Evaluation du Plan Climat, Air, Energie Métropolitain de la Métropole Aix-Marseille-Provence au regard des objectifs nationaux et régionaux de réduction des émissions de polluants et de GES

octobre 2021

Table des matières

1 Contexte 3

2 Données retenues pour la synthèse de l'évaluation du PCAEM de AMP 3

3 Bilan de l'évaluation des émissions du PCAEM de AMP au regard des objectifs du Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA) 4

3.1 Objectifs du PREPA 4

3.2 Bilan de l'évaluation du PCAEM sur les objectifs nationaux 5

4 Bilan de l'évaluation des émissions du PCAEM de AMP au regard des objectifs du Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET) 6

4.1 Objectif du SRADDET 6

4.2 Bilan de l'évaluation du PCAEM sur les objectifs Régionaux 7

4.2.1 Polluants atmosphériques 7

4.2.2 Gaz à effet de serre 7

5 Emissions détaillées par polluant et par secteur 8

5.1 Emissions d'oxydes d'azote NO_x 8

5.2 Emissions de particules fines $PM_{2.5}$ 9

5.3 Emissions de particules fines PM_{10} 10

5.4 Emissions d'oxydes de soufre SO_x 11

5.5 Emissions de Composés Organiques Volatiles Non Méthaniques COVNM 12

5.6 Emissions d'ammoniac NH_3 13

5.7 Emissions de méthane CH_4 14

5.8 Emissions de protoxyde d'azote méthane N_2O 15

5.9 Emissions de dioxyde de carbone CO_2 issues de combustibles fossiles 16

5.10 Emissions de Gaz à Effet de Serre – PRG 100 17

Annexes

ANNEXE 1 : Modèle Times – SUD PACA 18
ANNEXE 2 : Méthode d'estimation des émissions par secteur et par scénario 22
ANNEXE 3 : Catégories d'énergie..... 27

Liste des tableaux :

Tableau 1: Liste des activités de la catégorie « Emetteurs non inclus » et polluants concernés 3
Tableau 2: Sources des données retenues par secteur pour les scénarios 2025, 2030, 2050 avec actions. 4
Tableau 2 : Objectifs de réduction définis par rapport aux émissions de l'année de référence 2005 5
Tableau 3 : Bilan des émissions de polluants du PCAEM de AMP au regard des objectifs du PREPA..... 5
Tableau 4 : Objectifs de réduction définis par le SRADDET par rapport aux émissions de l'année 2012..... 6
Tableau 5 : Bilan des émissions de polluants du PCAEM de AMP au regard des objectifs du SRADDET 7
Tableau 6 : Bilan des émissions des gaz à effet de Serre du PCAEM de AMP au regard des objectifs du SRADDET..... 7
Tableau 7 : Emissions de NO_x prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP 8
Tableau 8 : Emissions de PM2.5 prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP 9
Tableau 9 : Emissions de PM_{10} prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP..... 10
Tableau 10 : Emissions de SOx prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP..... 11
Tableau 11 : Emissions de COVNM prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP 12
Tableau 12 : Emissions de NH_3 prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP 13
Tableau 13 : Emissions de CH_4 équivalent CO_2 prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP 14
Tableau 14 : Emissions de N_2O équivalent CO_2 prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP..... 15
Tableau 15 : Emissions de CO_2 issues de combustibles fossiles prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP 16
Tableau 16 : Emissions de GES (PRG 100) prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP 17
Tableau 17 : Hypothèses prises en comptes par secteur 22
Tableau 18 : Evolution des consommations (autres transports) 23
Tableau 19 : Evolution des consommations sur la zone BDR1 (Industrie-Production d'énergie-Déchets) – Modèle Times..... 25
Tableau 20 : Evolution des consommations sur la zone AMP pour l'industrie et les déchets 26
Tableau 21 : Détail des catégories d'énergie..... 27

1 Contexte

Dans le cadre de la lutte contre le changement climatique, la Métropole Aix-Marseille-Provence a adopté un plan climat air-énergie métropolitain (PCAEM). Des objectifs de baisse d'émissions de polluants ont été fixés à différentes échéances.

Pour permettre une analyse pertinente au regard des objectifs nationaux et régionaux, il a été nécessaire de compiler les éléments produits par les différents plans d'actions en cours sur le territoire : PCAEM AMP, PDU AMP et PPA 13.

La source de données de référence utilisée est l'inventaire des émissions de polluants atmosphériques d'AtmoSud, version produite en 2019 sur les années 2007 à 2017.

Les regroupements et les hypothèses effectuées sont détaillés par polluants à la fin de cette note.

2 Données retenues pour la synthèse de l'évaluation du PCAEM de AMP

Afin de tenir compte de l'ensemble des données disponibles, **les résultats des travaux menés dans le cadre du PCAEM et du PDU de la Métropole Aix-Marseille-Provence, ainsi que du PPA 13, ont été utilisés** pour évaluer l'évolution des émissions de polluants et de gaz à effet de serre sur le territoire de la Métropole.

La sectorisation retenue est celle du format PCAET. Les données d'émission et de consommation d'énergie sont déclinées en huit secteurs définis dans l'arrêté[1] PCAET. Pour davantage de précisions, le secteur Autres Transports a été décomposé en quatre secteurs : Maritime, Aérien, Ferroviaire et Fluvial. Dans le cadre des projets PCAET, pour obtenir les données des Autres Transports il suffit de sommer ces quatre secteurs.

Une catégorie supplémentaire « ***Emetteurs non inclus*** » regroupe les émissions non prises en compte dans les totaux sectoriels ainsi que les sources non anthropiques. Elle n'est pas utilisée dans ce rapport car elle est considérée hors sectorisation PCAET. Toutefois, elle explique les variations d'émissions pouvant être constatées avec les analyses fournies pour le PPA 13 et le PDU AMP. Ces données sont consultables dans l'outil CIGALE[2] développé par AtmoSud.

Il s'agit notamment de la remise en suspension des particules fines, des feux de forêt et des sources naturelles : (végétation, NOx et COVNM des champs et cultures, NOx des cheptels) (Tableau 1). Les émissions de GES des cycles LTO internationaux sont également rapportées dans cette catégorie. Pour information, les émissions et consommations des phases croisières de l'aviation et du maritime ne sont pas rapportées dans l'outil CIGALE.

Polluants concernés	Activités
PM	Remise en suspension routier
NOX et COV	Cultures
NOX	Elevage
Tous	Biotique hors sols
Tous sauf CO2	Biotique Sols
GES	Cycles LTO – International (aérien)

Tableau 1: Liste des activités de la catégorie « Emetteurs non inclus » et polluants concernés

Pour les scénarios sans action 2025, 2030 et 2050, AtmoSud s'est appuyé sur les données prospectives fournies dans le cadre des travaux sur le PCAEM ainsi que sur les données prospectives issues du modèle TIMES Sud PACA (voir annexe 1) pour les secteurs n'ayant pas fait l'objet d'un travail spécifique. Ces scénarios énergétiques représentent l'état de référence fil de l'eau.

[1] https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000032974938

[2] https://cigale.atmosud.org/

Sur la base de ces données prospectives énergétiques et des facteurs d'émissions moyens disponibles dans l'inventaire 2017 d'AtmoSud (v2019), une estimation des émissions pour les scénarios sans et avec actions a été réalisée pour les années 2025, 2030 et 2050. La méthode utilisée est détaillée en annexe 2. Le Tableau 2 reprend par secteur les différentes sources de données utilisées.

Secteur	Données retenues pour estimation 2025, 2030 et 2050
Aérien	Évolution modèle TIMES SUD PACA.
Agriculture	Évolution PCAEM + gains PCAEM.
Branche énergie	Évolution TIMES SUD PACA + gains PCAEM.
Déchets	Évolution TIMES SUD PACA + gains PCAEM.
Ferroviaire	Évolution TIMES SUD PACA + actions PPA 2025 polluant sans évaluation pour les GES.
Fluvial	Évolution TIMES SUD PACA.
Industrie	Évolution TIMES SUD PACA + gains PCAEM.
Maritime	Évolution TIMES SUD PACA + actions PPA 2025 polluant sans évaluation pour les GES.
Résidentiel	Évolution PCAEM + gains PCAEM.
Tertiaire	Évolution PCAEM + gains PCAEM.
Transport routier	Évolution et gains PDU 2025, 2030 + Évolution TIMES SUD PACA pour 2050 avec facteur d'émission du parc en 2030.

Tableau 2: Sources des données retenues par secteur pour les scénarios 2025, 2030, 2050 avec actions.

3 Bilan de l'évaluation des émissions du PCAEM de AMP au regard des objectifs du Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA)

3.1 Objectifs du PREPA

Le décret n° 2017-949 du 10 mai 2017 fixe les objectifs nationaux de réduction des émissions de certains polluants atmosphériques en application de l'article L. 222-9 du code de l'environnement. Les objectifs sont explicités dans le Tableau 3.

Ces objectifs de réduction sont définis par rapport aux émissions de l'année de référence 2005 pour le dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), l'ammoniac (NH_3) et les particules fines avec un diamètre inférieur à 2,5 micromètres (PM2.5).

	Années 2020 à 2024	Années 2025 à 2029	A partir de 2030
Oxydes d'azote (NO_x)	-50%	-60%	-69%
Particules fines (PM2.5)	-27%	-42%	-57%
Dioxyde de soufre (SO_2)	-55%	-66%	-77%
Composés organiques volatils autres que le méthane (COVNM)	-43%	-47%	-52%
Ammoniac (NH_3)	-4%	-8%	-13%

Tableau 3 : Objectifs de réduction définis par rapport aux émissions de l'année de référence 2005

3.2 Bilan de l'évaluation du PCAEM sur les objectifs nationaux

Les objectifs de réduction du PCAEM ont été définis par rapport aux émissions de l'année de référence 2005. **En revanche, AtmoSud ne disposant pas d'un inventaire des émissions de polluants pour 2005, l'année 2007, plus proche disponible, est utilisée pour l'analyse des objectifs.** De fait, les pourcentages d'évolution des gains avec actions PCAEM et PDU ont été calculés pour 2025 et 2030 par rapport à 2007.

								Objectifs nationaux de réduction		
		2007	2025	2030	2050	Gain 2025 actions / 2007 en %	Gain 2030 actions / 2007 en %	2020-2024	2025-2029	A partir de 2030
Métropole AMP bilan des émissions en tonnes /an	**NOx**	62 618	35 190	32 479	31 835	-44%	-48%	**-50%**	**-60%**	**-69%**
	$PM_{2.5}$	7 813	4 001	3 747	3 405	-49%	-52%	**-27%**	**-42%**	**-57%**
	COVNM	34 191	16 037	15 352	14 354	-53%	-55%	**-43%**	**-47%**	**-52%**
	NH_3	1 308	950	943	933	-27%	-28%	**-4%**	**-8%**	**-13%**
	SOx	71 931	12 014	11 187	9 169	-83%	-84%	**-55%**	**-66%**	**-77%**

Le gain 2030 avec actions doit être comparé aux objectifs 2025-2029 et 2030 du PREPA. Les émissions à 2050 sont indiquées à titre de complément.

Tableau 4 : Bilan des émissions de polluants du PCAEM de AMP au regard des objectifs du PREPA

Au regard des objectifs du PREPA, les objectifs de réduction pour les NOx ne sont pas atteints dans le cadre du PCAEM. Deux éléments peuvent expliquer en partie ce pourcentage de réduction insuffisant :

- La croissance prévue des activités liées au transport maritime entraîne, malgré une réduction importante des émissions sur les bassins Est notamment, une hausse mécanique globale des émissions en NOx pour ce secteur d'activité.
- L'année 2007 est prise en compte pour l'année de référence pour les émissions en lieu et place de l'année 2005, ce qui engendre un écart moins important. Cette variation est cependant moins significative que celle du secteur maritime.

L'objectif de réduction à partir de 2030 n'est également pas atteint pour les $PM_{2.5}$.

Pour les autres polluants, les objectifs de 2020 à 2030 sont atteints. Les objectifs à atteindre à partir de 2030 sont respectés dès 2025 pour le NH_3, les SOx et les COVNM. À noter que les chiffres prospectifs utilisés pour le NH_3 sont à prendre avec précaution (cf. section 5.6).

4 Bilan de l'évaluation des émissions du PCAEM de AMP au regard des objectifs du Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET)

4.1 Objectif du SRADDET

Créé par la loi NOTRe (Nouvelle Organisation Territoriale de la République) du 7 août 2015, le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET) a pour vocation d'organiser la stratégie régionale pour l'avenir des territoires à moyen terme (2030), mais aussi à long terme (2050).

Pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'Assemblé régionale a voté le SRADDET le 26 juin 2019. Celui-ci préconise des actions multiples dans divers secteurs d'activités et propose des objectifs de réduction des émissions de polluants à différentes échéances par rapport aux émissions de l'année 2012 (Tableau 5). Les polluants concernés sont les oxydes d'azote (NO_x), les particules fines avec un diamètre inférieur à 10 micromètres (PM10), les particules fines avec un diamètre inférieur à 2,5 micromètres (PM2.5) ainsi que les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM). Pour les gaz à effet de serre, les objectifs de réduction sont déclinés par secteurs d'activité.

		2023	2025	2030	2050
Polluants Atmosphériques	Oxydes d'azote (NO_x)	-54%	-56%	-58%	-
	Particules fines (PM10)	-35%	-40%	-47%	-
	Particules fines (PM2.5)	-40%	-46%	-55%	-
	Composés organiques volatils autres que le méthane (COVNM)	-26%	-31%	-37%	-
Gaz à Effet de Serre	Agriculture	-10%	-	-13%	-75%
	Industrie, Déchets, Energie	-12%	-	-18%	-75%
	Résidentiel - Tertiaire	-38%	-	-55%	-75%
	Transports	-23%	-	-35%	-75%
	GES totaux	-19%	-	-27%	-75%

Tableau 5 : Objectifs de réduction définis par le SRADDET par rapport aux émissions de l'année 2012 (Source : https://www.maregionsud.fr/la-region-en-action/amenagement-et-developpement-durable/lavenir-de-nos-territoires-le-sraddet)

4.2 Bilan de l'évaluation du PCAEM sur les objectifs Régionaux

4.2.1 Polluants atmosphériques

Pour les 4 polluants évalués, les objectifs du SRADDET ne sont pas atteints (Tableau 6). Les tendances et actions attendues contribuent à la réduction des émissions sur le territoire du PCAEM.

À titre d'illustration pour les NOx, respecter l'objectif de réduction des émissions du SRADDET pour 2030 nécessiterait un effort de réduction supplémentaire de plus de 40% sur les émissions 2030 pour les grands secteurs contributeurs (industrie, branche énergie, transport maritime, transport terrestre).

								Objectifs SRADDET de réduction par rapport à 2012		
		2012	2025	2030	2050	Gain 2025 actions / 2012 en %	Gain 2030 actions / 2012 en %	2023	2025	2030
Métropole AMP bilan des émissions en tonnes /an	**NOx**	47 283	35 190	32 479	31 835	-26%	-31%	**-54%**	**-56%**	**-58%**
	PM_{10}	6 504	5 375	5 058	4 619	-17%	-22%	**-35%**	**-40%**	**-47%**
	$PM_{2.5}$	4 930	4 001	3 747	3 405	-19%	-24%	**-40%**	**-46%**	**-55%**
	COVNM	20 726	16 037	15 352	14 354	-23%	-26%	**-26%**	**-31%**	**-37%**

Tableau 6 : Bilan des émissions de polluants du PCAEM de AMP au regard des objectifs du SRADDET

4.2.2 Gaz à effet de serre

Pour les gaz à effet de serre, le **potentiel de réchauffement global (PRG) 100 est utilisé comme indicateur de suivi.** Dans le cas présent il somme les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_20 en tenant compte de leur PRG respectif (1, 28, 265).

Sur les GES totaux du territoire d'AMP, l'objectif du SRADDET est atteint en 2023 et il est presque atteint en 2030 (Tableau 7**)**. Par rapport aux objectifs par secteur, les objectifs des secteurs industrie, déchets et Energie seraient atteints en 2023 et 2030. Ils sont approchés sur ces années pour les secteurs résidentiels-tertiaire.

Pour le scénario 2050, **les objectifs du SRADDET** de réduction des émissions de GES de -75% ne sont pas atteints. Il est à noter que sur de nombreux secteurs (aérien, maritime, industrie, routier), le scénario 2050 est principalement un scénario fil de l'eau entre 2030 et 2050. Il ne tient compte que d'une évolution de la consommation et n'intègre pas les potentielles évolutions technologiques (biocarburant avion, nouveau carburant maritime, norme EURO pour les véhicules routiers…)

	Métropole AMP bilan des émissions en tonnes /an							Objectifs SRADDET de réduction par rapport à 2012		
PRG 100	2012	2025	2030	2050	Gain 2025 actions / 2012 en %	Gain 2030 actions / 2012 en %	Gain 2050 actions / 2012 en %	2023	2030	2050
Agriculture	104 330	105 381	104 562	97 574	1%	0%	-6%	-10%	-13%	-75%
Industrie, Déchets, Energie	16 912 435	13 792 320	12 663 625	10 369 104	-18%	-25%	-39%	-12%	-18%	-75%
Résidentiel - Tertiaire	2 796 482	1 798 789	1 539 118	1 195 542	-36%	-45%	-57%	-38%	-55%	-75%
Transports	4 072 414	3 605 302	3 299 573	2 996 582	-11%	-19%	-26%	-23%	-35%	-75%
GES totaux	23 885 662	19 301 792	17 606 879	14 658 802	-19%	-26%	-39%	-19%	-27%	-75%

Tableau 7 : Bilan des émissions des gaz à effet de Serre du PCAEM de AMP au regard des objectifs du SRADDET

5 Emissions détaillées par polluant et par secteur

5.1 Emissions d'oxydes d'azote NO_x

Au regard des objectifs du PREPA et SRADDET, les objectifs de réduction pour les NO_x ne sont pas atteints dans le cadre du PCAEM. Comme discuté en section 3.2, deux éléments peuvent expliquer en partie ces pourcentages de réduction insuffisants :

- La croissance prévue des activités liées au transport maritime entraîne, malgré une réduction importante des émissions sur les bassins Est notamment, une hausse mécanique globale des émissions en NO_x pour ce secteur d'activité.

		Inventaire des émissions AtmoSud			Scénarios tendanciels avec actions					
Polluant	Secteur	2007	2012	2017	2025	2030	2050	Evolution 2012-2025	Evolution 2012-2030	Evolution 2012-2050
Oxydes d'azote (NO_x) en tonnes par an	Aérien	333	379	361	377	388	433	0%	2%	14%
	Agriculture	310	158	231	331	326	284	109%	106%	80%
	Branche énergie	15 800	7 327	5 984	4 340	4 161	3 685	-41%	-43%	-50%
	Déchets	173	81	97	74	61	24	-8%	-24%	-71%
	Ferroviaire	74	93	112	98	102	116	6%	9%	24%
	Fluvial	14	14	14	14	14	14	0%	0%	0%
	Industrie	13 563	11 400	8 958	7 636	7 043	5 945	-33%	-38%	-48%
	Maritime	11 398	10 801	12 183	13 852	14 268	16 000	28%	32%	48%
	Résidentiel	1 203	1 270	1 089	931	810	677	-27%	-36%	-47%
	Tertiaire	714	674	696	317	271	206	-53%	-60%	-70%
	Transport routier	19 038	15 086	12 778	7 220	5 035	4 451	-52%	-67%	-70%
Emissions totales AMP		62 618	47 283	42 502	35 190	32 479	31 835	-26%	-31%	-33%

	SRADDET	2023	2025	2030	2050
NO_x	Objectif régional / 2012	-54%	-56%	-58%	-
	PCAEM AMP / 2012	-26%	-31%	-31%	-33%

	PREPA	2020-2025	2025-2029	A partir 2030
NO_x	Objectif national / 2005	-50%	-60%	-69%
	PCAEM AMP / 2007	-44%	-48%	-48%

Tableau 8 : Emissions de NO_x prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP

5.2 Emissions de particules fines PM2.5

Pour le PREPA, les objectifs de réduction pour les PM2.5 sont atteints de 2020 à 2029, il n'est pas atteint à partir de 2030.

Les objectifs du SRADDET ne sont pas atteints pour les PM2.5. Les tendances et actions attendues contribuent à la réduction des émissions sur le territoire du PCAEM.

		Inventaire des émissions AtmoSud			Scénarios tendanciels avec actions					
Polluant	Secteur	2007	2012	2017	2025	2030	2050	Evolution 2012-2025	Evolution 2012-2030	Evolution 2012-2050
Particules fines (PM2.5) en tonnes par an	Aérien	19	20	20	20	21	23	1%	4%	16%
	Agriculture	84	83	82	82	82	77	-1%	-2%	-8%
	Branche énergie	1 107	485	173	145	142	138	-70%	-71%	-72%
	Déchets	3	4	5	5	5	5	9%	9%	7%
	Ferroviaire	17	27	30	34	37	46	29%	40%	72%
	Fluvial	1	1	1	1	1	1	0%	0%	0%
	Industrie	3 517	1 832	1 659	1 450	1 350	1 159	-21%	-26%	-37%
	Maritime	755	572	645	731	753	844	28%	32%	48%
	Résidentiel	1 155	1 037	1 030	1 166	1 061	833	12%	2%	-20%
	Tertiaire	38	38	39	18	16	13	-54%	-59%	-66%
	Transport routier	1 118	829	608	350	280	266	-58%	-66%	-68%
Emissions totales AMP		7 813	4 930	4 291	4 001	3 747	3 405	-19%	-24%	-31%

	SRADDET	2023	2025	2030	2050
PM2.5	Objectif régional / 2012	-40%	-46%	-55%	-
	PCAEM AMP / 2012	-19%	-24%	-24%	-31%

	PREPA	2020-2025	2025-2029	A partir 2030
PM2.5	Objectif national / 2005	-27%	-42%	-57%
	PCAEM AMP / 2007	-49%	-52%	-52%

Tableau 9 : Emissions de PM2.5 prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP

5.3 Emissions de particules fines PM10

Les objectifs du SRADDET ne sont pas atteints pour les PM10. Les tendances et actions attendues contribuent à la réduction des émissions sur le territoire du PCAEM.

Le PREPA ne définit pas d'objectif de réduction pour les particules PM10.

		Inventaire des émissions AtmoSud			Scénarios tendanciels avec actions					
Polluant	Secteur	2007	2012	2017	2025	2030	2050	Evolution 2012-2025	Evolution 2012-2030	Evolution 2012-2050
Particules fines (PM10) en tonnes par an	Aérien	32	34	33	35	36	40	2%	5%	17%
	Agriculture	162	150	150	148	147	142	-2%	-2%	-6%
	Branche énergie	1 494	622	240	199	196	189	-68%	-69%	-70%
	Déchets	4	6	6	6	6	6	5%	5%	3%
	Ferroviaire	56	83	92	106	114	141	28%	39%	71%
	Fluvial	1	1	1	1	1	1	0%	0%	0%
	Industrie	5 559	2 871	2 650	2 318	2 159	1 853	-19%	-25%	-35%
	Maritime	797	604	681	771	795	891	28%	32%	48%
	Résidentiel	1 182	1 061	1 052	1 232	1 124	892	16%	6%	-16%
	Tertiaire	48	48	49	18	16	13	-63%	-67%	-73%
	Transport routier	1 308	1 024	816	542	464	450	-47%	-55%	-56%
Emissions totales AMP		10 643	6 504	5 770	5 375	5 058	4 619	-17%	-22%	-29%

	SRADDET	2023	2025	2030	2050
PM10	Objectif régional / 2012	-35%	-40%	-47%	-
	PCAEM AMP / 2012	-17%	-22%	-22%	-29%

Tableau 10 : Emissions de PM_{10} prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP

5.4 Emissions d'oxydes de soufre SOx

Pour le PREPA, tous les objectifs de réduction pour les SOx sont atteints dès 2025.

Le SRADDET ne définit pas d'objectif de réduction pour les SOx.

		Inventaire des émissions AtmoSud			Scénarios tendanciels avec actions					
Polluant	Secteur	2007	2012	2017	2025	2030	2050	Evolution 2012-2025	Evolution 2012-2030	Evolution 2012-2050
Oxydes de soufre (SOx) en tonnes par an	Aérien	29	33	31	32	33	37	-2%	1%	13%
	Agriculture	21	6	6	5	5	4	-20%	-20%	-21%
	Branche énergie	44 280	18 470	8 811	6 706	6 334	5 169	-64%	-66%	-72%
	Déchets	425	72	76	60	51	21	-16%	-29%	-71%
	Ferroviaire	0	0	0	0	0	0	26%	29%	44%
	Fluvial	1	1	1	1	1	1	0%	0%	0%
	Industrie	18 641	12 022	5 386	4 585	4 194	3 369	-62%	-65%	-72%
	Maritime	7 819	280	312	357	367	412	28%	31%	47%
	Résidentiel	405	191	143	169	109	78	-11%	-43%	-59%
	Tertiaire	184	94	76	75	68	59	-21%	-28%	-38%
	Transport routier	123	26	27	25	25	20	-2%	-2%	-22%
Emissions totales AMP		71 931	31 194	14 868	12 014	11 187	9 169	-61%	-64%	-71%

	PREPA	2020-2025	2025-2029	A partir 2030
SO_x	Objectif national / 2005	-55%	-66%	-77%
	PCAEM AMP / 2007	-83%	-84%	-84%

Tableau 11 : Emissions de SOx prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP

5.5 Emissions de Composés Organiques Volatiles Non Méthaniques COVNM

Pour le PREPA, tous les objectifs de réduction pour les SO_x sont atteints dès 2025.

Les objectifs du SRADDET ne sont pas atteints pour les COVNM. Les tendances et actions attendues contribuent à la réduction des émissions sur le territoire du PCAEM.

		Inventaire des émissions AtmoSud			Scénarios tendanciels avec actions					
Polluant	Secteur	2007	2012	2017	2025	2030	2050	Evolution 2012-2025	Evolution 2012-2030	Evolution 2012-2050
COVNM en tonnes par an	Aérien	55	55	51	53	55	61	-4%	-1%	11%
	Agriculture	104	77	74	75	75	69	-2%	-3%	-10%
	Branche énergie	7 039	4 366	2 713	2 341	2 245	1 969	-46%	-49%	-55%
	Déchets	1 071	425	432	391	367	287	-8%	-14%	-33%
	Ferroviaire	6	7	8	9	9	10	26%	29%	44%
	Fluvial	2	2	2	2	2	2	0%	0%	0%
	Industrie	12 104	6 575	5 981	5 248	4 909	4 249	-20%	-25%	-35%
	Maritime	388	385	435	516	531	592	34%	38%	54%
	Résidentiel	8 116	6 362	6 186	6 624	6 431	6 002	4%	1%	-6%
	Tertiaire	198	116	116	36	30	22	-69%	-74%	-81%
	Transport routier	5 110	2 355	1 305	740	699	1 091	-69%	-70%	-54%
Emissions totales AMP		34 191	20 726	17 305	16 037	15 352	14 354	-23%	-26%	-31%

	SRADDET	2023	2025	2030	2050
COVNM	Objectif régional / 2012	-26%	-31%	-37%	-
	PCAEM AMP / 2012	-23%	-26%	-26%	-31%

	PREPA	2020-2025	2025-2029	A partir 2030
COVNM	Objectif national / 2005	-43%	-47%	-52%
	PCAEM AMP / 2007	-53%	-55%	-55%

Tableau 12 : Emissions de COVNM prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP

5.6 Emissions d'ammoniac NH_3

Pour le PREPA, tous les objectifs de réduction pour le NH_3 sont atteints dès 2025.

Le SRADDET ne définit pas d'objectif de réduction pour les NH_3.

La variation attendue entre 2017 et 2025 (-21.2%) est principalement induite par l'hypothèse retenue dans le cadre du PCAEM du maintien des émissions de NH_3 entre 2012 et 2025 (après une hausse évaluée entre 2012 et 2017). Faute d'éléments pour affiner cette hypothèse, il a été choisi de la conserver pour cohérence entre les différents plans.

		Inventaire des émissions AtmoSud			Scénarios tendanciels avec actions					
Polluant	Secteur	2007	2012	2017	2025	2030	2050	Evolution 2012-2025	Evolution 2012-2030	Evolution 2012-2050
Ammoniac NH_3 en tonnes par an	Aérien	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Agriculture	834	636	831	646	646	646	2%	2%	2%
	Branche énergie	33	151	11	9	10	11	-94%	-94%	-93%
	Déchets	66	79	64	63	63	63	-21%	-21%	-21%
	Ferroviaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fluvial	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Industrie	80	152	123	109	104	97	-28%	-32%	-37%
	Maritime	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Résidentiel	14	15	17	14	12	9	-7%	-18%	-43%
	Tertiaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Transport routier	281	159	109	109	109	109	-32%	-32%	-32%
Emissions totales AMP		1 308	1 193	1 154	950	943	933	-20%	-21%	-22%

	PREPA	2020-2025	2025-2029	A partir 2030
NH_3	Objectif national / 2005	-4%	-8%	-13%
	PCAEM AMP / 2007	-27%	-28%	-28%

Tableau 13 : Emissions de NH_3 prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP

5.7 Emissions de méthane CH_4

Le SRADDET ne définit pas d'objectif de réduction spécifique pour les CH_4. L'objectif est défini pour le PRG 100 auquel contribue les émissions de CH_4.

Le PREPA ne définit pas d'objectif sur les GES.

		Inventaire des émissions AtmoSud			Scénarios tendanciels avec actions					
Polluant	Secteur	2007	2012	2017	2025	2030	2050	Evolution 2012-2025	Evolution 2012-2030	Evolution 2012-2050
CH_4 en tonnes équivalent CO_2 par an	Aérien	111	110	95	100	102	114	-10%	-7%	4%
	Agriculture	45 130	46 420	41 820	47 750	47 748	47 732	3%	3%	3%
	Branche énergie	31 053	31 257	23 687	20 019	18 539	14 955	-36%	-41%	-52%
	Déchets	771 383	471 133	612 263	611 372	611 276	610 954	30%	30%	30%
	Ferroviaire	10	12	15	15	16	17	26%	29%	44%
	Fluvial	2	2	2	2	2	2	0%	0%	0%
	Industrie	29 008	37 351	19 990	18 171	17 375	16 427	-51%	-53%	-56%
	Maritime	1 127	1 133	1 278	1 522	1 566	1 748	34%	38%	54%
	Résidentiel	31 300	28 456	27 352	25 691	22 890	17 232	-10%	-20%	-39%
	Tertiaire	1 024	977	1 007	574	491	376	-41%	-50%	-62%
	Transport routier	7 917	4 003	2 901	2 073	1 889	4 801	-48%	-53%	20%
Emissions totales AMP		918 065	620 853	730 408	727 289	721 895	714 357	17%	16%	15%

Tableau 14 : Emissions de CH_4 équivalent CO_2 prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP

5.8 Emissions de protoxyde d'azote méthane N_2O

Le SRADDET ne définit pas d'objectif de réduction spécifique pour les N_2O. L'objectif est défini pour le PRG 100 auquel contribue les émissions de N_2O.

Le PREPA ne définit pas d'objectif sur les GES.

		Inventaire des émissions AtmoSud			Scénarios tendanciels avec actions					
Polluant	Secteur	2007	2012	2017	2025	2030	2050	Evolution 2012-2025	Evolution 2012-2030	Evolution 2012-2050
N_2O en tonnes équivalent CO_2 par an	Aérien	529	565	468	489	503	561	-13%	-11%	-1%
	Agriculture	33 787	26 402	32 174	27 168	27 122	26 728	3%	3%	1%
	Branche énergie	47 431	38 279	40 152	32 707	30 031	21 826	-15%	-22%	-43%
	Déchets	27 904	18 246	18 714	17 941	17 761	17 169	-2%	-3%	-6%
	Ferroviaire	33	41	50	52	53	59	26%	29%	44%
	Fluvial	110	6	6	6	6	6	0%	0%	0%
	Industrie	58 383	62 135	60 960	51 371	47 395	40 287	-17%	-24%	-35%
	Maritime	3 047	3 063	3 455	4 117	4 235	4 726	34%	38%	54%
	Résidentiel	5 932	6 166	6 262	7 632	6 870	5 509	24%	11%	-11%
	Tertiaire	2 792	2 854	2 796	422	375	308	-85%	-87%	-89%
	Transport routier	23 057	22 759	25 915	24 943	25 186	15 374	10%	11%	-32%
Emissions totales AMP		203 005	180 516	190 951	166 848	159 536	132 553	-8%	-12%	-27%

Tableau 15 : Emissions de N_2O équivalent CO_2 prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP

5.9 Emissions de dioxyde de carbone CO_2 issues de combustibles fossiles

Le SRADDET ne définit pas d'objectif de réduction spécifique pour les CO_2. L'objectif est défini pour le PRG 100 auquel contribue les émissions de CO_2.

Le PREPA ne définit pas d'objectif sur les GES.

		Inventaire des émissions AtmoSud			Scénarios tendanciels avec actions					
Polluant	Secteur	2007	2012	2017	2025	2030	2050	Evolution 2012-2025	Evolution 2012-2030	Evolution 2012-2050
CO_2 en tonnes équivalent CO_2 par an	Aérien	51 850	55 410	45 885	47 959	49 302	55 062	-13%	-11%	-1%
	Agriculture	56 155	31 508	72 858	30 462	29 692	23 115	-3%	-6%	-27%
	Branche énergie	5 458 945	3 978 076	3 148 966	2 406 966	2 080 798	1 340 973	-39%	-48%	-66%
	Déchets	225 486	233 379	261 787	192 662	157 505	50 077	-17%	-33%	-79%
	Ferroviaire	11 279	12 456	14 833	16 634	17 775	21 417	34%	43%	72%
	Fluvial	1 034	1 131	1 131	1 131	1 131	1 131	0%	0%	0%
	Industrie	13 798 388	12 042 579	12 479 391	10 441 112	9 682 946	8 256 436	-13%	-20%	-31%
	Maritime	448 436	433 578	489 069	582 810	599 503	669 046	34%	38%	54%
	Résidentiel	1 774 868	1 868 395	1 464 417	1 276 589	1 104 320	904 514	-32%	-41%	-52%
	Tertiaire	940 046	889 636	908 061	487 881	404 173	267 605	-45%	-55%	-70%
	Transport routier	3 650 196	3 538 145	3 656 818	2 923 449	2 598 304	2 222 517	-17%	-27%	-37%
Emissions totales AMP		26 416 683	23 084 293	22 543 216	18 407 656	16 725 448	13 811 892	-20%	-28%	-40%

Tableau 16 : Emissions de CO_2 issues de combustibles fossiles prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP

5.10 Emissions de Gaz à Effet de Serre – PRG 100

Pour les gaz à effet de serre, le **potentiel de réchauffement global 100 est utilisé comme indicateur de suivi.** Dans le cas présent il somme les émissions de CO_2, de CH_4 et de N_20 en tenant compte de leur PRG respectif (1, 28, 265).

Sur les GES totaux du territoire d'AMP, l'objectif du SRADDET est atteint en 2023 et il est presque atteint en 2030. Par rapport aux objectifs par secteur, les objectifs des secteurs industrie, déchets et Energie seraient atteints en 2023 et 2030. Ils sont approchés sur ces années pour les secteurs résidentiels-tertiaire. Les objectifs par secteur sont détaillés dans le paragraphe 4.2.2. - **(**Tableau 7**)**.

Pour le scénario 2050, **les objectifs du SRADDET** de réduction des émissions de GES de -75% ne sont pas atteints. Il est à noter que sur de nombreux secteurs (aérien, maritime, industrie, routier), le scénario 2050 est principalement un scénario fil de l'eau entre 2030 et 2050. Il ne tient compte que d'une évolution de la consommation et n'intègre pas les évolutions technologiques (biocarburant avion, nouveau carburant maritime, norme EURO pour les véhicules routiers…)

Le PREPA ne définit pas d'objectif sur les GES.

		Inventaire des émissions AtmoSud			Scénarios tendanciels avec actions					
Polluant	Secteur	2007	2012	2017	2025	2030	2050	Evolution 2012-2025	Evolution 2012-2030	Evolution 2012-2050
PRG 100 en tonnes équivalent CO_2 par an	Aérien	52 489	56 085	46 448	48 547	49 907	55 738	-13%	-11%	-1%
	Agriculture	135 072	104 330	146 852	105 381	104 562	97 574	1%	0%	-6%
	Branche énergie	5 537 429	4 047 612	3 212 805	2 463 868	2 133 649	1 381 832	-39%	-47%	-66%
	Déchets	1 024 772	722 759	892 764	795 136	757 314	642 440	10%	5%	-11%
	Ferroviaire	11 322	12 510	14 897	16 701	17 844	21 494	34%	43%	72%
	Fluvial	1 146	1 139	1 139	1 139	1 139	1 139	0%	0%	0%
	Industrie	13 885 779	12 142 064	12 560 341	10 533 316	9 772 662	8 344 832	-13%	-20%	-31%
	Maritime	452 610	437 773	493 801	588 450	605 304	675 519	34%	38%	54%
	Résidentiel	1 812 100	1 903 016	1 498 030	1 309 913	1 134 079	927 254	-31%	-40%	-51%
	Tertiaire	943 863	893 466	911 864	488 877	405 039	268 288	-45%	-55%	-70%
	Transport routier	3 681 170	3 564 908	3 685 634	2 950 466	2 625 379	2 242 692	-17%	-26%	-37%
Emissions totales AMP		27 537 752	23 885 662	23 464 575	19 301 792	17 606 879	14 658 802	-19%	-26%	-39%

	SRADDET	2023	2025	2030	2050
PRG 100	Objectif régional / 2012	-19%	-23%	-27%	-75%
	PCAEM AMP / 2012	-19%	-26%	-26%	-39%

Tableau 17 : Emissions de GES (PRG 100) prospectives détaillées par secteur sur le territoire AMP

ANNEXE 1 Modèle Times – SUD PACA

Pour les secteurs aérien, maritime et ferroviaire du PPA, le tendanciel est calculé à partir de l'évolution des consommations par type d'énergie et par secteur entre 2016 et 2025, issue des données prospectives énergétiques Times-SUD PACA[3]. Les données d'évolution sont analysées sur la zone BDR1 du modèle prospectif.

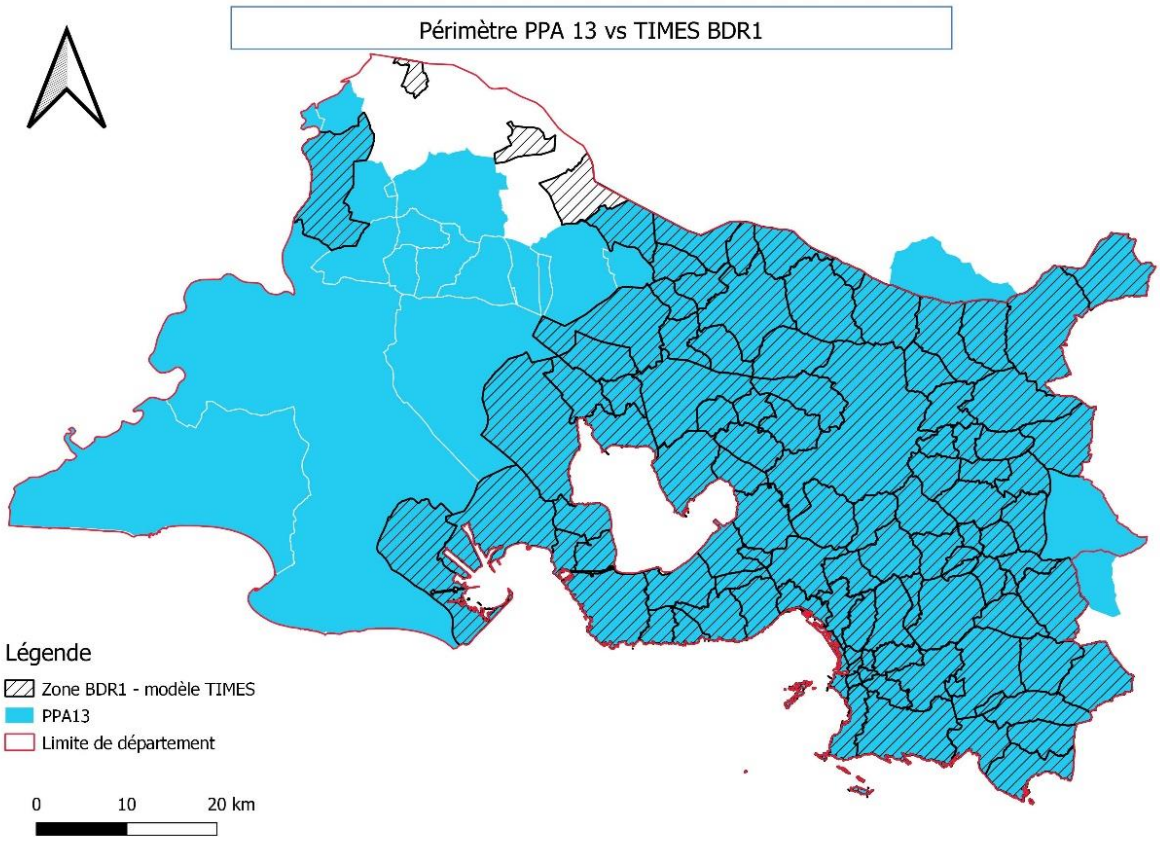


Figure 1 : Cartographie des communes couvertes par les périmètres TIMES SUD PACA

Le périmètres du PCAEM et BDR1 ne sont pas tout à fait les mêmes mais cela n'a pas de grande incidence puisque ce ne sont pas les données brutes qui seront réutilisées dans l'étude mais bien la tendance d'évolution des consommations sur la zone. Cette évolution est ensuite appliquée aux données 2017 du PCAEM d'AMP du dernier inventaire communal de consommations énergétiques d'AtmoSud[4], afin d'estimer les consommations 2025, 2030 et 2050 pour les secteurs concernés.

[3] Modèle TIMES-SUD PACA : Carlos Andrade, Sandrine Selosse et Nadia Maïzi, MINES ParisTech, PSL Research University, Centre de Mathématiques Appliquées, Sophia Antipolis.

[4] Inventaire communal AtmoSud sur la région SUD PACA : consommations, émissions de GES et de polluants atmosphériques, v6.3

Modélisation prospective pour analyser la transition énergétique de la région SUD Provence-Alpes-Côte-D'azur

Carlos ANDRADE, Sandrine SELOSSE, Nadia MAIZI

Dans le cadre de la thèse « Prospective énergétique PACA, quelles transformations du territoire pour assurer une transition énergétique et d'économie circulaire », cofinancée par la région SUD PACA et l'ADEME et menée au Centre de Mathématiques Appliquées de MINES ParisTech à Sophia Antipolis, un modèle d'optimisation technico-économique du système énergétique de la région a été développé afin d'analyser les différents sentiers que la région pourrait suivre pour mener sa politique de transition énergétique.

Méthodologie

Ce modèle repose sur le paradigme TIMES (*The Integrated Markal-EFOM System*) largement utilisé dans le monde depuis les années 1970 pour réaliser des exercices énergétiques et environnementaux de long terme. Développé dans le cadre de la communauté internationale « *Energy Technology Systems Analysis Program* » (ETSAP) de l'Agence International de l'énergie (AIE), TIMES est un générateur de modèles combinant deux approches de modélisation de l'énergie différentes et complémentaires : une approche d'ingénierie technique et une approche économique. Ce modèle bottom-up technico-économique repose sur une représentation très détaillée de technologies et sur un programme d'optimisation linéaire visant à définir un système énergétique de moindre coût, optimisé en fonction d'un certain nombre de contraintes (techniques, environnementales, économiques et/ou politiques) définies par l'utilisateur, sur des horizons temporels de moyen à long terme et des périmètres géographiques variables, allant du monde à la ville (https://iea-etsap.org/).

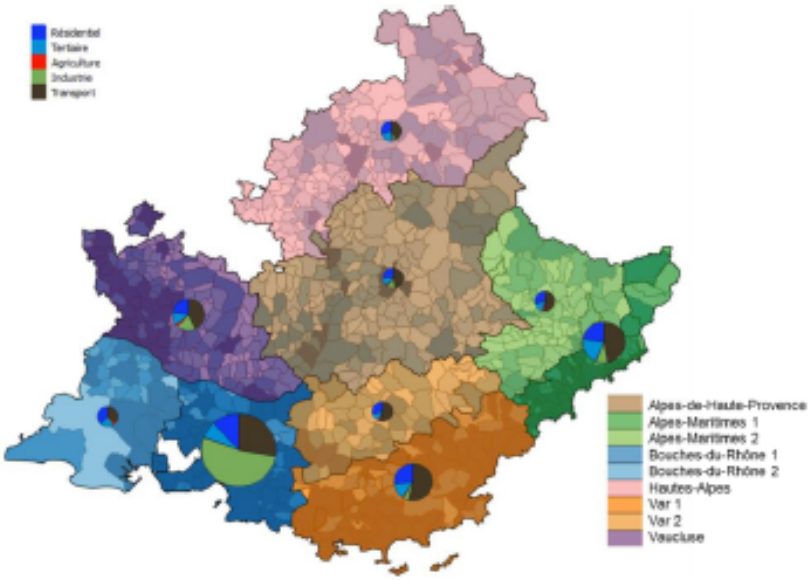
La construction du modèle TIMES débute par la représentation du système énergétique du territoire ciblé à une année de base, qui servira de référence. Cette image repose sur des données observées. Le territoire peut être décliné en différentes sous-régions. Le modélisateur renseigne ainsi toute la structure technico-économique du système énergétique qu'il souhaite étudier (allant des technologies de conversion à la consommation de services énergétiques ; de l'énergie primaire à l'énergie finale, etc.) détaillée par secteur (transport, industrie, résidentiel, etc.). Le modèle repose ainsi sur une description complète de chaque ressource énergétique (commodité) et des technologies pouvant être installées et exploitées par le modèle dans le but de satisfaire la demande. Cette dernière est exogène, c'est-à-dire que c'est l'utilisateur qui doit la renseigner pour l'ensemble de l'horizon temporel qui est lui-même déterminé par le modélisateur. Cette représentation est complétée par une série de contraintes (techniques, d'approvisionnement, etc.) et/ou de scénarios (environnementaux, économiques, politiques, etc.). Enfin, le modèle va optimiser le système en minimisant le coût total actualisé de l'ensemble du système énergétique sur l'ensemble de l'horizon temporel et pour l'ensemble des sous-régions le cas échéant, en satisfaisant la demande et les différentes contraintes.

Modèle TIMES SUD PACA

Sur cette base, le modèle TIMES SUD PACA représente d'une manière détaillée le système énergétique de la région sur un horizon temporel allant de 2016 (année de base) à 2050. La région a

été découpée en neuf zones : les départements Alpes-de-Haute-Provence (AHP), Hautes-Alpes (HA) et Vaucluse (VAUC), puis les départements des Bouches-du-Rhône (BDR), du Var et des Alpes-Maritimes (AM) qui ont été déclinées en deux zones, une zone à haute consommation et une zone à faible consommation, afin de tenir compte de la consommation énergétique davantage concentrée sur les zones littorales où se concentrent elles-mêmes les activités économiques et la population (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Figure 1 : Découpage de la région SUD PACA dans le cadre de la modélisation prospective



Ce modèle décrit les différents moyens d'approvisionnement d'énergie primaire de la région (importations et production locale), les diverses technologies de transformation (centrales électriques, méthaniseurs, etc.) qui ont été installées jusqu'à l'année de base et les technologies qui pourront être développées par la région d'ici 2050. Il détaille aussi les différents moyens de transport des énergies (réseaux électrique et gazier, etc.) ainsi que les différents secteurs de consommation (résidentiel, tertiaire, transport, industrie et agriculture) avec ses différents services énergétiques (chauffage, cuisson, transport de personnes, etc.). Les résultats du modèle permettront des analyses et discussions sur les possibles trajectoires du paysage énergétique régional à l'horizon 2050 : comment et où développer les énergies disponibles sur la région, quel potentiel et impact de différents projets énergétiques comme HyGreen sur l'ensemble de la région, comment répondre à des objectifs de décarbonation du système énergétique, etc.

Description des scénarios

Dans le cadre du modèle TIMES SUD PACA, quelques scénarios ont été développés et plusieurs autres sont en cours de construction. Ci-dessous, est présenté le scénario tendanciel avec ses principales hypothèses et contraintes.

Tout d'abord, la demande d'énergie, pour les différents secteurs et chacune des neuf zones, a été projetée jusqu'à l'année 2050 en suivant l'évolution de la consommation énergétique de chaque service énergétique de la période (2010-2016). Les données ont été fournies par AtmoSud. De cette façon, chaque demande de service énergétique présente une évolution spécifique, qui suit les tendances des années passées. Des scénarios de sensibilité peuvent être implémentés pour faire

évoluer cette demande et discuter ainsi différents sentiers d'évolution. Les tendances passées ont également été utilisées comme base de référence pour déterminer l'évolution de la consommation de chaque énergie (électricité, gaz naturel, biomasse, produit pétroliers, etc.) pour chaque demande sectorielle, pour chaque zone et pour l'ensemble de l'horizon temporel. Des bornes maximales et minimales d'évolution ont été supposées, en considérant par exemple que si la consommation d'une énergie avait connu une baisse sur la période, le niveau de consommation de cette énergie pour ce secteur à l'année de référence constituerait la borne maximale pour toutes les périodes. A l'inverse, lorsque la consommation d'énergie pour un secteur augmente, cette dernière peut être consommée au moins au même niveau qu'à l'année de base. Par exemple, dans les Alpes-de-Haute-Provence, la consommation d'électricité dans le secteur de l'industrie a connu une hausse entre 2010 et 2016 d'environ 1 %, mais la consommation des produits pétroliers a connu une réduction d'environ 3 % dans la même période : le niveau de consommation du pétrole de l'industrie pour cette zone en 2016 constitue la borne maximale à chaque période de l'horizon temporel.

En termes de production, en 2016 la région a une production d'électricité provenant des technologies renouvelables, i.e. hydraulique, éolien, solaire photovoltaïque au sol et en toiture, et biomasse. L'électricité est également produite par des énergies fossiles, gaz naturel et produits pétroliers. Ces technologies seront aussi disponibles sur l'ensemble de l'horizon temporel mais, dans le scénario tendanciel, de nouvelles technologies (e.g. des technologies marines) ne sont pas introduites (il n'en est pas de même pour les autres scénarios). Les caractéristiques technico-économiques des différentes technologies sont par exemple les rendements, les durée de vie, les coûts d'investissement, les coûts fixe et variable, les facteurs de disponibilité, les taux d'actualisation, etc. Concernant les rythmes de développement des énergies, notamment renouvelables, des contraintes ont été fixées au regard des tendances passées et des potentiels déployables. Ces derniers ont été collectés auprès les études de potentiels faites pour la région. S'agissant du recours aux énergies fossiles dans la production d'électricité, il est soumis à une contrainte maximale au vu du niveau à l'année de base dans la mesure où il n'y a pas de projets envisageant une augmentation des capacités pour ces types d'énergies. Le modèle détermine ainsi le mix optimal sur tout l'horizon temporel suivant les besoins énergétiques et ces contraintes.

Perspective de développement du modèle

D'autres scénarios sont en cours de développement, et en premier lieu, un scénario intégrant les politiques énergétiques de la région mis en avant dans le cadre du SRADDET. L'objectif est d'analyser quels sont les effets sur le système énergétique d'une application des politiques énergétiques de la région en termes de production et de réduction de la demande et quelles sont les actions à mettre en œuvre pour y arriver. En second lieu, un scénario envisageant une hypothétique indépendance de la région PACA pourra être analysée, tout comme un scénario zéro émission en 2050. Dans ces contextes, de nouvelles contraintes et hypothèses seront déterminées, notamment concernant les technologies touchant à l'hydrogène, la filière de biogaz, les énergies marines, etc.

ANNEXE 2 Méthode d'estimation des émissions par secteur et par scénario

Le tableau suivant présente les données et les méthodes appliquées par secteur, dont les résultats sont présentés dans le corps de ce rapport :

Secteurs	Situation de référence 2017	Scénario 2025, 2030, 2050 fil de l'eau	Gains associés à 2025-2030-2050
Agriculture	Inventaire des émissions 2017 (v2019) - source AtmoSud	Energétique + non énergétique* : Données PCAEM 2024	Gain des actions PCAEM.
Résidentiel/Tertiaire			
Industrie		Energétique + non énergétique* **:** Scénario tendanciel 2017-2025-2030-2050 des consommations énergétiques (modèle prospectif TIMES-SUD PACA). Les émissions non énergétiques du secteur déchets sont dupliquées depuis 2017.	***Industrie :*** les gains des actions PCAEM sont répartis sur les secteurs production d'énergie, déchet et industrie au prorata de leurs émissions respectives. **Maritime et ferroviaire**, seules les actions du PPA 13 à 2025 sont prises en compte.
Déchet			
Production d'Energie			
Aérien			
Ferroviaire			
Maritime			
Routier		Le tendanciel d'évolution du trafic de +4.1% de trafic entre 2017 et 2025 issu du PDU AMP a été retenu. ***Pour 2025 :*** un recalcul des émissions de ce secteur a été réalisé avec le parc roulant 2025. ***Pour 2030 :*** utilisation du fil de l'eau 2030 issu des travaux du PDU ***Pour 2050 :*** Scénario tendanciel 2017-2050 des consommations énergétiques (modèle prospectif TIMES-SUD PACA) et utilisation de FE moyen 2030 ou 2018 selon les polluants (NH_3, SO_x)	***Pour 2030 :*** Prise en compte des gains à l'horizon 2030 du PDU. ***Pour 2025 :*** proratisation des gains du PDU à l'horizon 2030 pour estimer les gains à 2025. ***Pour 2050 :*** application de l'évolution 2030-2050 du fil de l'eau du secteur routier sur les émissions 2030 PDU.

Tableau 18 : Hypothèses prises en comptes par secteur

**non énergétique : émissions non associées à une consommation directe d'énergie. Ces émissions sont intégrées dans les résultats du PCAEM pour l'agriculture et le résidentiel/tertiaire. Pour les autres secteurs, l'évolution du fil de l'eau 2025 est basée sur le scénario tendanciel 2017-2025 des consommations énergétiques.*

Evaluation des émissions 2025, 2030 et 2050 fil de l'eau

Les émissions tendancielles 2025, 2030 et 2050 de NOx, PM10, PM2.5, SOx, COVNM, NH_3 et GES sont déterminées selon différentes méthodologies, en fonction des secteurs, des données disponibles et des plans d'évaluation existants.

- Pour les transports routiers, les données 2025-2030 sont estimées à partir du PDU de la Métropole AMP et le scénario 2050 à partir des projection de consommation du modèle de prospective énergétique TIMES SUD PACA.
- Pour les secteurs agriculture et résidentiel/tertiaire, les émissions sont issues du PCAEM
- Enfin, pour les secteurs non évalués dans les plans précités – aérien, ferroviaire, maritime - et pour l'industrie, les émissions 2025, 2030, 2050 sont déterminées à partir du modèle de prospective énergétique TIMES SUD PACA.

L'ensemble des travaux prospectifs utilisé ne tient pas compte des récents développements induits par la crise sanitaire du COVID19. Les hypothèses d'évolution de l'activité économique sont en conséquence assez conservatrices et potentiellement défavorables concernant l'évolution des émissions de polluants atmosphériques.

Les sections suivantes présentent en détail les hypothèses et paramètres utilisés pour ces estimations.

Scénario tendanciel entre 2017 et les années 2025, 2030 et 2050

La réalisation d'un scénario tendanciel sur les émissions de polluants nécessite de projeter la situation de référence sur une situation prospective. La majorité des émissions de polluants est associée à une consommation d'énergie, qui varient en fonction du type d'énergie.

Ainsi la meilleure façon de construire un scénario tendanciel des émissions de polluants est de s'appuyer sur des données de prospectives énergétiques. Le modèle TIMES SUD PACA, développé sur la région et sur des entités géographiques proche des périmètres des PPA, permet de disposer d'un scénario prospectif consolidé, tenant compte des spécificités locales de ces territoires.

Le paragraphe ci-dessous détaille les variations de consommation énergétiques issues du modèle TIMES SUD PACA et les émissions associées calculées en 2025, 2030 et 2050.

Toutefois, certains sous-secteurs d'émission spécifiques ne sont pas associés directement à une consommation d'énergie. Afin de construire un scénario tendanciel complet des hypothèses spécifiques ont été définies pour tenir compte de ces émissions dans les scénarios tendanciels.

Scénario tendanciel des émissions des secteurs aérien, ferroviaire et maritime :

▶ Emissions issues de la consommation d'énergie

Pour les secteurs aérien, maritime et ferroviaire, le tendanciel est calculé à partir de l'évolution des consommations par type d'énergie et par secteur entre 2017 et les années 2025, 2030 et 2050, issue des données prospectives énergétiques Times-SUD PACA[5] (cf. ANNEXE 1Annexe 1). Les données d'évolution sont analysées sur la zone BDR1 du modèle prospectif qui est proche du périmètre de la Métropole AMP.

Energie	Secteur	Unité	2007	2012	2017	2025 estimé	2030 estimé	2050 estimé	Evolution 2017-2025	Evolution 2017-2050
Produits pétroliers	Aérien	tep	30 315	33 683	31 648	33 078	34 004	37 977	+4.5%	+20.0%
Electricité	Ferroviaire	tep	12 283	12 668	14 998	17 511	19 098	23 868	+16.8%	+59.1%
Produits pétroliers		tep	1 181	1 480	1 779	1 860	1 912	2 135	+4.5%	+20.0%
Produits pétroliers	Fluvial	tep	330	355	355	355	355	355	0.0%	0.0%
Produits pétroliers	Maritime	tep	137 343	138 043	155 713	185 559	190 873	213 015	+19.2%	+36.8%

NB : tep = tonne équivalent pétrole

Tableau 19 : Evolution des consommations (autres transports)

Les émissions tendancielles pour chacun des secteurs sont ensuite estimées à partir des facteurs d'émissions issus de l'inventaire AtmoSud 2017

[5] Modèle TIMES-SUD PACA : Carlos Andrade, Sandrine Selosse et Nadia Maïzi, MINES ParisTech, PSL Research University, Centre de Mathématiques Appliquées, Sophia Antipolis.

▶ Emissions non énergétique - ne provenant pas de la consommation d'énergie

Certaines émissions ne résultent pas directement de la consommation d'un combustible. Cela peut concerner entre autres des procédés industriels (sidérurgie, chimie), le travail du bois, l'exploitation de carrières ou encore les feux divers (liste non exhaustive).

En l'absence de scénario tendanciel sur les activités, plusieurs alternatives sont identifiées afin d'estimer les émissions 2025, 2030 et 2050 :

- Effectuer une extrapolation sur la base des données 2012-2017 de l'inventaire communal AtmoSud
- Appliquer le même pourcentage d'évolution que la tendance 2017-2025 du scénario énergétique calculé dans TIMES : cela induit l'hypothèse que l'ensemble de l'activité du secteur est corrélé aux consommations énergétiques
- Reporter la valeur de l'année 2017

Ainsi pour le tendanciel du PCAEM, seules les émissions non énergétiques des autres transports et de l'industrie sont à estimer, selon les paramètres présentés dans les paragraphes ci-après.

Pour le ferroviaire : Les particules émises de manière non énergétiques pour ce secteur sont principalement liées à l'abrasion des freins. Ces émissions, qui représentent la quasi-totalité des émissions de particules du secteur, ne représentent pas plus de 1% des émissions totales de particules sur une zone PCAEM, mais sont en évolution depuis 2012.

Etant donnée que l'activité ferroviaire est essentiellement liée à la circulation des trains et donc à la consommation énergétique, il a été décidé d'estimer les évolutions des émissions non-énergétiques proportionnellement aux évolutions de consommation d'énergie entre 2017 et les années de tendanciel (2025, 2030 et 2050).

Pour l'aérien : Les données d'émissions incluent l'énergétique et le non énergétique. Les émissions de polluants du secteur aérien affectées au territoire intègrent uniquement le cycle dit LTO (Landing and Take-off), soit les phases d'atterrissage, de décollage et au sol des appareils. Les émissions de particules liées au roulage ou à l'abrasion des freins sont inclues dans les données liées aux consommations énergétiques, auxquelles elles sont corrélées. Cela provient des spécificités de l'inventaire AtmoSud dans lequel les données d'émissions sont agrégées et attribuées à la consommation de kérosène.

Pour le maritime et le fluvial, aucune émission non énergétique n'est considérée.

Scénario tendanciel des émissions des secteurs production d'énergie, déchet et industrie :

► Emissions issues de la consommation d'énergie

Le secteur industriel est détaillé en trois sous-secteurs :

- Production d'énergie (Centrales électriques, unités de valorisation, raffineries, etc.)
- Traitement des déchets (Incinération, eaux usées, etc.)
- Autres industries (Industrie manufacturière, BTP, carrières, etc.)

Les résultats du PCAEM AMP pour les scénarios tendanciels 2024, 2030 et 2050 ne sont pas utilisés pour ces secteurs du fait de différence de cohérence avec les nouveaux inventaires et l'évolution constatée pour le secteur industriel, l'année de référence du PCAEM étant 2012.

Les données du PCAEM prenaient en compte uniquement une réduction de consommation d'énergie du secteur industriel sans détail de combustible, ce qui induit forte incertitude sur les émissions obtenues sur 2024.

L'amélioration continue des inventaires, mais surtout la spécificité du secteur industriel, dont l'activité peut subir d'importantes variations en fonction du contexte économique ou des ouvertures/fermetures de sites, sont un paramètre important à prendre en compte dans la constitution du fil de l'eau.

De même que pour les secteurs des autres transports, le calcul des tendanciel 2024/2030/2050 pour les émissions des trois secteurs est basé sur l'évolution des consommations en 2025, 2030 et 2050 issues du modèle Times-Sud PACA pour l'ensemble du grand secteur Industrie-Déchets-Production d'énergie, par rapport à l'année 2017.

Energie	Evolution 2017-2025	Evolution 2017-2030	Evolution 2017-2050
Autres énergies renouvelables	-13.0%	-3.9%	51.8%
Autres non renouvelables	-25.0%	-40.6%	-93.6%
Bois-énergie	-1.5%	3.3%	25.1%
Electricité	4.5%	11.6%	56.3%
Gaz Naturel	7.2%	13.3%	37.2%
Produits pétroliers	-23.2%	-35.4%	-53.4%

Tableau 20 : Evolution des consommations sur la zone BDR1 (Industrie-Production d'énergie-Déchets) – Modèle Times

Energie	Secteur	Unité	2007	2012	2017	2025 estimé	2030 estimé	2050 estimé	Evolution 2017-2025	Evolution 2017-2050
Autres non renouvelables	Déchet	tep	188 149	53 286	78 289	58 736	46 516	4 987	-25.0%	-93.6%
Bois-énergie		tep			3	3	3	4	-1.5%	25.1%
Electricité		tep	5 466	5 556	4 558	4 765	5 085	7 124	4.5%	56.3%
Gaz Naturel		tep	1 607	1 899	797	854	903	1 093	7.2%	37.2%

Produits pétroliers		tep	1 443	1 080	1 638	1 258	1 058	763	-23.2%	-53.4%
Energie	**Secteur**	**Unité**	**2007**	**2012**	**2017**	**2025 estimé**	**2030 estimé**	**2050 estimé**	**Evolution 2017-2025**	**Evolution 2017-2050**
Autres énergies renouvelables	Industrie (hors branche énergie)	tep	5 296	8 811	8 491	7 391	8 158	12 889	-13.0%	51.8%
Autres non renouvelables		tep	3 052 485	960 124	1 138 582	854 210	676 496	72 534	-25.0%	-93.6%
Bois-énergie		tep	2 609	5 234	544	536	562	681	-1.5%	25.1%
Electricité		tep	521 913	490 076	493 158	515 507	550 134	770 748	4.5%	56.3%
Gaz Naturel		tep	518 562	548 834	555 160	594 911	628 890	761 541	7.2%	37.2%
Produits pétroliers		tep	781 806	644 625	500 834	384 665	323 398	233 185	-23.2%	-53.4%

Tableau 21 : Evolution des consommations sur la zone AMP pour l'industrie et les déchets

Les émissions énergétiques de l'industrie et des déchets sont ensuite estimées à partir :

- des consommations 2025/2030/2050 par secteur et catégorie d'énergie (cf tableau ci-dessus)
- de facteurs d'émissions issus de l'inventaire AtmoSud 2017

Branche énergie : A noter que les données de consommations liées à la production d'énergie ne sont pas inclues dans les restitutions au format PCAET. De même les émissions de GES liées à la production d'électricité et de chaleur ne sont pas rapportées car elles sont déjà comptabilisées de manière indirecte dans les secteurs consommateurs.
Pour les émissions de GES et de polluants comptabilisées dans ce secteur, les résultats du fil de l'eau sont calculés à partir de l'évolution de la consommation du grand secteur industrie du modèle Times SUD PACA (globale) par énergie voir tableau précédent.

▶ Emissions non énergétique - ne provenant pas de la consommation d'énergie

Les émissions non énergétiques ont été calculées de différentes manières aux horizons 2024/2030/2050 :

- Industrie : Selon l'évolution globale des consommations du secteur Industrie sur la zone AMP, toutes énergies confondues
- Branche énergie : selon l'évolution globale des consommations du grand secteur Industrie-Production d'énergie -Déchets du modèle Times, toutes énergies confondues
- Déchets : Duplication des émissions 2017, la majorité des émissions provenant des décharges dont l'activité est indépendante des consommations d'énergie

ANNEXE 3 Catégories d'énergie

Catégorie d'énergie	Energie
Autres énergies renouvelables (EnR)	Autres déchets agricoles solides Bio-alcool Biocarburant essence Biocarburant gazole Biocarburant pour fioul domestique Biogaz Boues d'épuration Carburéacteur - agro-carburant Chaleur issue de la géothermie Chaleur issue du solaire thermique Déchets agricoles (pailles, etc.) Essence aviation - agro-carburant Farines animales Gaz de décharge Gazole non routier (GNR) - agro-carburant Kérosène - agro-carburant Liqueur noire Miscanthus Ordures ménagères (organique - renouvelable)
Autres non renouvelables	Autres combustibles gazeux Autres combustibles liquides Autres combustibles solides Autres déchets liquides Autres solvants usagés Déchets industriels solides Gaz d'aciérie Gaz de cokerie Gaz de haut fourneau Gaz d'usine à gaz Gaz industriel Hydrogène Mélange de gaz sidérurgiques Ordures ménagères (non organique - non renouvelable) Plastiques Pneumatiques
Bois-énergie (EnR)	Bois et assimilés Briquettes Buches Charbon de bois Déchets de bois Ecorces Granulés Plaquettes Plaquettes industrielles Sciures

Catégorie d'énergie	Energie
Chaleur et froid issus de réseau (émissions indirectes)	Chaleur Chaleur issue du chauffage urbain Froid Vapeur industrielle
Combustibles Minéraux Solides (CMS)	Aggloméré de houille Briquette de lignite Charbon Charbon à coke Charbon sous-bitumineux Coke de gaz Coke de houille Coke de lignite Combustibles dérivés de déchets Lignite Schistes bitumineux Tourbe
Electricité	Electricité
Gaz Naturel	Gaz naturel Gaz naturel liquéfié Gaz naturel pour véhicules (GNV)
Produits pétroliers	Autres lubrifiants Autres produits pétroliers (graisses, …) Bitumes Carburéacteur Cires et paraffines Coke de pétrole Emulsion eau gazole (aquazole) Essence auto Essence aviation Fioul domestique Fioul lourd Gaz de pétrole liquéfié Gaz de raffinerie / pétrochimie Gazole Gazole non routier (GNR) Huile de moteur à essence Huile de moteur diesel Huile de schiste bitumineux Kérosène Mélange fioul / charbon Naphta Pétrole brut Produits d'alimentation des raffineries White spirit

Tableau 22 : Détail des catégories d'énergie