

Date de création	13/12/2018
Référence affaire	BE1711459 GRDF – Gisements Région Provence Alpes Côte d'Azur
Chefs de projet	S3d – KERIHUEL Anthony <u>Kerihuel@sol3d.com</u> – 02 51 13 52 82 GRDF – RISSE Vincent <u>vincent.risse@grdf.fr</u>
Chargé d'affaires	S3d – TREMEL Tangui <u>Tremel@sol3d.com</u> – 06 58 62 27 43
Comité de Pilotage	GRTgaz – VINCENDON Franck franck.vincendon@grtgaz.com REGION Provence Alpes Côte d'Azur – VENTURA Florence fventura@maregionsud.fr ADEME Provence Alpes Côte d'Azur – VIGNE Bernard bernard.vigne@ademe.fr DREAL – PERCEVAL Jacky Jacky.Percheval@developpement-durable.gouv.fr REGES – HIMPENS Amélie a.himpens@geres.eu Chambre d'Agriculture – MOUTON Rémy r.mouton@bouches-du-rhone.chambagri.fr

SOMMAIRE

CHAPITR	E 1 CONTEXTE ET ENJEUX	7
<u>CHAPITR</u>	E 2 NOTE DE CADRAGE	9
I. LA PI	RODUCTION DE BIOMETHANE DE SYNTHESE	9
II. LAG	GAZEIFICATION	10
II.1. Pri	INCIPES	10
	S DIFFERENTES TECHNOLOGIES DE REACTEUR	12
	NTAGES ET FREINS AU DEVELOPPEMENT DE CETTE NOUVELLE FILIERE	
	S AVANTAGES	14
III.2. LES	S FREINS	15
CHAPITR	EE 3 APPROCHE METHODOLOGIQUE	16
I. MET	THODOLOGIE GENERALE	16
I.1. DE	TERMINATION DES GISEMENTS BRUTS, DEUX APPROCHES COMPLEMENTAIRES	16
	TERMINATION DES GISEMENTS REELLEMENT MOBILISABLES	16
	S ENQUETES DE TERRAIN	17
	IALYSE CARTOGRAPHIQUE	17
18		
18 II. MET	THODOLOGIE SPECIFIQUE	19
	FINITION DU CARACTERE MOBILISABLE	
	TERMINATION DU RAYON DE MOBILISATION MAXIMAL (RMM)	21
	TERMINATION DU RAYON DE MOBILISATION EFFECTIF (RMME)	22
<u>CHAPITR</u>	E 4 ETAT DES LIEUX DES DIFFERENTS GISEMENTS IDENTIFIES	24
I. GISE	EMENT AGRICOLE	24
I.1. GE	NERALITES	24
	SEMENT BRUT	24
	SEMENT MOBILISABLE	26
	EMENTS DES PROFESSIONNELS ET DES COLLECTIVITES	
	NERALITES	28 29
	S GISEMENTS DES COLLECTIVITES S GISEMENTS DES PROFESSIONNELS DES DECHETS	32
	EMENTS BOIS-ENERGIE	
	ESENTATION DE LA FILIERE	44
	NTHESE DES GISEMENTS BRUTS IDENTIFIES	58
	SEMENTS BOIS-ENERGIE MOBILISABLES	59
<u>CHAPITR</u>	E 5 CONCLUSIONS DE L'ETUDE	60
CHAPITR	E 6 DEVELOPPEMENT D'UNITES TERRITORIALES	61

Etude du potentiel de production de biométhane de 2nd génération en région Provence Alpes Côte d'Azur

I.	A L'ECHELLE DE L'EPCI	61
l.1.	COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION ARLES CRAU CAMARGUE MONTAGNETTE	61
I.2.	Provence Alpes Agglomeration	63
II.	A L'ECHELLE DES PROFESSIONNELS DES DECHETS	65

Etude du potentiel de production de biométhane de 2nd génération en région Provence Alpes Côte d'Azur

FIGURE 1 : DISPONIBILITE EN RESSOURCES ET PRODUCTION POTENTIELLE DE BIOMETHÂNE (ADEME, UN MIX DE G	
100% RENOUVELABLE EN 2050 ?, 2018)	
FIGURE 2 : INDUSTRIALISATION DE LA FILIERE GAZEIFICATION [1]	
FIGURE 3 : LES DIFFERENTES VOIES DE PRODUCTION DE GAZ RENOUVELABLE [1]	
FIGURE 4 : SCHEMA DE PRINCIPE PRESENTANT LES BRIQUES TECHNOLOGIQUES NECESSAIRE A LA PRODUCTION DI	
BIOMETHANE DE 2 ^{EME} GENERATION	
FIGURE 5 : PRINCIPALES FILIERES DE CONVERSION THERMOCHIMIQUES	
FIGURE 6 : SCHEMA DE PRINCIPE DES MECANISMES DE GAZEIFICATION	
FIGURE 7 : CLASSEMENT DES TECHNOLOGIES DE GAZEIFICATION SELON PUISSANCE/CAPACITE	
FIGURE 8 : GAZEIFIEURS A LIT FIXE	
FIGURE 9 : LOCALISATION DE LA PRODUCTION DE FUMIER BOVIN DANS LES DEPARTEMENTS DE L'HERAULT ET DU	
GARD & PRODUCTIONS ASSOCIEESFIGURE 10 : ANALYSE CARTOGRAPHIQUE CROISEE PAR SUPERPOSITION DES POTENTIELS ET DES CONTRAINTES	
FIGURE 10 : ANALYSE CARTOGRAPHIQUE CROISEE PAR SUPERPOSITION DES POTENTIELS ET DES CONTRAINTES FIGURE 11 : TERRITOIRE FAVORABLE AU DEVELOPPEMENT DE LA METHANISATION	
FIGURE 11 : TERRITOIRE FAVORABLE AU DEVELOPPEMENT DE LA METHANISATIONFIGURE 12 : SCHEMA DU PRINCIPE DE DETERMINATION DE LA PART MOBILISABLE D'UN GISEMENT	
FIGURE 13 : CHAINE LOGIQUE POUR DETERMINER LE RAYON DE MOBILISATION MAXIMAL THEORIQUE	
FIGURE 14 : INTERPRETATION DES DIFFERENTS PARAMETRES DE MOBILISATION D'UN GISEMENT	
FIGURE 15 : REPARTITION DE LA BIOMASSE AGRICOLE BRUTE EN REGION PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR [8]	
FIGURE 16 : POTENTIEL ENERGETIQUE (MWH/AN) BRUT DE BIOMASSE EN REGION PROVENCE ALPES CÔTE D'AZOK [8]	
FIGURE 17 : IDENTIFICATION DES ZONES FAVORABLES (MWH/AN) AU DEVELOPPEMENT DE PROJETS DE	۱ ۷
GAZEIFICATION A PARTIR DE GISEMENTS AGRICOLES	27
FIGURE 18: LOCALISATION DES STEPS DE LA REGION PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR, TONNAGES ET ENERGIES	27
ASSOCIES	31
FIGURE 19: LOCALISATION DES PLATEFORMES DE TRAITEMENT DE DECHETS	
FIGURE 20: EXEMPLE DE BENNES PRESENTES SUR LES DECHETTERIES	
FIGURE 21: SCHEMA SYNTHETIQUE DE LA VALORISATION DES PNEUS USAGES	
FIGURE 22: SYNOPTIQUE DES FLUX DE DECHETS NON DANGEREUX NON INERTES EN 2015, EN REGION PROVENCE	
ALPES CÔTE D'AZUR	
FIGURE 23: SYNOPTIQUE DES FLUX DE DECHETS NON DANGEREUX NON INERTES A HORIZON 2031, EN REGION	
PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR	41
FIGURE 24: PRODUCTION ENERGETIQUE DES DIFFERENTS GISEMENTS ISSUS DES COLLECTIVITES ET DES	
PROFESSIONNELS DES DECHETS	42
FIGURE 25: ZONES FAVORABLES AU DEVELOPPEMENT DE LA GAZEIFICATION A PARTIR DES DECHETS DES	
COLLECTIVITES ET DES PROFESSIONNELS	42
FIGURE 26: PRODUCTION ENERGETIQUE DES DIFFERENTS GISEMENTS ISSUS DES COLLECTIVITES ET DES	
PROFESSIONNELS DES DECHETS A HORIZON 2031	
FIGURE 27 : CATEGORIES DE BOIS (BO/BIBE/MB) - SOURCE : ADEME	45
FIGURE 28: TAUX DE BOISEMENT DES COMMUNES EN REGION PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR	46
FIGURE 29 : DEMARCHE POUR L'EVALUATION DES DISPONIBILITES FORESTIERES	
FIGURE 30: RESSOURCES FORESTIERE ACTUELLE EN REGION PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR	
FIGURE 31 : DISPONIBILITE TECHNICO-ECONOMIQUE DES BOIS EN M3/AN, PAR SCENARIO ET PAR PERIODE (IGN, 2	
FIGURE 32: VOLUME BOIS DISPONIBLE	
FIGURE 32: VOLUME BOIS DISPONIBLEFIGURE 33: TYPE DE PROPRIETAIRE FORESTIER EN REGION PROVENCE APES COTE D'AZUR	
FIGURE 33 : 14PE DE PROPRIETAIRE FORESTIER EN REGION PROVENCE APES COTE D'AZURFIGURE 34: ZONES FAVORABLES AU DEVELOPPEMENT DE LA GAZEIFICATION A PARTIR DE PLAQUETTES FORESTIEF	
FIGURE 34: ZUNES FAVORABLES AU DEVELOPPEMENT DE LA GAZEFFICATION À PARTIR DE PLAQUETTES FORESTIER	
FIGURE 35 : CHAUFFERIES AUTOMATIQUES A BOIS EN REGION PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR	
FIGURE 36 : ETAT DES LIEUX DE LA DEMANDE ET DE L'OFFRE REGIONALE EN BOIS BIBE/MB	
FIGURE 37 : OFFRE ET DEMANDE TOTALE EN BOIS BIBE/MB*	
FIGURE 38 : SCIERIES ET ENTREPRISES DE LA CONSTRUCTION-MENUISERIE BOIS EN REGION PROVENCE ALPES CÔT	
D'AZUR	
FIGURE 39 : EVOLUTION DU PRIX D'ACHAT DU BOIS-ENERGIE SUIVANT LA DISTANCE DE COLLECTE	
FIGURE 40: PRODUCTION ENERGETIQUE HORS DAE	
FIGURE 41: PRODUCTION ENERGETIQUE AVEC DAE POTENTIELLEMENT VALORISABLE A HORIZON 2031	
FIGURE 42: LOCALISATION DE LA CA ARLES CRAU CAMARGUE MONTAGNETTE	61
FIGURE 43 : POTENTIEL ENERGETIQUE SELON LE TYPE DE SUBSTRAT SUR LA CA ARLES CRAU CAMARGUE	
MONTAGNETTE	62

Etude du potentiel de production de biométhane de 2nd génération en région Provence Alpes Côte d'Azur

FIGURE 44: LOCALISATION DE PROVENCE ALPES AGGLOMERATION	63
FIGURE 45: POTENTIEL ENERGETIQUE SELON LE TYPE DE SUBSTRAT SUR LE TERRITOIRE PROVENCE ALPES	
AGGLOMERATION	64
FIGURE 46: PUISSANCE INSTALLEE POTENTIELLE PAR DEPARTEMENT ET PAR GRANDES ENTITES	66
TABLEAU 1: SYNTHESE SUR LES 22 GISEMENTS IDENTIFIES POUR UNE FILIERE DE PYROGAZEIFICATION	14
TABLEAU 2: TABLEAU DES HYPOTHESES DE CALCUL POUR LA CONSTRUCTION DU MODELE	20
TABLEAU 3: COEFFICIENTS CORRECTIFS PAR DEPARTEMENT	
TABLEAU 4: FILIERE DE VALORISATION GISEMENT AGRICOLE	
TABLEAU 5: GISEMENTS AGRICOLES MOBILISABLES EN REGION PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR	
TABLEAU 6: ACTEURS PUBLICS ET PRIVES CONTACTES / RENCONTRES DANS LE CADRE DE L'ETUDE	
TABLEAU 7: FILIERE ET COUTS DE VALORISATION DES GISEMENTS DES COLLECTIVITES ET DES PROFESSIONNELS D	
DECHETS	
TABLEAU 8: QUANTITES DE DECHETS VERTS PRODUITS SUR LA REGION PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR	
TABLEAU 9: RATIOS DE PRODUCTION DE DECHETS VERTS EN FONCTION DES DIFFERENTS TERRITOIRES	
TABLEAU 10: DONNEES CONCERNANT LES BOUES DE STEP	
TABLEAU 11: ESTIMATION DES CAPACITES DE TRAITEMENT DE DECHETS VERTS POUR CHACUNE DES PLATEFORM	
IDENTIFIEES	
TABLEAU 12: IDENTIFICATION DES PRODUCTEURS DE DECHETS BOIS – « EVALUATION DU GISEMENT DE DECHETS	BOIS
ET SON POSITIONNEMENT DANS LA FILIERE BOIS ENERGIE », ADEME, 2015	34
TABLEAU 13: NOUVELLE CLASSIFICATION DECHETS BOIS	
TABLEAU 14: TONNAGES DE DECHETS DE BOIS PAR PLATEFORME EN REGION PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR	37
TABLEAU 15: PANEL ACTUEL DES SOLUTIONS DE VALORISATION DES PNEUS USAGES	
TABLEAU 16: QUANTITES DE CSR POUR LES SITES DE PRODUCTION IDENTIFIES	
TABLEAU 17: GISEMENTS, RAYON DE MOBILISATION ET ENERGIE ASSOCIEE	41
TABLEAU 18: COUT MOYEN ACTUEL DE LA PLAQUETTE FORESTIERE	44
TABLEAU 19: CARACTERISTIQUES NATIONALE DE LA RESSOURCE ET DES PRELEVEMENTS SELON LE TYPE DE	
PROPRIETAIRE (SOURCE : ADEME - IGN, FCBA, 2016	50
TABLEAU 20: DISPONIBILITE TECHNICO-ECONOMIQUE EN BOIS-ENERGIE SUIVANT LE TYPE DE FORET (REFERENCE	Ξ:
2016)	51
TABLEAU 21: REPARTITION DE LA CONSOMMATION PREVISIONNELLE DE BIOMASSE REGIONALE DES 2 CENTRALE	S
BIOMASSES, PAR TYPE DE COMBUSTIBLE (SOURCE : DONNEES CRB 2016)	
TABLEAU 22: SYNTHESE DES GISEMENTS BOIS-ENERGIE IDENTIFIES EN REGION PROVENCE ALPES COTE D'AZUR	
TABLEAU 23: RESULTATS DES GISEMENTS IDENTIFIES & POTENTIEL ENERGETIQUE ASSOCIE	
TABLEAU 24: POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DE LA PYROGAZEIFICATION SUR LA CA ARLES CRAU CAMARGUE	
MONTAGNETTE	62
TABLEAU 25: POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DE LA PYROGAZEIFICATION SUR LE TERRITOIRE DE PROVENCE ALP	ES
AGGLOMERATION	
TABLEAU 26: IDENTIFICATION DES SITES DE TRAITEMENTS ACTUELS ET POTENTIELS ENERGETIQUES ASSOCIES	67

Chapitre 1 CONTEXTE ET ENJEUX

Le réchauffement climatique, la pollution de notre environnement physique, la chute de la biodiversité et les tensions sur les ressources fossiles sont autant de défis qui mettent en jeu l'avenir de nos sociétés. Dans ce contexte international, il est plus que jamais indispensable d'orienter la recherche et l'innovation vers des modèles à faibles émissions de carbone, dans le sens de la transition énergétique. C'est dans cette optique que le Plan Climat de la France a été initié en juillet 2017 par Nicolas Hulot, ministre d'État, ministre de la Transition écologique et solidaire, dans lequel il réaffirme une stratégie volontariste pour la transition énergétique avec des objectifs ambitieux, comme celui d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050.

Depuis la publication au journal officiel en 2011, d'un arrêté autorisant l'injection de biométhane de méthanisation dans les réseaux de gaz naturel, la filière de méthanisation s'est considérablement développée. Une fois injecté le biométhane peut être utilisé pour tous les usages domestiques du gaz (chauffage, cuisson, eau chaude sanitaire), collectifs (chauffage, réseaux de chaleur), tertiaires et industriels (chaleur, vapeur). Il peut également être utilisé à des fins de biocarburant utilisable dans les véhicules fonctionnant au GNV ou encore comme énergie primaire pour produire de l'électricité verte, combinée avec une cogénération de chaleur.

Dans un récent rapport (ADEME, Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ?, 2018) publié par l'ADEME en janvier 2018, un consortium d'acteurs, constitué entre autres de GRDF et de GRTgaz, témoigne de la faisabilité technico-économique d'atteindre un mix de 100% de gaz d'origine renouvelable en France à horizon 2050. Il s'agit ici d'explorer les conditions de la faisabilité, mais également les freins, d'une telle ambition. Les résultats sont ainsi fondés sur des analyses de sensibilités et diverses hypothèses de mix de production de gaz renouvelable. D'après cette étude la France bénéficierait d'un potentiel à horizon 2050 de biométhane issu de la pyrogazéification de 180 TWh (total européen = 880 TWh), soit le troisième d'Europe après nos voisins Suédois et Allemands. Le diagramme ci-dessous permet de mieux appréhender, par type de gisement, les différents potentiels de production de biométhane.

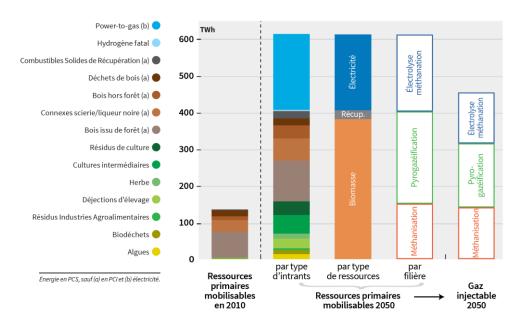


Figure 1 : Disponibilité en ressources et production potentielle de biométhane (ADEME, Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ?, 2018)

Dans le cas de notre étude, nous nous focaliserons sur le biométhane de seconde génération, également appelé biométhane de synthèse. Celui-ci entame depuis peu sa phase d'industrialisation. En France, le premier pilote industriel, issu du projet Gaya piloté par Engie, est en fonctionnement à Saint-Fons (69). En région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR, à Fos-sur-Mer, un démonstrateur de la technologie Power-to-gas¹, issu du projet Jupiter 1000, d'une puissance de 1 MW est également en développement. L'illustration suivante permet de bien contextualiser ces technologies, vis-à-vis des autres voies d'obtention du biométhane (méthanisation, microalgue, ...).

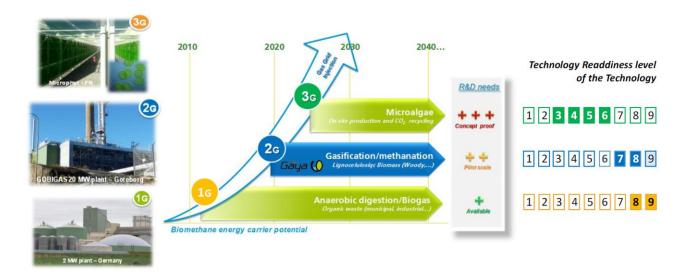


Figure 2 : Industrialisation de la filière gazéification [1]

Tout l'enjeu de cette présente étude est de réaliser, à l'échelle de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR, l'identification des gisements réellement disponibles pour la future filière de production de biométhane de synthèse. Pour ce faire, une nouvelle méthodologie, basée sur un travail de terrain, a été développée afin de s'adapter aux réalités du territoire.

Les résultats de l'étude ont vocation à être utilisés pour mettre à jour les données du Schéma Régional Biomasse (SRB) et du Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET).

13/12/2018 Rapport final Projet - DD01

-

¹ Il s'agit d'une technologie qui permet de stocker chimiquement les surplus du réseau électrique. L'électricité alimente un électrolyseur qui produit du dihydrogène. Cette hydrogène est ensuite couplé avec du CO2, issu de rejets industriels, via le procédé dit de méthanation pour synthétiser du méthane qui sera directement injecté dans les réseaux de transport/distribution de gaz.

Chapitre 2 **NOTE DE CADRAGE**

La production de biométhane de synthèse I.

Parmi les procédés existants permettant de produire du gaz dit « renouvelable », on retrouve :

- La méthanisation : production de méthane en utilisant des micro-organismes qui dégradent la matière organique en milieu anaérobie.
- > La pyro-gazéification (+ méthanation) : production d'un syngas par dégradation thermochimique de la matière organique lignocellulosique.
- Le power-to-gas (+ méthanation) : production de dihydrogène par électrolyse de l'eau, en utilisant les surplus de production du réseau électrique.

Le schéma suivant dresse une synthèse de l'utilisation de ces différents procédés de production de gaz renouvelables, selon les biomasses utilisées et les usages finaux du gaz :

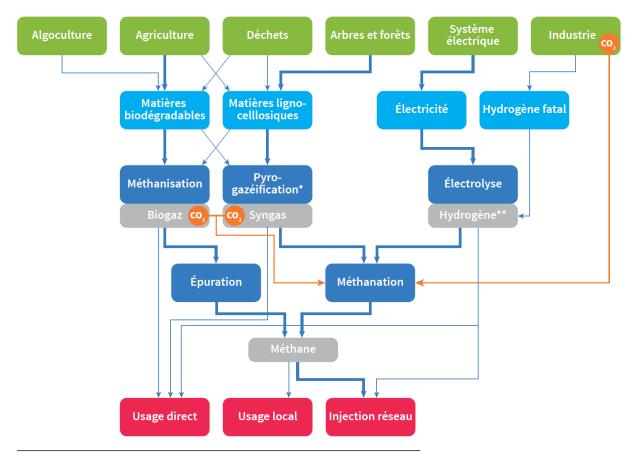


Figure 3 : Les différentes voies de production de gaz renouvelable [1]

Dans le cas de notre étude, le biométhane dit de synthèse est issu de la transformation du gaz de synthèse qui lui est produit par gazéification. En aval de cette réaction thermochimique, on compte trois autres briques technologiques :

^{*} La « pyrogazéification » inclut la pyrogazéification hydrothermale des algues.
** L'hydrogène peut aussi être utilisé directement pour divers usages, ce qui n'est pas pris en compte dans cette étude.

- Lavage / Epuration des gaz issus du procédé de gazéification
- Méthanation des gaz épurés
- Mise aux spécifications du gaz pour injection dans le réseau de gaz naturel

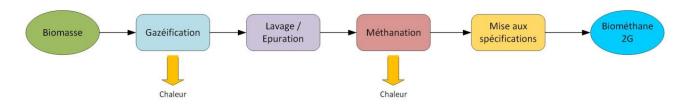


Figure 4 : Schéma de principe présentant les briques technologiques nécessaire à la production de biométhane de 2^{ème} génération

II. La gazéification

II.1. Principes

La gazéification est un procédé thermochimique qui converti un combustible solide (charbon, bois, paille, etc.) en un combustible gazeux et ce via l'injection en quantité réduite et contrôlée d'un agent oxydant (O₂, air, CO₂, vapeur d'eau, etc.). Elle se distingue donc de la pyrolyse seule, opération thermique s'effectuant en l'absence d'agent oxydant, et de la combustion, qui s'effectue en présence abondante d'agent oxydant.

Principales filières de conversion thermochimiques

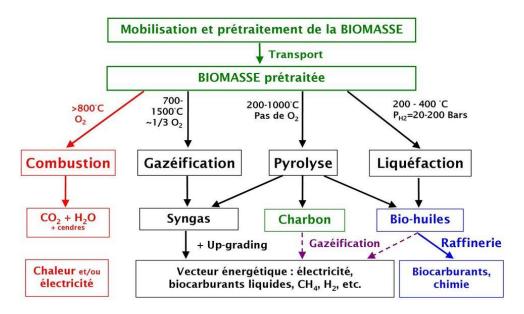


Figure 5 : Principales filières de conversion thermochimiques

La figure 6 schématise les différentes étapes du processus de gazéification au cœur d'un réacteur à lit fixe co-courant.

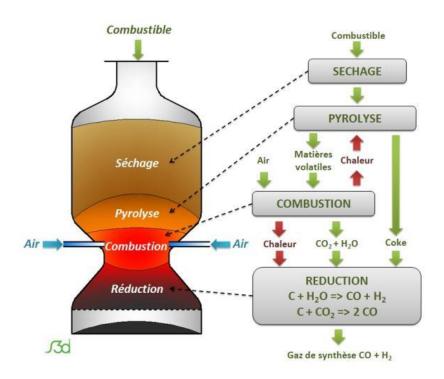


Figure 6 : Schéma de principe des mécanismes de gazéification

On distingue quatre grandes étapes :

- Une phase de séchage intégrée ou non au réacteur de gazéification.
- ➤ Une phase de pyrolyse qui produit, sous l'effet de la chaleur et en absence d'agent oxydant, des matières volatiles (CO, CO2, H2, CH4, H2Ovap et hydrocarbures gazeux appelés « goudrons ») et du charbon essentiellement constitué de carbone fixe.
- Une phase de combustion, parfois appelée oxydation partielle, qui par injection d'un agent oxydant (air, O2, H2Ovap) oxyde les matières volatiles produites lors de la phase de pyrolyse de façon, d'une part à fournir la chaleur nécessaire à l'ensemble du procédé et d'autre part, à détruire la fraction de goudrons par craquage thermique.
- ➤ Une phase de gazéification proprement dite, appelée également réduction, étroitement liée à la phase de combustion qui par des réactions thermochimiques complexes converti le carbone fixe en un gaz combustible riche en CO et H2 appelé « gaz de synthèse » ou « syngas » en anglais.

Ces quatre étapes sont toujours présentes mais leur déroulement et leur configuration spatiale et temporelle peuvent différer selon le mode d'introduction de la biomasse, l'agent gazéifiant et le type de gazogène. Elles peuvent avoir lieu dans un même réacteur ou dans des enceintes séparées dans le cas de la gazéification étagée.

II.2. Les différentes technologies de réacteur

Il existe deux grandes catégories de réacteur :

- Les procédés à lit fixe
- Les procédés à lit fluidisé

Leur principe de fonctionnement reste similaire dans la mesure où toutes les étapes citées dans la partie II.1 sont présentes.

Le choix d'un type de procédé est guidé par différents paramètres tels que la consommation en combustible de l'installation (en kg/h) et donc la gamme de puissance, le combustible utilisé, l'usage du gaz produit ou encore la maturité des technologies.

La figure 7 présente les technologies employées en fonction des consommations et de la puissance thermique des installations (sur PCI entrant).

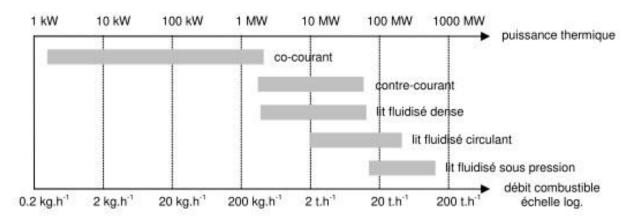


Figure 7 : Classement des technologies de gazéification selon puissance/capacité

Cette figure reflète la complexité de mise en œuvre des procédés. En effet plus le procédé est complexe et plus les coûts d'investissements et d'exploitations sont élevés, impactant directement, par effet d'économie d'échelle, la taille de l'installation.

Les procédés à lit fixe sont en général de construction simple et robuste ce qui les rend bien adaptés aux petites et moyennes puissances. Alors que les procédés à lit fluidisé, de technologie plus complexe, sont utilisés principalement dans les installations de grandes puissances (> 10 MWel).

Dans les procédés à lit fixe, le combustible forme un lit dense au sein du réacteur et se déplace verticalement (figure 6).

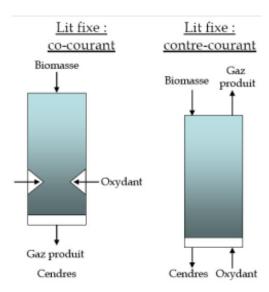


Figure 8 : Gazéifieurs à lit fixe

Différentes conceptions de réacteurs en lit fixe existent, on distingue ainsi :

★ Les procédés à co-courant ou "downdraft"

Dans les procédés à co-courant, la biomasse et l'air sont introduits en partie haute du réacteur. La zone d'injection de l'air présente parfois une restriction de diamètre (gorge) qui définit une zone de turbulence à haute température favorable à l'oxydation des matières volatiles et au craquage des goudrons. La teneur en goudrons dans le gaz de synthèse est beaucoup plus faible que dans le cas d'un procédé à contrecourant. Il existe par contre un risque de fusion des cendres impliquant une maintenance élevée.

Les procédés à contre-courant ou "updraft"

Dans les procédés à contre-courant, l'alimentation en biomasse se fait en partie haute tandis que l'air est introduit par le bas. Les procédés à contre-courant ont l'avantage d'accepter des biomasses avec un taux d'humidité important mais le gaz produit est fortement chargé en goudrons formés lors de la phase de pyrolyse. En effet, ceux-ci ne traversant pas de zone chaude avant de quitter le réacteur, il n'y a pas de possibilité de craquage thermique de ces goudrons. Leur concentration importante dans le gaz de synthèse rend les procédés à contre-courant inadaptés à l'alimentation des moteurs à combustion interne et des turbines à gaz pour la production d'électricité.

Les procédés étagés

Le principe des procédés étagés dérive de celui des gazéifieurs à co-courant, mais contrairement à ces derniers, les deux étapes principales de pyrolyse de la biomasse et gazéification du charbon sont réalisées dans deux réacteurs physiquement distincts.

Le premier réacteur est un réacteur de pyrolyse dans lequel la biomasse est séchée puis pyrolysée selon des conditions opératoires maîtrisées. Les matières volatiles produites sont entraînées vers le second réacteur où un faible apport d'air permet leur combustion partielle. Les gaz chauds obtenus (vapeur d'eau et dioxyde de carbone entre 900 et 1000°C) réagissent avec le charbon produit lors de la pyrolyse pour générer le gaz de synthèse. Ce type de réacteur a l'avantage de permettre une conduite optimale des deux étapes, qui peuvent être contrôlées séparément pour permettre de produire un gaz très peu chargé en goudrons.

III. Avantages et freins au développement de cette nouvelle filière

III.1.Les avantages

III.1.1. L'utilisation des réseaux de gaz naturel

La filière Injection de biométhane de synthèse est une filière innovante de production d'énergie renouvelable non intermittente, stockable en grande quantité sur le long terme et transférable y compris sur de longues distances. Ceci s'explique par l'utilisation des réseaux de gaz naturel qui sont en France de grande qualité et réparti sur tout le territoire Français.

Généralement peu sensibles aux contraintes de saisonnalité, la plupart des réseaux permettent de consommer à n'importe quel moment de l'année ou de la journée le gaz produit sur le territoire Français. Les réseaux et les stockages souterrains sont alors utilisés comme des puissants outils de transfert et de stockage de l'énergie produite localement (environ 130 TWh à la maille nationale). Cette énergie est ensuite utilisable sur le long terme (plusieurs saisons, voire davantage). Les réseaux assurent ainsi la sécurité et la continuité d'approvisionnement des consommateurs. Les infrastructures gazières garantissent une meilleure résilience et offrent une disponibilité accrue par rapport au système électrique. Les réseaux gaziers peuvent donc également contribuer à l'équilibrage et au bon fonctionnement du réseau électrique.

III.1.2. L'utilisation d'une grande variété de biomasses et de déchets

Une étude réalisée par S3d Ingénierie au niveau national pour GRTgaz a porté sur l'identification des gisements de déchets/biomasses potentiellement intéressants pour cette nouvelle filière. Vingt-deux gisements différents ont fait l'objet d'une analyse. Pour ce faire, une recherche bibliographique a été effectuée afin de synthétiser les caractéristiques de chaque filière et d'en déduire le potentiel de production annuelle. La liste des gisements se trouve dans le tableau ci-dessous.

N° de fiche	Intrant	Potentiel brut retenu (en tonnes MS)
1	Bois forestier – Connexes de scieries – Souches – Arboriculture	12 380 000
2	Pailles et cannes	85 600 000
3	Cultures pérennes	76 000
4	Résidus de céréales	3 300 000
5	Sarments et ceps de vigne	1 800 000
6	Marcs de raisin distillé	300 000
7	Bois d'emballages en fin de vie	720 000
8	Déchets verts	1 650 000
9	Poteaux et traverses en bois	73 000
10	Déchets d'éléments d'ameublement	870 000
11	CSR	1 500 000
12	Pneumatiques usagés	440 000
13	Déchets plastiques agricoles	130 000
14	Résidus de papeterie	0
15	Boues de STEP	1 100 000
16	Déchets de composite	30 000
17	Déjections avicoles	1 300 000
18	Farines animales C1 & C2	185 000
19	Grignons	12 000
20	PPAM	48 000
21	Digestat	1 000 000
22	DASRI	144 500

Tableau 1: Synthèse sur les 22 gisements identifiés pour une filière de pyrogazéification

On constate qu'il existe deux familles de gisements intéressant pour la production de Biométhane de synthèse. Les matières considérées comme de la biomasse et les déchets au titre de la réglementation ICPE. Quoiqu'il en soit, l'ensemble des matières identifiées représente des tonnages considérables. La gazéification peut assurément les valoriser sans verrous technologiques. Ces gisements locaux très variés, parfois réputés difficiles à valoriser ou à écouler par les filières conventionnelles : certains résidus de la filière bois, des sous-produits agricoles secs, des boues séchées et les bois B par exemple, représentent des potentiels énergétiques très importants pour demain.

III.2.Les freins

III.2.1. Le manque d'une législation appropriée

Contrairement à la méthanisation qui possède depuis 2011 d'un arrêté qui autorise l'injection du biométhane « issu de la dégradation biologique de la biomasse », la technologie de gazéification (procédé thermochimique) ne permet pas réglementairement d'injecter du biométhane dans les réseaux de gaz naturel alors que techniquement tout est fin prêt.

Il suffirait de rajouter au texte existant les termes « et thermochimique » après « biologique » pour que cela facilite le développement de projets de démonstrations industrielles. Le club pyrogazéification, représentant les principaux acteurs de cette filière émergente, accompagné d'un groupe de lobby (principalement les opérateurs de réseau) sont en contact des ministères afin de militer en ce sens.

III.2.2. Aucun tarif d'achat du biométhane injecté

Dès 2011, la méthanisation bénéficie d'un tarif d'achat qui facilite le financement des projets et fait venir les investisseurs désireux de trouver de la stabilité dans leurs placements long termes. Le tarif d'achat en injection, initialement sortie sur 15 ans est en cours d'être étendu à 20 ans. Des études réalisées par le club Pyrogazéification aboutissent à la conclusion que le même tarif que pour le biométhane issu de méthanisation suffirait à rentabiliser bon nombre de projets de biométhane de synthèse.

III.2.3. Peu de retours industriels sur la méthanation

Même si aujourd'hui de nombreuses références de gazéification de biomasses ou de déchets existent dans le monde, les retours d'expériences sur le procédé de méthanation catalytique ou biologique à grande échelle sont très faibles voire inexistants. Des unités sont en cours de démonstration et les résultats sur les coûts opérationnels seront bientôt disponibles.

Chapitre 3 APPROCHE METHODOLOGIQUE

I. Méthodologie générale

I.1.<u>Détermination des gisements bruts, deux approches</u> complémentaires

I.1.1. Les gisements diffus

On appelle gisements diffus, les volumes de matières produits sur une zone géographique donnée mais dont l'origine exacte n'est pas identifiable. Cela s'explique du fait que ces volumes sont la résultante d'un agglomérat de petites productions. Par exemple, les productions d'origine agricole, les Déchets d'Activité Economique (DAE), etc., sont des gisements diffus. Statistiquement il est possible d'estimer les quantités produites annuellement sur un canton (productions agricoles) ou une communauté de communes (DAE) en connaissant respectivement les surfaces cultivables présentes (recensement agricole) ou le nombre d'habitant (recensement).

Afin d'être le plus précis possible dans cette approche statistique, il est primordial de réaliser une enquête terrain pour éviter de se faire piéger par des pratiques culturelles ou agriculturales spécifiques qui viendraient modifier les ratios nationaux couramment utilisés.

I.1.2. Les gisements des gros producteurs

Les gisements des gros producteurs de déchets sont quant à eux identifiables et localisables géographiquement. Pour ce faire, il s'agit d'analyser différentes sources bibliographiques recensant des sites industriels ou de la collectivité générant de gros volumes de déchets et donc contraints d'être suivi par les services de l'état. Une fois la phase d'identification réalisée, des prises de contact directes voire des rencontres permettent de connaître précisément les gisements intéressants. Les enquêtes de terrain sont très importantes car la problématique des déchets est parfois secrète dans certaines industries et donc seule une rencontre physique permet d'obtenir des données tangibles.

I.2.Détermination des gisements réellement mobilisables

I.2.1. Analyse des filières de traitement actuelles

De façon générale, la compréhension des usages et des exutoires en place donne rapidement des indications quant au caractère mobilisable ou nom d'un gisement. Plusieurs paramètres sont à prendre néanmoins en considération comme le prix de vente ou le coût de traitement, la substitution possible par une autre matière pour les utilisateurs actuels, ses caractéristiques physico-chimiques (valeur énergétique), la réglementation en vigueur, etc.

I.2.2. Détermination du taux de mobilisation

Dans l'objectif de déterminer un potentiel de production de biométhane sur le territoire de l'étude, les gisements bruts précédemment identifiés doivent être pondérés par des taux de mobilisation. Les taux représentent la proportion aisément captable par la nouvelle filière à l'étude dans un respect des usages agronomiques actuels.

I.3.Les enquêtes de terrain

L'objectif de cette étape est donc, à prime abord, d'identifier, puis de localiser et enfin de quantifier les gisements bruts des matières pouvant entrer dans une nouvelle filière de valorisation. Or, l'intérêt d'un tel travail est multiple. Il permet également de présenter la nouvelle filière d'injection de biométhane de synthèse aux différents acteurs rencontrés. Enfin, les potentielles motivations en termes d'apport de matière ou de portage de projet sont estimées et des réponses sont apportées aux possibles interrogations. Les données tangibles collectées et la mobilisation des parties prenantes seront alors gages de réussite pour la filière.

I.4. Analyse cartographique

I.4.1. Représentation des quantités, par nature et par territoire

Une des représentations les plus simples à comprendre et l'une des plus couramment utilisées par la profession est celle des camemberts. Sur une même carte, on peut représenter plusieurs camemberts de tailles différentes (proportionnelle à la quantité de matière ou d'énergie), centrés sur un territoire qu'il caractérise. Chaque camembert possède une répartition en différentes parts en fonction de la nature du gisement représenté. Une autre représentation consiste à représenter une densité massique par commune ou communauté de communes.

Ces approches sont intéressantes pour rapidement comprendre quels sont les territoires possédant des gisements conséquents. Par contre, cela a tendance à isoler les différentes zones d'études entre elles et donc à négliger les effets de bords. En effet, les limites des communautés de communes ou les limites cantonales ne correspondent pas dans la réalité aux frontières d'un projet de méthanisation.

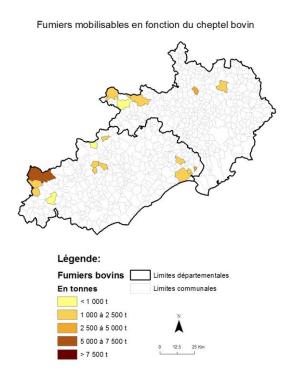


Figure 9 : Localisation de la production de fumier bovin dans les départements de l'Hérault et du Gard & productions associées

I.4.2. Représentation de la densité énergétique : CartEnergie

Une nouvelle approche innovante a été développée au sein d'S3d Ingénierie afin de mettre en exergue les bassins géographiques de forte densité énergétique et donc propice à l'émergence de projets de valorisation énergétique.

Le potentiel énergétique territorial représenté sur la carte ci-dessous est le résultat de la fusion de plusieurs couches SIG. Le rendu cartographique est le résultat d'une agrégation des données brutes (gisements agricoles, gisements industriels, gisements des collectivités, gisements des grandes et moyennes surfaces, etc.) auxquelles sont appliquées des facteurs de pondération et un rayon de mobilisation maximal. Ce dernier est le fruit d'une analyse de certaines caractéristiques technico-économiques intrinsèques à chaque nature de gisement. Ainsi chaque gisement possède sa propre aire d'influence. Au final, on obtient une carte semblable à la carte suivante sur laquelle figure le potentiel énergétique réellement mobilisable.

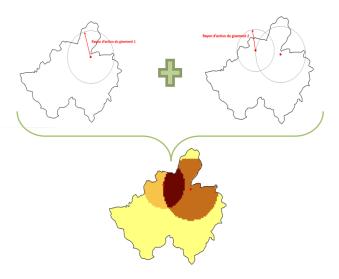


Figure 10 : Analyse cartographique croisée par superposition des potentiels et des contraintes

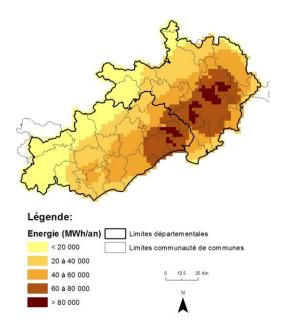


Figure 11 : Territoire favorable au développement de la méthanisation

Ш. Méthodologie spécifique

II.1. Définition du caractère mobilisable

II.1.1. **Principe**

La méthodologie classique opérée sur la filière de méthanisation n'est pas applicable en l'état sur cette nouvelle filière du faite de deux principales raisons. La première est que les gisements sont très énergétiques (PCI très élevés) ce qui implique donc des distances de collecte très grandes. La deuxième est que la plupart des gisements sont produits par des industriels et non des exploitations agricoles. Les matières en question répondent donc le plus souvent à la règle de l'offre et la demande.

La détermination des ratios de mobilisation est une tâche tant déterminante que délicate. Elle dépend de plusieurs critères : socio-économiques, techniques et environnementaux. Les enquêtes terrains réalisées et les retours d'expérience des filières permettent généralement de statuer sur leur définition, pour chacun des gisements identifiés. Néanmoins, afin d'obtenir une méthodologie rationnelle universelle, S3D Ingénierie, en accord avec les membres du COPIL, a retenu la chaine de logique suivante :

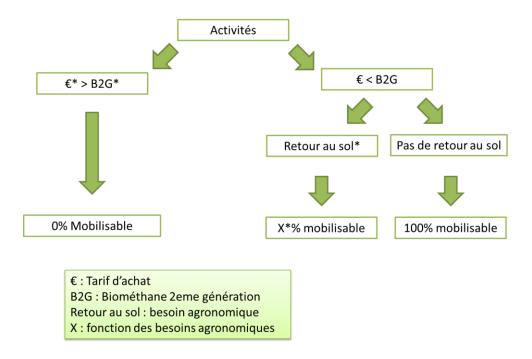


Figure 12 : Schéma du principe de détermination de la part mobilisable d'un gisement

Cela signifie que pour déterminer un taux de disponibilité d'une matière il est nécessaire de connaître sa valorisation économique au travers de cette nouvelle filière et de la comparer à sa filière actuelle de valorisation. Si le prix de valorisation déterminé est inférieur à la filière actuelle, le gisement n'est pas mobilisable. A contrario, il est impératif de s'intéresser aux valorisations agronomiques notamment lorsque la matière est d'origine agricole. Si l'état de l'art impose un retour au sol de N % de ce gisement pour prévenir d'un épuisement organique, il est convenu que la part mobilisable est celle résiduelle une fois les besoins agronomiques couverts.

II.1.2. Détermination du prix de valorisation via la production de biométhane de synthèse

Afin d'obtenir une estimation de la valeur ajoutée par la production de biométhane de synthèse pour chaque gisement, il a fallu réaliser une modélisation complète des maillons technologiques et des coûts associés à l'investissement mais également lors des phases opérationnelles. Une unité modèle de 6 MW SNG a été choisie et servira de référence. Voici ci-dessous les principales hypothèses fixées à dire d'experts. Il est à noter que l'hypothèse de la revente du Biométhane de synthèse sur modèle du biométhane (tarif fixe pendant 15 ans) de méthanisation n'est pas aujourd'hui acté par les pouvoirs publics. Des tractations sont en cours pour proposer un mécanisme de soutien pour le rachat du Biométhane de synthèse seulement sur les cinq premières années d'exploitation et de réaliser un état des lieux technologique à l'issu de ce premier retour d'expérience. Aujourd'hui, rien ne permet de dire que ce système sera privilégié et nous avons donc décidé de rester sur le mécanisme actuel du Biométhane de méthanisation.

Variables principales				
Fourchette de prix OPEX/CAPEX	Moyenne			
Capex (€/KW)	3 500			
Autres O&M (€/KW)²	5 400			
Rendement global process	65%			
Puissance SNG injectée (MW)	6,00			
Durée d'amortissement global (an)	15			
Disponibilité process	89%			
Prix de vente du méthane renouvelable injecté (€/MWh)	120			
Coût d'élimination des chars et cendres (€/T MS entrantes)	100			
Part Subventions	20%			

Tableau 2: Tableau des hypothèses de calcul pour la construction du modèle

De plus, les coûts de transport sont très importants dans les projets de valorisation énergétique de biomasses ou de déchets. La recherche de paramètres physico-chimiques (volume apparent, PCI, etc.) pour chaque matière a permis de constituer également un modèle de calculs logistique. Pour ce faire, les fiches biomasses réalisées par S3D dans le cadre d'une prestation antérieure en ont donné une première estimation.

13/12/2018 Rapport final Projet - DD01

² Ce ratio en euro par unité de puissance installée a été obtenu en lissant les coûts sur une durée de vie du projet de 15 ans. En d'autres termes, cela équivaut à un coût rapporté sur l'année à 2 160 K€/an

21

Les prix déterminés dans notre modèle reste donc à prendre avec des précautions et seront à affiner en fonction des évolutions réglementaires à venir.

II.2. Détermination du rayon de mobilisation maximal (RMM)

Le Rayon de Mobilisation Maximal (RMM) correspond à la distance aller maximale théorique que peut effectuer un transporteur pour accéder à un gisement mobilisable permettant de rentabiliser l'installation modèle avec un TRI de 10 %.

L'outil développé par S3d Ingénierie fonctionne de la façon suivante :

- 1) Etablissement des hypothèses technologiques: méthanation catalytique/biologique, puissance installée, rendement à l'injection, ...
- 2) Etablissement des hypothèses économiques : part de subvention, durée d'amortissement, OPEX et CAPEX.
- 3) Sélection d'une matière première entrante pour laquelle on connait les caractéristiques physicochimiques (PCI, masse volumique apparente, taux d'humidité, taux de cendre, ...) et du marché (prix d'achat de la matière HT).
- 4) On choisit un type de transporteur adapté pour le projet : benne basculante 20 m3, benne céréalière 55 m3 ou benne grand transporteur 90 m3. Pour chaque transporteur le CNR (Comité National Routier) fourni des « Trinôme du prix de revient », fonction du :
 - Coût kilométrique, fonction des variables suivantes : carburant / pneumatiques / entretien / réparation / péages.
 - Coût conducteur, fonction des variables suivantes : rémunération / cotisations employeurs / frais de déplacement.
 - Coût journalier, fonction des variables suivantes: financement et renouvellement du véhicule / assurances / taxe à l'essieu / coût indirect de structure.

Il est alors possible de déterminer un coût de transport global fonction de ces trois paramètres, eux même fonction du kilométrage parcouru pour accéder quotidiennement à la matière mobilisable.

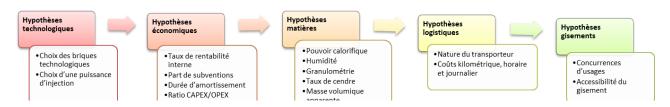


Figure 13 : Chaine logique pour déterminer le rayon de mobilisation maximal théorique

Ainsi, le modèle développé permet d'obtenir le RMM théorique qui satisfait l'ensemble des hypothèses fixées, pour chaque matière entrante. Les RMM calculés permettent ensuite d'alimenter l'outil CartEnergie® afin de tracer les aires d'influence des gisements. Il est alors possible d'identifier les bassins de densité énergétique favorable à l'implantation d'unité de gazéification/méthanation sur le territoire de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR.

II.3. Détermination du rayon de mobilisation effectif (RMME)

On appelle Rayon de Mobilisation Maximal Effectif (RMME), le RMM corrigé afin de prendre en considération les spécificités des infrastructures routières de chaque territoire. Il est évident qu'il est plus facile de parcourir une distance sur autoroute que sur une route de montagne. Le RMME est défini de la façon suivante :

 $RMME = Coefficient\ correctif\ \times\ Rayon\ de\ mobilisation\ maximal\ (RMM)$

Le coefficient correctif tient compte de l'accessibilité géographique des gisements par département. Pour déterminer ce coefficient, nous nous sommes basés sur une étude de l'INSEE de 2006 [3], qui établit le temps moyen d'accès à 28 services d'usages courant, dits de « gamme intermédiaire » : le supermarché, la librairie-papeterie, le magasin de vêtements, le collège, l'opticien, le contrôle technique automobile, etc. On dispose ainsi d'un indicateur pertinent pour évaluer l'influence de la nature du réseau routier de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR suivant les particularités de chaque département.

Le schéma ci-dessous permet de mieux appréhender la différence qu'il y a entre un rayon de mobilisation (RM) calculé, le parcours réel (PR) effectué sur les routes par le transporteur (PR) et son interprétation géométrique en tant que rayon de mobilisation effectif (RME).

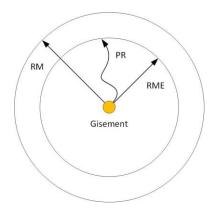


Figure 14 : Interprétation des différents paramètres de mobilisation d'un gisement NB : les longueurs [RM] et [PR] sont égales.

Les coefficients correctifs de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR utilisés sont les suivants.

Département	Coefficient correctif
Alpes de Haute Provence (04)	0,5
Hautes Alpes (05)	0,56
Alpes Maritimes (06)	0,33
Bouches du Rhônes (13)	0,8
Var (83)	0,67
Vaucluse (84)	0,79

Tableau 3: Coefficients correctifs par département

En conclusion, on notera donc que le bilan logistique est fortement conditionné par les hypothèses suivantes [4] :

- Les modes d'organisation de livraison
- > La distance au site de production
- Les caractéristiques physico-chimiques des matières entrantes
- Le moyen de livraison utilisé
- L'accessibilité de la zone de livraison
- Les conditions du retour du véhicule de livraison (à vide ou chargé)

Chapitre 4 ETAT DES LIEUX DES DIFFERENTS GISEMENTS IDENTIFIES

I. Gisement agricole

I.1. Généralités

Les productions alimentaires peuvent être source de biomasses valorisables, hors alimentation humaine et animale, et donc sortant de ces concurrences d'usages. Il s'agit essentiellement de coproduits issus de la récolte et de l'entretien des cultures.

Parmi ces coproduits, trois grands types se distinguent :

- Les coproduits issus de la production de grandes cultures : céréales et oléoprotéagineux
- Les coproduits issus de la production de cultures pérennes : vignes, vergers et plantes à parfums et aromatiques (PAPAM)
- Les résidus issus de la production hors sol : tomate, fraise, ...

Le tableau, ci-dessous, fait état des principaux gisements identifiés dans la filière agricole, des filières actuelles de valorisation et du coût matière qui leur sont associés :

Gisement	Pailles de céréales	Pailles de riz	Menues pailles	Marc/Pépin épuisé séché	Grignon d'olive séché	Paille PAPAM	Sarment/Ceps de vigne
Filière actuelle	Litière animale	Brûlage au sol	Laissé au sol	Engrais Alim. animale Combustion	Epandage Compostage	Peu valorisé	Brûlage au sol
Coût €/TMB	40	40	40	70	0	45	26
Coût €/MWh	10	10	10	14	0	12	7

Tableau 4: Filière de valorisation gisement agricole

I.2. Gisement brut

D'après les données du Schéma Régional Biomasse de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR [8], le gisement brut de biomasse issu de la filière agricole, toutes sous-filières confondues, est estimé à environ **677 000 tMB/an**.

Les cartes ci-dessous, font état de la répartition de cette biomasse brute sur l'ensemble du territoire de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR et de son équivalent en énergie :

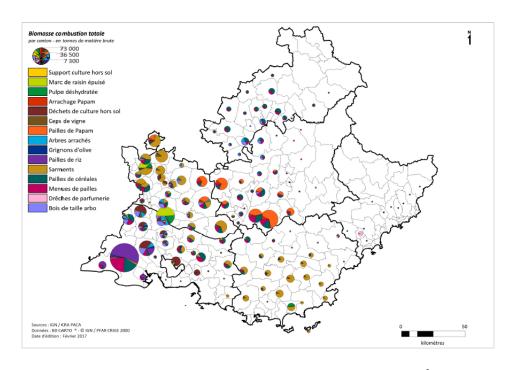


Figure 15 : Répartition de la biomasse agricole brute en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR [8]

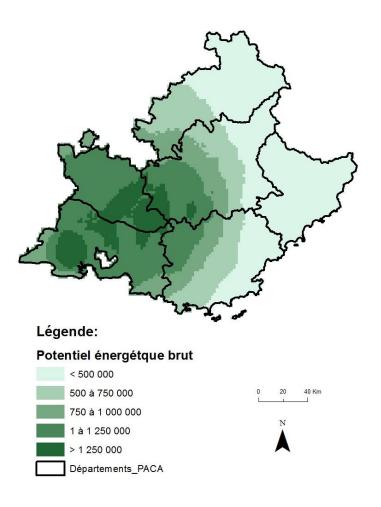


Figure 16 : Potentiel énergétique (MWh/an) brut de biomasse en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

I.3. Gisement mobilisable

Les enquêtes de terrain couplées aux prises de contact par mail/téléphone ont permis d'affecter des coefficients de mobilisation à chacun des gisements agricoles identifiés. Ainsi, seul 3 des 12 gisements sont concernés par ces coefficients :

- Paille PAPAM : Les pailles de PPAM permettent de produire un compost de très bonne qualité. Pour cette raison, elles ne sont pas considérées comme étant mobilisables dans le cadre de cette étude.
- Sarment de vigne : La biomasse est considérée disponible que sous condition du maintien du statut humique du sol. Ainsi le retour au sol des sarments de vigne constitue une pratique courante et soutenu dans la région. On considérera ainsi un coefficient de mobilisation de 25%.
- Paille de céréales : la filière élevage régionale étant relativement réduite, les besoins en paille pour la litière animale n'ont pas été considérés. En revanche, les concurrences d'usages avec le retour au sol nécessite de considérer un coefficient de mobilisation qui n'excède pas 50% de la paille totale produite.

Le tableau ci-dessous résume, par nature de gisement :

- ❖ Le gisement brut (issu du SRB [8]),
- Le coefficient de mobilisation confirmé en concertation avec le COPIL,
- Le gisement mobilisable déduit,
- Le coût (HT) de la matière dans les conditions actuelles du marché,
- La quantité d'énergie totale fournie sur une année,
- Le rayon de mobilisation maximal qui satisfait les conditions technico-économiques du projet.

Nature	Gisement brut (TMB/an)	Taux de mobilisation	Gisement mobilisable (TMB/an)	Quantité d'énergie (GWh/an)	Rayon de mobilisation A/R (Km)
Menues pailles	97 250	100%	97 250	389	17
Pailles de céréales	129 267	50%	64 634	258	53
Résidu culture hors-sol	49 424	100%	49 424	217	130
Pailles de riz	50 419	100%	50 419	201	20
Sarment de vigne	187 698	25%	46 925	178	155
Marc épuisé séché	22 500	100%	22 500	113	68
Arrachage arboricole	25 654	100%	25 654	71	27
Cep de vigne	17 302	100%	17 302	63	145
Grignon d'olive	13 583	100%	13 583	63	79
Pépins séchés	9 300	100%	9 300	47	68
Substrat culture hors-sol	2 450	100%	2 450	7	340
Paille PAPAM	72 114	0%	0	0	21

Tableau 5: Gisements agricoles mobilisables en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

en région Provence Alpes Côte d'Azur

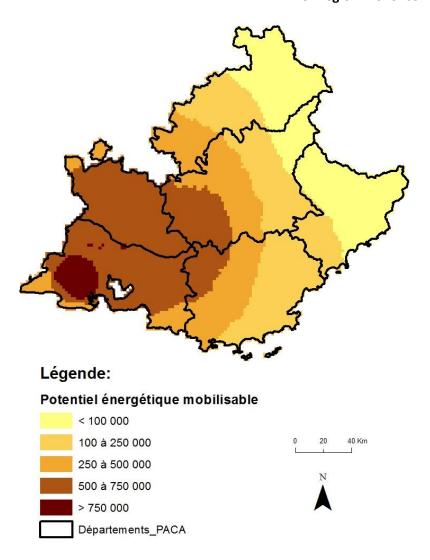


Figure 17 : Identification des zones favorables (MWh/an) au développement de projets de gazéification à partir de gisements agricoles

Ainsi, sur l'ensemble de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR, le gisement de biomasse agricole, supposée mobilisable, correspond à :

- √ 400 000 tMB/an
- ✓ 1 600 GWh/an
- ✓ 22 installations d'unités de 6 MW en équivalent biométhane de 2nd génération injecté dans le réseau de gaz.

II. Gisements des professionnels et des collectivités

II.1.Généralités

Afin d'identifier les gisements disponibles pour la pyrogazéification, les acteurs représentés dans le tableau ci-dessous ont été contactés et/ou rencontrés.

Acteurs publics				Acteurs privés		
AMP Métropole (13)	SIDOMRA (04)	SMZV (83)	SITTOMAT (83)	Silim Environnement (13)	Epur (13)	Suez (13)
Région PACA (13)	Sud Rhône Environnement (30)	SMED (06)	SYDEVOM (04)	CNIM (83)	Pizzorno (83)	EcoMobilier (13)
DREAL PACA (13)	SMIRTOM (04)	UNIVALOM (06)	SIRTOM (84)	Dalkia (13)	EveRé (13)	Paprec (13)

Tableau 6: Acteurs publics et privés contactés / rencontrés dans le cadre de l'étude

Ces échanges ont permis de mieux cerner les différents flux de déchets produits et les filières de valorisation empruntées. Ainsi, pour chacune catégorie de déchets, on peut déterminer les quantités mobilisables pour la pyrogazéification.

Le tableau, ci-dessous, fait état des principaux gisements produits par les collectivités et les professionnels du traitement de déchets, des filières actuelles de valorisation et du coût matière qui leur sont associés :

Gisement	Bois B	ois B Déchets verts CSR		Pneus usagés
Filière actuelle	Panneaux de bois	Compostage Combustion Broyage	Co-incinération cimenterie	Granulation Co-incinération cimenterie
Coût €/TMB	45	30	0	75
Coût €/MWh	12	11	0	10

Tableau 7: Filière et coûts de valorisation des gisements des collectivités et des professionnels des déchets

Points de vigilances :

Les institutions recommandent que le traitement des déchets doit suivre une logique de hiérarchisation:

- Réutilisation
- Recyclage
- Valorisation énergétique
- Elimination

II.2.Les gisements des collectivités

II.2.1. Les déchets verts

Le tableau suivant a été produit par 13D en 2014 dans le cadre d'une étude sur les filières régionales de traitement des déchets végétaux (ligneux et non ligneux) sur la base d'une évaluation des gisements bruts réalisée par l'Ademe Provence Alpes Côte d'Azur. Ainsi, près de 334 500 t de déchets verts sont collectées annuellement par les collectivités. Cela représente une moyenne de 66 kg/hab. Près de 90 % de ces déchets verts sont compostés tandis que les 10 % restants sont gérés localement (broyage – épandage).

Origine	Quantité estimée (tonnes/an)
Entretien des jardins domestiques 128	494 000 à 790 000
Débroussaillage autour des ouvrages pour la DFCI	100 000 à 120 000
Constructions	100 000 à 120 000
Voies de circulation publique	20 000
Activité agricole (tailles)	100 000
Total déchets verts produits	710 à 1 050 000
Part collectée	30 à 40 % : 334 500 t
Part compostée	90% du collecté : 301 050 t

Tableau 8: Quantités de déchets verts produits sur la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

Afin de vérifier la production de déchets verts et appliquer des ratios cohérents en fonction des caractéristiques des collectivités de communes ou agglomération, nous nous sommes appuyés sur les données collectées lors des entretiens et prises de contacts puis nous avons étudiés les rapports d'activités pour plusieurs syndicats de gestion des déchets. Le tableau suivant présente les quantités de déchets verts en fonction des syndicats de traitement et des métropoles pour lesquelles nous avons pu nous procurer les chiffres. Ce tableau permet également de définir des ratios en fonctions des typologies de territoire.

	Tonnages de Déchets verts		
Syndicat / Métropole	Nombre d'habitants	identifiés	Ratio (kg/hab)
Sirtom d'Apt	49 391	1 825	37
Sittomat	565 000	38 716	69
Sived	54 261	7 000	129
Smed	174 759	16 108	92
Smiddev	112 752	16 397	145
Smitomga	12 400	1 076	87
Sud Rhône Environnement	106 820	11 084	104
Sypp	171 190	13 104	77
Univalom	276 399	37 895	137
Aix Marseille Métropole	1 830 000	21 067	12
Nice Côte d'Azur	540 000	15 377	28

Tableau 9: Ratios de production de déchets verts en fonction des différents territoires

Le ratio varie très fortement d'un territoire à l'autre. De 12 kg/hab de déchets verts sur le territoire de Aix Marseille Métropole jusqu'à 145 kg/hab sur le Smiddev (Communauté d'Agglomération Var Estérel Méditerranée / Communauté de Communes du Pays de Fayence).

On considère que 20 % des déchets verts, correspondant à la fraction ligneuse sont mobilisables pour la gazéification. Cela représente 70 000 tonnes.

II.2.2. Les boues de STEP

Les quantités de boues produites ont été étudiées. En revanche ce gisement n'est pas intégré à la cartographie car il n'est pas possible en l'état actuel des connaissances de définir l'énergie consommée pour sécher les boues. Par conséquent, nous ne sommes pas en mesure de calculer le rayon de mobilisation pour celles-ci, ce dernier pouvant être positif comme négatif.

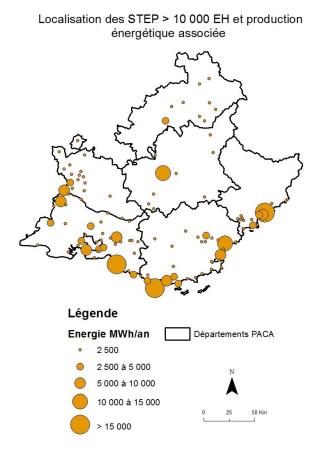
Le tableau ci-dessous reprend les informations principales concernant le gisement de boue de STEP pouvant entrer dans la filière gazéification.

Quantités totales de boues produits en PACA	105 000 T Matière sèche
Taille de STEP minimal prise en considération	10 000 EH
Nombre de STEPs considérés	114
Quantités de boues mobilisables	95 000 T Matière Sèche
Potentiel énergétique	380 GWh/an
	50 % compostage
Valorisation actuelle	25% incinération
	25 % épandage

Tableau 10: Données concernant les boues de STEP

La carte ci-dessous présente pour chacune des STEPs considérées le potentiel énergétique tandis que le tableau reprend pour chacune d'entre elles produisants plus de 500 TMS/an, les quantités de boues et l'énergie associée.

Etude du potentiel de production de biométhane de 2nd génération en région Provence Alpes Côte d'Azur



Ville	Dépt	TMS/an	MWh/an
MARSEILLE	13	24 448	97 792
NICE	6	9 935	39 740
TOULON	83	9 654	38 616
FREJUS	83	3 192	12 768
CHATEAU-ARNOUX-SAINT-AUBAN	4	2 624	10 496
AVIGNON	84	2 313	9 252
GARDE	83	2 175	8 700
AIX-EN-PROVENCE	13	2 141	8 564
TARASCON	13	1 500	6 000
SAINT-LAURENT-DU-VAR	6	1 432	5 728
SAINTE-MAXIME	83	1 391	5 564
MARTIGUES	13	1 270	5 080
ARLES	13	1 223	4 892
CAGNES-SUR-MER	6	1 088	4 352
MARIGNANE	13	1 083	4 332
CIOTAT	13	1 078	4 312
ISTRES	13	997	3 988
SALON-DE-PROVENCE	13	961	3 844
VITROLLES	13	941	3 764
GAP	5	877	3 508
SANARY-SUR-MER	83	821	3 284
HYERES	83	816	3 264
SORGUES	84	743	2 972
DRAGUIGNAN	83	720	2 880
VALLAURIS	6	663	2 652
CRAU	83	653	2 612
ISLE-SUR-LA-SORGUE	84	610	2 440
CANNES	6	592	2 368
MIRAMAS	13	577	2 308
CAVALAIRE-SUR-MER	83	528	2 112

Figure 18: Localisation des STEPS de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR, tonnages et énergies associés

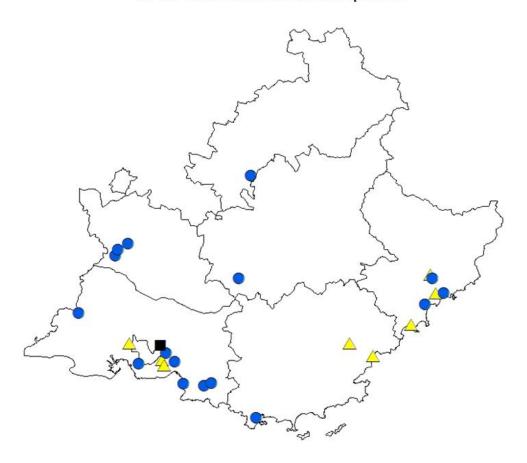
II.3.Les gisements des professionnels des déchets

Parmi ces gisements, on trouve les déchets verts qui ne transitent pas par une déchetterie, le bois de catégorie B, les CSR et les pneus usagés.

Pour les déchets verts et le bois B, nous sommes partis des tonnages régionaux puis selon les capacités de traitement des plateformes de déchets, nous avons établis des ratios. En effet, les professionnels des déchets ne souhaitent pas communiquer les tonnages traités par plateforme, par ailleurs, ces déchets faisant l'objet d'appels d'offres, les quantités collectées puis traitées ne sont pas stables d'une année sur

La carte suivante présente la localisation des centres de tri, des sites qui produisent des CSR et du centre de collecte et de transformation des pneus.

Localisation des centres de tri, de production de CSR et de transformation des pneus



Légende:

Centre de collecte & transformation pneus Centre de tri Centre de tri + production de CSR 50 Km Limites départementales PACA

Figure 19: Localisation des plateformes de traitement de déchets

II.3.1. Les déchets verts des professionnels

Ce gisement de déchets verts a pu être identifié à la suite d'un échange avec Mr Oudart de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR. Près de 65 000 tonnes ligneux de déchets verts (hors collectivités) sont produits annuellement. Ces gisements ne transitent pas par les déchetteries et ne sont donc pas comptabilisés dans les rapports annuels des syndicats de traitement.

Ces gisements sont actuellement compostés en raison du manque de débouché et de la difficulté à isoler la fraction ligneuse.

Selon le SRB, 2 deux unités de production d'électricité à partir de biomasse consommeraient 130 000 t de déchets verts soit la totalité des déchets verts issus des particuliers et des professionnels produits en PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR.

Groupe	Entreprise	Ville	Dépt	Tonnages de fraction ligneuse de déchets verts
VEOLIA	Alpes Assainissement	Manosque	04	442
VEOLIA	Alpes Assainissement	Ventavon	05	438
IHOL	Ihol	Cannes	06	2229
VEOLIA	SEA - VALAZUR	Nice (CTHP)	06	5384
VEOLIA	Sud Est Assainissement	Carros	06	1832
VEOLIA	Sud Est Assainissement	Villeneuve Loubet	06	6872
SITA	Sita Sud Est	Nice	06	6452
IHOL	Azureo (IHOL)	Le Broc	06	590
SITA	Sita Sud	La Penne sur Huveaune	13	4065
PAPREC	Delta Recyclage	Arles	13	2020
VEOLIA	Bronzo	Aubagne	13	1551
SITA	Provence Valorisation	Istres	13	7478
VEOLIA	Silim	Marignane	13	2233
VEOLIA	Onyx Méditerranée	Marseille	13	4530
PAPREC	Delta Recyclage	Martigues	13	120
SITA	Sita Sud	Les Penes Mirabeau	13	3382
VEOLIA	Onyx Méditerranée	Vitrolles	13	927
EPUR	EPUR	Gignac la Nerthe	13	1426
VEOLIA	Onyx Méditerranée	La Seyne Sur Mer	83	5551
PIZZORNO	Valeor - Pizzorno	Le Muy	83	3935
SITA	Novergie SA	Vedène	84	1106
SITA	Sita Sud Est	Entraigues sur la Sorgue	84	1290
PAPREC	Coved	Monteux	84	1146
SCLAVO	SOFOVAR	Fréjus	83	0

Tableau 11: Estimation des capacités de traitement de déchets verts pour chacune des plateformes identifiées

II.3.2. Gisements de déchets bois

Le bois de classe B est considéré comme un bois déchet faiblement adjuventé et ne pouvant pas bénéficier d'une Sortie de Statut de Déchet (SSD). Sont exclus de cette catégorie les déchets de bois classés dits « dangereux ».

D'après nos estimations, près de 500 000 t de déchets bois sont produits annuellement sur la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR. Le diagramme suivant permet d'identifier les quantités de déchets bois en fonction des différents types de producteurs:

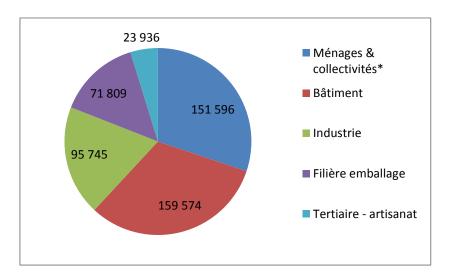


Tableau 12: Identification des producteurs de déchets bois – « Evaluation du gisement de déchets bois et son positionnement dans la filière bois énergie », ADEME, 2015

a) Déchets des ménages et des collectivités

La part des déchets de bois issus des ménages et des collectivités est estimée à 150 000 tonnes. Le mode de collecte de ces déchets est représenté sur la figure ci-dessous. Deux bennes sont déployées par déchetterie, la première pour collecter les déchets de bois et la seconde pour collecter les déchets d'éléments et d'ameublement (DEA).

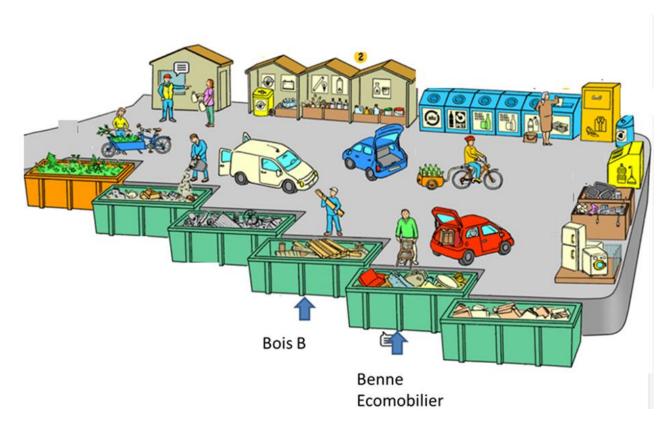


Figure 20: Exemple de bennes présentes sur les déchetteries

Cas particulier des DEA

Les DEA font l'objet d'une filière à Responsabilité Elargie des Producteurs (REP). Ainsi sur une grande majorité des déchetteries de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR, une benne DEA gérée par l'organisme Eco-mobilier est mise en place.

Les bennes Eco-mobilier permettent de collecter 1/3 des déchets de bois issus des ménages et des collectivités soit environ 50 000 t/an sur la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR. Une fois collectée, ces déchets sont ensuite envoyés sur des centres de tri pour isoler les parties textiles – plastiques – mousses (20 %) de la fraction de bois (80 %). La gestion de ces déchets, collecte, transport, valorisation est prise en charge financièrement par l'éco-organisme puis confiée à un professionnel, à l'échelle départementale le plus souvent.

Bennes bois B

La benne bois B en revanche est à la charge de la collectivité. Les coûts de collecte, transport et valorisation sont actuellement très élevés en raison du manque de débouché. Ils sont de l'ordre de 80 €/t environ voir plus pour certaines collectivités, éloignés des grands axes.

b) Bois B issus des déchets des activités économiques (DAE) : bâtiment + industrie + tertiaire

Ce gisement peut être estimée à 280 000 tonnes et constitués au 2/3 de déchets bois issus du bâtiment. Que ce soit à l'échelle locale, régionale ou nationale, les modes de collecte, préparation et valorisation des déchets bois issus des DAE sont méconnus.

c) Filière emballage

Il s'agit de déchets bois pouvant faire l'objet d'une sortie de statut déchets (SSD) et ainsi être valorisés en chaufferie collective en tant que bois de catégorie A (ICPE 29.10 A au même titre que les plaquettes forestières). Ces gisements de bois ne sont pas adjuventés, il s'agit en grande majorité de palettes.

d) Valorisation des déchets de bois

Les gisements de déchets de bois issus des ménages et des collectivités ainsi que des professionnels des déchets empruntent différentes voies de valorisation :

• Export pour recyclage chez les panneautiers principalement en Italie.

L'acteur majeur du territoire est VALECOBOIS, qui dispose d'une plateforme de collecte-stockage-préparation du bois B à Vitrolles. VALECOBOIS travaille avec les professionnels des déchets pour collecter – stocker – préparer et envoyer les gisements de bois B précédemment collectés. En 2018, cette filiale d'un panneautier Italien prévoit de gérer environ 150 000 tonnes de bois B. Ces gisements proviennent d'un triangle Montpellier – Bourg en Bresse – Nice et ne sont donc pas tous produits en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR. Une grande majorité de ces gisements sont ensuite envoyées par voie routière ou ferroviaire en Italie.

Valorisation énergétique

SITA Provence ainsi que VALECOBOIS livrent du bois B à Gardanne. Il est prévu à termes une consommation de 55 000 t/an de bois B.

- Incinération
- Enfouissement
- Autres

En raison du manque de données à l'échelle régionale sur les flux de déchets bois, du manque de débouché et des tensions sur la gestion de ces gisements, il nous est impossible de connaître de manière précise les quantités valorisées. En effet, le recours à l'enfouissement et/ou l'incinération peut se révéler bien souvent

plus économique qu'une valorisation matière. Enfin, la part des professionnels du bâtiment ayant recours au dépôt sauvage n'est pas négligeable.

On peut tout de même estimée à 50 % la part de bois B intégrant la filière recyclage chez les panneautiers, 10 % la filière de valorisation énergétique et 40 % la part de déchets bois non valorisés à l'heure actuelle (enfouissement – incinération - dépôts sauvages).

e) Réglementation

Afin de simplifier la réglementation et orienter les flux de déchets, une nouvelle classification est à l'étude et sera adoptée prochainement (cf. tableau ci-dessous).

Classe (et corresp cl. EN/FI & AL)	Critère composition chimique	Utilisations / valorisations (principales)	Bois trié issu des provenances suivantes
1 (A-AI)	Bois récupéré Biomasse pure (Biomasse a) selon directve IED	Recyclage panneaux - Installations de combustion 2910 A	Broyats d'emballages ; D. Entr. 2 ^{nde} transfo. en bois massif sans adjuvant
2 (B-AII)	Bois récupéré, respectant un cahier des charges (CdC) de seuils de concentration en organohalog. et métaux lourds; par origine de déchet sans mélange préalable. Biomasse b)5 selon directive IED	Recyclage panneaux - Installations de combustion 2910 B	DEA, D. BAT, D. Entr. 2 ^{nde} transfo.
3 (C-AIII)	Autres bois de récupération classés déchets non dangereux	Recyclage panneaux Valorisation énergétique en installations d'incinération/co- incinération (2771, 2971)	D. en mélange DEA, D. BAT, D. Entr. 2 ^{nde} transfo ne répondant pas au CdC classe 2
4 (D-AIV)	Déchets de bois imprégnés classés déchets dangereux	Valorisation énergétique en installations d'incinération déchets dangereux (2770)	D. Bois de génie civil et d'aménagement extérieurs imprégnés (ML, OH, Créosote)

Tableau 13: Nouvelle classification Déchets Bois

Les seuils de polluants afin de définir les classes 2 et 3 ne sont pas encore définis. Ces seuils permettront de définir les propriétés physico-chimiques des bois de catégorie A.2 et A.3 :

- Caractérisation en cours pour connaître plus précisément la composition des DEA
- Travail en cours avec le ministère pour s'accorder sur les seuils de contaminants

Enfin, en parallèle, le comité statégique de la filière bois (CSF), lancera prochainement une caractérisation pour connaître plus précisément les déchets bois du bâtiment.

f) Potentiel

Le CSF Bois prévoit à horizon 2025 que 30% des déchets bois actuellement non valorisés devront trouver de nouvelles filières. Parmi ces 30 %, les 2/3 devront être valorisés en énergie. Sur la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR, cela représente **100 000 tonnes de bois B** nouvellement disponible pour l'énergie.

Sur le même modèle que pour les déchets verts des professionnels, les gisements de déchets bois sont attribués à l'ensemble des plateformes et centre de tri gérés par les professionnels des déchets, autre que VALECOBOIS³.

³ VALECOBOIS : Cette filiale d'un panneautier Italien travaille avec les professionnels des déchets pour évacuer les gisements de bois B collectés par ces derniers.

Groupe	Entreprise	Ville	Dépt	Tonnages bois b
VEOLIA	Alpes Assainissement	Manosque	04	3375
VEOLIA	Alpes Assainissement	Ventavon	05	3341
IHOL	Ihol	Cannes	06	17014
VEOLIA	SEA - VALAZUR	Nice (CTHP)	06	41102
VEOLIA	Sud Est Assainissement	Carros	06	13988
VEOLIA	Sud Est Assainissement	Villeneuve Loubet	06	52461
SITA	Sita Sud Est	Nice	06	49253
IHOL	Azureo (IHOL)	Le Broc	06	4503
SITA	Sita Sud	La Penne sur Huveaune	13	31034
PAPREC	Delta Recyclage	Arles	13	15418
VEOLIA	Bronzo	Aubagne	13	11841
SITA	Provence Valorisation	Istres	13	57085
VEOLIA	Silim	Marignane	13	17050
VEOLIA	Onyx Méditerranée	Marseille	13	34583
PAPREC	Delta Recyclage	Martigues	13	916
SITA	Sita Sud	Les Penes Mirabeau	13	25819
VEOLIA	Onyx Méditerranée	Vitrolles	13	7080
EPUR	EPUR	Gignac la Nerthe	13	10885
VEOLIA	Onyx Méditerranée	La Seyne Sur Mer	83	42372
PIZZORNO	Valeor - Pizzorno	Le Muy	83	30040
SITA	Novergie SA	Vedène	84	8443
SITA	Sita Sud Est	Entraigues sur la Sorgue	84	9849
PAPREC	Coved	Monteux	84	8751
SCLAVO	SOFOVAR	Fréjus	83	0

Tableau 14: Tonnages de déchets de bois par plateforme en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

II.3.3. Les gisements de pneus

Les pneus disposent d'une filière REP gérée par l'organisme Aliapur. Il y a deux collecteurs sur l'ensemble de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR :

- TFM Sud Est pour les départements suivants : 04-05-06-83
- Groupe Charles André pour les départements suivants : 13-84

Ces deux sociétés ont collectés 32 000 tonnes en 2017, cela représente 80 % des gisements de la région. L'ensemble de ces gisements est centralisé sur le site du groupe Charles André située à Rognac (13).

Par la suite, il y a deux valorisations possibles :

- Broyat ~60 €/t
 - o 50 à 200 mm → Powergom
 - o 20 à 50 mmm → Powergom Plus
- Granulat ~ 150 200 €/t
 - o 1 à 8 mm
 - Séparation des textiles et fils métalliques
 - o 3 sites équipés en France, situés dans le Nord de la France

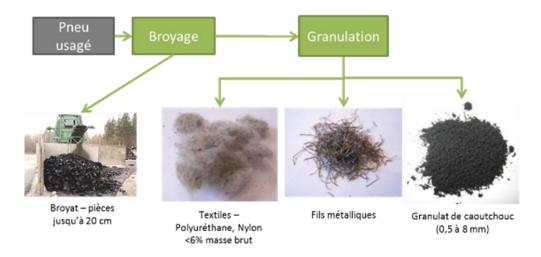


Figure 21: Schéma synthétique de la valorisation des pneus usagés

A l'heure actuelle, la valorisation énergétique en cimenterie représente la part la plus importante du panel de traitement avec environ 50 % du gisement. Les organismes de collecte cherchent à diversifier les voies de valorisations (car plus de 30 % des gisements sont aujourd'hui exportés) et sont donc ouverts à l'intégration d'un nouveau débouché comme la pyrogazéification.

			Global	France	Export
Réutilisation	Occasion & Rechapage	Pneu entier	16,9%	16,3%	0,6%
Recyclage	Granulation (terrains synthétiques, parcs pour enfants)	Granulat	21,2%	13,0%	8,2%
	Aciérie/Fonderie	Broyat	1,6%	1,2%	0,4%
	Autre (bassin d'infiltration)	Broyat	1,6%	1,6%	-%
	Basin d'infiltration ou de rétention d'eau	Broyat	0,5%	0,5%	-%
	TP, GC	Pneu entier, Broyat	6,2%	6,2%	-%
Autres valorisation	Valorisation énergétique en cimenterie	Broyat (valorisation matière silice et fer)	49,0%	28,6%	20,4%
	Autre valorisation énergétique	Broyat	2,3%	0,3%	2,0%
	Autre*		0,7%	0,7%	-%
*Autre : centre de tri, plateforme de préparation (broyage ou découpage), autre mode de valorisation, ensilage, etc.				68,4%	31,6%

Tableau 15: Panel actuel des solutions de valorisation des pneus usagés

II.3.4. Les gisements de CSR

a) CSR produits actuellement

Le tableau suivant présente la production de CSR pour les sites producteurs recensés. Ainsi, **155 000 tonnes de CSR** sont produits annuellement. La Figure 19 permet de localiser les différents sites.

Groupe	Entreprise	Ville	Dépt	Tonnages CSR
VEOLIA	Alpes Assainissement	Manosque	04	
VEOLIA	Alpes Assainissement	Ventavon	05	
IHOL	Ihol	Cannes	06	15000
VEOLIA	SEA - VALAZUR	Nice (CTHP)	06	20000
VEOLIA	Sud Est Assainissement	Carros	06	
VEOLIA	Sud Est Assainissement	Villeneuve Loubet	06	
SITA	Sita Sud Est	Nice	06	
IHOL	Azureo (IHOL)	Le Broc	06	15000
SITA	Sita Sud	La Penne sur Huveaune	13	
PAPREC	Delta Recyclage	Arles	13	
VEOLIA	Bronzo	Aubagne	13	
SITA	Provence Valorisation	Istres	13	40000
VEOLIA	Silim	Marignane	13	15000
VEOLIA	Onyx Méditerranée	Marseille	13	
PAPREC	Delta Recyclage	Martigues	13	
SITA	Sita Sud	Les Penes Mirabeau	13	
VEOLIA	Onyx Méditerranée	Vitrolles	13	
EPUR	EPUR	Gignac la Nerthe	13	20000
VEOLIA	Onyx Méditerranée	La Seyne Sur Mer	83	
PIZZORNO	Valeor - Pizzorno	Le Muy	83	20000
SITA	Novergie SA	Vedène	84	
SITA	Sita Sud Est	Entraigues sur la Sorgue	84	
PAPREC	Coved	Monteux	84	
SCLAVO	SOFOVAR	Fréjus	83	10000

Tableau 16: Quantités de CSR pour les sites de production identifiés

b) Méthode de projection selon le système actuel de traitement des déchets :

Le schéma ci-dessous dresse un état des lieux régional de production des déchets non dangereux et non inertes en 2015. Sur les 6 080 000 tonnes produites annuellement, 55 % concerne la filière des déchets ménagers et assimilés⁴ tandis que 45 % sont issus des déchets d'activités économiques⁵ collectés séparément par des opérateurs privés.

La valorisation énergétique des DMA correspond à de l'incinération d'ordures ménagères principalement. En revanche, la valorisation énergétique des DAE correspond à de la production de CSR, valorisée en cimenterie. Le schéma datant de 2015, on constate une légère augmentation de la production de CSR puisque actuellement 155 000 t sont produites soit une augmentation de 10 %.

⁴ Déchets Ménagers et assimilés (DMA) : ils correspondent aux déchets produits par les ménages (ordures ménagères + déchets apportés en déchetteries) ainsi que les déchets des professionnels, gérés par la collectivité.

⁵ Déchets d'activités économiques (DAE) : ce sont les déchets produits par les professionnels et collectés séparément par des opérateurs privés. Le terme DAE est désormais préféré à DIB (Déchets Industriels Banals) utilisé afin de tenir compte de la diversité d'activités produisant ces déchets.

D'après les entretiens réalisés avec les professionnels des déchets, 40 % des déchets enfouis actuellement pourraient être valorisables énergétiquement. Cela représenterait alors 620 000 tonnes de DAE potentiellement valorisable en énergie, soit à termes un potentiel de **775 000 tonnes**.

Il faut cependant tenir compte des évolutions en termes de gestion des déchets décrits dans le PRPGD.

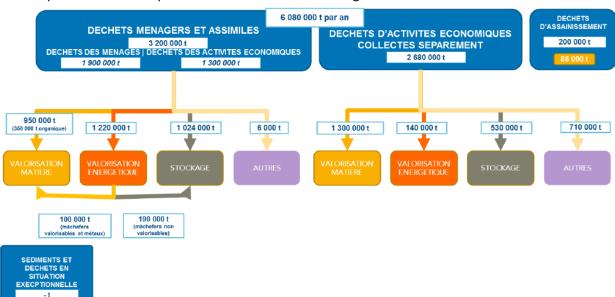


Figure 22: Synoptique des flux de déchets non dangereux non inertes en 2015, en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

c) Méthode de projection du système de gestion des déchets à horizon 2031, décrit le PRPGD

Selon les orientations nationales de gestions des déchets, décrites dans le PRPGD, la part des DMA diminuerait d'environ 30 %. Cette diminution proviendrait d'une baisse des quantités d'ordures ménagères collectées (mise en place d'une collecte des biodéchets – développement compostage à domicile – meilleur tri papiers, plastiques et cartons) mais également d'une forte baisse des déchets des professionnels actuellement collectés par la collectivité. Les professionnels se verraient contraints de faire appel à un opérateur privé pour gérer leurs déchets. Conséquence directe de cette mesure, les quantités de DAE augmenteraient de 15 %.

Ainsi, toujours selon la projection de flux de déchets décrite dans le PRPGD, près de 3 000 000 t de DAE seraient produits et 520 000 t de DAE valorisés en énergie. Cela correspond à une augmentation de 273 %.

Cette part pourrait encore être augmentée car pour rappel, les professionnels des déchets estiment que 40 % des déchets enfouis pourraient également être valorisés en énergie.

Ainsi le gisement potentiel serait porté de 520 000 t à près de 800 000 t ce qui représente 5 fois plus de CSR qu'actuellement.

Dans nos prévisions, nous allons considérer un gisement potentiel de CSR et DAE potentiellement valorisable en énergie, confondus de 800 000 tonnes.

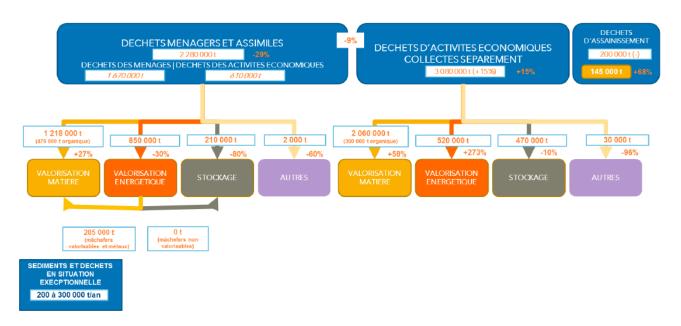


Figure 23: Synoptique des flux de déchets non dangereux non inertes à horizon 2031, en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

II.3.5. Bilan des gisements issus des déchets des collectivités et des professionnels des déchets

Le rayon de mobilisation des boues de STEP n'est à ce jour pas connu. Un travail spécifique devra être réalisé afin de le déterminer. Le rayon des pneus usagés est très élevé en raison de la forte densité de ces derniers et de leur fort PCI. Les CSR peuvent également être mobilisés sur de très larges distances.

a) Cas de figure n°1 : avec la production actuelle de CSR

Type de déchets	Tonnages	Rayon (km)	Energie (GWh/an)
Boues de STEP	95 000	-	380
Déchets verts - collectivité	70 000	27	196
Déchets verts - professionnels	65 000	27	182
Bois B	500 000	152	1 800
CSR	155 000	366	676
Pneus	32 000	> 1 000	284

Tableau 17: Gisements, rayon de mobilisation et énergie associée

Lorsque l'on considère la production de CSR actuelle, soit 155 000 tonnes, le potentiel de production énergétique des CSR est de 676 GWh/an soit un potentiel trois fois moins importants que celui du bois B.

Energie (GWh/an)

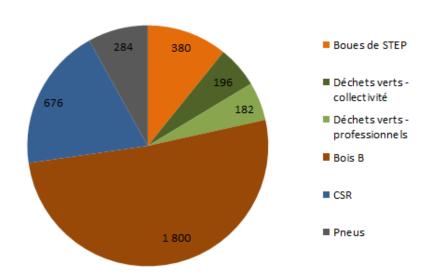
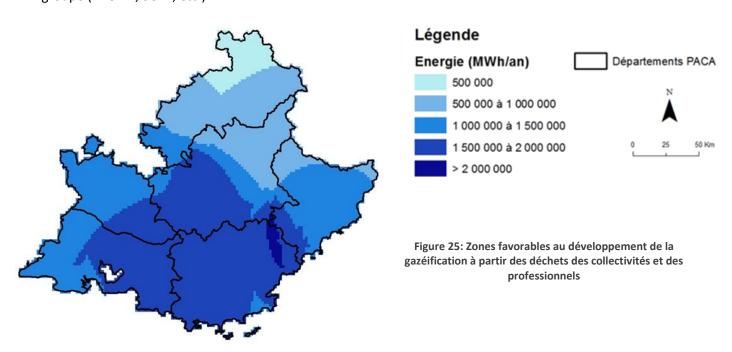


Figure 24: Production énergétique des différents gisements issus des collectivités et des professionnels des déchets

b) Représentation cartographique des zones favorables au développement de projet de gazéification à partir des déchets des collectivités et des professionnels

Notre méthodologie de représentation des zones favorables n'est pas adaptée aux déchets de types industriels. Ces gisements sont mobilisables sur un rayon très élevé, de 152 km pour le bois B jusque plus de 1 000 km pour les pneus. Le rendu cartographique ne donne pas d'indication à l'échelle de la région. Pour identifier des zones de développement à partir de déchets des professionnels, nous nous sommes appuyés sur les plateformes de traitement de déchets que nous avons agglomérées par département et par groupe (VEOLIA, SUEZ, etc.).

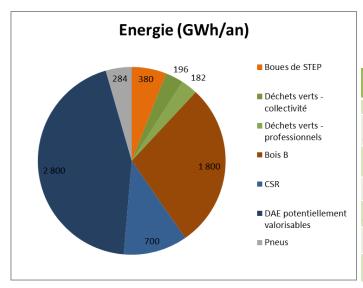


Etude du potentiel de production de biométhane de 2nd génération en région Provence Alpes Côte d'Azur

En raison des rayons de mobilisation importants pour les gisements issus des professionnels des déchets, la carte ne permet pas d'identifier précisément les zones favorables au développement de la gazéification.

c) Cas de figure n°2 : avec la production potentielle de CSR et de DAE potentiellement valorisable en énergie

Dans ce cas de figure, cela représente près de 55% de la production d'énergie potentielle.



Type de déchets	Tonnages	Rayon (km)	Energie (GWh/an)
Boues de STEP	95 000	-	380
Déchets verts - collectivité	70 000	27	196
Déchets verts - professionnels	65 000	27	182
Bois B	500 000	152	1 800
CSR	155 000	366	700
DAE potentiellemer	645 000	366	2 800
Pneus	32 000	> 1 000	284

Figure 26: Production énergétique des différents gisements issus des collectivités et des professionnels des déchets à horizon 2031

III. Gisements bois-énergie

III.1.Présentation de la filière

Dans cette catégorie nous considérerons toutes les bioressources d'origines sylvicoles et issues des industries du bois. A savoir :

- Le bois forestier.
- > Le bois issus d'arbres non forestiers (haies, bosquets, landes, friches agricoles).
- Les taillis de courte rotation (TCR) et très courte rotation (TTCR).
- Les coproduits issus de la transformation du bois

Le tableau, ci-dessous, fait état d'un coût moyen pour la plaquette forestière :

Gisement	Plaquette forestière
Filière actuelle	Combustion
Coût €/TMB	56
Coût €/MWh	16

Tableau 18: Coût moyen actuel de la plaquette forestière

III.1.1. Le bois forestier

a) Présentation générale

Aujourd'hui en France la filière bois-énergie regroupe plus de 10 000 emplois directs ou indirects et pourrait en générer 15 000 à 20 000 de plus d'ici 2020 (source : Ademe et DGEC). Si on considère toute la filière Forêt-bois, c'est plus de 425 000 emplois, soit deux fois plus que dans l'industrie automobile.

En quelques chiffres la filière bois énergie en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR c'est :

- ✓ 5,8 % de la surface du territoire national.
- ✓ 9,4 % de la surface forestière nationale.
- ✓ Un taux de boisement de 48 %, contre une moyenne nationale de 29%, soit la seconde région la plus boisées de France après la Corse.
- ✓ Un taux de croissance de 6% des surfaces par an, selon le rapport de 2014 de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR.

On considère ici comme espace forestier, tout espace couvert d'une superficie supérieur à 0,5 ha avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à 5 mètres et un couvert supérieur à 10%.

On distingue trois catégories de ressource forestière :

- Le bois d'œuvre (BO) : Il est constitué de grumes destinées au sciage, déroulage, tranchage et autres usages "nobles" de la filière bois. Les cycles de production sont cependant plus longs (dépendant des espèces, des régions, des produits recherchés).
- Le bois d'industrie / bois énergie (BIBE). Il est la somme du :
 - Bois d'industrie qui sert à alimenter les industries de transformation hors sciage (trituration pour pâte, panneau, déroulage, chimie du bois...).
 - o Bois énergie qui a pour vocation la valorisation pour la production d'énergie.
- Le menu-bois (MB): défini comme l'ensemble de la biomasse de la tige et des branches compris dans les bois de diamètre inférieur à 7 cm : cime et petites branches. Le menu bois est susceptible d'être valorisé à des fins énergétiques.

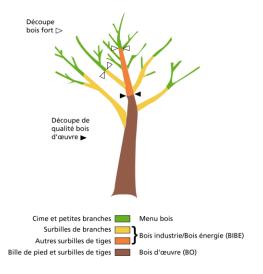


Figure 27 : Catégories de bois (BO/BIBE/MB) - source : ADEME

Ainsi, seuls seront considérés comme valorisables énergétiquement, dans nos hypothèses, le bois de catégories BIBE et MB.

b) Gisement brut

Pour évaluer le gisement brut de bois forestier en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR nous nous baserons sur les données transmises par l'Observatoire de la Forêt Méditerranéenne et de l'IFN de 2015⁶ :

13/12/2018 Rapport final Projet - DD01

⁶ https://www.ofme.org/cartotheque

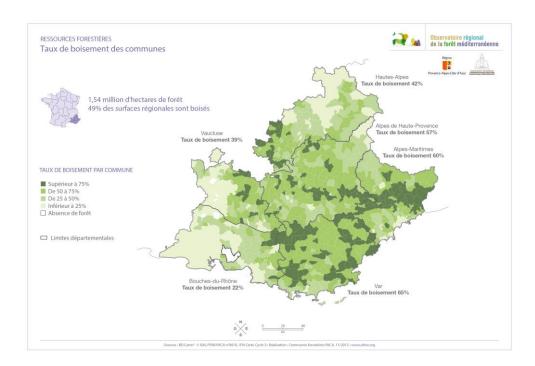


Figure 28: Taux de boisement des communes en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

L'outil fait état d'une surface boisée totale de 1 567 933 Ha, toutes catégories d'essences confondues.

c) Etat des lieux de la disponibilité en bois

Pour la quantification et la localisation des gisements disponibles de bois forestier, on se basera sur un consortium d'études parues ces dix dernières années, visant à estimer la ressource forestière française :

- Une étude7 nationale, réalisée par l'ADEME, l'IGN et le FCBA, sur la disponibilité forestière pour l'énergie, l'industrie et les matériaux aux horizons 2020 et 2035, avec une déclinaison régionale.
- Un « kit IGN »8 définissant les données stratégiques pour aider les acteurs locaux à analyser les enjeux de politiques forestières, édité en 2016.
- Une dernière étude9 parue en 2017 et réalisée par l'ADEME et la DRAAF pour préciser les données régionales à horizon 2035.

Au travers de ces études, différentes notions sont utilisées pour quantifier la ressource forestière. Par souci de simplicité de lecture nous nous baserons sur les termes suivants :

✓ La disponibilité totale (ou production nette): pour permettre une exploitation durable de la ressource forestière et ne pas entamer le capital sur pied, les prélèvements annuels ne doivent pas dépasser la quantité de biomasse produite chaque année par les arbres exploitables (hauteur supérieure à 1,2 m et diamètre supérieur à 7 cm) correspondant à la production biologique. On déduit enfin la mortalité pour obtenir la production nette.

⁷ ADEME - IGN, FCBA, 2016, Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035

⁸ Kit PRFB © IGN 2016

⁹ ADEME – IGN, 2017, Etude des disponibilités en bois des forêts de Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) à l'horizon 2035

Etude du potentiel de production de biométhane de 2nd génération en région Provence Alpes Côte d'Azur

- ✓ La disponibilité technico-économique : correspond au volume mobilisable en tenant compte des contraintes technico-économiques pour la mobilisation du bois. Autrement dit, il s'agit de la fraction exploitable dans les conditions actuelles (prix du bois bord de route ; niveau de technologie des appareils d'abattage du bois ; ...). Cette disponibilité est très dépendante du contexte et donc susceptible d'évoluer à l'avenir.
- ✓ La disponibilité supplémentaire : est égale à la disponibilité technico-économique à laquelle on soustrait les prélèvements actuels.

Le schéma ci-dessous, fait un bilan des notions utilisées pour quantifier la ressource forestière en PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR :

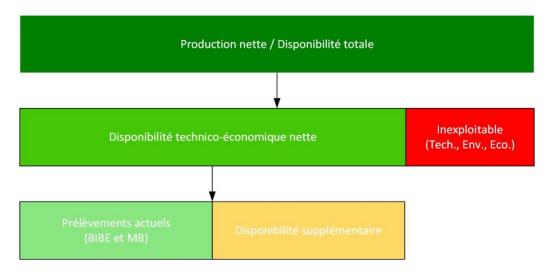


Figure 29 : Démarche pour l'évaluation des disponibilités forestières

Selon les données de l'IGN de 2017, pour l'année 2016, le volume de bois sur pied est aujourd'hui de 182 millions de m3, dont 117 millions de m3 de bois fort tige (BO + BIBE) et 65 millions de m3 de menu bois. La production nette (ou disponibilité totale) est quant à elle, pour chaque catégorie de bois, de :

- > 1,1 millions de m3/an de bois d'œuvre (BO)
- > 1,3 millions de m3/an de bois d'industrie et de bois d'énergie (BIBE)
- > 1,1 millions de m3/an de menu bois (MB)

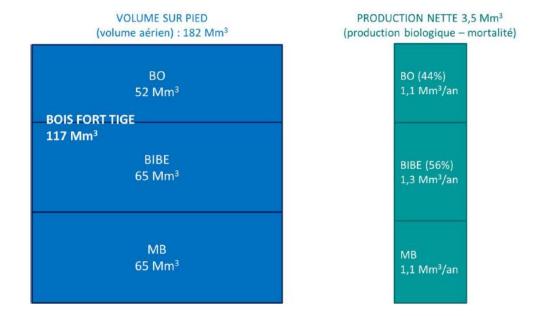


Figure 30: Ressources forestière actuelle en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

Il faut ensuite retrancher la part inexploitable de bois, dans les conditions actuelles, pour atteindre la disponibilité technico-économique. Cette disponibilité dépend essentiellement de la sylviculture appliquée aux essences en fonction du contexte économique et pédoclimatique local. 3 scénarios de sylviculture et d'entretien des forêts ont été construits avec les gestionnaires et acteurs de la filière régionale (CRPF, ONF, syndicat des propriétaires, OFME, ADEME, DRAAF, Région) :

- > un scénario tendanciel : correspond au maintien des pratiques actuelles de gestion pendant les 20 prochaines années.
- **un scénario « industrie-énergie »** : simule sur la période considérée une dynamisation de la gestion forestière dans le but d'accroître les prélèvements de bois destiné à l'industrie et à l'énergie.
- un scénario « intermédiaire » : modulation du scénario Industrie-Energie : il simule sur la période considérée une dynamisation de la gestion forestière dans le but d'accroître les prélèvements de bois destiné à l'industrie et à l'énergie, tout en tenant compte des dynamiques territoriales

Ceux-ci sont résumés à différentes échelles de temps, dans le tableau suivant :

		D	isponibilité technique (m	n³)
Scénario	Période	Bois d'oeuvre	Bois d'industrie, bois énergie	Bois fort (total)
(actuel)	2011-2015	62 864	562 071	624 935
Tendanciel	2016_2020	67 509	577 019	644 527
	2021_2025	72 701	591 973	664 674
	2026_2030	78 859	606 039	684 897
	2031_2035	85 482	619 419	704 901
Industrie	2016_2020	67 956	642 975	710 931
	2021_2025	80 693	736 495	817 188
	2026_2030	96 947	827 298	924 245
	2031_2035	111 590	909 488	1 021 077
Intermédiaire	2016_2020	67 725	620 341	688 066
	2021_2025	75 652	684 287	759 939
	2026_2030	86 721	758 467	845 188
	2031_2035	100 374	852 848	953 221

Figure 31 : Disponibilité technico-économique des bois en m3/an, par scénario et par période (IGN, 2017)

Pour déterminer la part mobilisable du bois BIBE et MB dans le cadre d'une intégration dans la filière biométhane 2G, nous retiendrons l'hypothèse du scénario « Industrie », dans lequel la dynamisation de la gestion forestière est la plus forte. On obtient la répartition suivante des disponibilités :



Figure 32: Volume bois disponible

La répartition de cette disponibilité technico-économique sur l'ensemble du territoire de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR, dépend essentiellement du type de propriété forestière : domaniale, communale ou privée.

La carte suivante dresse un état des lieux de la situation en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR :

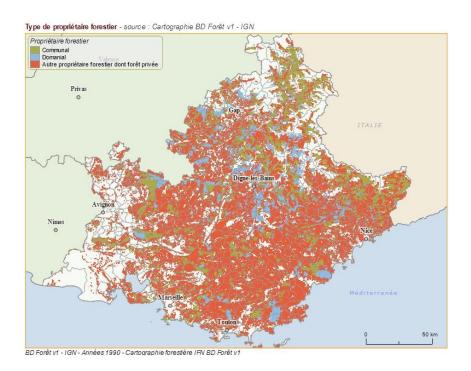


Figure 33 : Type de propriétaire forestier en région Provence Apes Côte d'Azur

La forte proportion de forêt privée (67%) est un élément important à considérer pour le taux de prélèvement sur la production nette. En effet, comme le montre le tableau ci-dessous, entre une forêt domaniale et privée sans PSG¹⁰, ce taux varie du simple au double.

Type de propriété	Part dans la surface Boisée nationale	Part dans le stock sur pied national	Part dans la production biologique nette de la mortalité nationale	Part dans les prélèvements de bois	Taux de prélèvement (sur le stock)	Taux de prélèvement (sur la production nette)
1_Domaniale	9,3%	10,7%	10,4%	14,7%	2,2%	70%
2_Collectivités	16,4%	18,4%	17,3%	20,1%	1,8%	57%
3_Privée_avec PSG	13,7%	15,6%	16,5%	16,7%	1,7%	50%
4_Privée_sans PSG	50%	47,6%	46,5%	32%	1,1%	34%
5_Privée_Aquitaine*	10,6%	7,6%	9,4%	16,4%	3,5%	86%
Total général	100%	100%	100%	100%	1,6%	50%

Tableau 19: Caractéristiques nationale de la ressource et des prélèvements selon le type de propriétaire (source : ADEME - IGN, FCBA, 2016

13/12/2018 _ Rapport final Projet - DD01

_

¹⁰ Le Plan Simple de Gestion (PSG) est pour le propriétaire forestier un outil d'analyse des fonctions économique, écologique et sociale de sa forêt, qui lui permet de programmer les coupes et travaux pour une gestion durable prévue par le Code forestier.

Ainsi, toujours d'après les données fournies par l'OFME, sur les 1 567 933 Ha qui constituent la surface forestière totale de la région, 10% sont de type domanial, 22% de type communal et 68% de type privés.

La méthodologie S3D a consisté à considérer une disponibilité technico-économique totale (bois BIBE + MB) sur la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR (Référence : 2016) de **1,193 Mm3/an** (soit **2 231 GWh/an**) [5] puis à la répartir à l'échelle communale en tenant compte du **taux de boisement** et du **type de propriété** (domanial, communal et privé).

Type de forêt		Domanial	Communal	Privée	Total
Surface forestière régionale	На	163 726	337 332	1 066 885	1 567 943
Part régionale en surface	%	10	22	68	100
Disponibilité technico-économique	Mm3/an	0,184	0,329	0,68	1,193
Disponibilite technico-economique	GWh/an	344	615	1272	2231
Part régionale en disponibilité énergétique	%	15	28	57	100

Tableau 20: Disponibilité technico-économique en bois-énergie suivant le type de forêt (Référence : 2016)

NB: Les classes d'exploitabilité des forêts (facile / difficile / très difficile) qui dépendent de plusieurs paramètres (la distance de débardage, la présence d'itinéraire de débardage, la pente, la portance du terrain, le degré d'aspérité du terrain) sont considérées être prises en compte via le coefficient correctif pour le passage du calcul du rayon de mobilisation au rayon de mobilisation effectif (RME), définit au chapitre III.4

On applique enfin la méthodologie cartographique et on obtient la carte suivante :

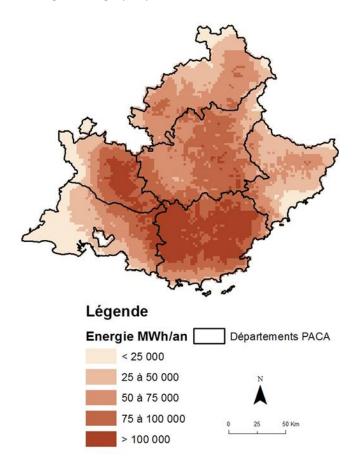


Figure 34: Zones favorables au développement de la gazéification à partir de plaquettes forestières

d) Etat des lieux de la demande en bois

Les données relatives à la demande régionale ont été obtenues à partir des données fournies dans le SRB [5]. Ainsi, on notera les acteurs suivants :

- La consommation en **bois de chauffage des particuliers**, considéré comme globalement stable.
- Les Chaufferies collectives et industrielles dont la production est suivie par la Mission Régionale Bois Energie. Il est considéré que 90% de la biomasse consommée par ces unités est régionale.

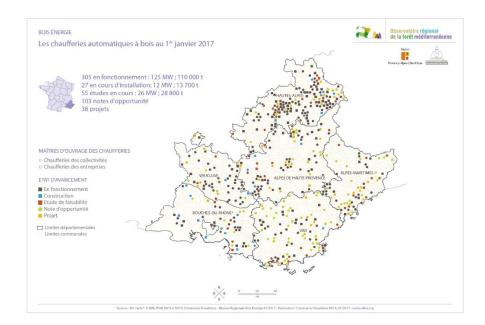


Figure 35 : Chaufferies automatiques à bois en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

- ➢ Il existe deux centrales biomasses pour la production d'électricité (1 290 GWh électriques au total) sur la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR :
 - La centrale d'Inova Var Biomasse, à Brignoles (83), d'une puissance de 22 MWe, ayant démarrée en 2016.
 - La centrale d'UNIPER, à Gardanne (13), d'une puissance de 150 MWe.

Ces deux centrales, soutenues par la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) vont à terme consommer près de 1 000 000 tonnes de bois chaque année réparties sur un territoire d'un rayon d'environ 400 km. Sur cette consommation seul 44% seraient issues de la biomasse régionale, en 2017, et près de 78% à horizon 2026, lorsque le rythme de croisière sera atteint.

Le plan d'approvisionnement de ces deux centrales se réparti de la façon suivante :

Etude du potentiel de production de biométhane de 2nd génération en région Provence Alpes Côte d'Azur

	E	n 2017	E	n 2026
	Quantité (en tonnes brutes)	Equivalent énergétique thermique (GWh)	Quantité (en tonnes)	Equivalent énergétique thermiques (GWh)
Plaquettes forestières	224 300 t	561 GWh th	388 650 t	972 GWh th
Déchets verts	129 300 t	375 GWh th	293 000 t	850 GWh th
Déchets bois SSD	17 500 t	54 GWh th	17 500 t	54 GWh th
Déchets bois adjuvantés	54 750 t	170 GWh th	54 750 t	170 GWh th
TOTAL	425 850 t	1 160 GWh th	753 900 t	2 045 GWh th

Tableau 21: Répartition de la consommation prévisionnelle de biomasse régionale des 2 centrales biomasses, par type de combustible (source : données CRB 2016)

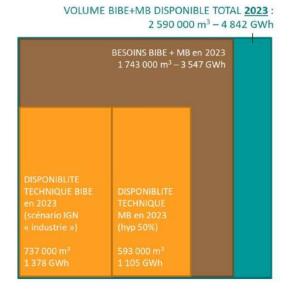
On note enfin l'activité de trituration de la papèterie située à Tarascon, qui vient fortement mobiliser la ressource en bois industrie (95% de la ressource totale régionale).

Le tableau suivant dresse un état des lieux de la demande et de l'offre (disponibilité technico-économique) de bois BIBE/MB en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR, pour différentes périodes, en prenant comme référence le « scénario Industrie » :

Demande en bois régional (Equivalent GWh thermique)					
Année	2016	2023	2030		
Particuliers	1 145	1 145	1 145		
Chaufferies (régionales et limitrophes)	400	540	763		
Centrales (Uniper et IVB)	281	737	972		
Trituration (Fibre excellence)	750	1 125	1 125		
Total de la demande en bois 2 576 3 547 4 005					
Total de la disponibilité technico-économique*	2 231	2 488	2 722		

Figure 36 : Etat des lieux de la demande et de l'offre régionale en bois BIBE/MB

^{*}Estimée suivant le « scénario Industrie »





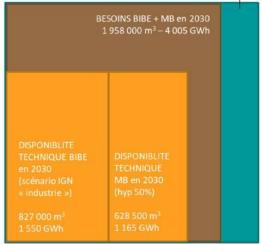


Figure 37 : Offre et demande totale en bois BIBE/MB*

Dans les conditions actuelles et à venir, on observe ainsi une offre en BIBE/MB, liée à la disponibilité technico-économique, bien inférieure à la demande. Nous tenterons dans la partie suivante de relativiser ces conclusions et de relever les freins à une telle mobilisation, pour une possible intégration de la filière du biométhane de seconde génération.

e) Les trajectoires à adopter pour lever les freins à la mobilisation de la biomasse

Le schéma régional biomasse, sur lequel s'est fondée notre démarche, insiste bien sur le caractère non figé des données fournies. Il s'agit en effet d'observation de tendances qu'il convient de nuancer.

La filière forêt-bois serait donc en capacité d'augmenter la récolte en restant dans le cadre d'une gestion durable de la ressource et de se diriger vers des valorisations multi-usages (matière/chimie/énergie...) si les leviers essentiels au développement sont saisis et traités. Sont listés, de façon non exhaustive, les principaux leviers identifiés :

- ✓ Renforcer la coopération entre la forêt publique et privée ;
- ✓ Développer les SLDF (stratégies locales de développement forestier);
- ✓ Renforcer les actions de sylviculture et de gestion durable de la forêt en augmentant le nombre de documents de gestion durable;
- ✓ Prendre en considération des intérêts des propriétaires, les convaincre d'entretenir leur forêt ;
- ✓ Renforcer les moyens humains et matériels des exploitants forestiers ;
- ✓ Valoriser le menu bois dans des conditions acceptables pour la fertilité des sols (non pris en compte dans l'étude IGN) ;
- ✓ Améliorer la mise en marché des bois ;
- ✓ Soutenir et créer des conditions attractives pour l'implantation et le développement des entreprises de 1ère, 2ème et 3ème transformation ;
- ✓ Une augmentation accrue du bois d'œuvre permettant d'alimenter les besoins en BIBE ;
- ✓ Tendre vers une augmentation du prix du bois pour influer positivement sur la mobilisation.

Ainsi, en l'état actuel de l'exploitation forestière en région, l'ensemble des volumes supplémentaires à mobiliser permettant de satisfaire l'augmentation des différents usages annoncés suppose une dynamique de structuration de l'approvisionnement et donc de levée de freins réglementaires, structurels, technico-économiques, d'animation, de promotion,...

III.1.2. Bois issus d'arbres non forestiers

On considérera comme bois issus d'arbres non forestiers, les catégories de biomasses ligneuses suivantes :

- → Haies et alignements : Il s'agit globalement de la ressource dite « bocagère ». Peu présente en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR (contrairement à ses homologues normands et bretons), l'étude de l'Ademe de 2009 [6] estime un volume disponible de 19 000 m3/an soit environ 35,5 GWh/an en équivalent énergie.
- → Landes et arbres épars : On considère ici les landes méditerranéennes naturelles (maquis, garrigues,...). Le gisement de bois correspond aux coupes de bois dans le cadre de la lutte contre les incendies. Ainsi que les landes résultant de l'abandon des terres agricoles. Néanmoins, nous ne disposons, à ce jour d'aucune donnée/étude nous permettant d'estimer ce gisement.
- ★ Essartement : Activité relative à l'entretien des lits de rivières pour favoriser l'écoulement des crues et la mobilité des chenaux. Le SRB estime cette ressource équivalente à 1 400 tMB/an pour un équivalent en énergie de 3,3 GWh/an.

Finalement, on totalise un gisement théoriquement mobilisable, de bois issus d'arbres non forestiers, de l'ordre de **38,8 GWh/an** sur la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR.

III.1.3. Taillis à courte rotation et taillis à très courte rotation

On entend par:

- → Taillis à Courte Rotation (TCR) : une culture pérenne à forte densité d'arbres (1 500 à 3 000 plants/ha) à croissance rapide et récoltés tous les 7 à 12 ans. Leur rendement varie de 100 à 200 tMB/an.
- → Taillis à Très Courte Rotation (TTCR) : Culture pérenne à très forte densité d'arbres (10 000 à 20 000 plants/ha) à croissance rapide et récoltés tous les 2 à 4 ans. Leur rendement varie de 40 à 50 tMB/ha.

Il n'existe pas aujourd'hui en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR de cultures de T(T)CR, en comparaison avec les autres régions de France comme la Bretagne ou l'Occitanie où la production se structure et se développe. Seule une plantation de 380 ha d'eucalyptus a été effectuée en 2016 en Camargue gardoise à des fins d'approvisionnement de la centrale UNIPER Gardanne. Une étude serait aussi nécessaire afin d'appréhender de façon plus fine les potentialités de développement de T(T)CR à l'échelle de la région

Ainsi, nous ne considérerons pas de gisement mobilisable, dans l'immédiat, en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR de T(T)CR.

III.1.4. Coproduits issus de la transformation du bois

Les niveaux de transformation sont des notions couramment utilisées dans la filière bois. On considérera trois niveaux, qui sont indépendant du nombre d'étapes de transformation du produit¹¹ :

- → Première transformation: Elle correspond à l'ensemble de toutes les opérations directement effectuées sur les bois ronds qui permettent d'obtenir un autre produit. Les entreprises de première transformation sont celles qui produisent l'essentiel des déchets et des produits annexes du bois (entre 45 et 60%¹²). On peut classer les sous-produits en quatre grandes familles:
 - Les écorces (environ 15% du volume scié)
 - Les sciures (10%)
 - Les dosses et délignures (20%)
 - Les chutes de tronçonnage (Quelques pourcents)
- → Deuxième transformation: Elle correspond à l'ensemble des opérations effectuées sur les produits de la première transformation et qui permettent d'obtenir des éléments semi-finis et/ou profilés. Les produits issus de la deuxième transformation sont par exemple les bois traités, les bois séchés artificiellement, les bois rabotés, les bois moulurés, les bois poncés, les lames de bois massif (parquet, bardage, lambris, decking). On considérera dans cette catégorie essentiellement les coproduits issus de la trituration du bois par l'entreprise Fibre Excellence située à Tarascon, seule présente sur la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR. Trop peu de gisements sont produits par les autres acteurs de cette catégorie pour être comptabilisés.
- → Troisième transformation: Elle correspond à l'ensemble des opérations effectuées sur les produits de la première ou deuxième transformation et qui permettent d'obtenir des produits finis (aucune transformation supplémentaire n'est nécessaire). Les produits issus de la troisième transformation sont par exemple les meubles, les menuiseries, les fermes industrielles, les parquets contrecollés, les tonneaux, les traverses de chemin de fer, les palettes, le papier, le carton... Il y a très peu d'industrie de cette catégorie en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR, nous ne considérerons donc pas de gisement mobilisable de coproduits issus de la deuxième transformation du bois.

¹¹ www.atibt.org

¹² http://www.cndb.org

Pour le gisement des coproduits issus des industries de première transformation, on se basera sur les données du SRB. Celle-ci¹³ estime un rendement matière moyen des scieries de 60%. La région compte 129 entreprises (avec siège social en région) exerçant l'activité d'exploitation forestière et/ou de scierie : 90 exercent exclusivement une activité d'exploitation forestière, 27 pratiquent une activité exclusivement de sciage et 12 exercent les deux activités. On totaliserait ainsi environ 80 000m3 de bois d'œuvre régionaux ou extrarégionaux sciés en région, pour un total de **27 600 tMB/an** de connexes de scieries produites annuellement. La carte ci-dessous montre la répartition sur le territoire de la région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR des scieries et entreprises de la construction-menuiserie bois

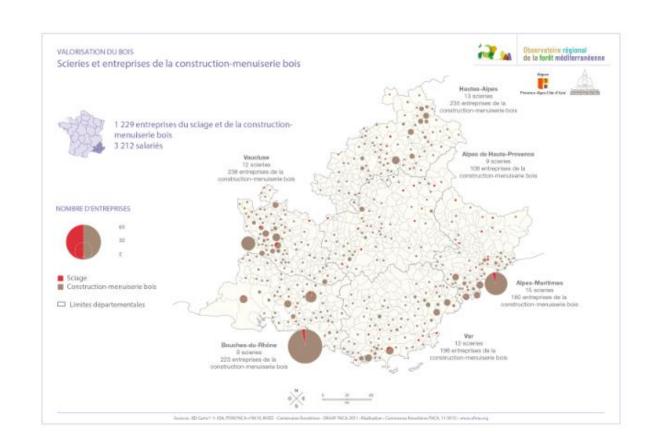


Figure 38 : Scieries et entreprises de la construction-menuiserie bois en région PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR

La plupart des déchets de scierie peuvent trouver des débouchés vers les industries de trituration (pâte à papier, panneaux de particules) ou une valorisation énergétique (chaufferies). D'après le SRB on observe aujourd'hui les voies de valorisation suivantes :

- ✓ Energie : 13 000 tMB/an en autoconsommation directe sur la scierie (1/3) ou bien commercialisées auprès de chaufferies ou de particuliers (2/3).
- ✓ Matière : 14 600 tMB/an valorisées sous forme de plaquettes à destination de l'industrie de la trituration pour la fabrication de panneaux en Italie.

Les 27 600 tMB de coproduits issus de la première transformation sont ainsi à 100% valorisés actuellement. Néanmoins, il faut tenir compte de l'éventuelle augmentation de la production de bois scié en région qui génèrerait un volume supplémentaire de connexes ainsi qu'à la possibilité pour la filière gazéification d'être plus compétitive et donc de capter une partie de ces gisements.

-

¹³ Agreste, 2015, étude n°88

Les coproduits issus de la trituration du bois par l'entreprise Fibre Excellence située à Tarascon (deuxième transformation) génère à elle seule :

- ✓ 115 000 et 120 000 tonnes brutes d'écorces/an
- √ 421 000 tonnes brutes de liqueur noire /an

Néanmoins, la totalité de ces coproduits est valorisé sur place pour assurer les besoins énergétiques de l'entreprise. Le gisement sera donc considéré comme non mobilisable.

III.2. Synthèse des gisements bruts identifiés

Le tableau ci-dessous dresse la synthèse des gisements identifiés dans la filière bois-énergie :

Synthèse gisements bois-énergie en région PACA (GWh/an)					
Période	2016	2023	2030		
Bois forestier	2 231	2 488	2 722		
Bois issus d'arbres non forestiers	39	?	?		
TCR / TTCR	0	?	?		
Coproduits issus de la transformation du bois	110	?	?		
Total	2 380	> 2 488	> 2 722		

Tableau 22: Synthèse des gisements bois-énergie identifiés en région Provence Alpes Côte d'Azur

Il est important de noter que ces gisements sont disponibles dans les conditions technico-économiques actuelles et suivant les projections du « scénario Industrie », précédemment défini. On ne tient pas compte ici des concurrences d'usages qui existent aujourd'hui et qui sont susceptibles d'évoluer à l'avenir. Parmi celle-ci on peut notamment citer l'augmentation de l'approvisionnement des centrales thermiques Uniper et IVB, de celle des particuliers via le bois de chauffage (corrélée avec l'augmentation progressive du prix de l'énergie), celle de la papeterie Fibre Excellence,... Ainsi, la part mobilisable de biomasse bois pour des projets de gazéification sera d'autant plus grande que le prix alloué au rachat de la matière première. Le graphique suivant illustre l'évolution du prix de rachat possible du bois-énergie (vendu transformé en plaquette forestière), en fonction de la distance de collecte, suivant le modèle développé par S3D. Plus la distance à parcourir est courte et plus il est possible d'être compétitif quant au rachat de la matière première.

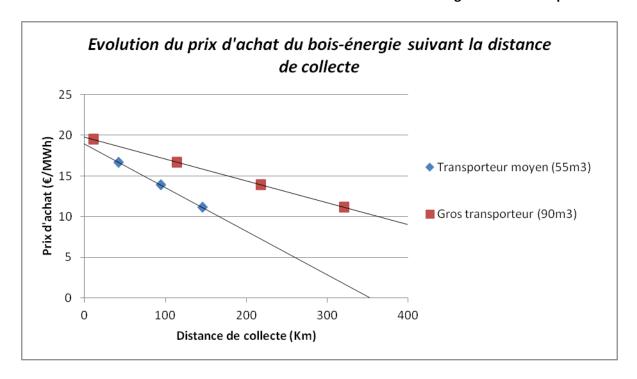


Figure 39 : Evolution du prix d'achat du bois-énergie suivant la distance de collecte

NB: Condition de rentabilité fixées pour un TRI (avant impôt) = 8%

III.3. Gisements bois-énergie mobilisables

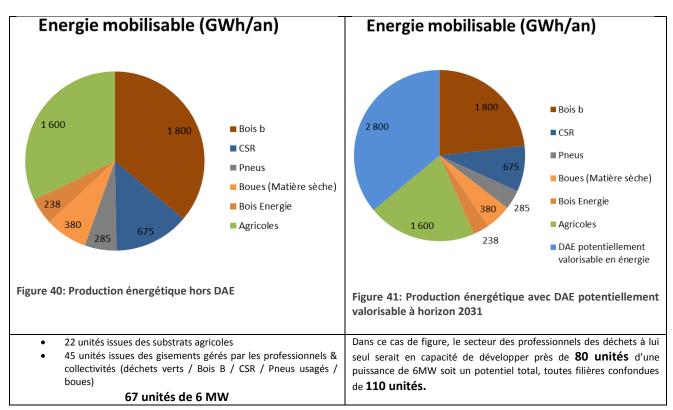
Comme évoqué précédemment il est difficile d'établir avec un haut degré de certitude sur la part mobilisable des gisements bois-énergie, compte tenu de la forte tension sur cette ressource. Lors du COPIL final il a été décidé que ce gisement ne serait pas, en l'état actuel, considéré comme mobilisable. Seul 10 % du potentiel sera intégré comme gisements locaux d'opportunité.

Chapitre 5 Conclusions de L'ETUDE

Il est important de noter que la part de la biomasse estimée dans ce rapport comme « mobilisable » doit être prise avec une certaine prudence. En effet, l'évolution des usages et de la technologie dans les années à venir sont fortement susceptibles de faire évoluer ces coefficients.

Type de substrats	Tonnages bruts	Potentiel brut (GWh/an)		Potentiel mobilisable (MWh/an)	Rayon de mobilisation
Déchets verts	135 000	378	0	0	27
Bois b	500 000	1 800	500 000	1 800	152
CSR	155 000	675	155 000	675	366
Pneus	40 000	285	32 000	285	> 1000
Boues (Matière sèche)	105 000	420	95 000	380	?
Bois Energie	1 000 000	2 380	100 000	238	25
Agricoles	675 000	2 700	400 000	1 600	Variable
Total (hors DAE)	2 610 000	8 638	1 282 000	4 978	-
DAE potentiellement valorisable en énergie	645 000	2 800	645 000	2 800	366
Total (avec DAE)	3 255 000	11 438	1 927 000	7 778	-

Tableau 23: Résultats des gisements identifiés & potentiel énergétique associé



DEVELOPPEMENT D'UNITES TERRITORIALES Chapitre 6

I. A l'échelle de l'EPCI

Ces zooms ont pour intérêt de démontrer le potentiel à une échelle plus fine, locale et qui permettra à l'EPCI étudié de connaître précisément, quels types de substrats pouvant intégrer la filière pyrogazéification sont produits sur son territoire.

Pour les zooms à cette échelle, les gisements des professionnels des déchets n'ont pas été intégrés. Ainsi, ces zooms prennent en compte uniquement les substrats agricoles, les boues, les déchets verts de la collectivité et 10% des gisements bois énergie. Même si ce dernier gisement a été préalablement défini comme étant non mobilisable à l'échelle de la région, on considère que 10% du potentiel à l'échelle de l'EPCI étudiée pourrait tout de même être valorisé. Il s'agit d'un gisement d'opportunité.

Deux exemples ont été réalisés :

- La communauté d'agglomération Arles Crau Camargue Montagnette
- Provence Ales Agglomération

I.1.Communauté d'agglomération Arles Crau Camargue Montagnette

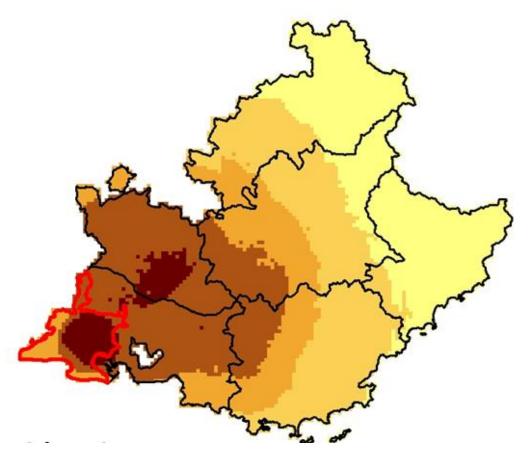


Figure 42: Localisation de la CA Arles Crau Camargue Montagnette

Le tableau suivant présente les gisements bruts et mobilisables sur le territoire de l'EPCI étudié. Le gisement agricole est très largement majoritaire puisqu'il représente 95% des volumes et 95% du potentiel énergétique. Le développement d'unités de pyrogazéification sur cet EPCI pourrait s'appuyer sur les gisements de pailles de riz, de menues pailles mais également des résidus de culture hors sol.

Nature	Gisement brut (MWh/an)	Taux de mobilisation	Gisement mobilisable (TMB/an)	Quantité d'énergie (MWh/an)	Rayon de mobilisation A/R (Km)
Pailles de céréales	73 016	50%	9 134	36 508	17
Menues pailles	92 284	100%	23 071	92 284	53
Pailles de riz	185 797	100%	46 449	185 797	130
Paille PAPAM	61	0%	0	0	21
Cep de vigne	807	100%	220	807	145
Sarment de vigne	9 085	25%	597	2 271	155
Marc épuisé séché	0	100%	0	0	68
Pépins séchés	0	100%	0	0	68
Arrachage arboricole	10 726	100%	3 848	10 726	27
Grignon d'olive	6 947	100%	1 491	6 947	79
Résidus de culture hors sol	41 503	100%	9 436	41 503	20
Substrat culture hors-sol	1 122	100%	362	1 122	340
Bois Energie	6 759	10%	307	676	25
Boues	3 226	100%	3 226	12 904	?
Déchets verts collectivité	4 403	100%	1 580	4 403	27

Tableau 24: Potentiel de développement de la pyrogazéification sur la CA Arles Crau Camargue Montagnette

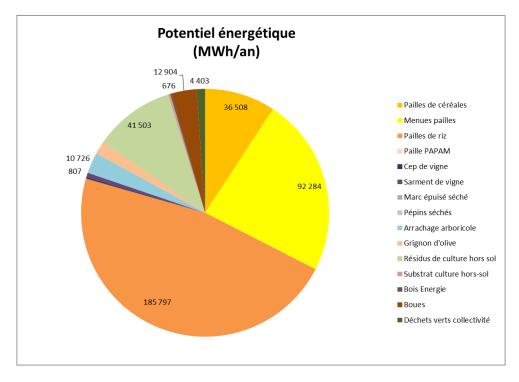


Figure 43 : Potentiel énergétique selon le type de substrat sur la CA Arles Crau Camargue Montagnette

La CA Arles Crau Camargue Montagnette possède un potentiel de développement de 5 unités de 6 MW.

I.2. Provence Alpes Agglomération

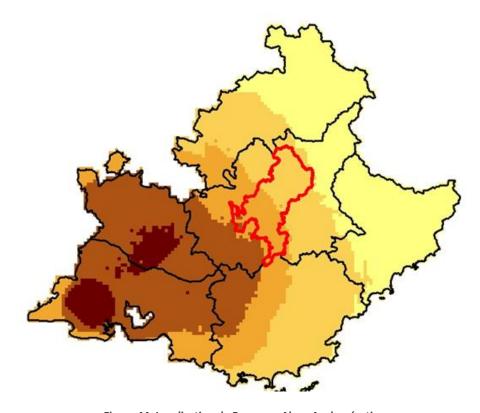


Figure 44: Localisation de Provence Alpes Agglomération

Sur cette communauté d'agglomération, le gisement agricole est relativement faible en comparaison avec la CA Arles. En revanche Provence Alpes Agglomération possède un potentiel en bois énergie bien supérieur.

Nature	Gisement brut (MWh/an)	Taux de mobilisation	Gisement mobilisable (TMB/an)	Quantité d'énergie (MWh/an)	Rayon de mobilisation A/R (Km)
Pailles de céréales	19 548	50%	2 443	9 774	17
Menues pailles	16 677	100%	4 169	16 677	53
Pailles de riz	0	100%	0	0	130
Paille PAPAM	31 743	0%	0	0	21
Cep de vigne	0	100%	0	0	145
Sarment de vigne	0	25%	0	0	155
Marc épuisé séché	0	100%	0	0	68
Pépins séchés	0	100%	0	0	68
Arrachage arboricole	93	100%	33	93	27
Grignon d'olive	730	100%	156	730	79
Résidus de culture hors sol	0	100%	0	0	20
Substrat culture hors-sol	0	100%	0	0	340
Bois Energie	147 889	10%	6722	14 789	25
Boues	11 972	100%	2 993	11 972	?
Déchets verts collectivité	2 466	100%	884	2 466	27

Tableau 25: Potentiel de développement de la pyrogazéification sur le territoire de Provence Alpes Agglomération

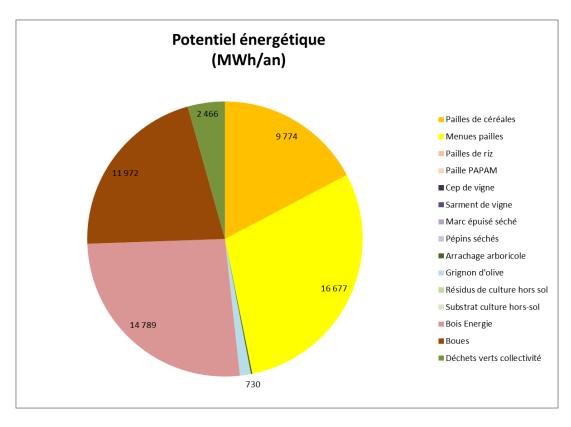


Figure 45: Potentiel énergétique selon le type de substrat sur le territoire Provence Alpes Agglomération

Provence Alpes Agglomération possède un potentiel de développement d'une unité de 6MW.

Ces zooms permettent de définir sur quels types de territoires développer la pyrogazéification mais surtout sur quels types de substrats s'appuyer. Ces deux territoires ont été pris comme exemple car ils sont très

différents l'un de l'autre. La CA Arles dispose de ressources agricoles en grande quantité et le complément en bois énergie est dérisoire.

A l'inverse, sur le territoire de Provence Alpes Agglomération une unité de pyrogazéification ne pourrait se développer qu'en s'appuyant sur le bois énergie, or lorsque l'on connaît les tensions sur cette ressource, cela ne semble pas viable.

II. A l'échelle des professionnels des déchets

Pour définir et localiser le potentiel des professionnels des déchets, les gisements de bois B et de CSR ont été regroupés par département et par groupe.

Ainsi, par exemple sur le département du 06, le potentiel définit pour VEOLIA rassemble les sites de traitement des déchets de Valazur Nice, Sud Est Assainissement Carros et Sud Est Assainissement Villeneuve Loubet. Ces résultats prennent en compte les gisements de bois B et de CSR uniquement.

La carte suivante permet d'identifier et de localiser les puissances potentielles.

Ces données ne tiennent pas compte de l'augmentation des gisements de CSR. Pour rappel ce potentiel pourrait être multiplié par 5 d'ici à 2031.

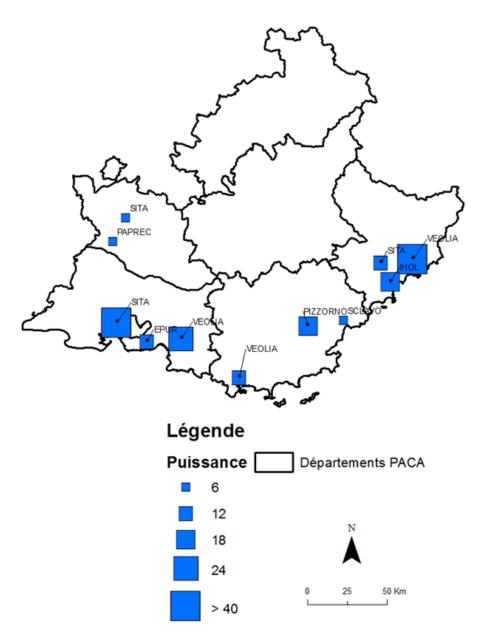


Figure 46: Puissance installée potentielle par département et par grandes entités

Le tableau suivant permet de présenter les résultats de manière détaillée. Les potentiels les plus importants se situent dans les Alpes Maritimes et les Bouches du Rhône. VEOLIA et SITA possèdent les ¾ du potentiel régional.

Département	Entité	Ville	Groupe	Puissance potentielle	
	Valazur	Nice	VEOLIA		
	Sud Est Assainissement	Carros	VEOLIA	42	
06	Sud Est Assainissement	Villeneuve Loubet	VEOLIA		
00	SITA Sud Est	Nice	SITA	12	
	IHOL	Cannes	IHOL	18	
	Azureo	Le Broc	IHOL	10	
	Onyx Med	La Seyne sur Mer	VEOLIA	12	
83	SOFOVAR	Fréjus	SCLAVO	6	
	Pizzorno	Le Muy	Pizzorno	18	
04	Alpes Assainissement	Manosque	VEOLIA	0	
05	Alpes Assainissement	Ventavon	VEOLIA	0	
	Novergie	Vedène	SITA	6	
84	SITA Sud Est	Entraigue sur la Sorgue	SITA	0	
	COVED	Montreux	PAPREC	6	
13	DELTA Recyclage	Arles	PAPREC	O	
	Bronzo	Aubagne	VEOLIA	24	
	SILIM	Marignane	VEOLIA		
	Onyx Med	Marseille	VEOLIA		
	Onyx Med	Vitrolles	VEOLIA		
	SITA Sud	La Penne sur Huveaune	SITA		
	Provence Valo	Istres	SITA	48	
	SITA Sud	Les Pennes Mirabeau	SITA		
	EPUR	Gignac La Neyrthe	EPUR	12	

Tableau 26: Identification des sites de traitements actuels et potentiels énergétiques associés