des stocks de carbone (hors produits bois) par occupation du sol de l'EPCI. Comparaison des résultats entre Corine Land Cover 2012 et OCSOL 2014	39
Figure 26 : Répartition en pourcentage des stocks de carbone dans la biomasse par occupation du sol de La Métropole AMP. Comparaison des résultats entre Corine Land Cover 2012 et OCSOL 2014.....	40
Figure : 27 Logo ATMOSud	46
Figure 28 : Logo de l'AUPA, de l'AGAM et de la Métropole Aix Marseille Provence.....	46

Figure 29: Répartition des consommations énergétiques métropolitaines finales par secteur, en 2015 – Source : ATMOSud 2018.....	47
Figure 30 : Répartition des consommations finales sur le territoire de la Métropole en 2015 – Source: ATMOSud 2018	48
Figure 31 : Répartition des consommations énergétiques finales par énergie en 2015– Source: ATMOSud 2018	49
Figure 32 : Évolution des consommations énergétiques par secteur de 2007 à 2015 - Source: ATMOSud et INSEE	50
Figure 33 : Évolution des consommations énergétiques par secteurs depuis 2007– Source: ATMOSud 2018	50
Figure 34 : Ratio des consommations d'énergie par rapport au nombre d'habitants entre 2007 et 2015 - Source: INSEE et ATMOSud	51
Figure 35 : Graphe de répartition des consommations du secteur résidentiel par énergie de chauffage utilisée et par usage en 2015 et de - Source : AtmoSud	52
Figure 36 : Répartition du parc de résidences principales métropolitain selon la date de fin de construction	52
Figure 37 : Projection de la consommation d'énergie en Gwh du secteur résidentiel résultant des actions d'économies d'énergie mises en œuvre 56	
Figure 38 : Répartition des consommations par usage du secteur Tertiaire en 2015 (source: AtmoSud)	57
Figure 39 : Répartition des consommations par type d'énergie dans le secteur Tertiaire en 2015 (source: AtmoSud)	57
Figure 40 : Illustrations par des actions des économies d'énergie potentielles du secteur tertiaire	58
Figure 41 : Projection de la consommation d'énergie du secteur tertiaire résultant des actions d'économies d'énergie mises en œuvre	61
Figure 42 : Répartition de la consommation énergétique du transport routier en 2015 - Source: AtmoSud.....	61

Figure 43 : Répartition des déplacements en fonction du type de motorisation – Source: AtmoSud	61
Figure 44 : Répartition des consommations d'énergie du secteur Industriel en 2015 - Source: AtmoSud	65
Figure 45 : Projection de la consommation d'énergie du secteur industriel résultant des illustrations d'actions d'économies d'énergie mises en œuvre	69
Figure 46 : Répartition des consommations d'énergie du secteur agricole en 2015 - Source: AtmoSud	69
Figure 47 : Actions d'économie d'énergie du secteur agricole	70
Figure 48 : Impacts énergétiques associés aux différentes actions d'économie d'énergie exprimés.....	72
Figure 49 : Projection de la consommation d'énergie du secteur agricole résultant des actions d'économies d'énergie mises en œuvre	73
Figure 50 : Répartition de la production d'énergie au sein de la Métropole selon le type d'énergie produite (à gauche) et les grandes filières de production (à droite) – Source : Base de données ATMOSud	74
Figure 51 : Production d'énergie par filières en 2015 (en GWh) – Source : Base de données ATMOSud.....	75
Figure 52 : Localisation des différents points de production d'énergie au sein de la Métropole (AUPA) – Source : Livre blanc de l'énergie métropolitain AMP AUPA AGAM 2018.....	76
Figure 53 : Balance commerciale énergétique de la Métropole (AGAM) sur la base des données SRCAE de 2014 – Source : Livre blanc de l'énergie métropolitain AUPA AGAM 2018	76
Figure 54 : Production métropolitaine d'énergie primaire en 2015 – Source: ATMOSud 2018	77
Figure 55 : Répartition des sources d'énergie dans les filières de production d'électricité et de chaleur en 2015 – Source: ATMOSud 2018	78

Figure 56 : Répartition des productions d'énergies renouvelables métropolitaines depuis 2007 – Source: ATMOSud 2018.....	78
Figure 57 : Inventaire des puissances ENR installées sur le territoire métropolitain en 2015 – Source: ATMOSud 2018.....	79
Figure 58 : méthode d'évaluation du gisement	79
Figure 59 : Carte de localisation du potentiel de développement des énergies renouvelables sur la Métropole Aix-Marseille Provence - Source : Livre Blanc de l'énergie	81
Figure 60 : schéma de principe du fonctionnement de panneaux solaires photovoltaïques (source: ADEME)	82
Figure 61 : Moyenne de la somme annuelle d'irradiation globale sur le plan horizontal en région PACA en kWh/m ² - Source : www.atlas-solaire.fr	82
Figure 62 : Potentiel en énergie solaire - kWh/m ² jour	83
Figure 63 : Surface au sol potentiellement disponible pour l'installation de centrale photovoltaïque - Source : fiche-outil objectifs de la SNBC - SRADDET de la région PACA de la Métropole d'Aix Marseille Provence...	83
Figure 64 : Surface en toiture potentiellement disponible pour l'installation de panneaux photovoltaïques - Source : fiche-outil objectifs de la SNBC - SRADDET de la région PACA de la Métropole d'Aix Marseille Provence...	84
Figure 65: schéma de principe de fonctionnement des capteurs solaires thermiques.....	85
Figure 66 : Zonage de pertinence de recours à un système aérothermique - Source: SRCAE 2013.....	86
Figure 67 : Répartition des installations aérothermiques à fin 2010 - Source: SRCAE PACA 2013.....	87
Figure 68 : Potentiel additionnel 2020-2030 de l'aérothermie par département de la région PACA – Source: SRCAE PACA 2013.....	87
Figure 69: Exemple d'une installation micro-éolienne (source: ADEME)	88

Figure 70 : Zones préférentielles et objectifs de développement du petit et du grand éolien en région SUD (Source: SRE de la région PACA 2012, annulé fin 2012).....	89
Figure 71 : Zones préférentielles favorables au développement du petit éolien (à gauche) et du grand éolien (à droite) – Source: SRE PACA 2012	90
Figure 72 : Type de valorisation de la ressource bio-masse forestière (source: ADEME)	93
Figure 73 : Inventaire des installations bois-énergie en région PACA (source: ORECA)	94
Figure 74 : volume de bois commercialisé par les forestiers de la Métropole AMP (source EAB 2016) en m3	95
Figure 75 : Localisation des plans d'approvisionnement territoriaux à proximité de la Métropole AMP (source: communes forestières)	95
Figure 76: utilisation du biogaz (source: Vers l'autonomie énergétique des territoires - méthanisation et biogaz, une filière d'avenir - ATEE Biogaz)	98
Figure 77 : Cartographie des centres de valorisation - Source: Portail des matières organiques en PACA	98
Figure 78 : Exemples d'exploitation de la géothermie basse énergie sur nappe (à gauche) et sur sonde verticale (à droite) - Source: Connaissance des énergies	100
Figure 79 : Localisation des principales nappes susceptibles de délivrer des débits importants en région PACA (Source: BRGM)	100
Figure 80 : Carte du potentiel mobilisable en géothermie pour la région PACA -Source: BRGM	101
Figure 81 : Caractérisation du potentiel géothermique en et hors nappe (en haut) et zonage d'éligibilité à la géothermie (en bas) - Sources: Géothermie perspectives (BRGM)	101
Figure 82 : Tableau de synthèse de l'étude de valorisation géothermique de l'aquifère du synclinal de la vallée de l'Arc - Source: CG2T - 2012	103

Figure 83 : Schéma de fonctionnement de la boucle thalassothermique Massiléo à Marseille – Source: Dalkia	104
Figure 84 : Gisement brut, contraintes et opportunités de développement de la filière thalassothermique par commune - Source: Étude du potentiel thalassothermique de la région PACA, BG 2011	104
Figure 85 : Carte des installations hydroélectriques existantes et localisation du potentiel mobilisable - Source: Étude du potentiel hydroélectrique mobilisable en PACA, Cerema 2015	107
Figure 86 : Gisement de production d'hydroélectricité pour des débits supérieurs à 50l/s (en haut) et des débits supérieurs à 200 l/s (en bas) – Source: Mise à jour 2015 du potentiel hydroélectrique en région PACA, Cerema.....	108
Figure 87: exemple de lieux possible d'implantation des échangeurs de chaleur dans le cadre d'un projet de valorisation énergétique des eaux usées.....	110
Figure 88 : processus de fonctionnement d'une unité de valorisation énergétique (source: Sytraival)	111
Figure 89 : Carte d'identification du gisement de récupération de chaleur des datacenters en PACA - Source BG	113
Figure 90 : Répartition de la consommation d'énergie finale par secteur et par conseil de territoire en 2015 (AGAM) - Source: Livre blanc de l'énergie métropolitain.....	117
Figure 91 : Consommations énergétiques 2015 par secteur d'activité et par conseil de territoire (AGAM) - Source : Livre blanc de l'énergie métropolitain.....	118
Figure 92 : Synthèse de la trajectoire métropolitaine actuelle de réduction des consommations d'énergie par secteur	121
Figure 93 : Synthèse des gisements en énergies renouvelables au niveau de la Métropole - Source : BG	122
Figure 94 : Synthèse des gisements en énergies renouvelables de la Métropole - Source : BG.....	122

Figure 95 : Synthèse des gisements énergétiques de la Métropole – Source : BG.....	123
Figure 96 : Répartition de la production locale d'ENR en 2015 par énergie et par conseil de territoire (AGAM) - Source : Livre blanc de l'énergie métropolitain,.....	124
Figure 97 : Objectifs métropolitains territorialisés du SRADDET PACA - Source : Fiche outil de déclinaison des objectifs de la stratégie neutralité carbone, Région PACA 2018	125
Figure 98 : Objectifs régionaux du SRADDET PACA pour atteindre 100% de production ENR dans la consommation énergétique.....	125
Figure 99 : Production et transport d'énergies fossiles d'Aix-Marseille Provence (AUPA) – Source: Livre blanc de l'énergie métropolitain, AUPA AGAM	126
Figure 100 : La production, le transport et la distribution de gaz - Source: Livre blanc de l'énergie métropolitain, AUPA AGAM	127
Figure 101 : La production, le transport et la distribution d'électricité - Source: Livre blanc de l'énergie métropolitain, AUPA AGAM	128
Figure 102 : Méthodologie de réservation de capacité sur le réseau électrique -Source: Livre blanc de l'énergie métropolitain, AGAM AUPA	130
Figure 103 : Carte des réseaux de transport de l'électricité et des capacités d'accueil restantes - Source: Livre blanc de l'énergie métropolitain, AGAM AUPA	130
Figure 104 : La production, le transport et la distribution de la chaleur - Source: Livre blanc de l'énergie métropolitain, AGAM AUPA	132
Figure 105 : Carte des réseaux de chaleur métropolitains - Source : Livre blanc de l'énergie métropolitain, AGAM AUPA	133
Figure 106 : Schéma illustrant les synergies possibles entre les différents réseaux d'énergie - Source: Commission de régulation de l'énergie	134

Figure 107 : Consommation énergétique par ha de SAU, Chambre d'agriculture 13, 2019	136
Figure 108 : Répartition des consommations d'énergie par type, Chambre d'agriculture 13, 2019	136
Figure 109 : Répartition par atelier des consommations d'énergie directe, Chambre d'agriculture 13, 2019	137
Figure 110 : Répartition par type d'énergie des consommations d'énergie directe, Chambre d'agriculture 13, 2019	137
Figure 111 : Répartition des consommations d'énergie indirecte, Chambre d'agriculture 13, 2019	138
Figure 112 : PRG des GES selon le GIEC (rapport de 2013)	138
Figure 113 : Emission des GES ventilées par type de gaz et par origine (en eqCO2)	139
Figure 114 : Les principales émissions de polluants de l'air	139
Figure 115 : Besoins et apports alimentaires moyen	140
Figure 116 : Nombre de personnes nourries par an à partir de la production locale sur la base des consommations moyennes d'un français	141
Figure 117 : Nombre de personnes nourries par an à partir de la production locale sur la base des besoins moyens d'un individu	141
Figure 118 : Points de grille des projections climatiques. En rouge les 57 points du territoire de la métropole Aix-Marseille Provence	145
Figure 119 : Anomalies de la température moyenne annuelle par rapport à la période de référence aux horizons proche, moyen et lointain, pour les scénarios RCP4.5 (scénario visant à stabiliser les émissions) et RCP8.5 (scénario sans politique climatique)	146
Figure 120 : Anomalies des moyennes saisonnières de la température moyenne par rapport à la période de référence aux horizons proche, moyen et lointain, pour les scénarios RCP4.5 (scénario visant à stabiliser les émissions) et RCP8.5 (scénario sans politique climatique).	146

Figure 121 : Diagramme ombrothermique, station de Marseille : températures moyennes et précipitations moyennes mensuelles sur la période 1999-2010. Source des données : Météo-France	148
Figure 122 : Diagramme ombrothermique, station de Aix en Provence : températures moyennes et précipitations moyennes mensuelles sur la période 1981-2010. Source des données : Météo-France	149
Figure 123 : Diagramme ombrothermique, station de Salon de Provence : températures moyennes et précipitations moyennes mensuelles sur la période 1981-2010. Source des données : Météo-France	149
Figure 124 : Diagramme ombrothermique, station de Aubagne : températures moyennes et précipitations moyennes mensuelles sur la période 1981-2010. Source des données : Météo-France	150
Figure 125 : Diagramme ombrothermique, station de Istres : températures moyennes et précipitations moyennes mensuelles sur la période 1981-2010. Source des données : Météo-France	150
Figure 126 : Nombre moyen de jours chauds (température maximale supérieure à 25°C) pour les stations de Aix en Provence (normales sur la période 1981-2010), Marseille (1999-2010), Salon de Provence (1981-2010), Marignane (1981-2010), Aubagne (1981-2010) et Istres (1981-2010). Source des données : Météo-France	151
Figure 127 : Nombre moyen de jours très chauds (température maximale supérieure à 30°C) pour les stations de Aix-en-Provence (normales sur la période 1981-2010), Marseille (1999-2010), Salon de Provence (1981-2010) et Marignane (1981-2010). Source des données : Météo-France	151
Figure 128 : Nombre moyen de jours de pluie modérément fortes (hauteur quotidienne de précipitations supérieure à 10mm) pour les stations de Aix-en-Provence (normales sur la période 1981-2010), Marseille (1999-2010), Salon de Provence (1981-2010), Marignane (1981-2010), Aubagne (1981-2010) et Istres (1981-2010). Source des données : Météo-France	152
Figure 129 : Nombre de jour de vent maximal instantané supérieur ou égal à 90 km/h (bas) et 100 km/h (haut) – normales sur la période 1981-2010. Source : Météo-France	153

Figure 130 : Schéma de la brise de mer (gauche) et de la brise de terre (droite). Source : CNRS 154

Figure 131 : Températures de surface de l'atmosphère variant en fonction des types d'occupation du sol (Source : adapté de l' « Environmental Protection Agency ») 156

Figure 132 : Ecart des températures moyennes annuelles par rapport à la référence 1961-1990, station de Marseille-Marignane 156

Figure 133 : Ecart des températures moyennes saisonnières par rapport à la référence 1961-1990, station de Marseille-Marignane (Haut gauche : hiver, haut droite : printemps, bas gauche : été, bas droite : automne) 157

Figure 134 : Nombre de journées chaudes (températures maximales supérieures à 25°C), station d'Istres 157

Figure 135 : Ecart des cumuls annuels de précipitations par rapport à la référence 1961-1990, station de Marseille-Marignane 158

Figure 136 : Ecart des cumuls saisonniers de précipitations par rapport à la référence 1961-1990, station de Marseille-Marignane (Haut gauche : hiver, haut droite : printemps, bas gauche : été, bas droite : automne) 158

Figure 137 : Anomalies de la température moyenne annuelle par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique 159

Figure 138 : Anomalies de la température moyenne saisonnière par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique 160

Figure 139 : Médiane Euro-CORDEX de la température moyenne annuelle (cartes disponibles en annexe en version agrandie). RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique. Source : GéographR/Météo-France/Drias, fond de carte IGN, janvier 2018 160

Figure 140 : Anomalies de la moyenne annuelle de la température minimale (haut) et maximale (bas) par rapport à la période de référence

sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique. 161

Figure 141 : Anomalies de la moyenne saisonnière de la température minimale (haut) et maximale (bas) par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique. 162

Figure 142 : Anomalies des degré-jours de chauffage annuels (haut) et degré-jours de climatisation annuels (bas) par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique 163

Figure 143 : Anomalies des degré-jours de chauffage saisonniers (haut) et degré-jours de climatisation saisonniers (bas) par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique 163

Figure 144 : Médiane Euro-CORDEX du cumul annuel des précipitations (cartes disponibles en annexe en version agrandie). RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique. Source : GéographR/Météo-France/Drias, fond de carte IGN, janvier 2018 164

Figure 145 : Anomalies du nombre annuel de jours de pluie par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique 165

Figure 146 : Anomalies des moyennes saisonnières du nombre de jours de pluie par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique 165

Figure 147 : Anomalies du nombre de journées d'été annuel (gauche) et saisonnier (droite) par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique 166

Figure 148 : Anomalies du nombre de nuits tropicales annuel (gauche) et saisonnier (droite) par rapport à la période de référence sur la Métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique. 167

Figure 149 : Anomalies du nombre de jours de vague de chaleur annuel par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique. 168

Figure 150 : Anomalies du nombre de jours de vague de chaleur saisonnier par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique. 168

Figure 151 : Anomalies du nombre annuel de jours de période de sécheresse par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique. 169

Figure 152 : Anomalies du nombre saisonnier de jours de période de sécheresse par rapport à la période de référence sur la métropole Aix-Marseille Provence. RCP4.5 : scénario visant à stabiliser les émissions de GES. RCP8.5 : scénario sans politique climatique. 169

Figure 153 : Indicateur sécheresse météorologique (SPI) annuel sur la métropole Aix-Marseille Provence. Scénario A1B : concentration moyenne de CO2. Scénario A2 : forte concentration. 171

Figure 154 : Indicateur sécheresse météorologique (SPI) saisonnier sur la métropole Aix-Marseille Provence 171

Figure 155 : Cartes de l'évolution de l'Indicateur sécheresse météorologique en France selon les scénarios et les horizons temporels, modèle Arpege de Météo-France. Source : Drias 172

Figure 156 : Cartes du nombre de jours où l'indice feu météorologique est supérieur à 60, correspondant à un danger très élevé. Modèle Arpege de Météo-France. Scénario A1B : concentration moyenne de CO2. Scénario A2 : forte concentration. Source : Drias 174

Figure 157 : Cartes de l'évolution de l'indice feu météorologique (IFM) en France selon les scénarios et les horizons temporels, modèle Arpege de Météo-France. Scénario A1B : concentration moyenne de CO2. Scénario A2 : forte concentration. Source : Drias 174

Figure 158 : Nombre de jours de pluies diluviennes en région méditerranée (France) sur la période 1958-2015. Source : Météo-France 175

Figure 159 : Cadre conceptuel de l'évaluation des risques – AR5 (GIEC, 2014) 177

Figure 160 : Échelles de notation des composantes du risque 179

Figure 161 : Indice de fragilité de la population en 2012 de la Métropole Aix-Marseille-Provence. Source de la carte : AGAM (Atlas) 182

Figure 162 : Les établissements de santé de la métropole Aix-Marseille-Provence, 2016. Source: AGAM (Atlas métropolitain) 183

Figure 163 : évaluation des composantes des risques socio-sanitaires métropolitains 185

Figure 164 : Schéma cartographique des principaux impacts au niveau de la santé 186

Figure 165 : Cœur de nature et continuités écologiques. Source : AGAM (Atlas) 188

Figure 166 : Le patrimoine naturel de la métropole Aix-Marseille-Provence et sa protection, 2016. Source : AGAM (Atlas). 189

Figure 167 : évolution du nombre de mois par an de risque de transmission du Chikungunya en 2071-2100 pour une élévation de température mondiale de 2,8°C par rapport à 1980-1999, source : Fischer et al., 2013 190

Figure 168 : Volumes annuels totaux d'eaux (hors golf, neige de culture et hydroélectricité) par département en région SUD PACA par origine de la ressource, Source : Biocarthage 192

Figure 169 : évaluation des composantes des risques environnementaux à l'échelle métropolitaine 194

Figure 170 : Flux domicile-travail de la métropole Aix-Marseille-Provence en 2012. Source : AGAM (Atlas).....	196
Figure 171 : Nombre d'arrêtés inondations CatNat depuis 1982 par commune en SUD (Source : ORRM, avril 2018).....	198
Figure 172 : carte de référence de l'indice de Mieczkowski sur la zone Maghreb-Europe (période 1971-2000) (gauche) et évolution de l'indice de Mieczkowski sur la période 2021-2050 (droite).....	200
Figure 173 : Niveau de risque selon aléa subi incendie de forêt, source : AGAM.....	200
Figure 174 : randonnée dans les Calanques après un incendie, photo prise en septembre 2018.....	201
Figure 175 : Simulation de la montée des eaux de mer (1m), Source : AGAM, 2016	202
Figure 176 : Carte des enjeux d'amélioration du réseau de distribution d'eau de la Société du Canal de Provence en lien avec les enjeux agricoles, 2015 (Source : Société du Canal de Provence)	206
Figure 177 : évaluation des composantes des risques économiques à l'échelle métropolitaine	210
Figure 178 : Synthèse des vulnérabilités de la métropole Aix-Marseille-Provence pour le secteur des transports	211
Figure 179 : synthèse cartographique du niveau d'impact des risques climatiques sur les principales zones touristiques de la métropole Aix-Marseille-Provence	212
Figure 180 : synthèse cartographique des principaux impacts pour l'énergie pour la Métropole Aix-Marseille-Provence.....	213
Figure 181 : Euroméditerranée, un exemple de la recherche de mise en œuvre de l'adaptation en milieu urbain	214
Figure 182 : Martigues et l'étang de Berre, plusieurs usages d'un territoire	216

Figure 183 : Part relative des différentes sources de polluants sur le territoire métropolitain en 2015.....	228
Figure 184 : Répartition des émissions de polluants atmosphériques par conseil de territoire et par secteur - Source: ATMOSud	230
Figure 185 : Cartes des émissions de polluants atmosphériques en 2015 (en kg/km²) - Source: ATMOSud	231
Figure 186 : Concentrations de NO2 et de PM10 sur le territoire (en microgramme par mètre cube) - Source: ATMOSud	232
Figure 187 : Comparaison de l'exposition des populations à la pollution chronique sur le territoire métropolitain en 2012 (à gauche) et 2016 (à droite) - Source: ATMOSud	233
Figure 188 : Localisation des populations exposées à des dépassements–système respiratoire– effets à seuil	234
Figure 189 : Localisation des populations exposées à des dépassements – effets sans seuil cumulés par inhalation	235
Figure 190 : Représentation schématique des différents organes impactés par les particules en suspension – Source: Résumé des résultats du projet Aphekom 2008-2011, Septembre 2012.....	235
Figure 191 : Origine des principaux polluants émis par le secteur résidentiel métropolitain en 2015 - Source: ATMOSud	237
Figure 192 : Répartition des émissions de NOx (à gauche) et de PM10 (à droite) du parc de véhicules sur le territoire métropolitain en 2015 - Source: ATMOSud	238
Figure 193 : Évolution relative entre 2014 et 2015 du nombre de kilomètres parcourus sur le territoire métropolitain par type de véhicules - Source: ATMOSud -	238
Figure 194 : Évolution des émissions (en Tonnes) d'oxydes d'azote (à gauche) et de PM10 (à droite) du parc de véhicules entre 2007 et 2015 - Source: ATMOSud.....	238

Figure 195 : Moyennes annuelles en benzène mesurés sur trois sites industriels caractéristiques en $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$ - Source: ATMOSud.....	239
Figure 196 : Echelle de niveaux de gêne sonore	240
Figure 197 : Schéma de principe du cumul des niveaux sonores	241
Figure 198 : Carte de classement des voies routières	244
Figure 199 : Population exposée Lden – ACOUCITE	247
Figure 200 : Population exposée Ln – ACOUCITE	247
Figure 201 : Répartition des nuisances sonores – ACOUCITE.....	248
Figure 202 : Cartographies du bruit - Synthèse	250
Figure 203 : Carte de localisation des périmètres ZNIEFF sur le territoire..	254
Figure 204 : Cartographie des périmètres définis par des protections réglementaires.....	256
Figure 205 : Cartographie des périmètres définis par des protections foncières	257
Figure 206 : Cartographie des périmètres définis par des protections contractuelles	259
Figure 207 : Cartographie des corridors écologiques et réservoirs de biodiversité définis par le SRCE PACA	262
Figure 208 : Localisation des secteurs prioritaires de restauration.....	264
Figure 209 : Cartographie de la pollution lumineuse.....	266
Figure 210 : Répartition des types de végétation dans le tissu urbain de la métropole	267
Figure 211 : Jardins collectifs au sein de la ville de Marseille	268
Figure 212 : Occupation du sol sur les terres agricoles.....	271
Figure 213 : Les différents propriétaires forestiers dans la Métropole.....	274

Figure 214 : Certification de gestion durable des forêts PEFC dans les Bouches-du-Rhône.....	275
Figure 215 : Répartition des essences forestières résineuses.....	275
Figure 216 : Les différents peuplements dans la Métropole Aix-Marseille Provence.....	276
Figure 217 : Cartographie de l'état chimique des masses d'eau superficielles du territoire.....	278
Figure 218 : Cartographie de l'état écologique des masses d'eau superficielles	279
Figure 219 : Etat qualitatif des masses d'eau souterraines affleurantes...	283
Figure 220 : Etat quantitatif des masses d'eau souterraines affleurantes	284
Figure 221: Cartographie de la sécurisation de la ressource en eau et des captages AEP	289
Figure 222 : L'aptitude des sols à l'agriculture selon les paramètres pédologiques.....	291
Figure 223 : Grand types de paysages de la région Sud-PACA.....	295
Figure 224 : Carte des unités paysagères (atlas des paysages des Bouches-du-Rhône)	298
Figure 225: Localisation des principaux sites classés et sites inscrits	302
Figure 226 : Localisation des monuments historiques et de leurs périmètres de protection	304
Figure 227 : Principales actions de prévention de la production des déchets sur les territoires de la Métropole	309
Figure 228 : L'économie circulaire : 3 domaines, 7 piliers	311
Figure 229 : Les risques d'inondations par crues torrentielles et par crues de plaine dans les Bouches-du-Rhône.....	314
Figure 230 : Localisation des TRI et des zones inondables (atlas)	315

Figure 231: Atlas des zones inondables	317
Figure 232 : Localisation des périmètres concernés par des PPRI.....	318
Figure 233 : DFCI et départs de feux de forêts.....	322
Figure 234 : Plan de zonage du porter à connaissance de l'Etat du 23 mai 2014 relatif au risque incendie	323
Figure 235 : Localisation des périmètres couverts par les PPRIF et les PIDAF	325
Figure 236 : les risques technologiques	329
Figure 237: Ondes des barrages soumises à PPI au sein de la région Sud-PACA	330
Figure 238 : Transport de Matières dangereuses sur la région PACA	332
Figure 239 : Cartographie des canalisations de Transport de Matière Dangereuses Bouches du Rhône et zoom sur la zone de Fos – Etang de Berre.....	333
Figure 240 : Localisation des sites et sols potentiellement pollués sur la Métropole	335
Figure 241 : Baisse du niveau de la nappe de la Crau en 2030 avec scenario de -30 % sur les apports d'eau venant de la Durance (Trolard et al. 2016)	353

Tableau 1 – Illustrations par des actions du potentiel d'économies d'énergie du secteur résidentiel	53
Tableau 2 : Impacts énergétiques associés aux différentes actions d'économie d'énergie	55
Tableau 3 : Impacts énergétiques associés aux différentes actions d'économie d'énergie potentielles.....	60
Tableau 4 : Illustration d'un potentiel d'économies d'énergie du secteur du transport routier	64
Tableau 5 : Illustration du potentiel d'économie d'énergie du secteur industriel	66
Tableau 6 : Impacts énergétiques associés aux différentes illustrations d'actions d'économie d'énergie	68
Tableau 7 : gisement de production photovoltaïque	84

Tableau 8 : gisement de production solaire thermique	86
Tableau 9 : Répartition des émissions de polluants atmosphériques en 2015 - Source: ATMOSud	228
Tableau 10 : Répartition des émissions de polluants atmosphériques selon le secteur émetteur - Source: ATMOSud.....	229
Tableau 11 : Évolution des émissions de polluants atmosphériques au sein de la Métropole de 2007 à 2015 - Source: ATMOSud.....	229
Tableau 12 Liste des masses d'eaux souterraines	282
Tableau 13 : Tableau de correspondance entre l'ampleur du risque et le classement ICPE ou SEVESO	327

21 Annexes

Annexe 1 Liste des masses d'eau superficielles

Type masse d'eau	Code masse d'eau	Nom masse d'eau	Etat chimique	Etat écologique
Côtière	FRDC04	Golfe de Fos	Mauvais	Moyen
Côtière	FRDC05	Côte Bleue	Bon	Moyen
Côtière	FRDC06a	Petite Rade de Marseille	Mauvais	Médiocre
Côtière	FRDC06b	Pointe d'Endoume - Cap Croisette et îles du Frioul	Bon	Bon
Côtière	FRDC07a	Iles de Marseille hors Frioul	Bon	Moyen
Côtière	FRDC07b	Cap croisette - Bec de l'Aigle	Bon	Bon
Côtière	FRDC07c	Bec de l'Aigle - Pointe de la Fauconnière	Bon	Bon
Lac	FRDL112	Lac du bimont	Bon	Bon
Lac	FRDL113	Bassin de réaltor	Bon	Bon
Lac	FRDL116	Etang d'entressen	Bon	Mauvais
Eau de transition	FRDT15c	Etang de Berre Bolmon	Mauvais	Mauvais
Eau de transition	FRDT20	Grand Rhône du seuil de Terrin à la Méditerranée	Bon	Bon
Eau de transition	FRDT15a	Etang de Berre Grand Etang	Mauvais	Mauvais
Eau de transition	FRDT15b	Etang de Berre Vaïne	Mauvais	Médiocre
Eau de transition	FRDT21	Delta du Rhône	Bon	Bon
Rivière	FRDR10004	Aubanede	Bon	Médiocre
Rivière	FRDR10015	Vallat de galance	Bon	Moyen
Rivière	FRDR10255a	Ruisseau la cause en amont du lac du Bimont	Bon	Très bon
Rivière	FRDR10255b	Ruisseau la cause en aval du lac du Bimont	Bon	Médiocre
Rivière	FRDR10382	Ruisseau l'aigue vive	Bon	Médiocre
Rivière	FRDR10388	Ruisseau de vède	Bon	Bon
Rivière	FRDR10538	Ruisseau de saint-pancrace	Bon	Médiocre
Rivière	FRDR10548	Ruisseau des carlats	Bon	Bon

Type masse d'eau	Code masse d'eau	Nom masse d'eau	Etat chimique	Etat écologique
Rivière	FRDR10636	Torrent le grand vallat	Bon	Bon
Rivière	FRDR10655	Vallat des eyssarettes	Bon	Moyen
Rivière	FRDR10693	Gaudre d'aureille	Mauvais	Moyen
Rivière	FRDR10700	Ruisseau de genouillet	Bon	Médiocre
Rivière	FRDR10775	Ruisseau la durançole	Bon	Moyen
Rivière	FRDR10781	ruisseau le réal de jouques	Bon	Bon
Rivière	FRDR10874	Ruisseau le raumartin	Mauvais	Moyen
Rivière	FRDR10891	Ruisseau bondon	Bon	Moyen
Rivière	FRDR10909	Vallat le grand	Bon	Médiocre
Rivière	FRDR10916	Torrent de vauclaire	Bon	Moyen
Rivière	FRDR10937	Vallat de fenouilloux	Bon	Bon
Rivière	FRDR11016	Vallat de boulerly	Bon	Médiocre
Rivière	FRDR11034	ruisseau des aygalades	Bon	Bon
Rivière	FRDR11182	Vallat de cabries	Bon	Médiocre
Rivière	FRDR11235	Ruisseau de budéou	Bon	Médiocre
Rivière	FRDR11264	Ruisseau de concernade	Bon	Médiocre
Rivière	FRDR11418	Ruisseau le jarret	Bon	Bon
Rivière	FRDR11521	Ruisseau de peyrui	Bon	Bon
Rivière	FRDR11659	Ruisseau l'abéou	Bon	Bon
Rivière	FRDR11753	Ruisseau de longarel	Bon	Médiocre
Rivière	FRDR11804	Rivière la luyne	Mauvais	Mauvais
Rivière	FRDR11847	Rivière le merlançon	Bon	Moyen
Rivière	FRDR11882	Torrent du fauge	Bon	Moyen
Rivière	FRDR11894	Ruisseau la torse	Bon	Moyen
Rivière	FRDR11901	Rivière le bayeux	Bon	Bon
Rivière	FRDR11994	Ruisseau de boutre	Bon	Bon
Rivière	FRDR12052	Vallat marseillais	Bon	Médiocre
Rivière	FRDR12063a	Ruisseau de Baume-Baragne	Bon	Médiocre
Rivière	FRDR12063b	Ruisseau le grand torrent	Bon	Bon

Type masse d'eau	Code masse d'eau	Nom masse d'eau	Etat chimique	Etat écologique
Rivière	FRDR12113	Vallat des très cabrès	Bon	Bon
Rivière	FRDR12129	Vallat neuf	Bon	Moyen
Rivière	FRDR12130	Grand Vallat du Ceinturon	Bon	Moyen
Rivière	FRDR121a	L'Huveaune du Merlançon au seuil du pont de l'Etoile	Bon	Moyen
Rivière	FRDR121b	L'Huveaune du seuil du pont de l'Etoile à la mer	Mauvais	Bon
Rivière	FRDR122	L'Huveaune de sa source au Merlançon	Bon	Moyen
Rivière	FRDR126a	La Cadière de sa source au pont de Glacière	Mauvais	Moyen
Rivière	FRDR126b	La Cadière du pont de Glacière à l'étang de Berre	Bon	Moyen
Rivière	FRDR127	La Touloubre du vallat de Boulery à l'étang de Berre	Mauvais	Moyen
Rivière	FRDR128	La Touloubre de sa source au vallat de Boulery	Bon	Moyen
Rivière	FRDR129	L'Arc de la Luynes à l'étang de Berre	Mauvais	Moyen
Rivière	FRDR130	L'Arc de la Cause à la Luynes	Mauvais	Médiocre
Rivière	FRDR131	L'Arc de sa source à la Cause	Bon	Moyen
Rivière	FRDR2032	La Durance du canal EDF au vallon de la Campane	Bon	Moyen
Rivière	FRDR246a	La Durance du vallon de la Campane à l'amont de Mallemort	Bon	Moyen
Rivière	FRDR246b	La Durance de l'aval de Mallemort au Coulon	Bon	Moyen
Rivière	FRDR248	L'Eze	Bon	Moyen
Rivière	FRDR250a	Le Verdon du retour du tronçon court-circuité à la confluence avec la Durance	Bon	Moyen
Rivière	FRDR267	La Durance de l'Asse au Verdon	Bon	Moyen