



**Développement de la méthanisation
en Ile-de-France
Région Ile-de-France**

Synthèse

Juin 2013

Sommaire

1. Panorama introductif.....	3
1.1 Développement de la méthanisation en région Ile-de-France.....	3
1.2 Objectif et déroulement de l'étude.....	4
2. Etat des lieux	5
2.1 Gisement physique	5
Quantification du gisement physique.....	6
Cartographie des gisements.....	7
2.2 Débouchés actuels des différents gisements et intérêt pour la méthanisation.....	9
2.3 Concurrence entre filières	10
2.4 Débouchés énergétiques potentiels : électricité, gaz, réseaux de chaleur.....	10
2.5 Etat des lieux des installations de méthanisation en fonctionnement et des projets	11
3. Scénarisation	13
3.1 Trois scénarios prospectifs	13
Scénario tendancier 2025.....	13
Scénario volontariste 2025.....	13
Scénario Horizon 2050.....	13
3.2 Taux de mobilisation pour les différents scénarios.....	14
Détails des taux de mobilisation par gisement.....	15
3.3 Analyse économique et énergétique des scénarios.....	18
Dimensionnement des projets : nombre d'unités, capacités unitaires et capacités totales	18
Evaluation économique.....	19
Evaluation énergétique.....	20

Sigles et acronymes

CEE	: coefficient équivalent engrais
CIPAN	: Cultures intermédiaires pièges à nitrates
CIVE	: cultures intermédiaires à vocation énergétique
Cotech	: Comité technique de l'étude
EH	: Equivalent habitants
ETM	: Eléments traces métalliques
GMS	: grandes et moyennes surfaces
IAA	: industries agro-alimentaires
ISDND	: Installations de traitement des déchets non dangereux
OMR	: ordures ménagères résiduelles
OPEX	: coûts d'exploitation (main d'œuvre, maintenance, consommables...)
PAP	: porte à porte
RA	: recensement agricole
SRCAE	: Schéma Régional Climat Air Energie
STEU	: station d'épuration urbaine
TMB	: Tri mécano biologique
UIOM	: Usine d'incinération d'ordures ménagères

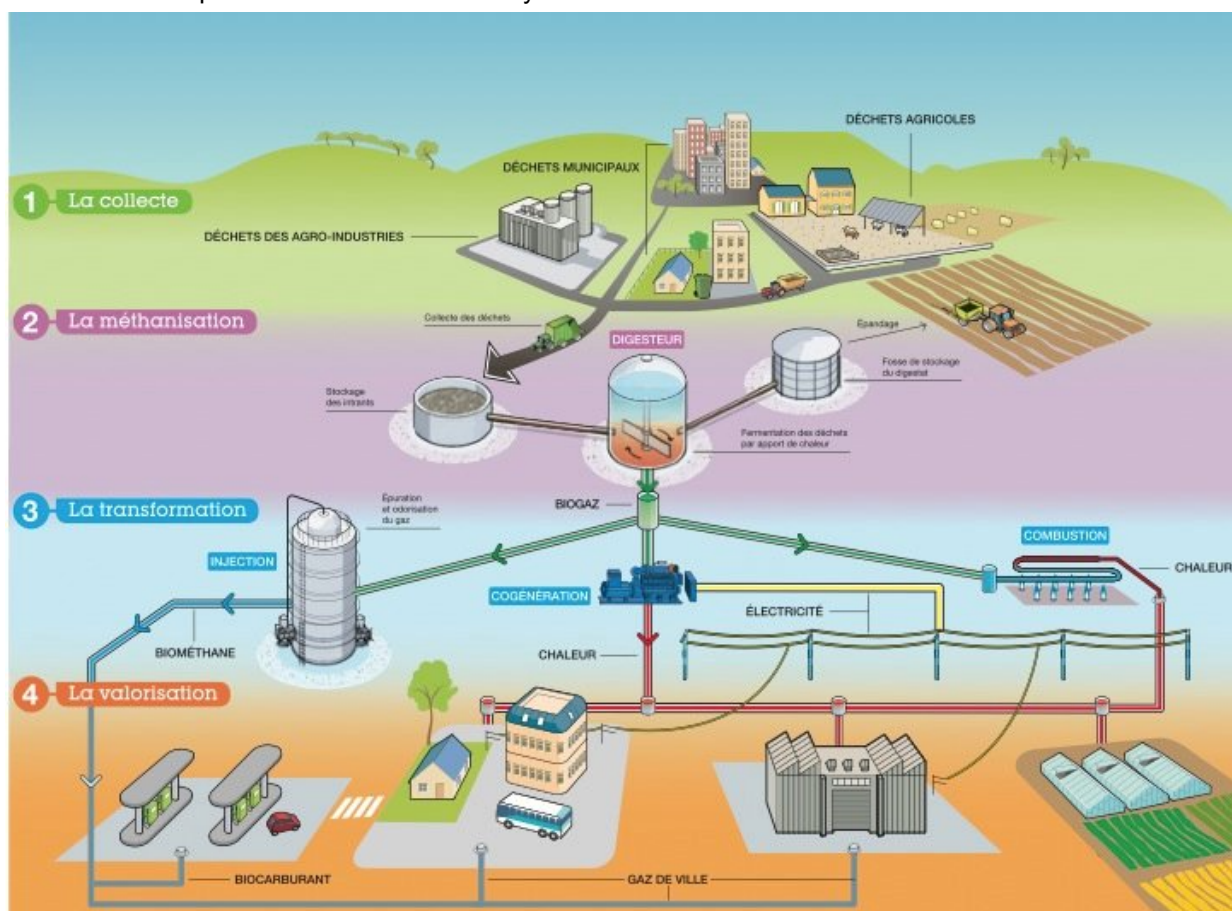
1. Panorama introductif

1.1 Développement de la méthanisation en région Ile-de-France

La méthanisation est au carrefour des thématiques déchets, agriculture, eau et énergie.

Aujourd'hui que ce soit au niveau national ou régional, ces thématiques connaissent des évolutions importantes, font l'objet de réglementations nouvelles ou de planifications qui impactent sur le développement de la filière méthanisation.

L'objectif de la définition d'une stratégie régionale est de croiser les problématiques et de trouver le consensus sur un développement de la méthanisation qui puisse contenter au mieux les différentes politiques sectorielles. Le développement de la filière passera donc par une réflexion et des objectifs communs ainsi que la mutualisation des moyens.



◆ Déchets

Dans le cadre des objectifs du Grenelle de l'environnement, la réglementation concernant la valorisation des déchets organiques des gros producteurs (arrêté du 12/07/2011), a accéléré la mobilisation des acteurs de la collecte et du traitement des déchets vers des projets de méthanisation par l'obligation de la collecte et de la valorisation des déchets organiques.

Cet arrêté détaille la mise en application de la loi du 12/07/2010 qui vise l'obligation de tri à la source et la valorisation biologique des déchets, et donne notamment le calendrier de la mise en œuvre échelonnée de 2012 à 2016 (obligation de tri à partir de 10 t/an dès 2016).

Concernant les objectifs fixés dans le cadre de l'exercice régional de planification sur les déchets pour lequel la prévention reste toujours un axe majeur, le PREDIF (qui peut affecter les gisements pour la méthanisation) donne un objectif de réduction de 7% des quantités de déchets ménagers produits sur son territoire en 5 ans (programme 2010-2014).

Pour la politique des déchets, la méthanisation des déchets a sa plus forte valeur ajoutée lorsque elle permet de diminuer les tonnages de déchets partant en stockage (CET) ou en incinération (ISDND).

Les unités de tri-mécano biologiques (TMB), avec valorisation agronomique est actuellement la voie privilégiée pour détourner les déchets devant être stockés ou incinérés. Au niveau régional, cette filière est déjà bien exploitée : 1 site en fonctionnement : Unité de Varennes-Jarcy (SIVOM de la vallée de l'Yerres et des Sénart), 1 site autorisé : Unité de Romainville (SYCTOM), 1 site en projet : unité d'Ivry (SYCTOM)

◆ *Energie*

Concernant la valorisation énergétique du procédé de valorisation qui correspond en définitive à de la production du biogaz, le SRCAE affiche des objectifs importants à l'horizon 2050 sur un territoire déjà producteur de cette énergie renouvelable, notamment à partir des déchets ménagers et des ISDND.

Dans le SRCAE, la production de référence 2009 est de 300 GWh en énergie finale. Elle ne correspond qu'à la partie valorisée électriquement et réinjecté dans le réseau par des unités de cogénération installées sur certaines ISDND et le site de Varennes-Jarcy.

Cette consommation de référence correspond à 851 GWh en énergie primaire (rendement appliqué de 35% pour une valorisation électrique), ne tient pas compte ni de la quantité de biogaz valorisée en autoconsommation (cas des STEP principalement) ni de la quantité de biogaz produite non valorisée (torchères).

Dans le scénario 2020 (qui vise à atteindre la règle des 3 x 20), l'objectif est d'atteindre une production de biogaz de 2000 GWh/an en énergie finale. Quant au scénario 2050 qui vise à atteindre le facteur 4, les efforts de développement nécessaires pour le biogaz devraient permettre de répondre à près de 10.000 GWh/an en énergie finale.

Par ailleurs, la filière de valorisation du biogaz a connu fin 2011, une évolution réglementaire majeure par la sortie des arrêtés autorisant et organisant la mise en œuvre de l'injection du biométhane sur le réseau de gaz naturel, élargissant ainsi les possibilités de valorisation du biogaz, à haut niveau de rendement.

◆ *Agriculture*

Pour l'agriculture, la méthanisation envisagée comme un outil de diversification de l'activité mais aussi comme un outil d'optimisation de la fertilisation, notamment à partir des couverts végétaux, via l'utilisation de l'implantation des CIPAN sans remettre en cause leur rôle initial de « piège à nitrates », s'inscrit totalement dans les objectifs de la politique actuelle de la protection des ressources en eau (Directive Nitrates).

◆ *Stations d'épuration*

Enfin, les stations d'épuration, outils de traitement des eaux usées, s'orientent de plus en plus vers des unités de production d'énergie, le concept de « Station à Energie positive » est aujourd'hui un des enjeux des acteurs de la filière, avec une diminution des consommations sur site et une utilisation de la ressource pour la production d'énergie renouvelable (digestion anaérobie des boues, pompe à chaleur sur les effluents notamment).

1.2 Objectif et déroulement de l'étude

Afin d'avancer dans la conception d'une stratégie régionale sur le développement de la méthanisation en Ile de France concernant la biomasse produite sur le territoire francilien, la Région Ile-de-France a lancé une étude, réalisée par Solagro, dont les principaux résultats sont restitués dans ce rapport.

La démarche a débuté par l'établissement d'un gisement de biomasse physique (existant à ce jour et potentiel - cas des CIVE-Cultures Intermédiaire à vocation Energétique). L'étude a ensuite fait l'objet d'une scénarisation aux horizons 2025 et 2050, par l'établissement de taux de mobilisation appliqués aux gisements physiques.

Parallèlement, un état des lieux des installations de méthanisation en fonctionnement et en projet (stade étude de faisabilité) a été réalisé. Cet état des lieux, classé selon la typologie des projets, a fait l'objet d'une analyse en regard des gisements physiques et des scénarios proposés.

Le positionnement de la méthanisation vis-à-vis des concurrences, qu'elles soient entre filières de valorisation de la biomasse (alimentaire animale ou humaine/non alimentaire, ex : matériau de construction etc.; compostage) ainsi que l'impact d'une mobilisation vis-à-vis du retour au sol de la matière organique ont été également discutés.

Enfin, après avoir réalisé un benchmark des différentes solutions de soutiens menées actuellement en France sur la thématique méthanisation, un dispositif régional a été défini.

2. Etat des lieux

2.1 Gisements physiques

Le gisement physique représente l'ensemble de la biomasse dont les caractéristiques physiques sont compatibles avec un traitement par méthanisation. La terminologie retenue propre à l'étude est décrite ci-dessous. Elle permet de regrouper plusieurs types de déchets. Le gisement physique de la biomasse est calculé à partir de données statistiques sur lesquelles des ratios, issus de la littérature et des retours d'expériences, ont été appliqués. Les méthodes d'évaluation diffèrent selon le type de biomasse étudiée.

Hormis les CIPAN (cultures intermédiaires pièges à nitrates) qui pourraient devenir des CIVE (cultures intermédiaires à vocation énergétique), l'intégralité des déchets/sous-produits désignés dans la liste suivante sont actuellement produits sur le territoire francilien.

typologie déchets/ produits	Définition	Terminologie Etude
Déchets verts non ligneux	Tontes et feuilles issues de l'entretien des jardins privés des particuliers collectés par le service public en PAP ou déchèteries et tontes et feuilles issues des jardins publics (services techniques municipaux), des paysagistes, de l'entretien des bords de routes, collectés ou non par le service public (en PAP ou déchèteries)	Déchets Verts non ligneux
Biodéchets de cuisine des ménages (=FFOM)	Mélange de déchets alimentaires, de petits déchets de jardin non collectés séparément, de fines organiques produits par les particuliers.	Biodéchets des ménages
Biodéchets des activités économiques	Déchets alimentaires, huiles, issus des commerces (GMS, petits commerces, commerce de gros), de la restauration (collective et commerciale) et des marchés collectés ou non par le service public Ces déchets peuvent faire l'objet d'un déconditionnement permettant la séparation de la fraction organique (soupe de déconditionnement), de la fraction non organique (emballages)	GMS et commerces
		Biodéchets restauration
		HAU (huiles usagées alimentaires) restauration
Déchets de process et boues des IAA	Déchets solides issus du process et boues issues du traitement des effluents industriels des industries agro-alimentaires (industrie du pain, de la viande, du lait, etc.)	Déchets IAA
		Boues IAA
Effluents industriels	Effluents organiques produits lors des procédés de production des industries agroalimentaires, pharmaceutiques, chimiques ou papetières. Ils sont soit traités sur la station d'épuration du site, par voies biologiques aérobies et/ou anaérobies, soit envoyés vers une station d'épuration urbaine (STEU).	Effluents industriels ¹
Résidus de culture	résidus issus de la partie de la plante restant après la récolte, que sont les pailles de céréales et oléo-protéagineux, tiges de maïs, etc.	Résidus de culture
CIPAN devenant CIVE	cultures intermédiaires à vocation énergétiques : végétaux implantés entre deux cultures principales	CIPAN vers CIVE
Issues de silos	restes de silos des coopératives agricoles (coques de grains, poussières, grains cassés, etc.)	Issues de silos
Déjections animales	Déjections (lisiers, fumiers) produites par les animaux des exploitations agricoles, non émises aux champs	Lisier
		Fumier
Boues urbaines	Boues urbaines quantifiées à la sortie des épaisseurs, exprimé en tonnage de matière sèche, hypothèse sur la concentration de ces boues : 5% MS	Boues urbaines
	quantités de graisses issues du dégraissage-déshuilage situées sur les STEP urbaines en amont de la file eau	

Tableau 1 : Définitions et terminologies utilisées

¹ Non comptabilisés dans le gisement physique

Quantification du gisement physique

Le gisement physique s'élève à près de 11 millions de tonnes de biomasse brute, ce qui équivaut à la production de près de 9 000 GWh/an d'énergie primaire.

	kt/an	GWh/an	Source statistique
Lisier	80	30	RA 2000 + Agreste 2006
Fumier	570 dont 385 kt équin	670	RA 2000 + Agreste 2006
Résidus de culture	2 400	4 620	RA 2010
Potentiel CIPAN convertibles en CIVE*	1250	800	RA 2010
Issues de silos	20	40	RA 2010
Déchets IAA	220	110	Agreste 2007
GMS et commerces	190	150	SIRENE 2010
Biodéchets restauration	350	380	Scolaire : Académie 2011 Santé : FINESS 2011
HAU restauration	40	330	SIRENE 2010
Biodéchets des ménages	1 280	1 090	ORDIF 2009 – MODECOM 2007
DV non ligneux	430	170	ORDIF 2009 et 2012 MODECOM 2007
Boues urbaines (à 5% de MS)**	3 950	740	BDERU 2011
Total	10 790	9 130	

Tableau 2 : Gisement physique de la biomasse régionale et sources statistiques utilisées

* l'hypothèse sur le tonnage des CIPAN convertibles en CIVE repose sur une production sans fertilisation avec la répartition suivante sur les rendements :

- 90% des cas : 2 t MS/ha (2 mois poussants)
- 10% des cas : 4 t MS/ha (4 mois poussants)

**les quantités de boues urbaines sont exprimées en tonnage brut, à 5% de MS – l'énergie primaire produite totale intègre les pertes en torchère qui représentent aujourd'hui sur la Région 16% du biogaz produit (varie de 10% à 75% selon les STEU)

Le gisement agricole représente plus de la moitié du gisement physique total, en équivalent énergie.

L'énergie primaire représente la quantité d'énergie totale en amont d'une valorisation. L'énergie finale peut être obtenue par l'application de rendements de conversion (ratios indicatifs : cogénération : électricité 38% + 44% chaleur, injection de biométhane : 85% ; chaudière : 80%).

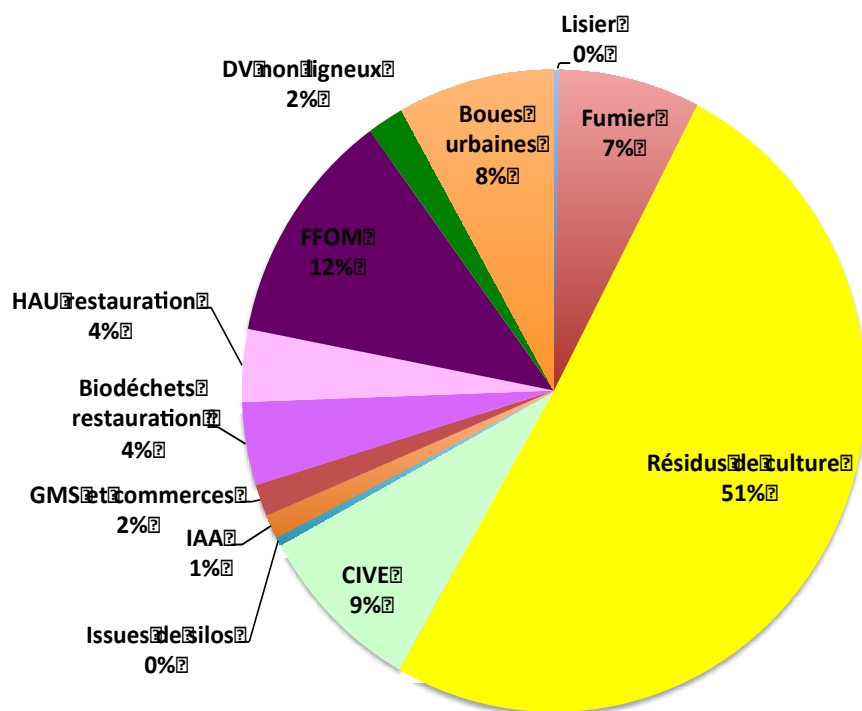


Figure 1 : Répartition du gisement physique régional global par type de biomasse, en énergie primaire

Cartographie des gisements

Les gisements physiques les plus importants se retrouvent sur le département de la Seine-et-Marne du fait de l'importance du gisement agricole, essentiellement constitués de résidus de cultures et de CIVE.

Ensemble des gisements physiques en énergie primaire (Mwh)

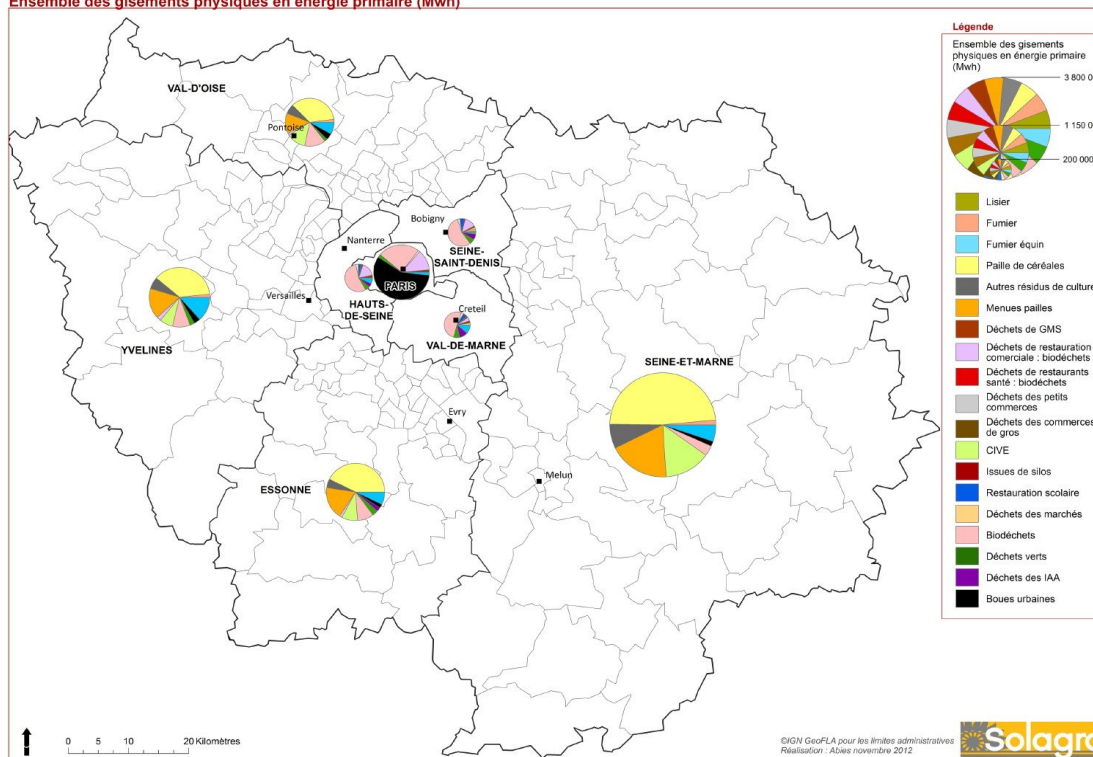


Figure 2 : Totalité des gisements physiques en MWh/an par département

Le gisement des déchets des gros producteurs et des IAA se retrouve principalement sur les départements urbanisés (75, 92, 93, 94). Il s'agit principalement des déchets de la restauration et des grandes et moyennes surfaces.

Gisement physique des gros producteurs et des industries agroalimentaires en t/an

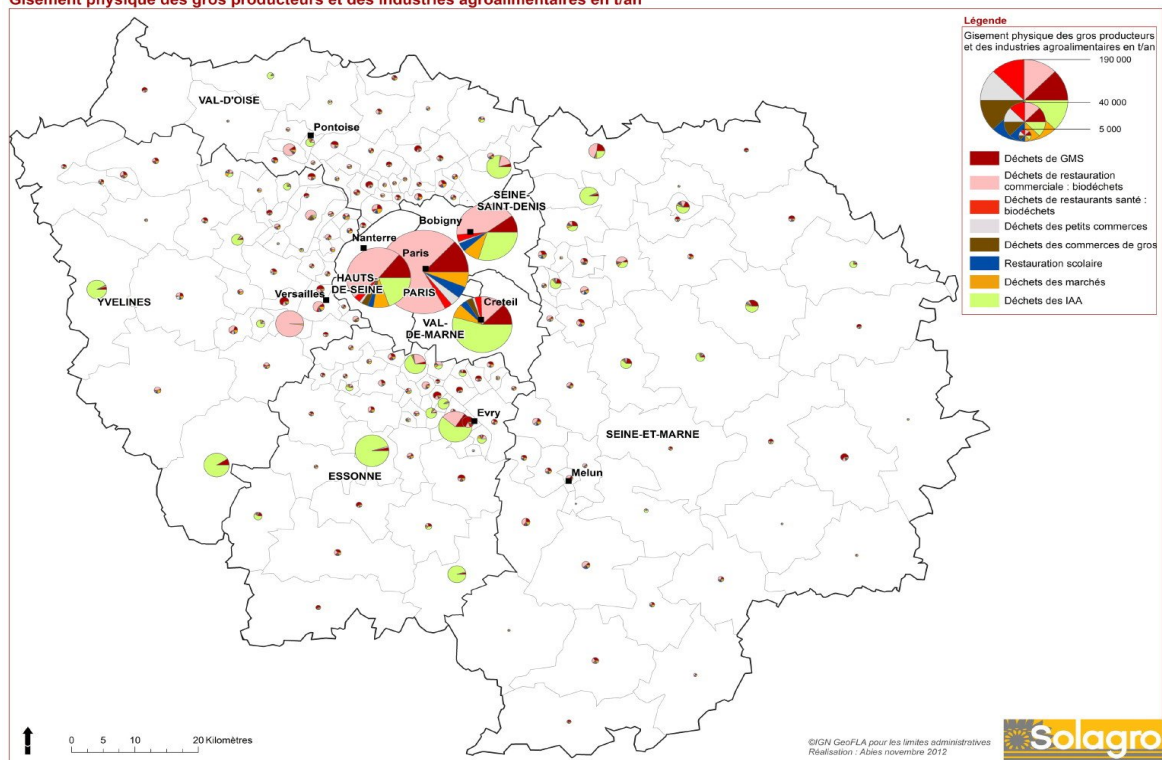


Figure 3 : Gisement physique en t/an des déchets des gros producteurs (GMS, restauration et industries agro-alimentaires) par canton (77, 78, 91, 95) et par département (75, 92, 93, 94)

Les biodéchets et les déchets verts produits sont fortement liés aux nombres d'habitants. La proportion de déchets verts est plus importante sur les zones les moins urbanisées. En termes de tonnages, les gisements les plus importants se trouvent sur les départements de la grande couronne (77, 78, 91).

Gisement physique des biodéchets et des déchets verts biodégradables en t/an

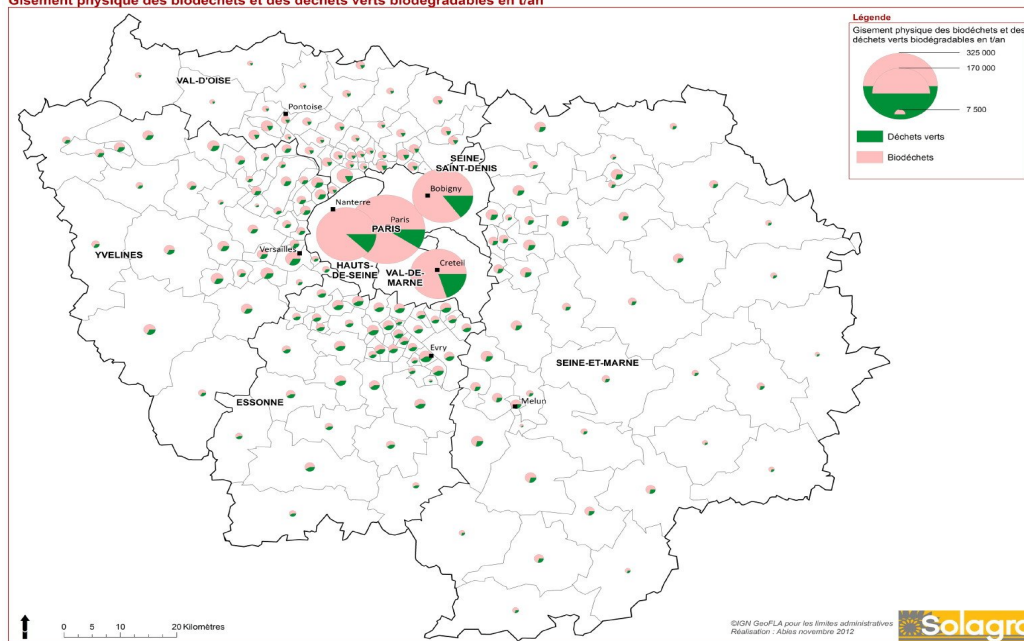


Figure 4 : Gisement physique des déchets des collectivités (biodéchets des ménages et déchets verts) en t/an par canton (77, 78, 91, 95) et par département (75, 92, 93, 94)

2.2 Débouchés actuels des différents gisements et intérêt pour la méthanisation

Aujourd'hui, les débouchés (valorisation ou élimination) diffèrent selon le type de gisement, ainsi que l'intérêt de leur envoi vers des unités de méthanisation, notamment à travers les contraintes de mobilisation, l'impact agronomique et la production d'énergie (potentiel méthanogène).

	Filière actuelle de valorisation ou élimination	Facilité de mobilisation	Conséquences sur aspect agronomique	Intérêt pour la production d'énergie
Lisier	Epandage Peut être source de problèmes liés aux nuisances olfactives	-	++	-
Fumier	Epandage dont troc fumier contre paille entre agriculteurs et éleveurs Champignonnière pour une partie des fumiers équins (max 50% du gisement)	++	++	++
Résidus de culture	Enfouis sur les sols	++	++	++
CIVE	CIPAN : enfouis ou détruits (chimiquement pas en IdF) sur les sols ² CIVE : collecte, transport, méthanisation et épandage du digestat produit	+	++	++
Issues de silos	Alimentation animale Agro-combustible (chaufferie biomasse -filière peu développée)	+	+	++
Déchets IAA	Alimentation animale Compostage + Epandage	++	+	++
GMS et commerces	Collecte avec DMA : incinération / ISDND En prospective : Collecte dédiée (obligatoire > 80 t/an en 2013 ; >10 t/an en 2016) : Filière de collecte en cours de développement : Déconditionnement + Méthanisation	-	+	++
Biodéchets restauration	Collecte avec DMA : incinération (98%) / ISDND (2%) En prospective : Collecte dédiée (obligatoire > 80 t/an en 2013 ; >10 t/an en 2016) : Filière de collecte en cours de développement : Déconditionnement + Méthanisation	-	+	++
HAU restauration	Production de carburant	-	-	++
Biodéchets des ménages	Incinération / ISDND Méthanisation/compostage + Epandage	-	+	++
DV non ligneux	Compostage + Epandage	-	+	+
Boues urbaines	Epandage / Incinération	-	+	+

Tableau 3 : Filières de valorisation actuelle des déchets et sous-produits, avantages et difficultés liées à leur mobilisation pour la méthanisation

²La destruction du couvert peut s'effectuer par un simple labour lorsque la culture est peu développée ou que le couvert a été détruit préalablement par le gel. □ dans le cas d'un couvert trop développé qui va poser des problèmes d'enfouissement et perturbera le semis de la culture suivante, un broyage ou une pré-incorporation juste avant le labour seront nécessaires. La destruction chimique permet de stopper la végétation et d'entraîner une dégradation lente donc une protection du sol jusqu'au printemps. Elle est utilisée essentiellement pour les couverts à cycle longs et non gélifs (par exemple graminées : ray-grass) ou les parcelles avec problème de vivaces.

2.3 Concurrence entre filières

Certains déchets ou sous-produits sont à ce jour valorisés vers des filières établies. Il s'agit principalement des issues de silos et des fumiers équins, des déchets verts et des résidus de culture et des CIPAN.

Issues de silos

Dans le contexte actuel des prix des céréales, (très élevé), étant donné leur potentiel énergétique important, les issues de silos seront sans doute dotées à l'avenir d'une valeur marchande et est donc soumis au marché concurrentiel. La méthanisation, se situe, à l'instar des autres voies de valorisation comme un débouché intéressant. La politique des coopératives productrices ainsi que la notion de proximité sont déterminants dans la sélection des filières de valorisation des issues de silos.

Fumier équin

Les professionnels du secteur équin sont aujourd'hui à la recherche de solutions d'évacuation de leur fumier étant donné que le débouché vers la filière champignonnière est très restreint depuis une dizaine d'années.

Dans le cas de troc de fumier équin/paille entre céréaliers et centres équestres, la méthanisation doit être incluse dans la boucle.

D'un point de vue agronomique, la méthanisation présente des avantages significatifs par rapport à un substrat non méthanisé. Par rapport au compostage, la méthanisation³ est équivalente en termes d'effets sur les sols. Des travaux menés par des laboratoires français⁴ sont en cours pour clarifier ces conclusions.

Résidus de culture, CIPAN valorisés en CIVE

Les résidus de cultures, les pailles de céréales notamment, peuvent être valorisées vers des différentes voies (énergie, agro-matériau) même si aujourd'hui ces filières sont émergentes.

La valorisation des CIPAN (en CIVE) par une étape de méthanisation avant retour au sol ne constitue pas une concurrence par rapport aux pratiques actuelles (enfouissement ou destruction chimique). La limite du prélèvement vers des unités de méthanisation sera plutôt d'ordre économique.

Déchets verts

Les déchets verts produits par les ménages et les entreprises sont aujourd'hui compostés sur les plateformes de la région (34 en fonctionnement en 2011). Les capacités de compostage sont aujourd'hui excédentaires par rapport aux flux traités.

On peut considérer qu'il n'existe actuellement pas de potentiel de méthanisation sur les déchets verts non ligneux.

2.4 Débouchés énergétiques potentiels : électricité, gaz, réseaux de chaleur

Le réseau francilien d'électricité, en basse ou moyenne tension, ne présente pas de contraintes majeures pour le raccordement électrique d'unités de production à partir de biogaz.

Concernant, l'injection du biométhane sur le réseau de gaz naturel, la région est largement équipée en réseau de transport, géré par GRT gaz, et en réseaux de distribution, gérés par GRDF :

- Réseau de transport de gaz naturel : Le maillage est important en petite couronne. En grande couronne, certains réseaux ne sont pas accessibles (raccordés à des stockages souterrains). La densité est plus faible qu'en petite couronne ainsi que les débits (nombreux tronçons accessibles à des débits < 300 m³/h).
- Réseau de distribution de gaz naturel : La majorité des communes franciliennes sont raccordées au réseau de distribution (930 communes raccordées sur 1300 communes). On observe cependant un réseau peu dense et des débits faibles à l'est de la Seine et Marne.

³ Menée dans les règles de l'art avec un taux de dégradation suffisant (dimensionnement adéquat, temps de séjour) et sous réserve d'une bonne utilisation à l'épandage

⁴ Programme ANR DIVA (2010-2014)

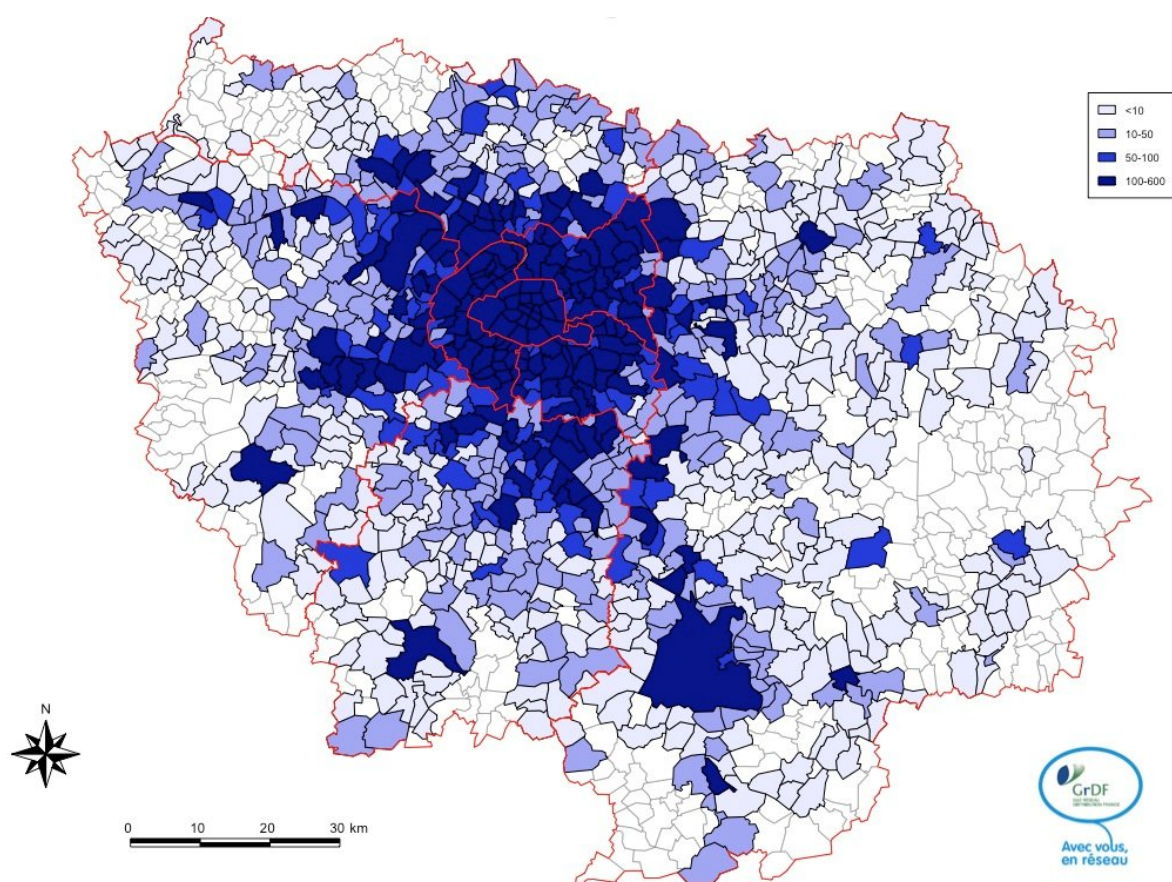


Figure 5 : Consommations de gaz naturel par commune en GWh/an (source : GRDF, 2013)

La Région compte, à ce jour, plus de 100 réseaux de chaleur équipés de chaufferies fonctionnant au gaz naturel, géothermie, UIOM, charbon, fioul, bois. Sur l'ensemble des réseaux, 6 millions de MWh/an pourraient être substitués par le biogaz (énergies fossiles, gaz naturel essentiellement). Les réseaux de chaleur sont essentiellement situés en petite couronne. Toutefois les communes les plus consommatrices de grande couronne sont également équipées. On observe une tendance des communes rurales quant à la réflexion concernant l'équipement en réseau de chaleur. Ce mode de chauffage sur des territoires ruraux serait en adéquation avec les gisements de biomasse méthanisables (gisement agricole).

2.5 Etat des lieux des installations de méthanisation en fonctionnement et des projets

L'état des lieux des projets réalisés fin 2012 présente **35 sites de méthanisation**, dont **11 en fonctionnement**, essentiellement des STEU (8 STEU, 1 industrie pharmaceutique NP Pharma, Bionerval et Varennes-Jarcy).

7 typologies distinctes sont établies :

- Unité de méthanisation industrielle Intégrée (type Bionerval)
- Unité de méthanisation territoriale
- Unité de méthanisation à la ferme avec co-substrats exogènes à l'agriculture
- Unité méthanisation à la ferme ou petit collectif sans co-substrats exogènes à l'agriculture
- Unité de méthanisation des déchets ménagers (sur biodéchets ou TMB)
- Digestion anaérobie des boues urbaines sur STEU
- Digestion anaérobie des effluents industriels (type NP Pharma)

Ces unités se distinguent à la fois sur le type de portage du projet et sur le type de biomasse traitée.

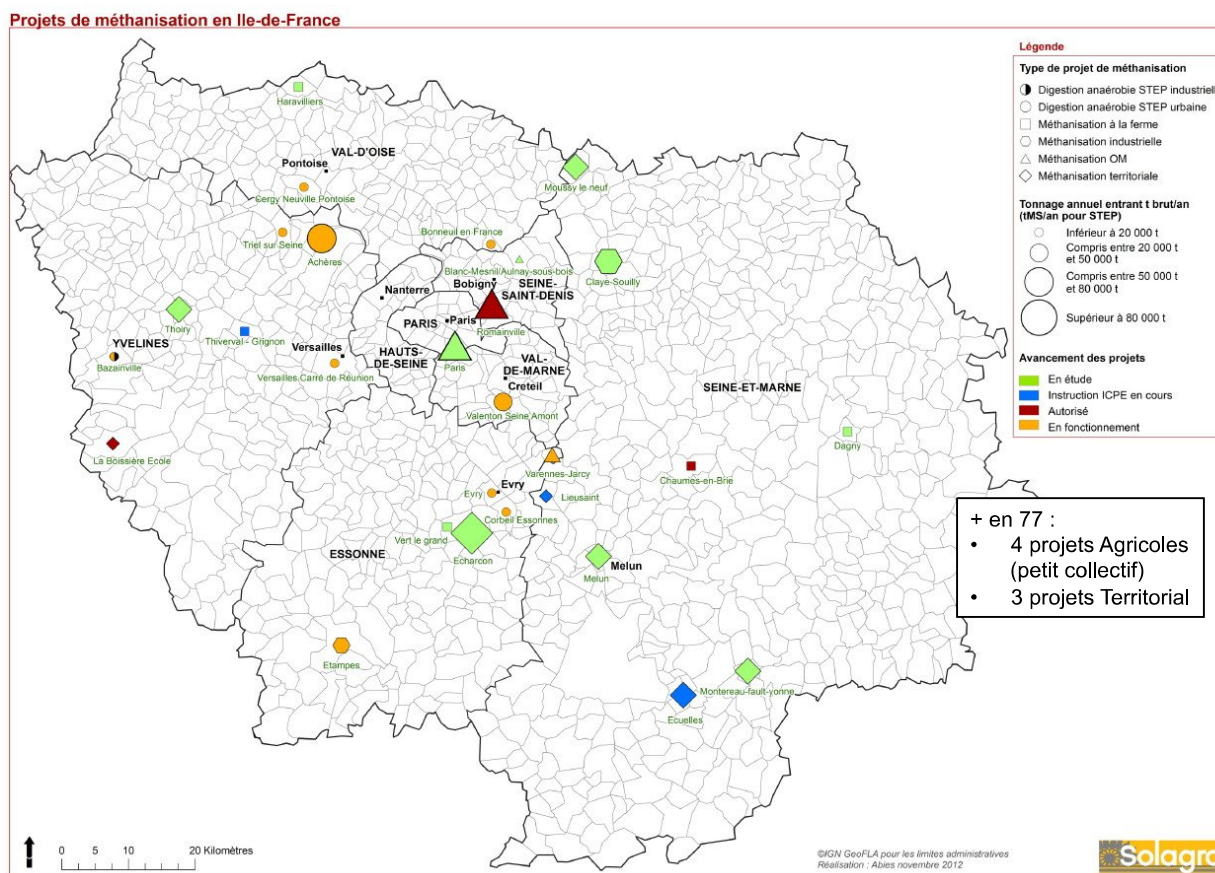


Figure 6 : Cartographie des installations en fonctionnement et en projet

Concurrence entre projets

Etant donnée la mobilisation envisagée par les projets, la concurrence entre projets de méthanisation mais aussi avec les autres filières de valorisation sera importante notamment sur les déchets des gros producteurs, dans une moindre mesure sur les fumiers.

Le traitement des déchets des gros producteurs

Concernant les déchets des gros producteurs, on observe une massification de projets d'unités dédiées, portées par des professionnels du traitement de déchets. Cette logique est spécifique à la région Ile-de-France, du fait principalement d'une concentration des productions de déchets sur un territoire très urbain avec des contraintes de collecte (logistique) fortes. Ces projets répondent toutefois au déficit de capacité de traitement des déchets des gros producteurs, dont la collecte essentiellement des déchets des GMS et de la restauration collective sous contrat est déjà opérationnelle. Les seuls exutoires franciliens à ce jour sont l'unité de Bionerval (40 000 t/an) ainsi que les plates-formes de compostage, acceptant des biodéchets (11 000 t/an en 2010 sur 4 plateformes).

Les stations d'épuration urbaines

Sur près de 500 stations d'épuration urbaines franciliennes, seules 8 sont équipées de digestion anaérobie de boues urbaines, correspondant à 12 millions d'équivalent-habitants, soit près de 70% du gisement de boues urbaines de la région.

La valorisation de l'énergie primaire (estimation 2012) à partir de biogaz sur les STEU franciliennes s'élève à 480 GWh. 16% du biogaz produit est brûlé en torchère. Les stations les plus importantes comme Achères et Valenton (SIAAP) possèdent une bonne valorisation du biogaz (10% du biogaz mis en torchère) alors que les stations de plus petite taille valorisent le biogaz uniquement pour le chauffage des digesteurs, avec une grande partie du biogaz non valorisé (environ 50%).

Les projets de méthanisation à la ferme ou petit collectif sans co-substrats exogènes à l'agriculture

Plusieurs projets de méthanisation, à l'échelle d'une ou plusieurs exploitations agricoles, basés sur un gisement exclusivement agricole, essentiellement de biomasse végétale (CIVE) ont été recensés. Le territoire francilien compte plusieurs acteurs agricoles, dont le GR CETA, qui accompagne des agriculteurs dans la production de CIVE d'été pour la production d'énergie. Menée comme une culture principale mais entre deux cultures alimentaires (notion de « culture opportuniste de l'interculture »), avec un apport de fertilisation (épandage de digestat liquide), cette interculture (sorgho essentiellement) peut atteindre des rendements intéressants, de l'ordre de 7 à 8 t MS/ha.

Cette typologie de projet est caractéristique d'un territoire de grandes cultures, doté de peu d'élevages.

3. Scénarisation

Le travail de scénarisation du développement de la méthanisation à l'échelle régionale a été réalisé sur des visions à moyen (horizon 2025) et long termes (horizon 2050). Pour cela, 3 scénarios prospectifs ont été définis avec, dans chaque cas, des gisements physiques qui intègrent l'augmentation de la population et des taux de mobilisation de la biomasse.

Ces derniers sont définis par des critères tels que :

- le taux de participation des producteurs de biomasse : exemple : proportion de GMS qui participeront au tri à la source des biodéchets
- le taux de collecte ou taux de tri des déchets : exemple : proportion de biodéchets mobilisables pour la méthanisation
- le taux de biomasse valorisé par une autre filière : proportion de déchets/sous-produits valorisés sur une autre filière, comme l'alimentation animale, les champignonnières etc.

3.1 Trois scénarios prospectifs

Scénario tendanciel 2025

Ce scénario vise à retranscrire la dynamique dans laquelle peut s'inscrire le territoire régional si on applique des taux de mobilisation réalistes dans une vision régionale.

Ce scénario permet également d'apprécier les efforts supplémentaires à fournir par rapport à l'existant. Enfin, ce scénario sera confronté à l'état des lieux opéré à partir de la somme des projets qui sont actuellement connus et qui devraient être en fonctionnement à l'horizon 2020.

Scénario volontariste 2025

Ce scénario est construit sur des hypothèses réalistes et prend en compte l'impact des principales évolutions réglementaires (PREDMA, obligation sur les gros producteurs...) ainsi que l'impact des politiques publiques qui promeuvent, sans la forcer, la production de biogaz. Même s'il n'implique pas de changement radical par rapport au tendanciel, ce scénario montre la mobilisation supplémentaire que l'on peut estimer affecter sur chaque gisement.

Scénario Horizon 2050

Contrairement aux 2 précédents scénarios, ce scénario est un scénario que l'on peut qualifier « forcé » et qui vise à approcher au maximum le scénario 2050 du SRCAE sur la production de biogaz. Or, ce scénario qui vise à répondre à la problématique de la production francilienne d'énergie à partir de sources renouvelables, implique une mutation des pratiques agricoles ainsi que la mise en œuvre d'une politique très volontariste sur la production de biogaz.

Pour chacun des scénarios, des taux de mobilisation pour la méthanisation ont été appliqués au gisement physique existant et au gisement potentiel de CIVE.

3.2 Taux de mobilisation pour les différents scénarios

Les taux de mobilisation ont été définis et discuté lors des ateliers réunissant les professionnels et acteurs de la filière méthanisation. Ils prennent en considération les contraintes de collecte, les concurrences entre filières, les obligations réglementaires, les politiques en terme de réduction de déchets, de prélèvement de la matière organique...

Taux de mobilisation des tonnages par rapport au gisement physique	Etat des lieux (Varenes Jarcy + Bionerval+ 8 STEU +1 indus)	Projets + Etat des lieux 2012	scénario tendanciel 2025	scénario volontariste 2025	scénario Horizon 2050
Lisier	0%	6%	10%	20%	50%
Fumier	0%	34%	35%	50%	70%
Résidus de culture	0%	1%	9%	20%	30%
CIVE	0%	1%	10%	30%	100%
Issues de silos	0%	10%	21%	30%	50%
IAA	5%	59%	60%	60%	80%
GMS et commerces	8%	47%	50%	70%	80%
Biodéchets restauration	4%	22%	23%	50%	80%
HAU restauration	0%	0%	0%	0%	0%
FFOM (TMB ou collectes sélectives)	4%	30%	30%	30%	50%
DV non ligneux	0%	0%	0%	0%	50%
Boues urbaines	68%	68%	70%	80%	80%
Total sur Tonnage	26%	34%	37%	48%	66%
Total sur Energie	6%	13%	20%	31%	49%

Tableau 4 : Taux de mobilisation : Etat des lieux des unités en fonctionnement en 2012, projets en cours et pour chaque scénario proposé (Scénario tendanciel 2025, scénario volontariste 2025 et scénario Horizon 2050)

Le scénario tendanciel 2025 correspond à peu de chose près à la projection établie à partir des projets recensés. Le taux de mobilisation est de l'ordre de 35% (34% pour l'état des lieux et 37% pour le scénario tendanciel) du tonnage total physique. La mobilisation la plus élevée est celle des boues urbaines, suivi par les déchets des gros producteurs et des IAA ainsi que celles des fumiers. Entre les projets et le scénario tendanciel, la différence se trouve au niveau de la mobilisation des CIVE et résidus de cultures, faibles pour les projets en cours (2% des gisements physiques), contre 20% estimée en 2025.

Le scénario volontariste à l'horizon 2025 est plus ambitieux concernant la mobilisation des gisements agricoles, notamment CIVE et résidus de culture et renforce la mobilisation des déchets des gros producteurs, avec notamment une mobilisation des déchets de la restauration. Près de la moitié du gisement physique serait mobilisé (48% des tonnages physiques).

Enfin, le scénario Horizon 2050, maximise la mobilisation de tous les gisements, avec près de 2/3 du gisement physique mobilisé au global.

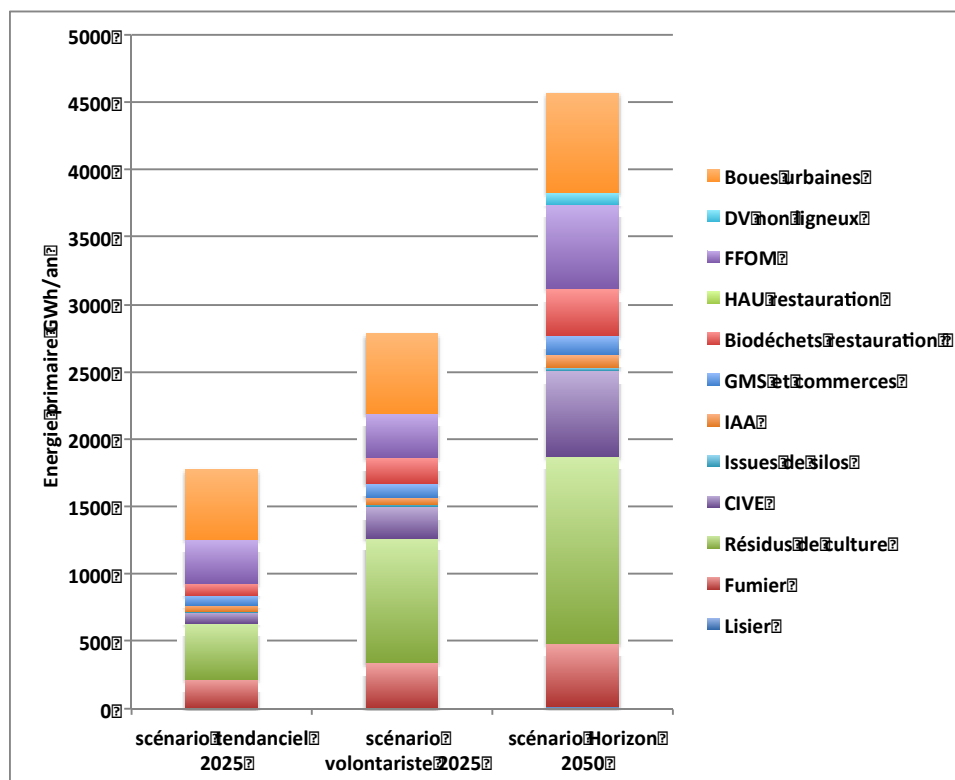


Figure 7 : Potentiel d'énergie primaire pour les 3 scénarios

Détails des taux de mobilisation par gisement

Mobilisation des déjections animales

Les lisiers ont un potentiel méthanogène peu élevé. Peu concentré en matière organique, leur transport n'est pas envisageable sur de longues distances. Leur mobilisation est uniquement envisageable sur des unités à la ferme.

Les fumiers sont intéressants pour la méthanisation. Une partie des fumiers équins est valorisée vers la filière champagnonnaise.

Mobilisation des résidus de cultures, des CIVE et des issues de silos

La mobilisation des résidus de culture pour la méthanisation est limitée du fait d'un retour au sol de la matière organique de 50%. Ainsi la mobilisation maximale s'élève à 30% de prélèvement de résidus de culture.

Pour les CIVE, la mobilisation est faible à l'horizon 2025 du fait d'un faible retour d'expériences des pratiques. A l'horizon 2050, la mobilisation est généralisée. Rappelons que le gisement physique pris en compte est une hypothèse minimaliste (rendements faibles).

Pour les issues de silos, une partie du gisement est mobilisée par d'autres filières : alimentation animale et valorisation énergétique.

Mobilisation des déchets des gros producteurs

80% du gisement des gros producteurs est concerné par l'obligation de collecte des biodéchets des gros producteurs (GMS, commerces et restauration). En effet, dès 2016, la collecte est obligatoire à partir d'une production de 10 t/an.

Les collectes pour les déchets de GMS sont déjà en place, le gisement est plus concentré, la mobilisation est déjà importante et le sera de plus en plus.

Du fait d'un gisement plus diffus, mobilisation pour les déchets de la restauration est décalée par rapport à celle des déchets de GMS.

Les filières concurrentes sont l'alimentation animale et le compostage.

Mobilisation des déchets des collectivités : biodéchets des ménages et déchets verts

La mobilisation des biodéchets des ménages est limitée aux unités existantes et aux projets en cours.

Aujourd'hui, les capacités de traitement des déchets verts par compostage sont suffisantes voir en sur-capacité. La mobilisation vers la méthanisation n'est donc pas prioritaire.

De plus, les filières de traitement par méthanisation imposent le tri des ligneux/non ligneux ou le broyage en entrée des ligneux (cas de l'unité de méthanisation de Calais), Leur mobilisation n'est donc pas aisée.

La volonté régionale est tout d'abord en priorité le détournement des déchets de l'enfouissement d'une part et la production d'un compost de qualité d'autre part.

Ainsi les projections de mobilisation de ces déchets pour la méthanisation restent modestes à l'horizon 2025, avec une prise en compte uniquement des projets connus en cours. Si le scénario Horizon 2050 est plus ambitieux, il plafonne à la mobilisation de la moitié du gisement de biodéchets des ménages franciliens.

L'évolution réglementaire du compost (Directive européenne Sortie du statut de déchets (End-of-Waste) dans les années aura sans doute un impact important quant à la définition des filières de collecte et de traitement des déchets des ménages.

Rappelons également, que le détournement de 50% des biodéchets des ménages n'engendre pas de « vide de four » pour les incinérateurs, ces gisements ne représentant qu'environ 10% de leurs tonnages entrants dans les UIOM franciliens.

Mobilisation des boues urbaines

La valorisation de l'énergie primaire à partir de biogaz sur les STEU franciliennes équipées de méthanisation s'élève à 480 GWh et 92 GWh du biogaz est brûlé en torchère (estimation 2012).

Les STEU non équipées de méthanisation ont un potentiel de production de biogaz qui s'élève à 170 GWh.

	Etat des lieux 2012	GWh
Valorisation du biogaz Electricité et/ou chaleur	8 STEU en 2012 - 12 Millions d'EH	480
Mise en torchère	16% du biogaz mis en torchère (de 10% à 75% du biogaz produit selon les STEU)	92
STEU > 50 000 EH non équipées	11 STEU - 3 Millions d'EH	111
STEU 10000-50000 EH non équipées	48 STEU - 1 Million d'EH soit 300 000 EH	47
STEU 5000-10000 EH non équipées	35 STEU - 240 000 d'EH	11
STEU < 5000 EH (non concernées par la méthanisation, exclus du potentiel)	378 STEU - 400 000 d'EH	18

Tableau 5 : Etat des lieux 2012 des STEU franciliennes et potentiel de valorisation de l'énergie à partir du biogaz

Nom projet	Maître d'ouvrage	Etat	Capacité STEU (KEH)	Valorisation du biogaz *
SIAAP Seine Aval (Achères)	SIAAP	En fonctionnement	7 500 000	Chauffage digesteurs Cogénération – traitement des boues
SIAAP Seine Amont (Valenton)	SIAAP	En fonctionnement	3 600 000	Chauffage digesteurs Traitement des boues
Bonneuil en France	SIAH Croult et Petit Rosne	En fonctionnement	300 000	Chauffage digesteurs et des bâtiments
Evry	Communauté Agglo Evry	En fonctionnement	250 000	Chauffage digesteurs Traitement des boues (séchage)
Versailles Carré de Réunion	SMAROV	En fonctionnement	250 000	Chauffage digesteurs Projet de séchage des boues
Cergy Neuville Pontoise	Communauté Agglo Cergy	En fonctionnement	200 000	Chauffage digesteurs
Corbeil Essonne	SIARCE	En fonctionnement	75 000	Chauffage digesteurs
Triel sur Seine - Les Grésillons	SIAAP	MES méthanisation 2013	1 200 000	Chauffage digesteurs Cogénération
Blanc Mesnil*	SIAAP	Projet co-digestion boues+biodéchets	-	Chauffage digesteurs Cogénération

*Le projet de Blanc Mesnil reprend une partie du gisement de la STEP d'Achères

Tableau 6 : Stations d'épuration de boues urbaines franciliennes équipées de digestion anaérobie, en fonctionnement ou en projet

Pour le scénario tendanciel 2025, la mobilisation passe par une meilleure utilisation du biogaz produit sur les STEU existantes.

Cette optimisation peut passer par la mise en œuvre de projet de cogénération sur les STEU non équipées de moteur à gaz.

L'optimisation de la valorisation du biogaz peut également passer par l'injection du biométhane sur le réseau de gaz naturel. L'injection du biométhane issu des STEU (arrêté tarifaire rédigé mais non encore signé à ce jour) est possible. La rentabilité économique, à ce jour, se situe autour de 100 m³ biométhane/h, soit l'équivalent d'une station d'épuration urbaine de capacité de 250 à 300 000 EH.

Hormis Corbeil-Essonnes, toutes les STEU actuellement équipées de méthanisation pourraient étudier la solution d'injection sur le réseau de gaz naturel.

Pour le scénario 2025 Volontariste, la mobilisation envisagée passe par :

- Une valorisation élevée de l'énergie produite à partir de biogaz (cogénération ou injection du biométhane) avec un objectif de limiter la mise en torchère à moins de 10% du biogaz produit,
- L'équipement de méthanisation pour les STEU de plus de 50 000 EH actuellement non équipées (+ 1,5 million d'EH) ou via des projets de méthanisation territoriale pour les STEU de 5000 à 50 000 EH (+ 370 000 EH).

Pour le scénario Horizon 2050, la mobilisation envisagée passe par :

- Une valorisation élevée de l'énergie produite à partir de biogaz (cogénération ou injection du biométhane) avec un objectif de limiter la mise en torchère à moins de 10% du biogaz produit,
- L'équipement des STEU de plus de 30 000 EH, notamment les nouvelles STEU,
- La mobilisation du gisement de boues vers des unités de méthanisation territoriale.

3.3 Analyse économique et énergétique des scénarios

L'analyse économique porte sur le développement de la méthanisation hors filière de traitement des déchets des ménages et des déchets verts ainsi que des boues urbaines.

La limite de cet exercice aux projets basés sur la mobilisation de la biomasse issue de l'agriculture et des secteurs industriels et commerciaux est liée à :

- La particularité du système d'aide pour les projets de traitement des déchets ménagers et des eaux usées
- L'imbrication de paramètres de l'ensemble de la filière (coût de collecte des déchets, impacts croisés file eau/file boue sur les STEU...)

Par ailleurs, pour les déchets ménagers, la prospective à 2025 correspond aux projets identifiés et dimensionnés par le SYCTOM.

Pour les boues urbaines, une approche par ratio a été réalisée sur la base du nombre d'Equivalent habitants concernés par la digestion anaérobie, toutefois le dimensionnement en termes de nombre d'unités, de taille, de type de STEU n'est pas envisageable dans le cadre de cette étude.

Ainsi l'analyse économique et énergétique repose sur l'évaluation pour les 3 scénarios prospectifs des typologies de projets suivants :

- méthanisation territoriale
- méthanisation à la ferme avec et sans co-substrats exogènes
- industriel intégré

Pour chaque scénario, sont établis :

- le nombre d'unités
- les capacités unitaires et totales
- les investissements en jeu ainsi que les coûts d'exploitation et recettes, les subventions nécessaires
- les impacts énergétiques

Dimensionnement des projets : nombre d'unités, capacités unitaires et capacités totales

Pour 22 unités en fonctionnement ou en projet en 2012, la prospective à 2025 compte **entre 38 et 56 unités en 2025 et 105 unités en 2050**.

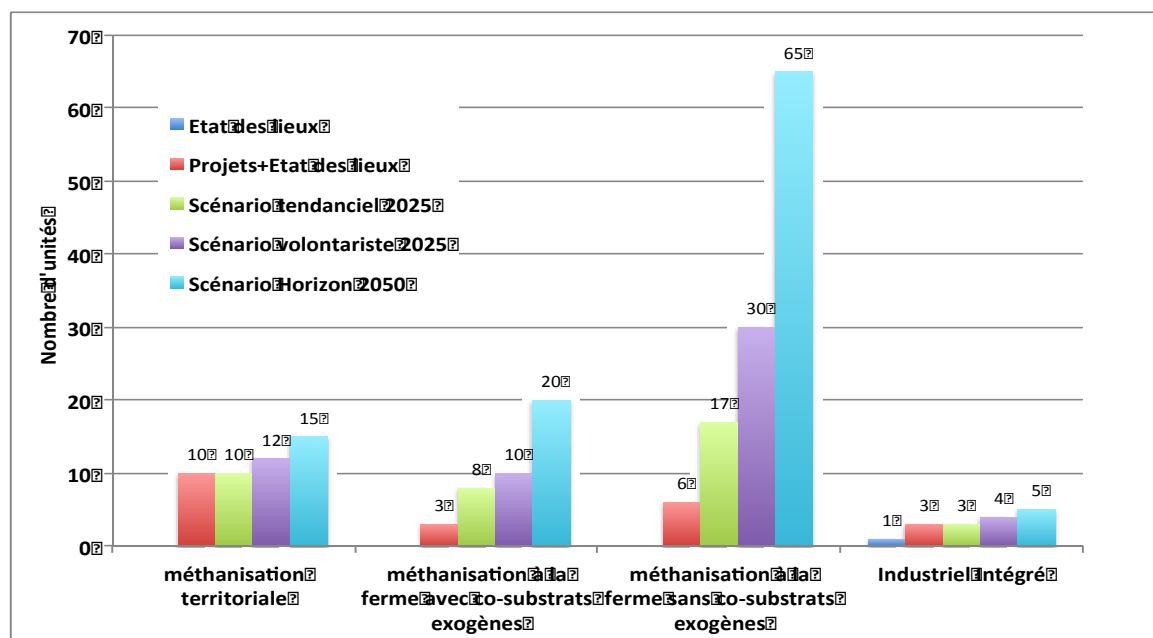


Figure 8 : Evolution du nombre de projets, par typologie et par scénario

Les capacités unitaires des unités évoluent avec les scénarios, notamment pour les typologies de méthanisation à la ferme ou en petit collectif.

Les capacités unitaires retenues sont de :

- 1000 kWe (soit 320 m³ CH₄/h) pour les unités de méthanisation territoriale
- 500 à 1000 kWe (soit de 115 à 225 m³ CH₄/h) pour les unités de méthanisation à la ferme avec co-substrats exogènes
- 600 à 2150 kWe (soit de 140 à 460 m³ CH₄/h) pour les unités de méthanisation à la ferme sans co-substrats exogènes
- 2000 kWe (soit 420 m³ CH₄/h) pour les unités industrielles intégrées

Les capacités totales de traitement par méthanisation passent de 520 000 t/an sur la base des unités en fonctionnement et des projets en cours en 2012, à 850 000 t/an pour le scénario tendanciel 2025 à 1,5 millions de tonnes pour le scénario volontariste 2025.

A l'horizon 2050, ce sont 3 millions de tonnes de biomasse, principalement agricole qui passent par un méthaniseur.

Evaluation économique

L'évaluation économique est basée sur le dimensionnement des projets à partir d'hypothèses concernant la valorisation énergétique, la valorisation du digestat et les coûts de production de la biomasse et de redevance de traitement des déchets.

Hypothèses

Valorisation énergétique

Selon les typologies de projet, une proportion valorise le biogaz par injection et l'autre par cogénération :

- Méthanisation territoriale : 40% des unités en cogé / 60% en injection
- Méthanisation Ferme avec co-substrats : 40% des unités en cogé / 60% en injection
- Méthanisation Ferme sans co-substrats : 30% des unités en cogé / 70% en injection
- Industriel intégré : 70% des unités en cogé / 30% en injection

Pour la cogénération, les hypothèses de la valorisation de la chaleur cogénérée sont les suivantes :

- mini 60% d'efficacité énergétique
- Vente chaleur à 10 €/MWh

Pour la vente de l'électricité et de biométhane, les tarifs d'achat en cours en 2012 (arrêté du 19/05/2011 et du 23/11/2011) ont été appliqués.

Valorisation du Digestat

Les hypothèses suivantes ont été prises concernant le traitement et la valorisation du digestat

- Séparation de phase : obtention d'un digestat liquide et d'un digestat solide qui seront épandus dans le cadre d'un plan d'épandage (pas de normalisation)
- Pas de vente de digestat
- Transport du digestat vers les parcelles pour épandage à la charge de l'unité sauf pour les unités « industriel intégré » et territoriale (0€/t départ usine)
- Distance épandage : 10 à 20 kms

Coûts de production et redevances de traitement

Chaque gisement de biomasse est caractérisé par :

- Un rayon de collecte par rapport à l'unité de méthanisation
- Un coût de production (en €/t brut) : semis, récolte, stockage des CIVE et des résidus de culture
- Un prix d'achat (en €/t) : cas des fumiers équins
- Une redevance de traitement, y compris la collecte (prix moyen en €/t) : pour les déchets des IAA et des biodéchets des gros producteurs

	Coûts de production / Achat (€/t)	Redevance collecte + traitement (€/t)	Rayon de collecte (kms)
Fumier/lisier	0	0	1
Fumier équin	10	0	10
Résidus de cultures	20	0	20 à 30
CIVE	30	0	20 à 30
IAA		20 à 70	50 à 100
Biodéchets gros producteurs		60	50 à 100

Figure 9 : Coûts de production et redevances de traitement

Résultats économiques : investissement, coûts d'exploitation, recettes et subventions nécessaires

A l'horizon 2025, les investissements cumulés des 38 à 56 unités projetées s'élèvent de 300 à 500 millions d'euros selon le scénario, respectivement tendanciel et volontariste.

A l'horizon 2050, à la centaine d'unités de méthanisation territoriale, agricole et industriel correspond un investissement total de près de 800 millions d'euros.

Les recettes engendrées par la vente de l'énergie et les redevances de traitement le cas échéant, s'élèvent de 90 millions d'euros jusqu'à 160 millions d'euros à l'horizon 2025 (sur la base des tarifs actuel, coût non actualisés).

Les coûts d'exploitation (OPEX) s'élèvent de 50 millions d'euros à 90 millions d'euros à l'horizon 2025 (coûts non actualisés, pratiques agricoles actuelles).

Toutes les typologies de projets ne sont viables dans les conditions actuelles sans subventions à l'investissement.

Dans la limite maximum de 30% d'aide à l'investissement, sur la base des tarifs actuels d'achat de l'énergie (arrêtés 2011) et des conditions de production et de collecte de la biomasse, et pour un objectif de viabilité économique, correspondant à un TRI (taux de rentabilité interne) de 10%, le montant des subventions envisageables s'élèvent de 50 à 80 millions d'euros pour les scénarios 2025, soit environ 15 à 20% de l'investissement global.

Evaluation énergétique

Pour les scénarios 2025, les projets de méthanisation territoriale, agricole et industriel décrits plus haut, la production d'énergie finale (biométhane, électricité et chaleur cogénérée) varie de 650 GWh/an à 1 600 GWh/an.

A titre de comparaison, la consommation de gaz naturel régionale en 2008 s'élevait à 56 000 GWh/an.

A l'horizon 2050, pour ces projets, la production d'énergie finale (vendue) serait de 1 800 à 2.500 GWh/an.

En termes de puissance électrique installée et débit de biométhane injecté, la prospective aboutit à :

- 20 à 35 MWe installés + 7 000 à 13 000 de m³ CH₄/h injecté à l'horizon 2025
- 52 MWe installés + 20 000 m³ CH₄/h injecté à l'horion 2050

Pour les 3 scénarios, l'injection reste le vecteur principal de valorisation du biogaz.