



Nouveaux Systèmes Énergétiques

Comité stratégique de filière

Outils pour la fiabilisation des études de gisement et la prévention des tensions sur le marché de la biomasse

Lot 2 : Données et modèle économique d'un marché
local de la biomasse

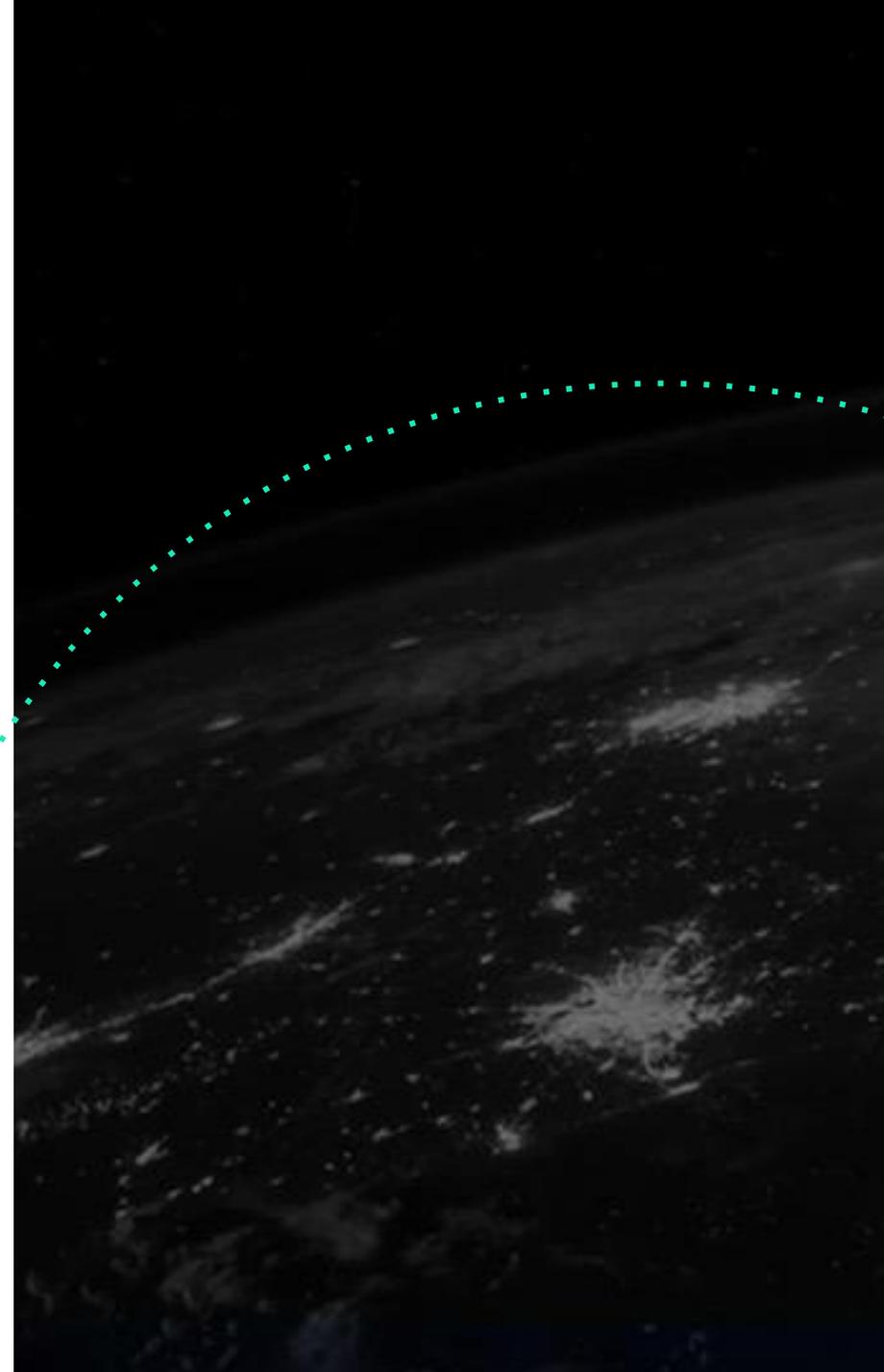
**GROUPE DE TRAVAIL
BIOGAZ**

**SOUS-GROUPE DE TRAVAIL
INDUSTRIALISATION - COMPÉTITIVITÉ**

OCTOBRE 2022

**Outils pour la fiabilisation des études de gisement
et la prévention des tensions sur le marché de la
biomasse**

**Lot 2 : Données et modèle économique
d'un marché local de la biomasse**



Remerciement aux contributeurs

Cette étude est issue d'un travail collectif ayant impliqué des représentants des différentes organisations du GT Biogaz et réalisé avec l'appui de Sia Partners.

Pilotes des travaux

TotalEnergies	Mathieu de CARVALHO François BONIFACE Claire-Lise SPEISSER
----------------------	--

Comité de pilotage du GT Biogaz et participants aux entretiens

AgriCarbone	Amaury DE SOUANCE
Biogaz Vallée	Grégory LANNOU
ENIA	Jacques-Arthur de SAINT-GERMAIN
ENGIE	Cyril FLAMIN
France Gaz Renouvelables	Cécile FREDERICQ
GRDF	Vincent JEAN BAPTISTE Clara GHESQUIERE
iNex Circular	Olivier GAMBARI
TotalEnergies	Olivier GUERRINI Mathieu de CARVALHO François BONIFACE Simon CARRALOU Claire-Lise SPEISSER

Réalisation de l'étude

Sia Partners	Charlotte DE LORGERIL Mathieu BARNETO Louis BOYER Stanislas CHABOUD
---------------------	--

Remerciements aux autres contributeurs pour les entretiens

Région Nouvelle-Aquitaine	Julie COULOMBEL Clément DARRE
GRDF	Séverine ELIOT
MethaN-Action	Marion DELORME
Valbenne	Charles DENIS DU PEAGE

Sommaire

0. Rappel du contexte et messages clés de l'étude
1. Analyse des modes de compétition existants
2. Présentation de l'approche quantitative
3. Résultats et cas d'étude sur la région Nouvelle-Aquitaine
4. Annexes

Contexte et objectifs de l'étude

Enjeux exprimés par le GT Biogaz du CSF

- **Les concurrences sur les biomasses méthanisables**, jusqu'à présent minoritaires, pourraient augmenter avec le développement de la méthanisation.
- **Ces tensions pourraient orienter à la hausse le prix des intrants**, au détriment de la dynamique de la filière



- **Comprendre les dynamiques qui s'instaurent dans un marché des biomasses sous tension**, aussi bien par la concurrence entre méthaniseurs que du fait des autres filières
- **Développer un modèle quantitatif permettant d'estimer des grands équilibres** et d'anticiper les impacts sur le marché et sur l'approvisionnement des méthaniseurs

Travaux réalisés par Sia Partners juillet – septembre 2022



Une analyse du contexte

- Cartographier les usages possibles et **les filières en compétition avec la méthanisation**
- Comprendre les enjeux sous-jacents, les **mécanismes de formation des prix**



Une approche qualitative

- **1 atelier de travail thématique** avec les experts du GT Biogaz du CSF
- **8 entretiens d'approfondissement menés** avec les experts du CSF et d'autres acteurs clés



Une modélisation quantitative

- Identification et traitement des données
- Benchmark des prix constatés
- **Création d'un outil de modélisation**
- 1 cas d'étude : Nouvelle-Aquitaine

Travaux connexes

- *I Care Solagro (2022), Etude de la concurrence entre méthanisation et ressources fourragères*
- *FranceAgrimer (2022), Ressources en biomasse et méthanisation agricole : quelles disponibilités pour quels besoins ?*

Messages clés

Une mobilisation modérée à date

La part du gisement méthanisable agricole actuellement utilisée pour la méthanisation est limitée

< 15%

Le niveau de tension sur les matières industrielles et les biodéchets est plus incertain

20 à 40%

3 principaux schémas de compétition

Ces phénomènes peuvent pousser à la hausse les prix des intrants :

- **Compétition amont** pour les cultures à vocation énergétique
- **Compétition aval** entre les filières de valorisation
- **Compétition entre les unités de méthanisation**

Un niveau de tension global en augmentation

La compétition sur les biomasses augmente avec le développement de nouveaux usages

Cet effet doit être anticipé et maîtrisé pour le bon développement de la filière méthanisation

Logiques de valorisation vue du producteur

Différentes logiques économiques peuvent influencer le fléchage des biomasses méthanisables :

- Résidus valorisables
- Fertilisants organiques
- Production dédiée
- Déchets et résidus encombrants
- Coproduits

Des facteurs de prix hétérogènes

Les intrants ne sont pas des commodités normalisées : la notion de prix dépend du contexte local et peut varier fortement selon les géographies et les périodes

Les tensions observées peuvent être dues à des perturbations exogènes, particulièrement visibles même pour des faibles volumes

D'autres facteurs de rentabilité

Les autres coûts d'exploitation variables (transport, électricité,..) impactent également la rentabilité des méthaniseurs

A court terme, l'inflation des coûts de l'énergie est un facteur de risque plus important que les tensions sur les intrants



1. Analyse des modes de compétition existants

Synthèse des apprentissages des entretiens

7 entretiens bilatéraux ont été réalisés :

- Présentation de la démarche méthodologique et des résultats partiels collectés lors des travaux
- Collecte de données sur le volet économique et prise en compte des regards croisés des experts
- Echange sur les cas de tension sur les approvisionnements et biomasse, en particulier en Nouvelle-Aquitaine.

Acteurs à forte présence en région Nouvelle Aquitaine



Acteurs à forte implication dans la filière méthanisation

iNex



Acteurs avec une expertise sur le marché et les prix des biomasses méthanisables



Enseignements issus des entretiens

Confirmation des hypothèses présentées et de l'approche méthodologique

- **L'approche méthodologique a été jugée cohérente** dans son ensemble.
- Les compétitions identifiées correspondent à celles constatées par les interlocuteurs
- Les prix estimés et précisés par itération, sont vraisemblables

Interrogations et limites identifiées

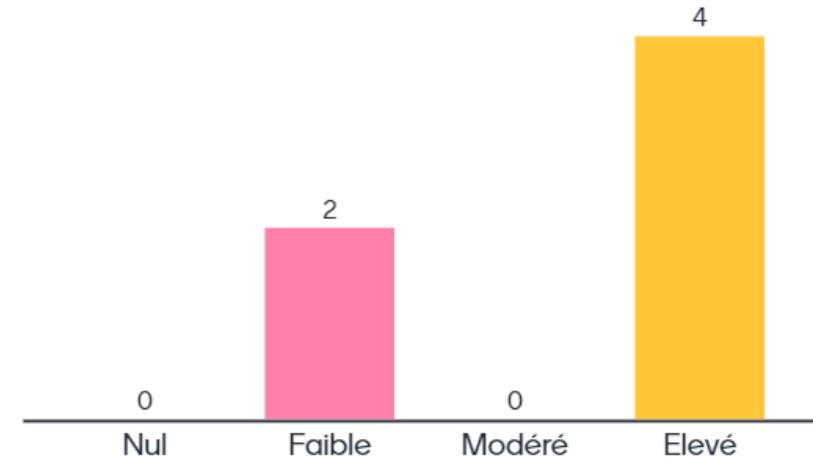
- L'approche méthodologique repose sur des hypothèses simplificatrices
- Des **intrants à forts potentiels** mais en faibles volumes perturbent le marché. Ils sont la source des principales préoccupations autour des tensions sur les biomasses.
- Les acteurs du marché ne se comportent pas comme des **acteurs économiques « rationnels »**. Une approche par la modélisation exclut ces comportements.
- L'approche **statique** ne prend pas en compte les phénomènes ponctuels qui peuvent perturber les approvisionnement (pénuries d'intrants, sécheresses).

Première approche des sources de tensions sur les intrants

Quelles sont les sources de tensions liées aux intrants méthanisables ?

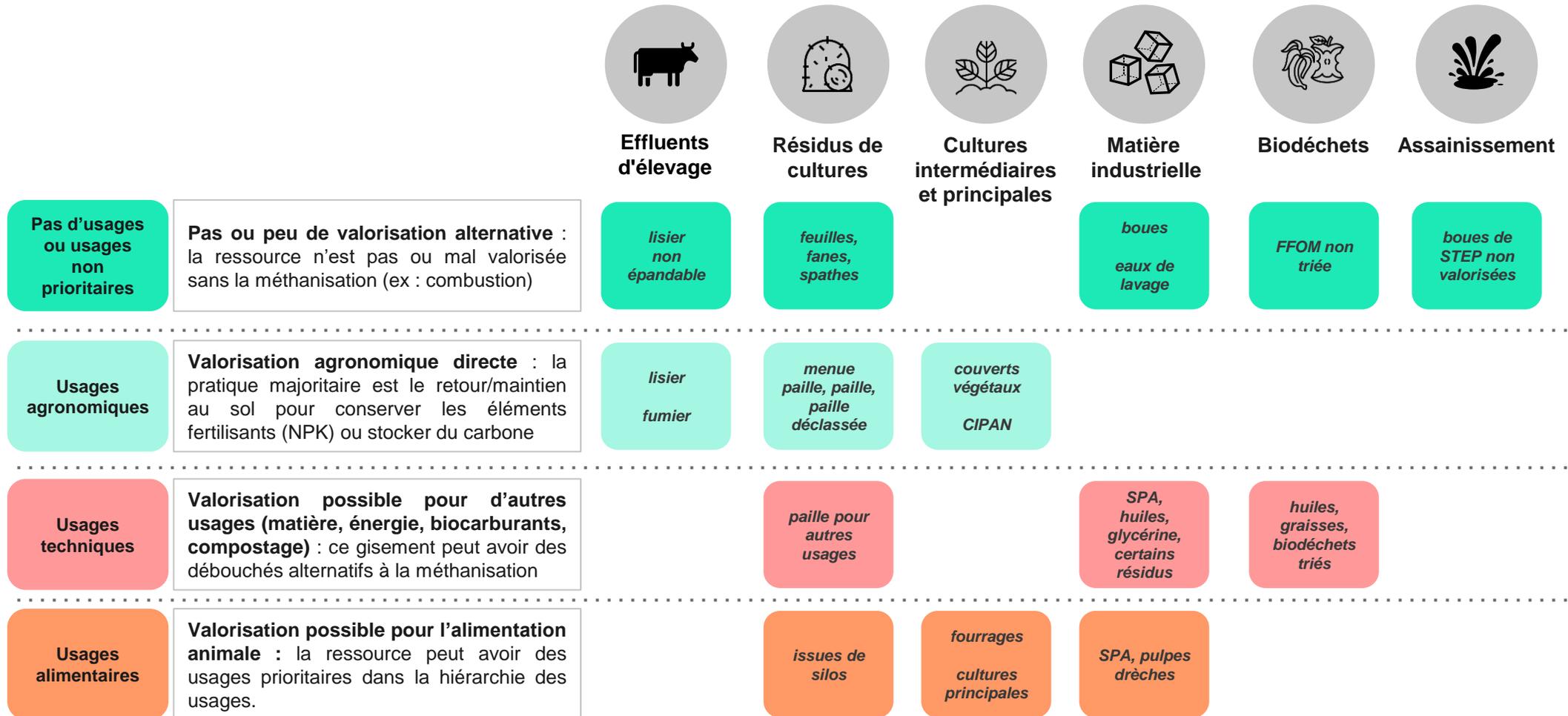


Quel est le niveau de tension sur la biomasse utilisée pour la méthanisation aujourd'hui ?



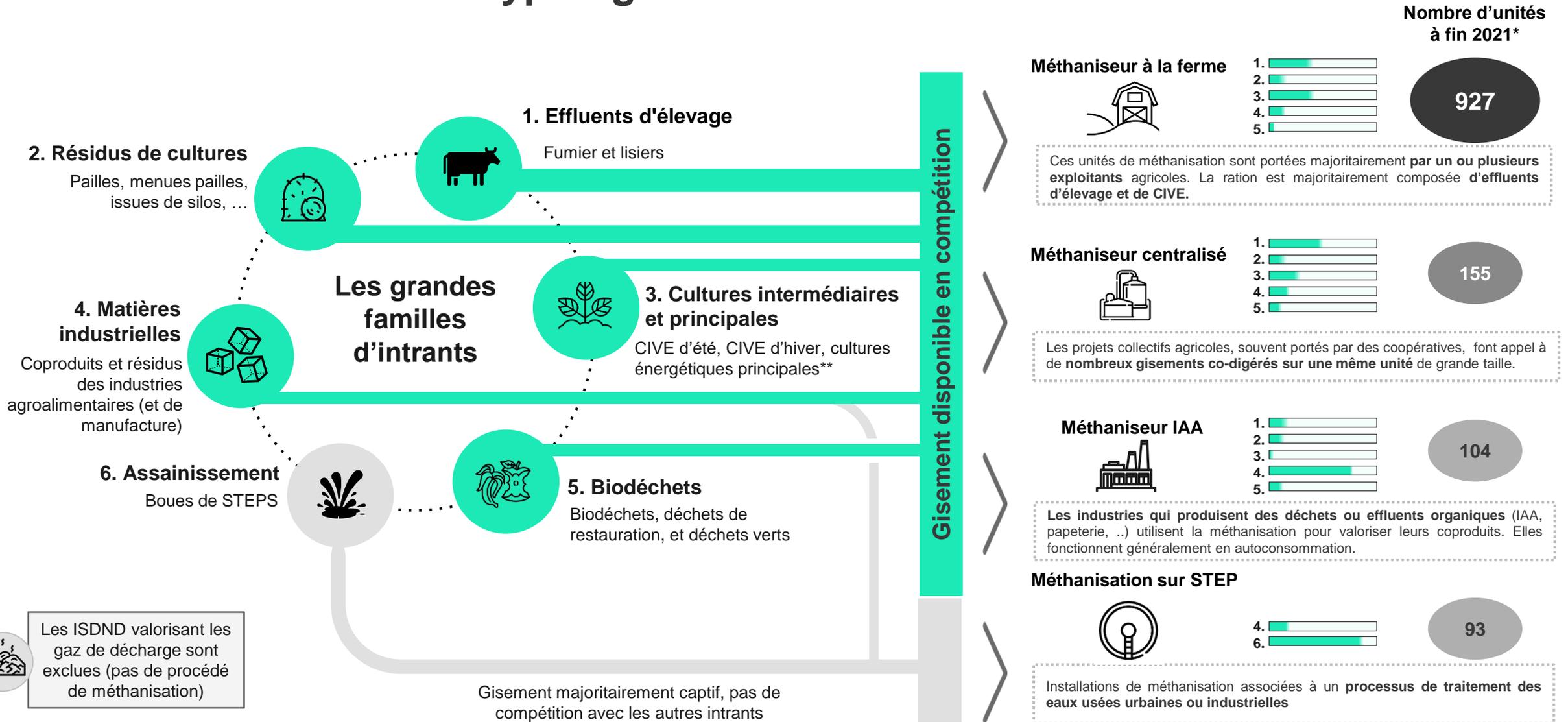
Les tensions existantes sur les intrants utilisables en méthanisation s'appréhendent par des axes d'analyse différents : logique de concurrence sur les prix, aspect logistiques, facteurs agronomique, perception locale des projets, etc.

Les usages existants de la biomasse méthanisable



Cette vision non exhaustive illustre les types d'usages possibles, mais n'est pas suffisante pour appréhender les logiques de valorisation et les schémas de compétition existants

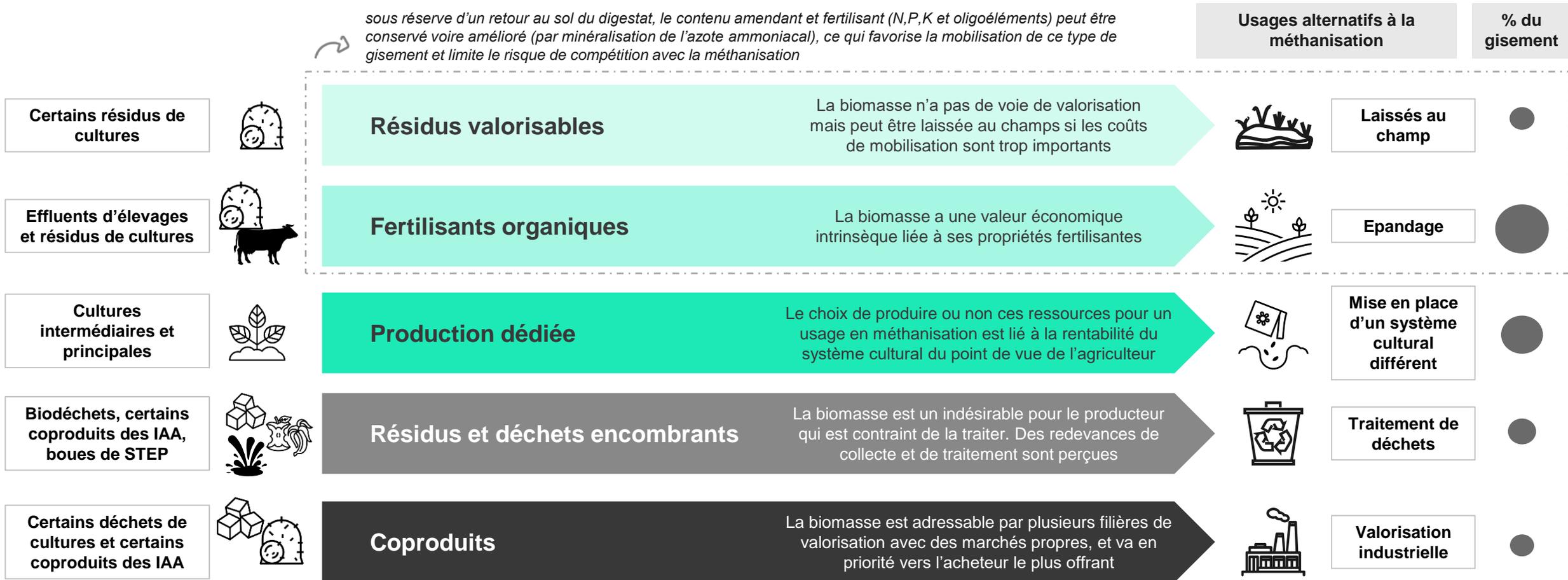
Familles d'intrants et typologie de méthaniseurs



Logiques de valorisation vue du producteur

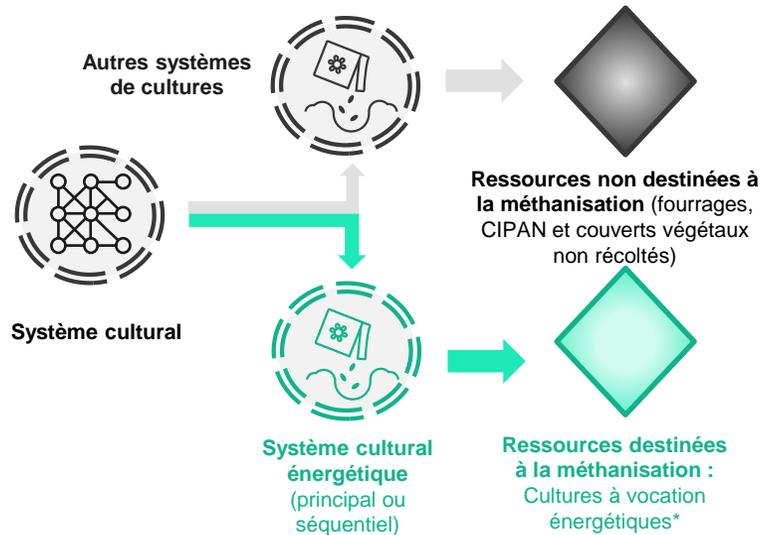
Qu'elles soient contractualisées ou produites en propre, les différentes biomasses obéissent à une **logique économique du point de vue du détenteur de la biomasse** :

sous réserve d'un retour au sol du digestat, le contenu amendant et fertilisant (N,P,K et oligoéléments) peut être conservé voire amélioré (par minéralisation de l'azote ammoniacal), ce qui favorise la mobilisation de ce type de gisement et limite le risque de compétition avec la méthanisation



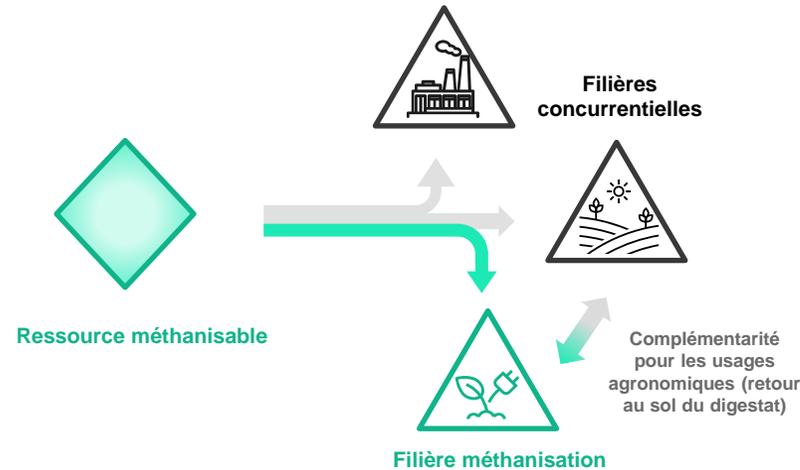
Différents schémas de compétition existent

Cas des CIVE et des cultures principales:
des situations de compétition en amont



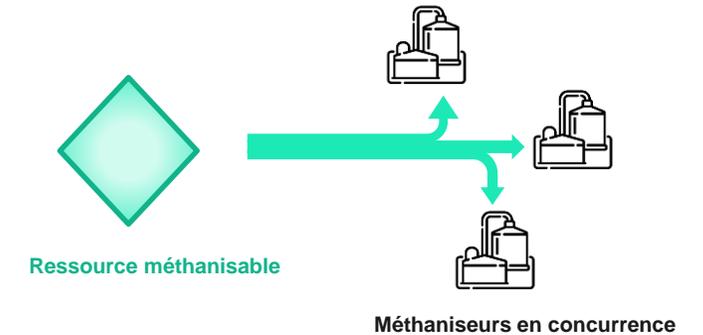
- Le choix de produire des CIVE ou des cultures annuelles pour un usage en méthanisation est lié à la rentabilité du système cultural du point de vue de l'agriculteur.
- Ce schéma de compétition limite le volume de biomasse disponible pour la méthanisation.**

Des compétitions avals
entre les filières de valorisation



- Les ressources valorisables par d'autres filières rentrent dans une logique de complémentarité (usages agronomiques) ou de concurrence.
- Cela concerne une fraction limitée du gisement total disponible, mais peut générer localement ou ponctuellement des tensions sur les prix.
- L'orientation de la biomasse disponible repose sur un équilibre offre/demande entre les filières.**

Une compétition avals possible
entre les unités de méthanisation



- Dans les zones denses en méthaniseurs, les unités se disputent les ressources méthanisables.
- Cet effet est peu notable à date, sauf dans certaines zones spécifiques, et plus généralement pour les ressources des industries agro-alimentaires, déjà fortement mobilisées.
- Ce schéma est amené à prendre de l'ampleur avec le développement de la filière méthanisation.**

Les prix observés sont variables

La biomasse méthanisable n'est pas une commodité normalisée : il n'existe pas d'indicateur fiable reflétant les prix

- Il existe une forte hétérogénéité dans les prix constatés pour les intrants utilisables en méthanisation, à la fois entre les grandes familles d'intrants mais également pour les intrants d'une même famille.
- Les différentes logiques de valorisation contribuent à la dispersion des prix constatés. Les biomasses les plus chères sont les coproduits pouvant être valorisés, et les moins chères sont les biomasses à logique « déchet ».
- Les regroupements par grande famille d'intrants ne donne pas le niveau de détail nécessaire pour estimer les prix de marché moyens.
- Les facteurs géographiques, parfois au sein d'une même région, contribuent à creuser des écarts de prix pour un même intrant. A titre d'illustration, le prix de la paille peut passer du simple au triple selon le niveau stress hydrique

Les hypothèses sur les prix des biomasses

- Un exploitant d'unité de méthanisation n'achètera pas une biomasse au dessus de sa valeur marginale en méthane (valorisée au tarif d'achat).
- Le prix minimal théorique correspond à la valeur économique des usages concurrentiels établis ou au coût de mobilisation minimal
- Les acheteurs et les vendeurs s'accordent sur un prix de marché reflétant la valeur moyenne du marché
- **Les apporteurs / repreneurs de matières (ex: effluents) sont considérés séparément** : le « troc » usuel est dissocié en une valeur amont (matière apportée) et avale (digestat : non étudié)
- Les coûts de conditionnement, transformation et pré-traitement sont inclus dans le prix d'achat. Les coûts de transport ne sont pas pris en compte dans le prix d'achat.



1

Fumier bovin
Fumier de volaille

2

Pailles
Issues de silos

3

CIVE

4

Epluchures de légumes
Glycérine

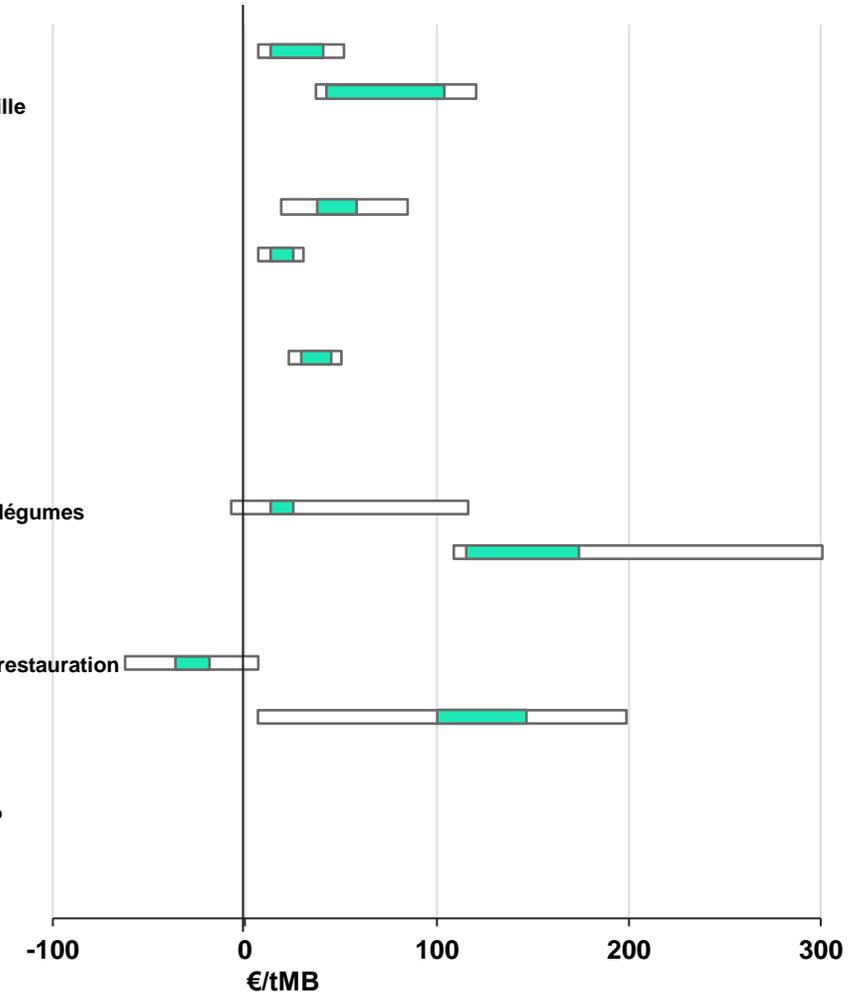
5

Biodéchets de restauration
Huiles usagées

6

Boues de STEP

Exemple de prix constatés et limites théoriques pour une sélection d'intrants



► Des hypothèses détaillées et les méthodologies de calcul des prix minimums et maximums sont présentées en annexe



2. Présentation de l'approche quantitative

Objectifs du modèle et méthodologie globale



Modéliser quantitativement l'impact des usages de la biomasse pour la méthanisation en intégrant les schémas de concurrence précédemment évoqués

Méthodologie Sia Partners

1

Réaliser un bilan comparant les besoins des méthaniseurs et les gisements



- **Reconstituer le parc de méthaniseurs à fin 2021** en France métropolitaine, et quantifier les besoins associés en intrants, en masse et en énergie.
- **Estimer les gisements disponibles**, sur lesquels les méthaniseurs et les filières concurrentes sont susceptibles de se sourcer.
- **Réaliser un bilan et calculer les ratios de mobilisation** (besoins / gisements). Prendre en compte les usages alternatifs à la méthanisation.

2

Modéliser l'allocation géographique des ressources



- **Développer un modèle d'allocation des ressources** tenant compte des contraintes géographiques à la maille cantonale. Le modèle minimise les OPEX d'approvisionnement (prix d'achat et coûts de transport) du parc de méthaniseurs.

3

Intégrer les effets de marché sur les intrants



- **Modéliser les effets d'équilibre** offre/demande sur les prix constatés et le lien avec le développement de la filière méthanisation.

spécificité du modèle développé par Sia Partners

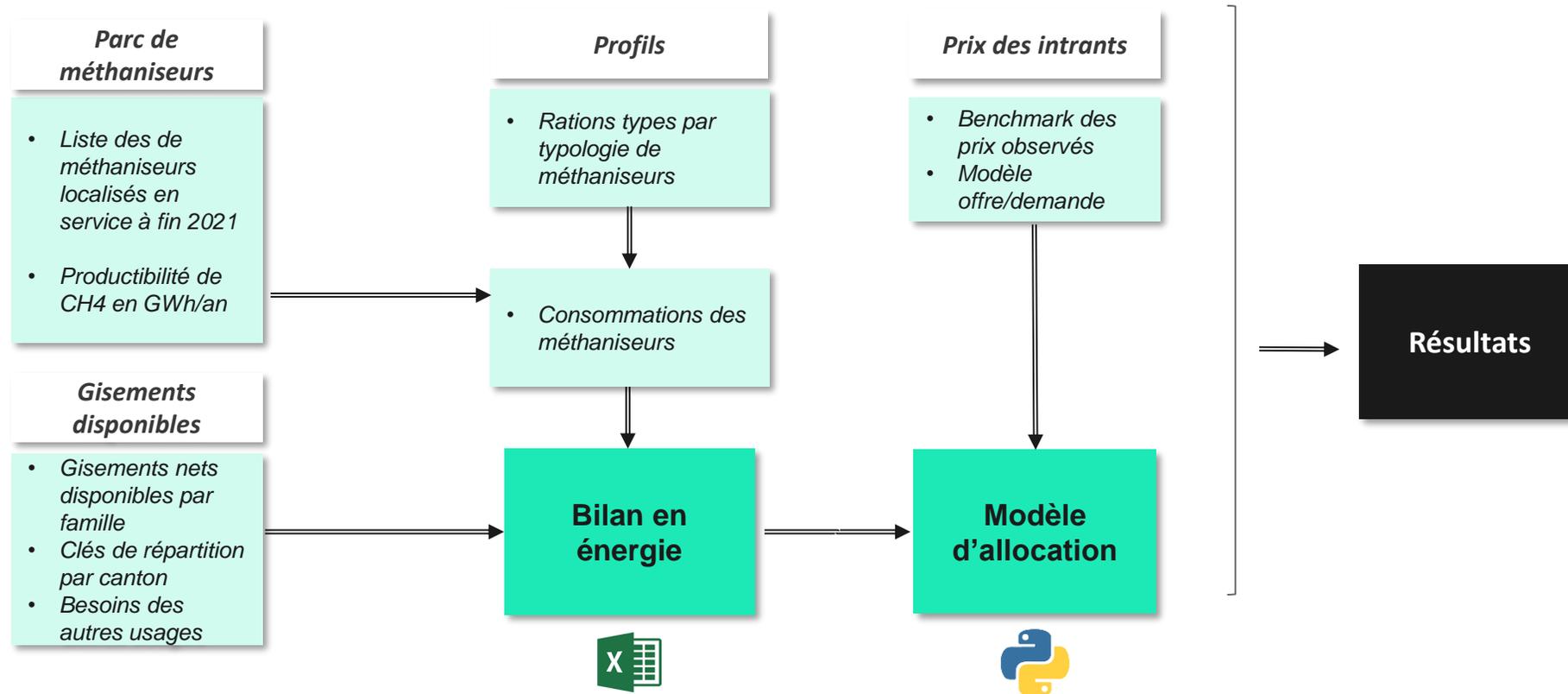
4

Réaliser des scénarios d'évolution du parc en service



- **Modéliser l'évolution du parc** de méthaniseurs à horizon moyen terme sur le cas d'étude de la Nouvelle-Aquitaine.
- Déterminer le nouvel équilibre et **analyser les impacts du développement de la filière méthanisation** sur l'allocation des ressources.

Vision globale du modèle implémenté



Sia Partners a développé un modèle en plusieurs briques afin d'évaluer quantitativement l'impact de la méthanisation sur les ressources en biomasses, en intégrant les concurrence avals (intra et extra filière)

Segmentation retenue : familles, catégories et sous-catégories

Les « sous-catégories » d'intrants

Une sous-catégorie regroupe des types de matière de caractéristiques physiques similaires, pour refléter des potentiels méthanogènes proches.

Cette segmentation est réalisée en amont du modèle pour établir les potentiels méthanogènes

23 « catégories » d'intrants

Matières de caractéristiques relativement proches, assimilées à un type de matière homogène, avec une même logique de compétition et de formation des prix.

Dans le modèle offre / demande, les volumes et les prix d'équilibre sont pondérés par catégorie

6 « familles » d'intrants

Ensemble des matières pour lesquelles les données de gisements sont généralement disponibles dans les études, regroupant des types de matière issues d'un même secteur source.

Cette segmentation est celle sur laquelle est réalisée le modèle (profils, gisements, bilans)

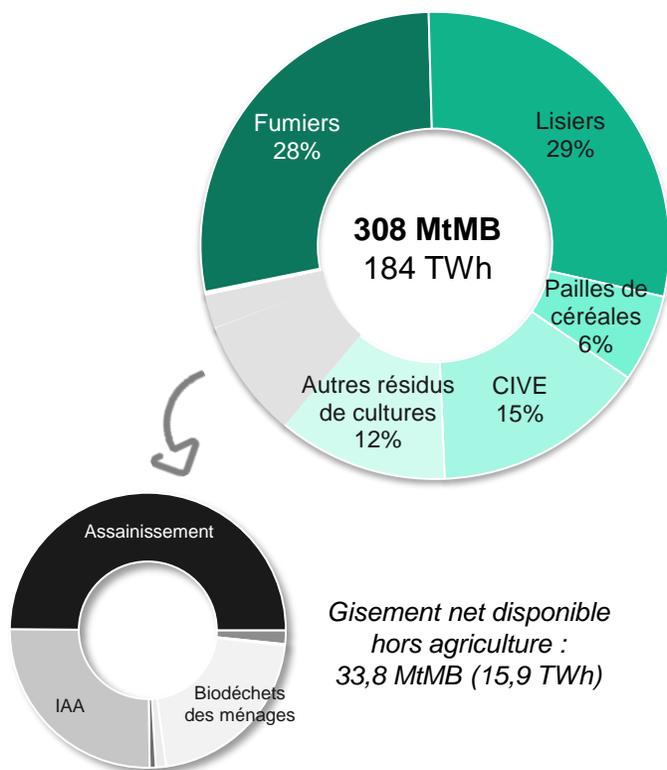
Familles d'intrants	ID	Catégories d'intrants
1. Effluents d'élevage	1.1	Fumier
1. Effluents d'élevage	1.2	Lisier
2. Résidus de cultures	2.1	Pailles et menues pailles
2. Résidus de cultures	2.2	Résidus de stockage
2. Résidus de cultures	2.3	Feuilles, fanes, spathes
3. Cultures intermédiaires et annuelles	3.1	CIVE d'été
3. Cultures intermédiaires et annuelles	3.2	CIVE d'hiver
3. Cultures intermédiaires et annuelles	3.3	Cultures principales
4. Industries	4.1	Déchets de viandes, poissons, tissus et équarissages
4. Industries	4.2	Sous produits de l'industrie du lait
4. Industries	4.3	Coproduits de meunerie et maïserie
4. Industries	4.4	Sous-produits et déchets de la transformation de fruits et légumes
4. Industries	4.5	Coproduits des l'industrie des corps gras végétaux
4. Industries	4.6	Coproduits de la cidrerie, brasserie, distillerie et vinification
4. Industries	4.7	Industrie sucrière
4. Industries	4.8	Industrie de la confiserie/chocolaterie/pâtisserie
4. Industries	4.9	Boues de traitement et eaux usagées d'industries
4. Industries	4.10	Produits fortement méthanogènes issus des IAA
5. Biodéchets	5.1	Biodéchets triés des collectivités
5. Biodéchets	5.2	Déchets de restauration hors foyer
5. Biodéchets	5.3	Matières grasses usagées
5. Biodéchets	5.4	Déchets verts
6. Assainissement	6.1	Boues de STEP

Segmentation retenue dans le modèle

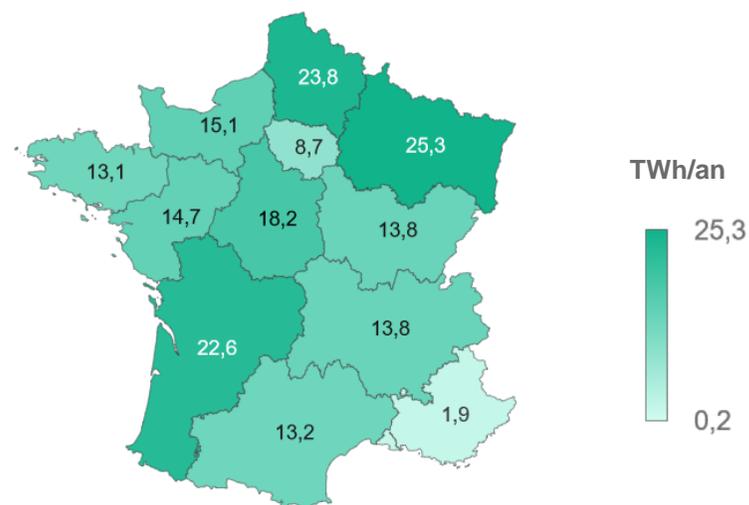
Gisement méthanisable pris en compte

 L'étude ADEME Solagro de 2013 a été prise comme référence dans le cadre de cette étude. Le niveau retenu est le Gisement Net Disponible (GND), qui représente les ressources techniquement et économiquement accessibles pour la méthanisation et les valorisations concurrentes

Ventilation en masse du GND



Répartition régionale du GND

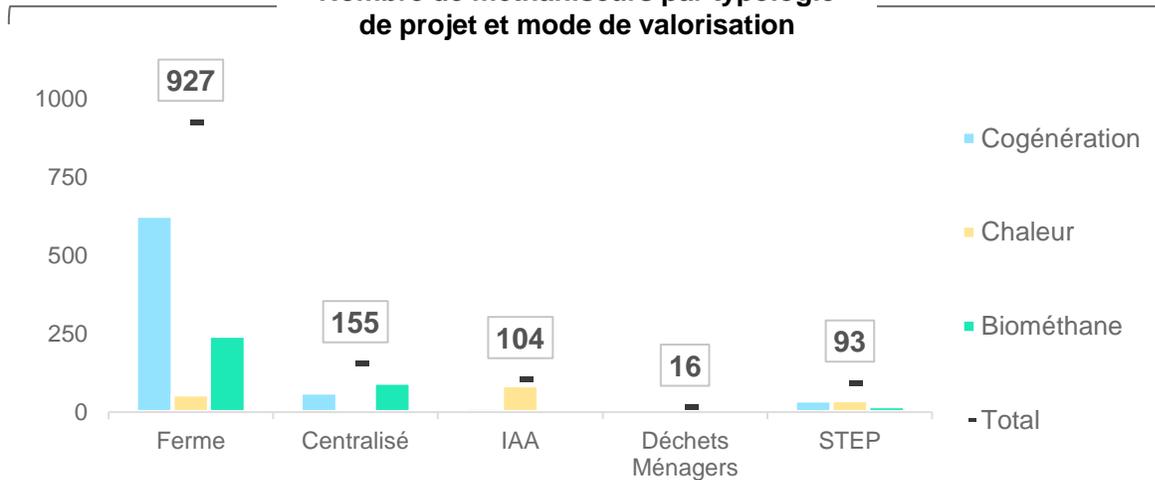


- ▶ L'étude ADEME Solagro de 2013 quantifie les gisements pour un grand nombre de matières, à la maille départementale
- ▶ Pour réaliser d'allocation des ressources, des clés de répartition à la maille cantonale ont été calculées *
- ▶ Des valeurs alternatives peuvent être intégrées au modèle. Dans le SRB 2022 de la région Nouvelle Aquitaine, le Gisement Net Disponible est estimé à environ 27 TWh

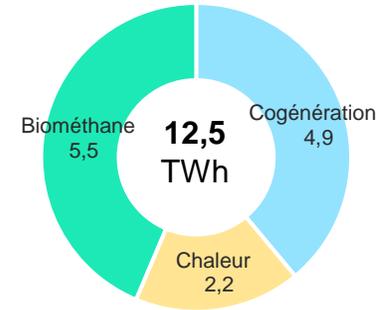
Reconstitution du parc de méthaniseurs

- ▶ Le parc des unités en service a été reconstitué à partir des données de la base SINOE (~1300 unités à fin 2021).
- ▶ La productivité annuelle en méthane a été calculée afin de comparer les besoins en matière indépendamment du mode de valorisation. 10 % des valeurs sont extrapolées en utilisant les capacités moyennes par typologie de projets
- ▶ Hypothèses de conversion retenues :
 - Durée de fonctionnement annuelle : 8200 h/an
 - PCS : 10,9 kWh/Nm3
 - Rendement cogénération : 40 %

Nombre de méthaniseurs par typologie de projet et mode de valorisation



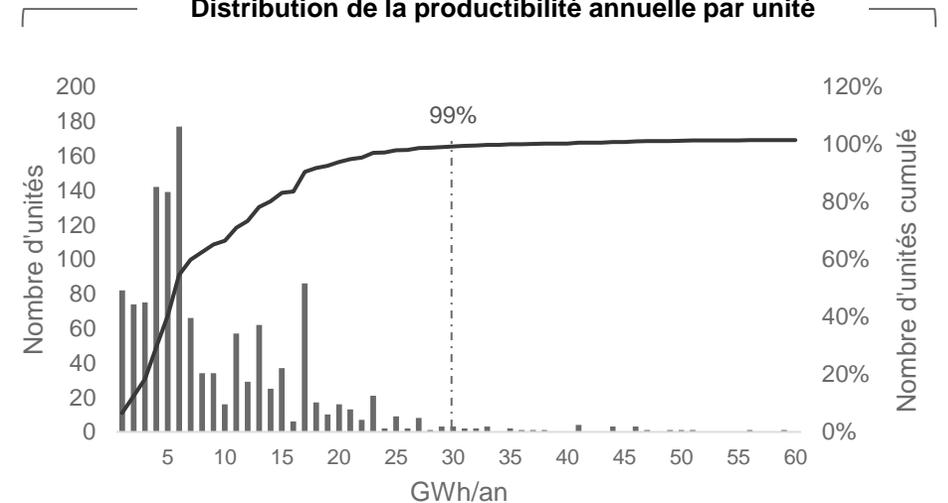
Productivité annuelle par mode de valorisation



Localisation des unités en service à fin 2021



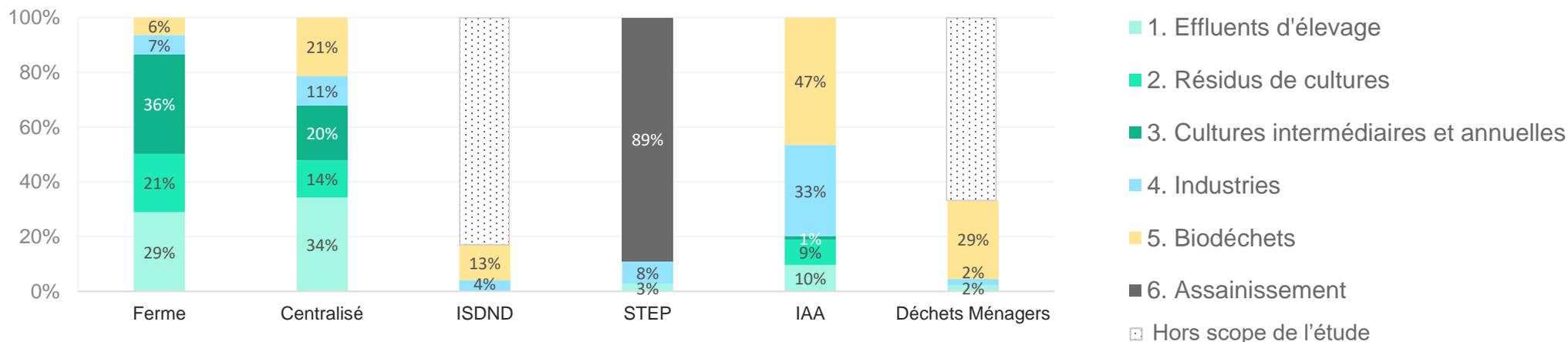
Distribution de la productivité annuelle par unité



Profils d'approvisionnement des méthaniseurs

- ▶ Afin de réaliser un bilan, il est nécessaire de **déterminer des profils d'approvisionnement par famille pour les appliquer aux unités**
- ▶ Sia Partners a intégré dans le modèle, les profils en masse établis par **le REX ADEME 2020*** (échantillon de 1134 projets en développement)
- ▶ Les données utilisées dans le modèle peuvent être personnalisées
- ▶ Les profils massiques sont **convertis en GWh/an, grâce aux potentiels méthanisables** moyens issus de la segmentation utilisée dans le modèle
- ▶ Pour les catégories ISDND et Déchets Ménagers, seule la fraction considérée dans le Gisements Net Disponible est étudiée, excluant les Ordures Ménagères Résiduelles et autres déchets non triés et valorisés par tri mécano-biologique ou mis en décharge.

Profils d'approvisionnement en énergie par famille d'intrant



Réalisation du bilan en ressources méthanisables

- ▶ Sia Partners a fait le choix d'utiliser dans la modélisation la **notion de Gisement Net Disponible (GND)** définie par l'étude ADEME 2013
- ▶ Compte tenu des objectifs de l'étude, il est en effet pertinent de considérer que **les unités s'approvisionnent au niveau du gisement économiquement adressable**, en partie en concurrence avec les autres usages
- ▶ **Il est nécessaire d'ajouter les « autres usages »** concurrentiels dans le bilan. Faute de données précises disponibles, une estimation majorante de ces usages est la différence entre le Gisement Mobilisable pour la méthanisation à horizon 2030 (GM) et le Gisement Net Disponible (GND).
- ▶ Les volumes de ces usages alternatifs sont supposés stables comparés aux besoins pour la méthanisation.
- ▶ Compte tenu de l'incertitude et de l'hétérogénéité des autres usages et de leur mode de compétition avec la méthanisation, **deux indicateurs distincts sont évalués à la maille départementale :**

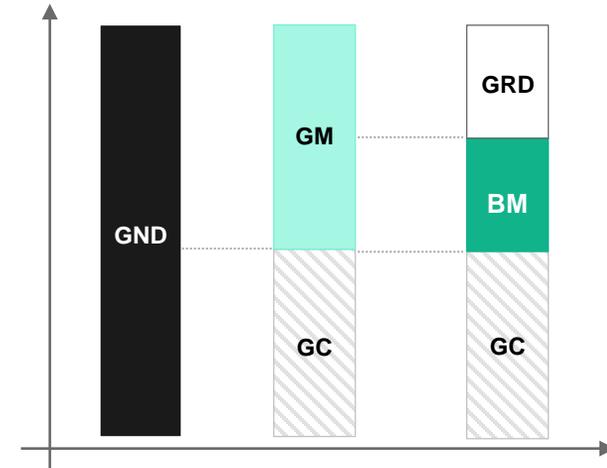
(1) Le taux de mobilisation propre à la filière méthanisation

$$T_{métha} = \frac{\text{Besoins méthanisation}}{GND}$$

(2) Le taux de mobilisation total (majorant)

$$T_{tot} = \frac{\text{Besoins méthanisation} + \text{Besoins maximum des autres usages}}{GND}$$

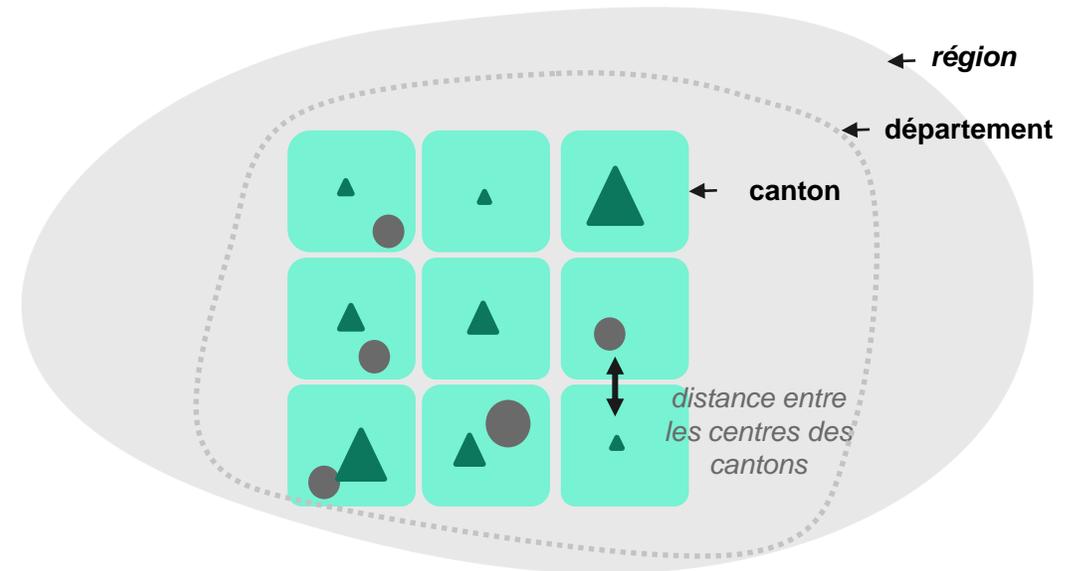
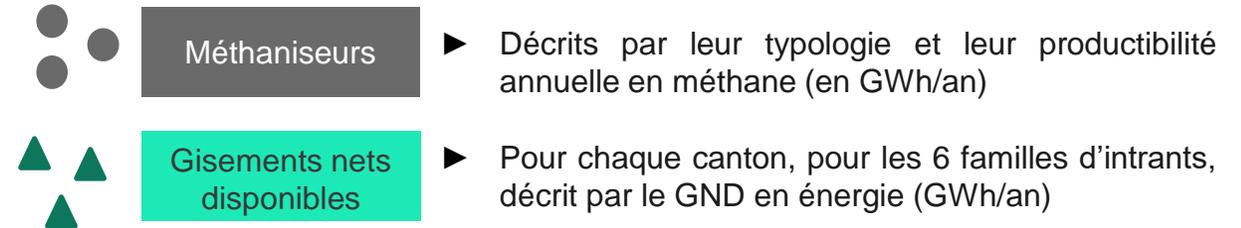
Décomposition du Gisement Net Disponible (GND)



- **GND** : Gisement Net Disponible
- **GM** : Gisement mobilisable pour la méthanisation à horizon 2030
- **GC** : Gisements maximum capté par les autres usages, en % du GND d'après ADEME 2013
- **BM** : Besoins en intrants pour le parc de méthaniseurs, calculés à parti du parc en service et des profils types
- **GRD** : Gisement restant disponible

Modèle d'allocation des ressources

- ▶ **L'approche par bilan présente une limite** puisqu'elle ne tient pas compte des contraintes réelles dans l'affectation des ressources disponibles vers les unités de méthanisation
- ▶ En effet, les matières méthanisables sont relativement coûteuses à transporter. En fonction des potentiels méthanogènes, il est courant que les **unités s'approvisionnent dans un rayon limité de l'ordre de quelques kilomètres à quelques dizaines de kilomètres**. Au-delà, le coût de transport dégrade la rentabilité des unités.
- ▶ Pour certaines matières comme les ressources industrielles, le rayon d'approvisionnement peut être plus étendu.
- ▶ Lorsque le nombre de méthaniseurs augmente, les prix sont tirés à la hausse par **l'augmentation du coût total de transport couplé à pression concurrentielle additionnelle**.
- ▶ **La mise en place d'un modèle d'allocation intégrant les contraintes géographiques permet de simuler les tensions entre les méthaniseurs.**
- ▶ Hypothèse du modèle : la zone d'étude (région administrative), est supposée suffisamment large pour être considérée comme indépendante (flux interrégionaux non pris en compte).



- **Contraintes du modèle** : (1) chaque méthaniseur doit satisfaire son approvisionnement en énergie (bilan individuel) ; (2) les ressources sont prélevées sur l'ensemble du territoire accessible (bilan total par matière)
- **Fonction de coût à minimiser** : total des OPEX d'approvisionnement (coûts d'achat des intrants + coûts de transport)

Intégration des équilibres de marché

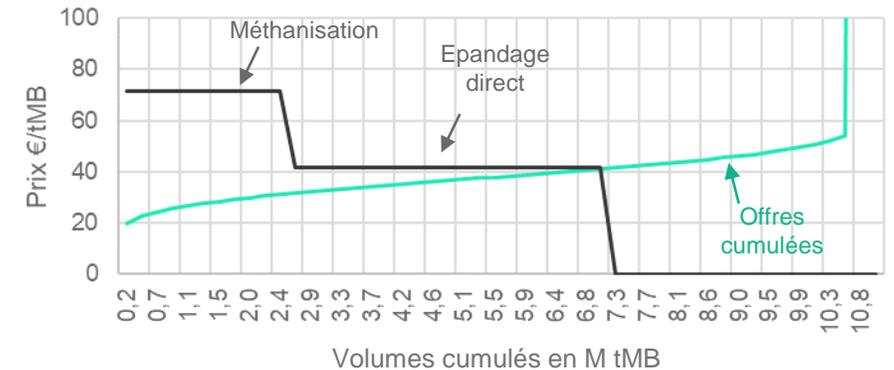
► Enjeux couverts par l'approche

- Le bric de modélisation « marché » est un modèle simplifié visant à déterminer un prix d'équilibre du marché par famille d'intrants.
- Elle prend en compte les compétitions avals par un calcul d'équilibre macroscopique, dépendant des volumes demandés par les filières.
- Cela permet de faire ressortir les couplages à long terme des prix moyens des intrants, des volumes mobilisés, et des coûts de production.

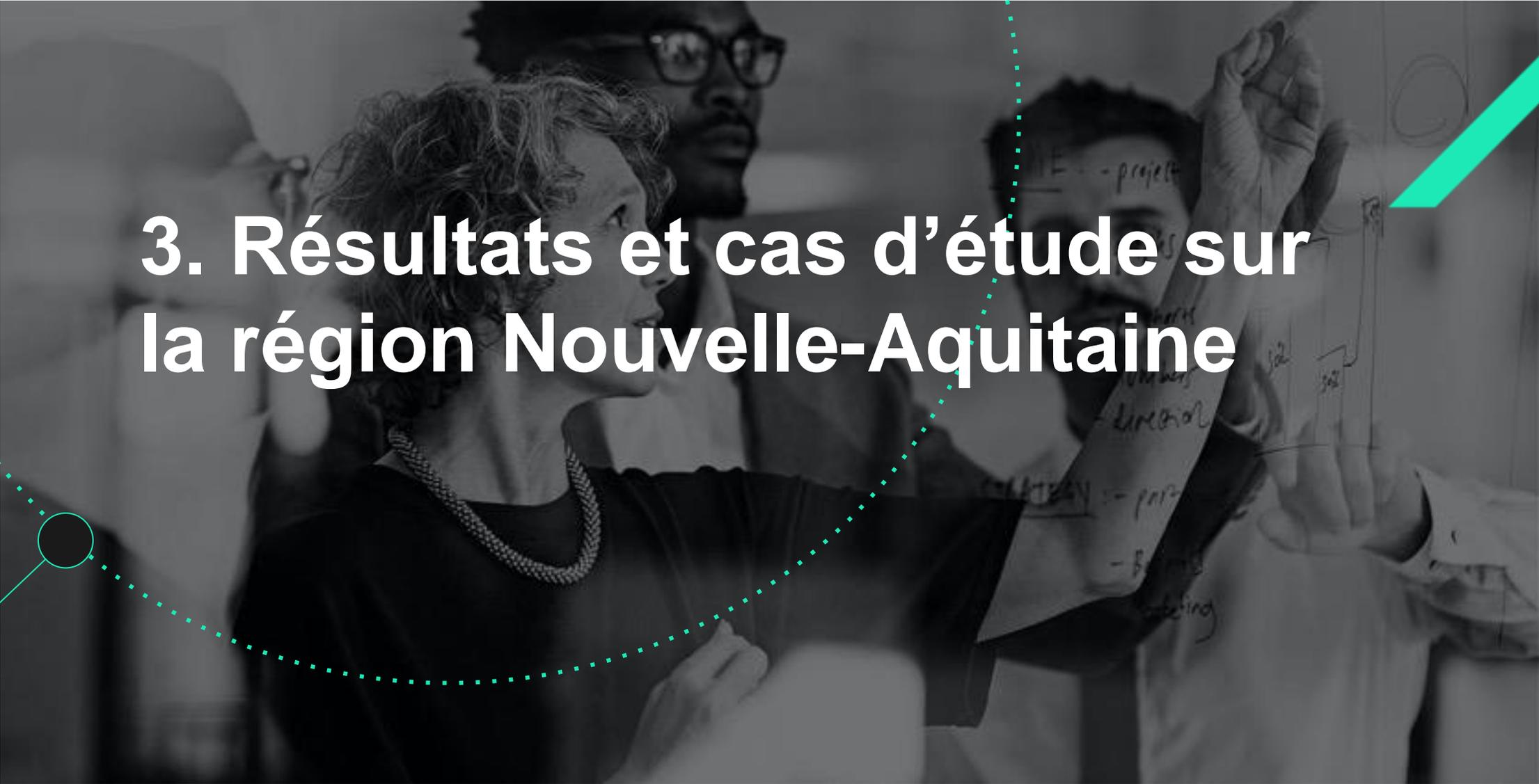
► Limites et enjeux non pris en compte

- × Le but n'est pas d'estimer précisément les prix de marché par type de matière ou géographiquement, ni leurs variations ponctuelles, mais d'estimer des coûts d'approvisionnement moyens et d'anticiper les évolutions selon l'évolution des grandes masses mobilisées
- × Le « troc » est assimilé à des échanges découplés entre matière et digestat
- × Les acteurs de marché sont supposés rationnels
- × Les facteurs exogènes à court terme et les fluctuations des prix en découlant ne sont pas pris en compte

Exemple d'équilibre offre/demande modélisé
(effluents d'élevage)



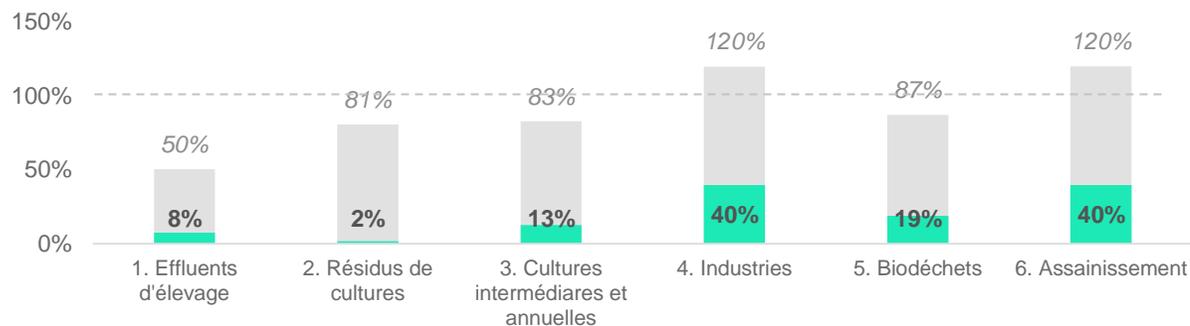
- **Offre** : le volume total (GND) est proposé. La courbe de distribution des prix est calibrée à partir des prix constatés et des prix minimums selon la logique de valorisation vue des producteurs
- **Demande** : volumes demandés par les filières en concurrence, classé par *merit order* décroissant.
- **Résolution** : détermination du prix et du volume d'équilibre par maximisation du surplus économique



3. Résultats et cas d'étude sur la région Nouvelle-Aquitaine

Résultats : estimation du taux de mobilisation à l'échelle nationale

Estimation du taux de mobilisation du Gisement Net Disponible propre à la filière méthanisation



x% Estimation du taux de mobilisation du Gisement Net Disponible propre à la filière méthanisation

x% Estimation du taux de mobilisation total du Gisement Net Disponible (majorant)

Cf. définitions slide 22

► **Les taux de mobilisation propres à la filière méthanisation sont :**

- Relativement faibles (<15%) pour les ressources agricoles
- Moyens pour les ressources non agricoles (20-40%)
- Pour les ressources des IAA et les biodéchets, les besoins estimés à date sont proches ou dépassent la fraction supposée mobilisable à horizon 2030 pour la méthanisation dans l'étude ADEME 2013. Cela traduit un risque plus fort de concurrence pour l'accès à la ressource.
- Une analyse qualitative de ces résultats est détaillée sur le cas de la Nouvelle-Aquitaine

Effluents d'élevage



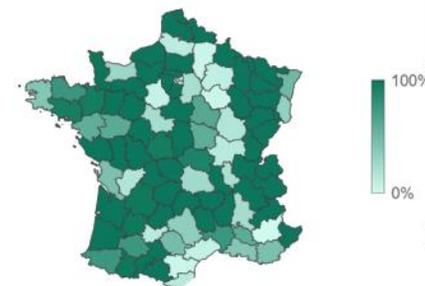
Résidus de culture



Cultures intermédiaires et annuelles



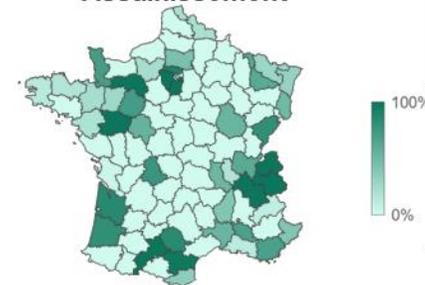
Industries



Biodéchets



Assainissement



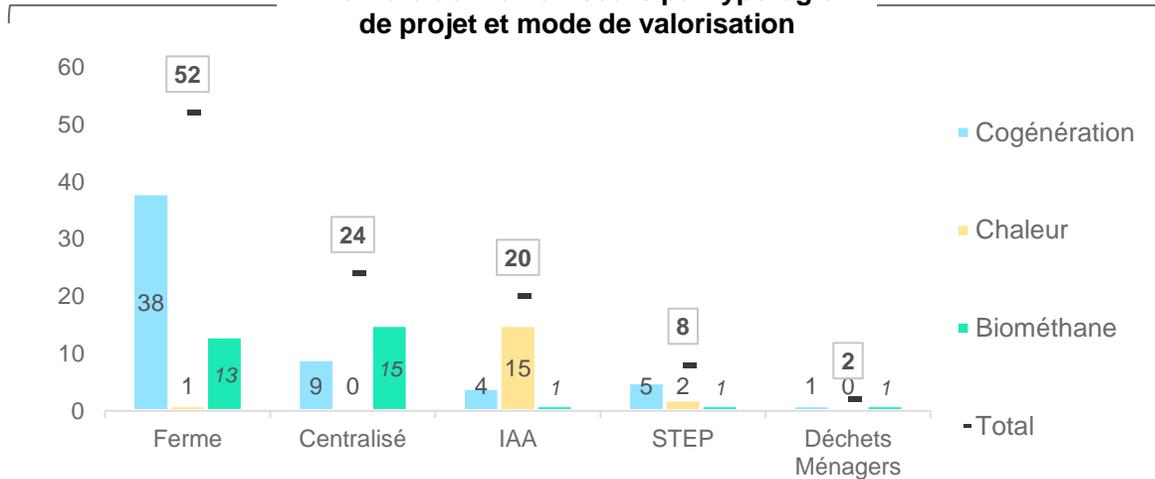
x%

Taux de mobilisation du GND propre à la filière méthanisation

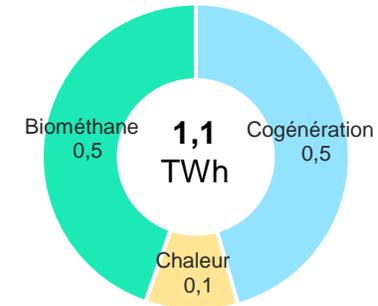
Cas d'étude : Région Nouvelle Aquitaine

- Première région agricole de France, la Nouvelle-Aquitaine dispose d'une SAU de 4,2 Mha, avec une prédominance de la production végétale (69%), en particulier en raison de son bassin viticole, et 31% de production animale.
- La région comptait **106 méthaniseurs** à la fin de l'année 2021, pour une productivité en méthane de plus de 1,15 TWh soit une capacité de 11 GWh/an par projet en moyenne.
- Les projets de type agricole y sont majoritaires, bien que le nombre de méthaniseurs industriels y soit plus élevé qu'au niveau national, fort de 20 méthaniseurs IAA « historiques » en fonctionnement depuis les années 2000.

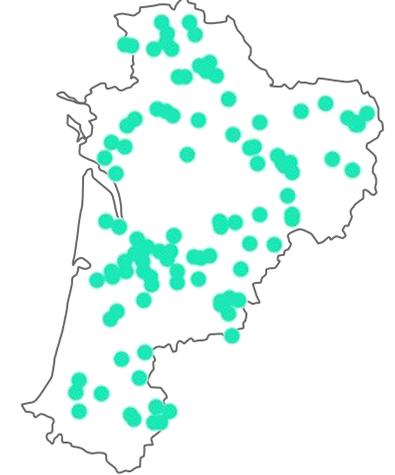
Nombre de méthaniseurs par typologie de projet et mode de valorisation



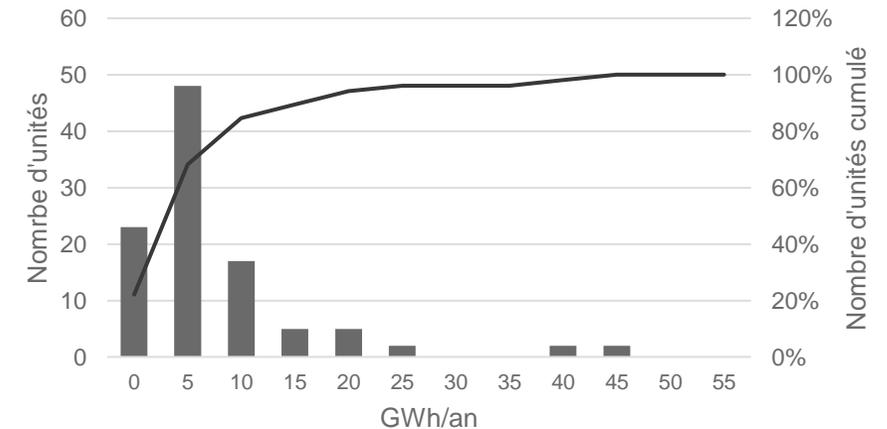
Productivité annuelle par mode de valorisation



Localisation des unités en service à fin 2021



Distribution de la productivité annuelle par unité

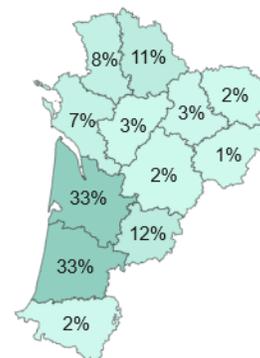


Bilan sur la Région Nouvelle Aquitaine

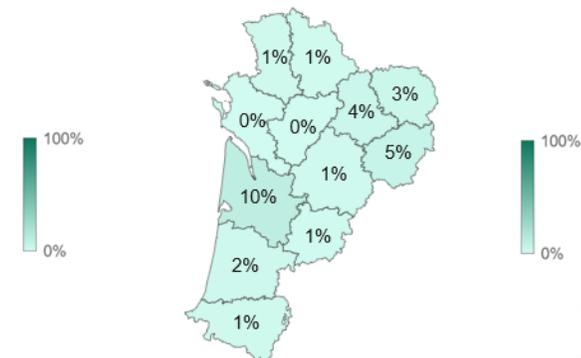
Les taux de mobilisation sur la Région Nouvelle Aquitaine suivent les tendances constatées au niveau national :

- ▶ **Une utilisation encore modérée des effluents d'élevage**, principale source en masse du gisement méthanisable disponible
- ▶ **Une faible utilisation des résidus de cultures**
- ▶ **Des CIVE partiellement mobilisées**, avec une marge de progression importante
- ▶ **Des taux de mobilisation très élevés pour les ressources des IAA, et les biodéchets dans une moindre mesure.** Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces valeurs :
 - Une sous-estimation probable du gisement industriel disponible (même constat au niveau national).
 - Des cas réels de saturation : situation avérée sur le département des Landes qui est net importateur de matières IAA (140 % d'après la Région)
 - Une surestimation possible des besoins des méthaniseurs en ressources des IAA (méthaniseurs industriels et agricoles).
- ▶ **Des ressources issues de l'assainissement bien mobilisées dans les départements les plus urbanisés**, où des méthaniseurs sur STEP sont déjà en place, mais peu dans les départements les plus ruraux, où la marge de progression est encore importante

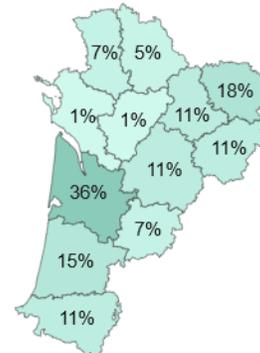
Effluents d'élevage



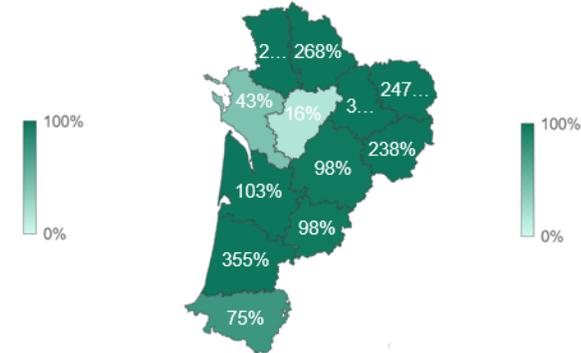
Résidus de culture



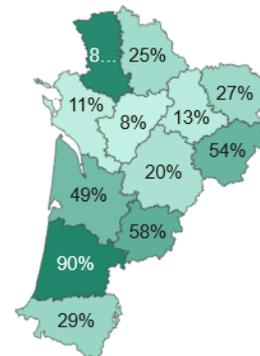
Cultures intermédiaires et annuelles



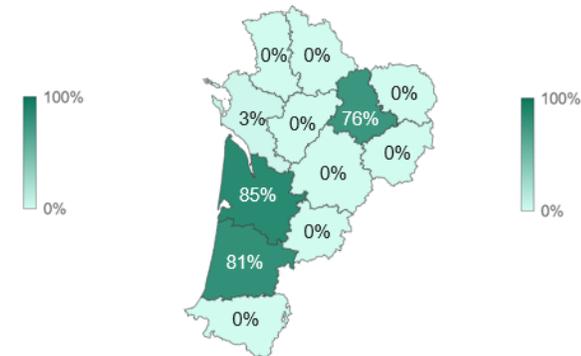
Industries



Biodéchets



Assainissement



x% Taux de mobilisation du GND propre à la filière méthanisation

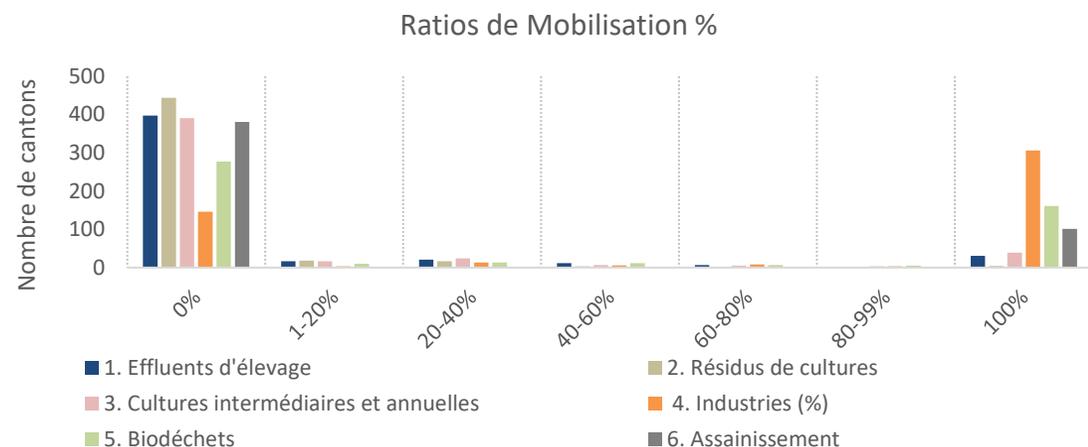
Allocation des ressources sur la Nouvelle Aquitaine

Situation à fin 2021

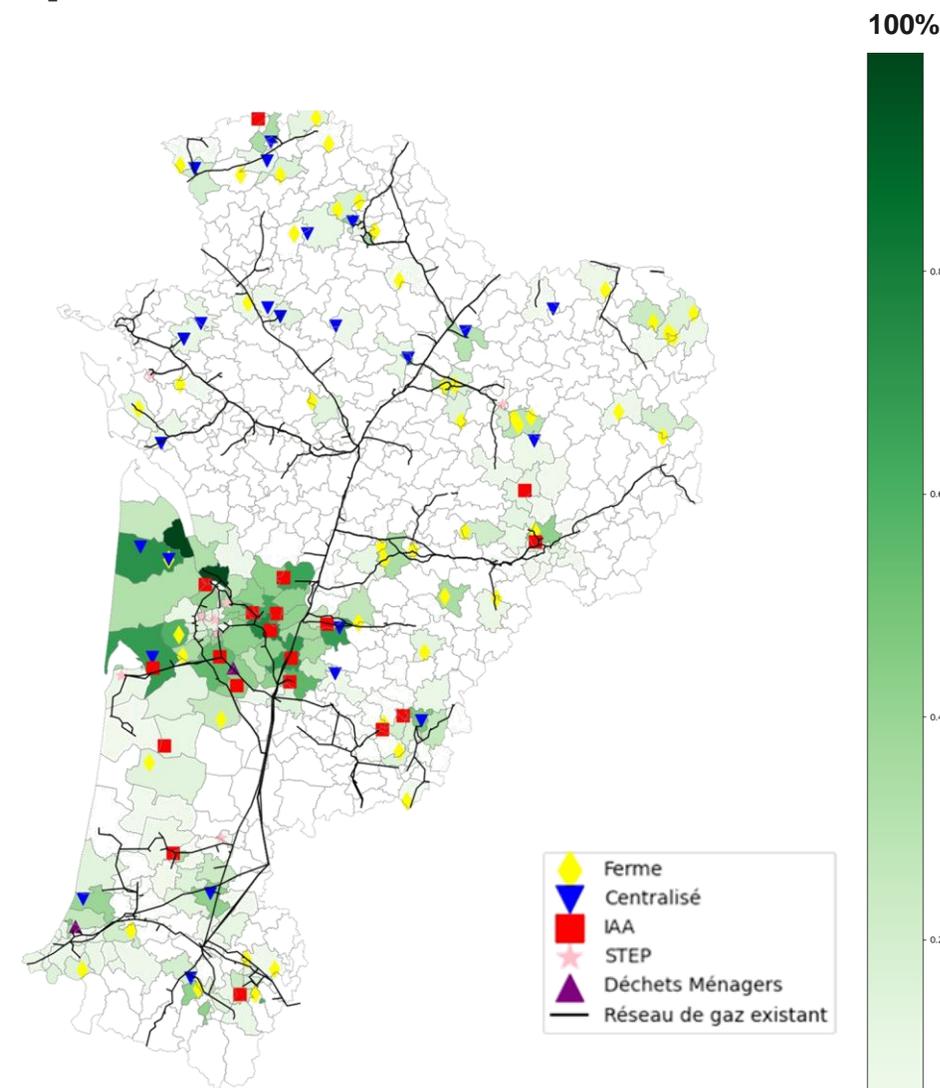
► La situation de référence suivante, reflétant le parc à fin 2021, à été simulée :

Familles d'intrants	Unité	GND	Consommation du parc de méthaniseurs*
1. Effluents d'élevage	GWh/an	5 052	294
2. Résidus de cultures	GWh/an	13 050	159
3. Cultures intermédiaires et annuelles	GWh/an	3 421	217
4. Industries	GWh/an	147	174
5. Biodéchets	GWh/an	734	281
6. Assainissement	GWh/an	234	84

Remarque : le GND « Industries » n'étant pas suffisant pour satisfaire aux contraintes du modèle, un terme de bouclage a été ajouté pour compenser le manque de gisement sur cette catégorie



Mobilisation du Gisement Net Disponible par canton



Impacts sur les coûts d'approvisionnement

Situation à fin 2021

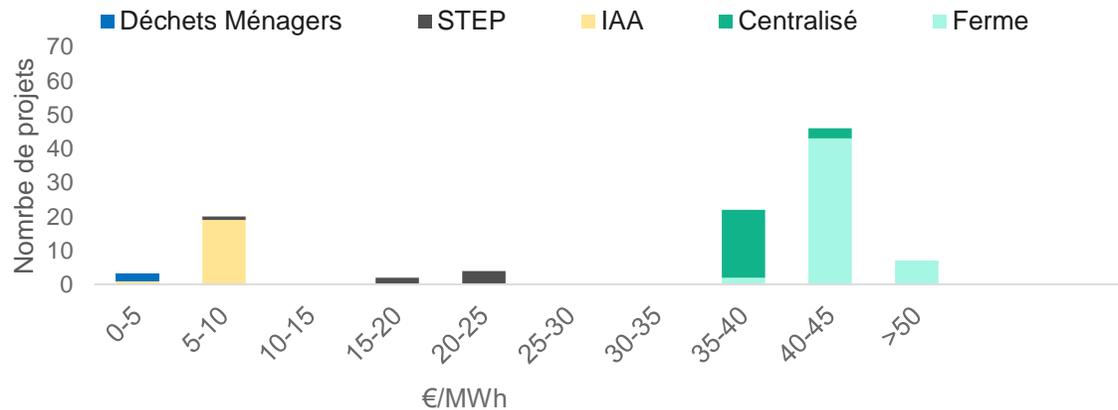
► Coût total d'approvisionnement :

- Dans cette configuration, les coûts d'approvisionnement en intrants se répartissent à 80% pour les coûts d'achat des matières, et 20% pour les coûts de transport
- Cette répartition est très dépendante des typologies de projet

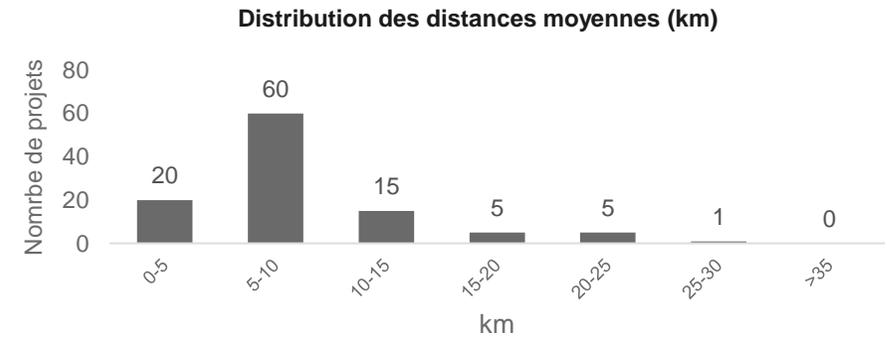


► Coût d'approvisionnement unitaire :

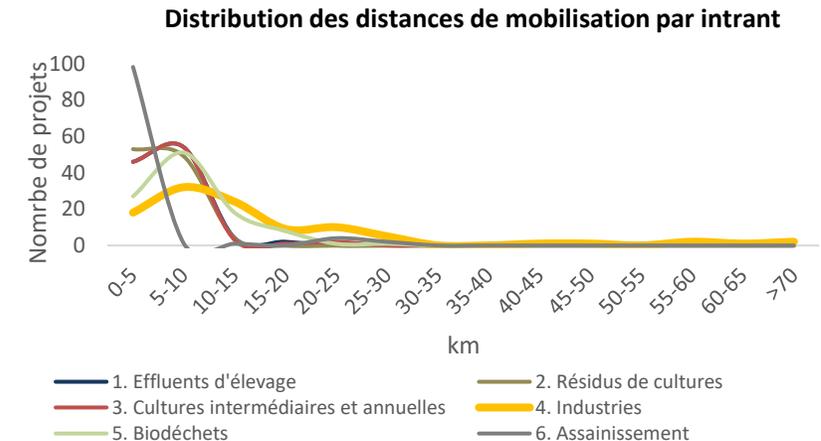
Ramenées à la production des unités, ces charges variables s'échelonnent entre 0 et 50 €/MWh (moyenne pondérée : 32 €/MWh)



- En moyenne les rayons d'approvisionnement des unités sont de 9 km, et très majoritairement de moins de 20 km



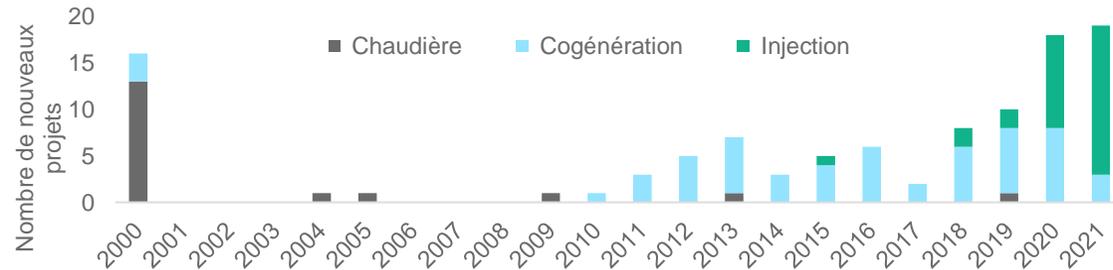
- Des différences existent selon les familles d'intrants : cette valeur est plutôt de l'ordre de 15 km pour les IAA, avec des cas jusqu'à 70 km



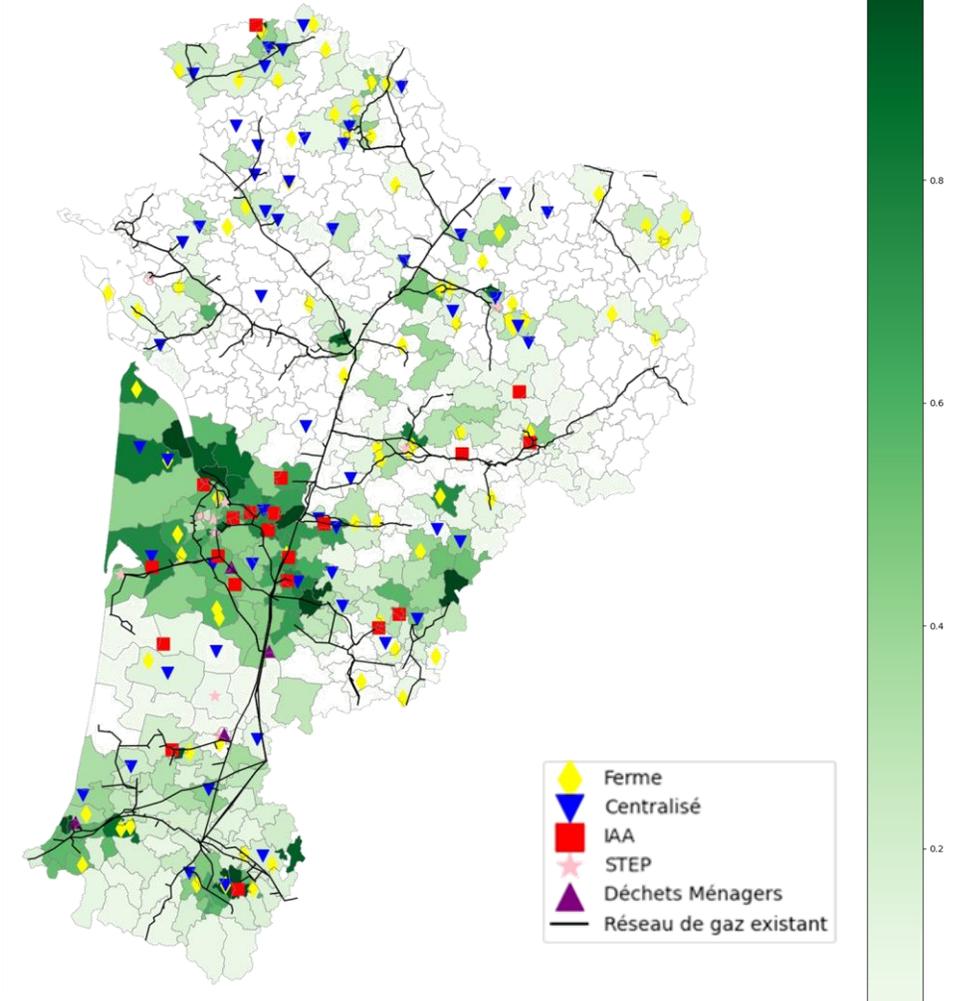
Allocation des ressources sur la Nouvelle Aquitaine

Evolution à moyen terme avec les projets de la file d'attente biométhane

- Afin de modéliser le développement de nouvelles unités en Nouvelle-Aquitaine, une projection de la file d'attente* des projets d'injection a été réalisée.
- La filière biométhane est en effet la plus dynamique, et la croissance attendue dans les prochaines années sera essentiellement portée par les projets injectant dans les réseaux de gaz.



- En septembre 2022, le registre des capacités biométhane comptait 95 projets en Nouvelle Aquitaine, pour une capacité totale de 2219 GWh/an.
- En analysant les données par département et en retranchant les projets déjà en service, il est possible d'estimer les projets en phase d'étude susceptibles d'entrer en service dans les prochaines années.
- Bien que certains projets pourraient être abandonnés ou retardés, cette projection peut être considérée comme représentative de l'horizon 2027-2028.



Impacts sur les coûts d’approvisionnement

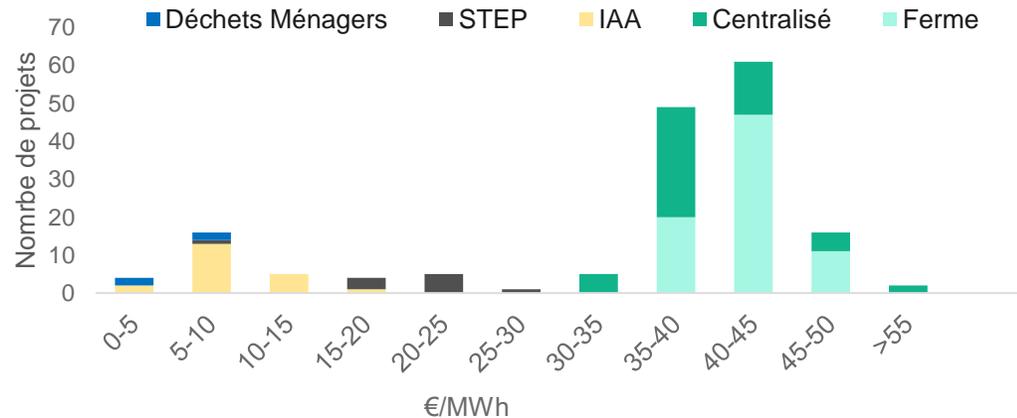
Evolution à moyen terme avec les projets de la file d’attente biométhane

► Situation projetée avec la file d’attente biométhane :

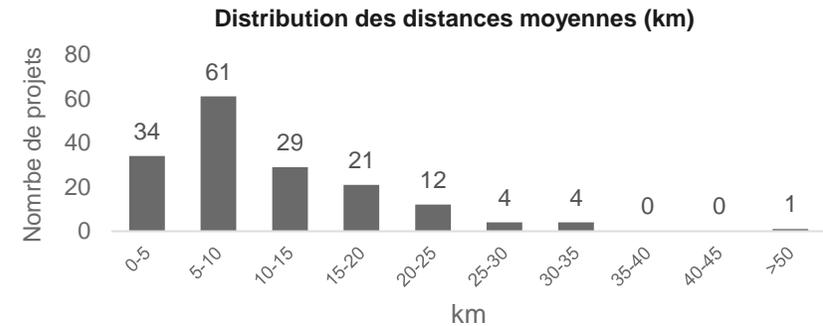
Familles d'intrants	Unité	GND	Consommation du parc de méthaniseurs*
1. Effluents d'élevage	GWh/an	5 052	847
2. Résidus de cultures	GWh/an	13 050	428
3. Cultures intermédiaires et annuelles	GWh/an	3 421	636
4. Industries	GWh/an	147	346
5. Biodéchets	GWh/an	734	598
6. Assainissement	GWh/an	234	96

Remarque : le GND « Industries » n'étant pas suffisant pour satisfaire aux contraintes du modèle, un terme de bouclage a été ajouté pour compenser le manque de gisement sur cette catégorie

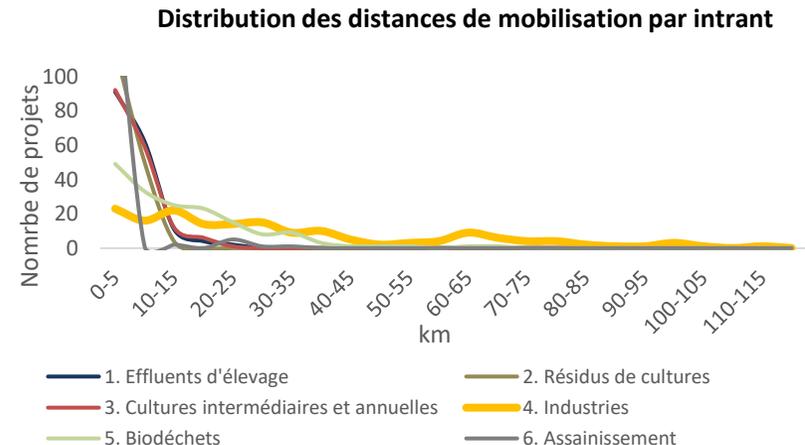
► Coût d’approvisionnement unitaire : ramenées à la production des unités, ces charges variables s’échelonnent entre 0 et 55 €/MWh (moyenne : 37,5 €/MWh)



- En moyenne les rayons d’approvisionnement des unités sont de **10,7 km**, et très majoritairement de moins de 25 km

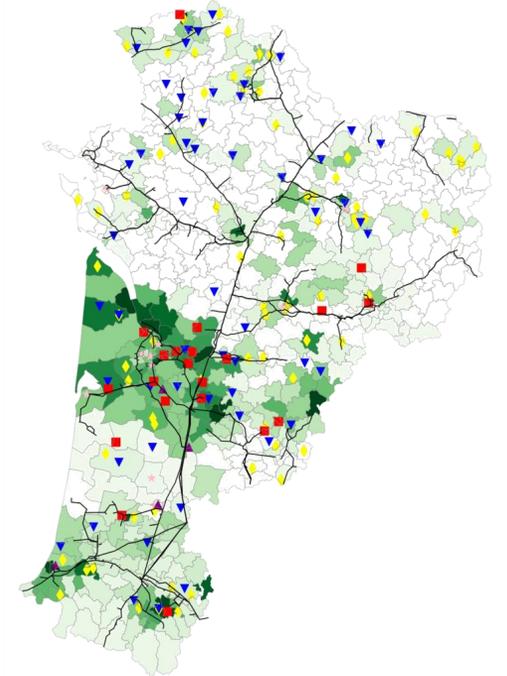
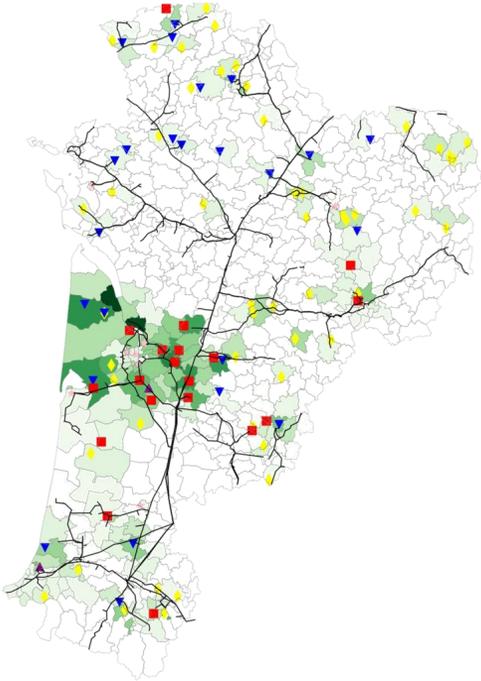


- Des différences existent selon les familles d’intrants : cette valeur est plutôt de l’ordre de **30 km pour les IAA**, avec des cas jusqu’à **100 km**



Comparaison des deux situations

Situation à fin 2021	Avec la file d'attente biométhane	
<i>Parc en service</i>		
106 unités	170 unités (+64 dont 58 agricoles)	+60%
1,28 TWh/an	3,09 TWh/an (+1,8 TWh/an)	+140 %
<i>Coût d'approvisionnement pondéré ¹</i>		
31,7 €/MWh	37,5 €/MWh	+ 18 %
<i>Coût d'approvisionnement moyen ²</i>		
35,5 €/MWh	37,5 €/MWh	+ 5 %
<i>Rayon d'approvisionnement moyen</i>		
8,7 km	10,7 km	+ 23 %





Conclusions et recommandations

Synthèse des enseignements qualitatifs



Les biomasses méthanisables ont différents usages et modes de valorisation, qui peuvent être **opposés ou complémentaires à la méthanisation**

Le fléchage des biomasses méthanisables obéit à une **logique économique du point de vue du producteur**

Il existe différents schémas susceptibles de créer des **compétitions, essentiellement en aval** de la production de la biomasse méthanisable

Les logiques de valorisation et les modes de compétition sont **variables selon les types de biomasses**

La difficulté d'accès aux données économiques est un **frein pour quantifier les effets de marché**

Il existe une incertitude sur la quantité de matière disponible et consommée par la méthanisation, en particulier pour les ressources industrielles

Les tensions ponctuelles marquées ne sont pas représentatives de la majorité de la biomasse. Elles montrent cependant la sensibilité de la filière aux contraintes sur les approvisionnements.

La diffusion de bonnes pratiques d'approvisionnement comme la contractualisation à moyen ou long terme, contribue à professionnaliser la filière et à limiter les concurrences indésirables

Synthèse de l'approche quantitative sur la Nouvelle Aquitaine



Le niveau de mobilisation du Gisement Net Disponible est encore relativement bas, mais **avec des différences selon les matières.**

Pour les intrants agricoles, représentant 90 % du gisement, les **taux de mobilisation sont inférieurs à 15%** et la marge mobilisable est encore conséquente.

Pour les ressources des IAA et les biodéchets, les gisements sont plus contraints, avec des concurrences qui risquent d'être plus marquées à l'avenir.

L'approche par allocation des ressources permet de prendre en compte les contraintes de distance qui impactent les approvisionnements.

La modélisation du parc en Nouvelle Aquitaine ne pose pas de problématique majeure à date, sauf pour les ressources des IAA.

La projection de le file d'attente biométhane, représentative du parc à horizon 5 ans, met en évidence une **hausse limitée des coûts d'approvisionnement, de l'ordre** de +5% pour une capacité de production multipliée par 2,5.

Recommandations proposées



Pour les porteurs de projets

Bonnes pratiques pour limiter les tensions

Contractualiser si possible les intrants sur plusieurs années. Viser un taux de couverture proche de 100%.

Limiter une trop forte exposition aux intrants les plus volatiles (huiles, glycérine,..) dans les plans d'approvisionnement.

Identifier les risques de concurrences et les synergies possibles avec les unités à proximité.

Eviter de construire de nouvelles unités **dans les zones à très forte densité de méthaniseurs.**



Pour la filière méthanisation / GT Biogaz

Accompagner la filière pour maîtriser les tensions

Accélérer la professionnalisation de la filière en partageant les écueils et bonnes pratiques relatives aux approvisionnements en matière.

Consolider les données techniques, en particulier les profils d'approvisionnement, spécifiques selon les régions.

Encourager le partage de certaines données économiques (réalisation d'enquêtes, REX,..).

Réaliser une veille continue sur les risques de tension. A terme, possibilité de mettre en place un observatoire des prix.

Annexes

Résultats de l'étude des prix constatés et calculs de prix théoriques



1. Effluents d'élevage



2. Résidus de cultures



3. CIVE et cultures annuelles

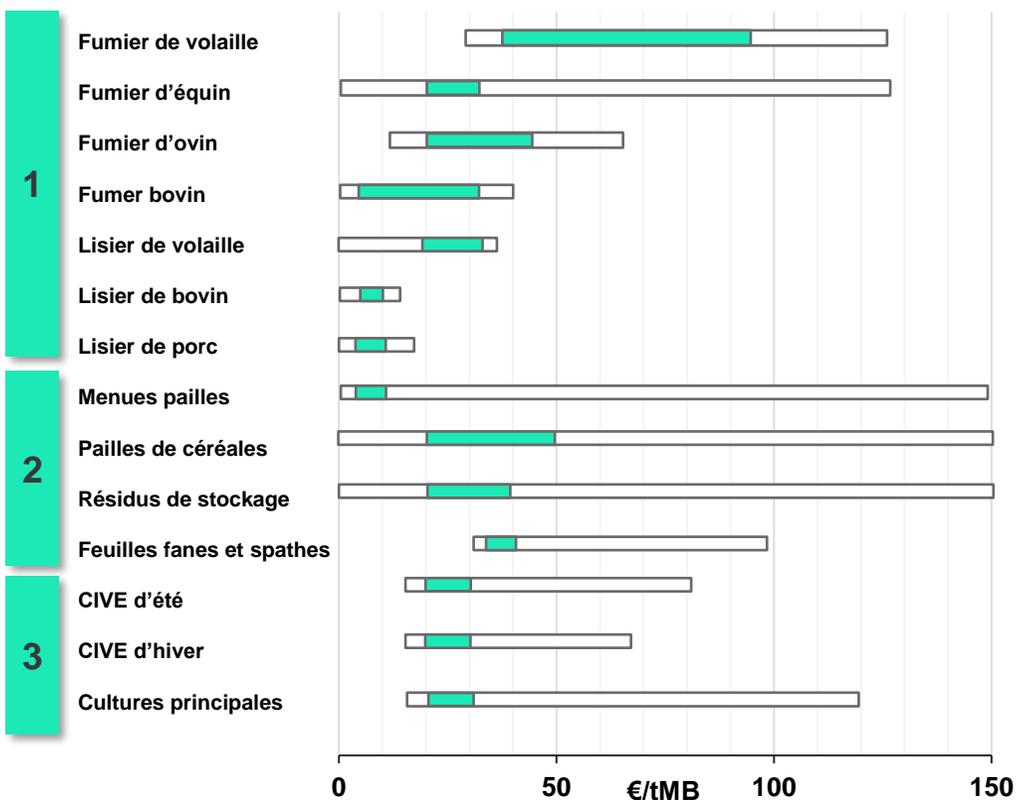


4. Matière industrielle

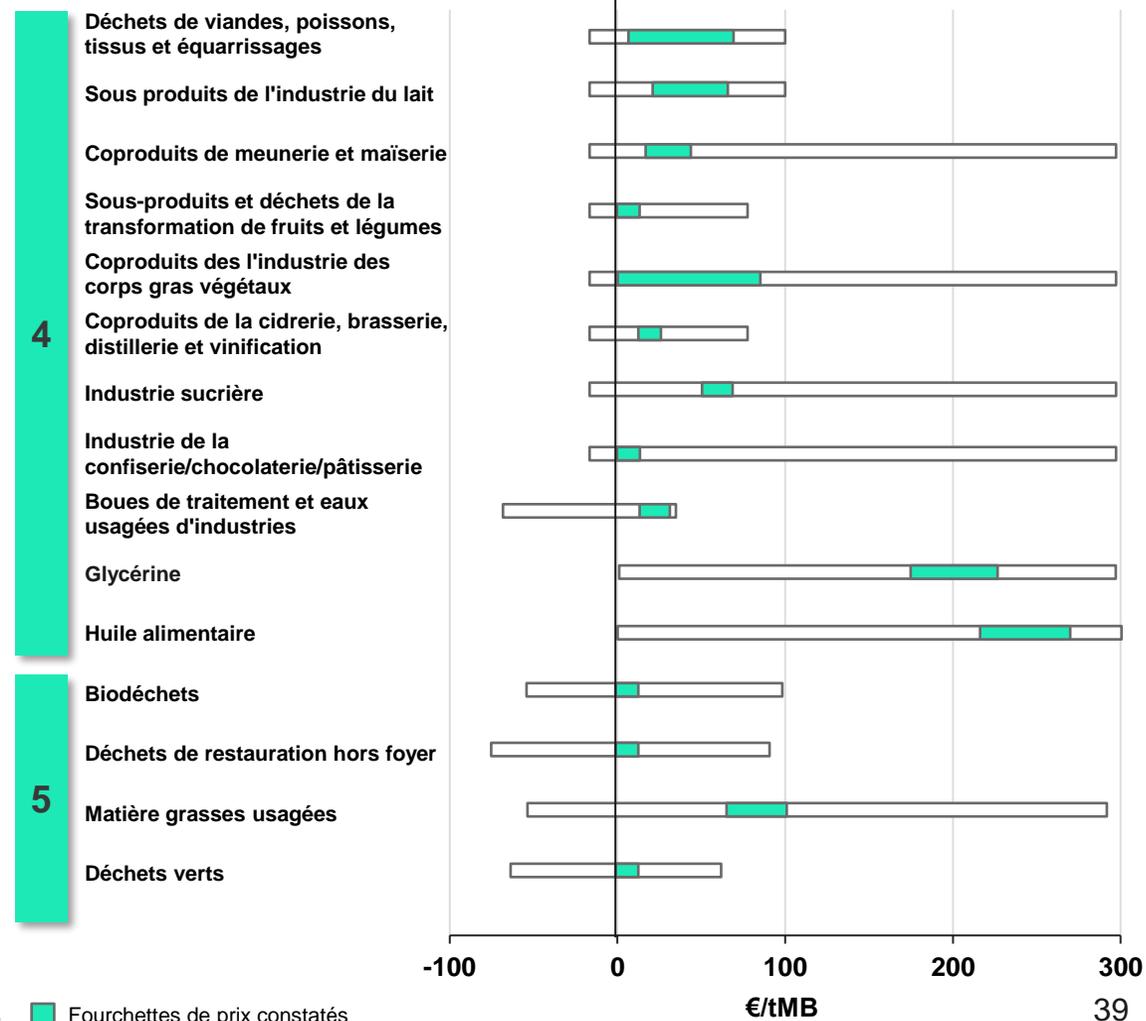


5. Biodéchets

Prix constatés et limites théoriques des prix par famille d'intrant



Prix constatés et limites théoriques des prix par famille d'intrant



Calcul des prix minimums de vente selon la logique de valorisation (1/2)



Valeur fertilisante

Le détenteur de la biomasse raisonne en termes d'apport en minéral fertilisant. Le contenu fertilisant a une valeur économique p_{NPK} , liée au prix des engrais :

$$p_{NPK} (\text{€/tMB}) = \sum a_i (\%/\text{tMB}) m_i (\text{tMB}) p_i (\text{€/tMB})$$

Pour un minéral $i = N; P; K$; a_i est l'apport minéral de la biomasse; x_i est la fraction massique de l'élément dans la biomasse; p_i est la valeur économique de l'élément (prix NPK de référence 2019)

Pour obtenir la valeur fertilisante « rendue racine » p_{fert} , le coût dépendage p_{ep} (10€/tMB*, supposé fixe) est soustrait.

$$p_{fert} (\text{€/tMB}) = p_{NPK} (\text{€/tMB}) - p_{ep} (\text{€/tMB})$$

Catégorie	Sous-catégorie	Prix fert. €/tMB	Catégorie	Sous-catégorie	Prix fert. €/tMB
Fumier	Volaille	31	Pailles	Menues pailles blé	0
	Caprin	17		Menues pailles orge	0
	Equin	3		Pailles de céréales	1
	Ovin	11			
	Bovin	4			
	Cunicole	14			
	Porc	11			
Lisier	Volaille	0			
	Bovin	0			
	Cunicole	0			
	Porc	0			

* Sia Partners, moyenne de plusieurs coûts constatés



Production dédiée de CIVE

Le producteur de CIVE raisonne sur la marge totale sur le système cultural, et pas uniquement sur le coût de production d'une culture.

La méthode de calcul considère le cas de référence majoritaire où l'agriculteur arbitre entre le blé et un système « CIVE + maïs ». Pour que le choix « CIVE + maïs » soit rentable, il faut que la marge nette pour la CIVE et le maïs égale la marge nette du blé (ou y soit comparable). Les données nécessaires pour ce calcul sont le prix du blé, son coût de production, le prix et le coût de production du maïs, et le coût de production des CIVE.

(méthode de calcul proposée par AgriCarbone):

$$p_{blé} - c_{blé} = p_{maïs} - c_{maïs} + p_{CIVE} - c_{CIVE}$$

$$\Leftrightarrow p_{CIVE} = p_{blé} - c_{blé} - p_{maïs} + c_{maïs} + c_{CIVE}$$

p_i : prix de vente de la culture i ; c_i : cout complet de production de la culture i

**Prix théorique minimal
pour les CIVE (moyenne)**

31,5	€/tMB
8,4	€/tMS

pour 21 %MS

Calcul des prix minimums de vente selon la logique de valorisation (2/2)



Redevance déchets

Le producteur de biodéchets raisonne en termes de service de gestion de déchets réalisé par la méthanisation. Le prix de vente sera égal ou supérieur à l'équivalent de son coût de traitement par une autre solution de traitement. En théorie les matières organiques doivent être triées et valorisées (sauf pour les particuliers et petits professionnels, mais qui seront concernés en 2024).

Méthode de calcul pour la redevance versée (transport vers l'unité de méthanisation et déconditionnement exclus):

$$p_{redevance} (\text{€/tMB}) = c_{traitement}$$

Où $c_{traitement}$ est le coût de l'étape de traitement.

Sous-catégorie d'intrant	Prix minimum retenu €/tMB
Fraction fermentescible des OM	-86
(Bio)déchets GMS	-49
Biodéchets des marchés	-49
Déchets de cuisines collectives	-88
Déchets de restauration	-88
Déchets verts	-64



Usage concurrentiel

Le détenteur de la biomasse (industriel) vend ses coproduits à l'acheteur le plus offrant. Cette logique crée un *merit order* par ordre décroissant. Le demandeur le plus offrant obtient la quantité de biomasse qu'il demande, le moins offrant récupère le gisement restant.

Les prix d'achat des usages concurrentiels sont établis à l'aide du benchmark des prix constatés des biomasses méthanisables. Les usages principaux sont dans **l'alimentation animale et humaine**.

Limitation de cette méthodologie:

- Les prix observés peuvent correspondre à des volumes réduits (effet d'échelle)
- Certaines biomasses ont été assimilées à d'autres en l'absence de données publiques sur les prix
- Les montants réellement contractualisés pour ces coproduits sont confidentiels

Sous-catégorie d'intrant	Usage concurrentiel	Prix min. constaté €/tMB	Prix max. constaté €/tMB
Drêches et grignons de légumes	Alimentation humaine & animale	55	350
Pulpes de légumes		40	120
Lies et marcs de distillerie	Cosmétique	0	350
Glycérine		100	300

Prix maximum d'achat et coût de transport



Prix maximum théorique

On suppose que l'unité de méthanisation est en mesure d'acheter une biomasse tant que son prix d'achat est inférieur à sa valeur intrinsèque, déterminée par le contenu méthanogène. Pour calculer une valeur maximale, on raisonne sur le prix marginal et les autres charges de fonctionnement et les amortissements des CAPEX sont négligées (à noter que cette valeur maximal n'est pas atteinte, ni dans les faits, ni dans dans le modèle) :

$$p_{max}(\text{€/tMB}) = t_{achat}(\text{€/tMB}) * BMP(m^3_{CH_4}/tMB) * PCS(MWh/m^3_{CH_4})$$

Où p_{max} est le prix maximum théorique, t_{achat} le tarif d'achat moyen, BMP le pouvoir méthanogène, et PCS le pouvoir calorifique supérieur du biométhane de 10,9 kWh/Nm³.

Prix maximum théorique pour une sélection d'intrants

Sous-catégorie d'intrant	Prix minimum retenu €/tMB
Boues de papeterie	30
Eaux blanches de laiterie	2
Boues biologiques issues de matière animale	33
Résidus aqueux de distillerie	31
Alcools et boues décanteuses	101
Glycérine	723



Coût de transport

Le calcul du coût de transport rentre en compte dans les coûts d'approvisionnements des méthaniseurs.

Le type de véhicule utilisé varie selon le type d'intrant. Une recherche bibliographique a été réalisée pour attribuer des coûts de transport à chaque catégorie d'intrant.

Famille	1	2	3	4	5		
Catégorie	1.1 Fumier	1.2 Lisier	2.1-3 Déchets de culture	3.1-3 CIVE	4.1-8, 4.10 IAA	4.9 IAA liquides	5.1-5.4 Biodéchets conditionnés
Hypothèse sur le type de transporteur	Manure semi tanker	Kombiliniier	Benne céréalière	Benne céréalière	Porte conteneur	Citerne	Porte conteneur
Coût €/km.t	0,050	0,085	0,034	0,034	0,032	0,032	0,032

Ces valeurs sont utilisés dans la brique « allocation des ressources » du modèle.

Modèle d'allocation des ressources

Formulation du problème d'optimisation

x_{ij} = quantité d'intrant de type j
mobilisé par l'unité i sur une année

Pour une unité i donnée, x_{ij} ne dépend que de la typologie t de l'unité et de la taille q de l'unité

$$\forall i \in [1, M], \sum_{j=1, N} x_{i,j} = R_i$$

Contrainte 1 : chaque méthaniseur remplit son approvisionnement en matières

$$\forall j \in [1, N], \sum_{\substack{i=1, M \\ c=1, C}} x_{i,j} \leq Q_j$$

Contrainte 2 : limite du volume d'intrants de type j disponible en tMB sur la maille d'étude

$$\forall i \in [1, M], O_i = \sum_{\substack{j=1, N \\ c=1, C}} x_{ij} \times (P_j + CT_{j,i,c})$$

Définition des OPEX intrants de l'unité i

- P_j = prix à la source de l'intrant de type j en €/tMB
- $CT_{j,i,c}$ = coût de transport en €/tMB pour l'intrant de type j , pour l'unité i . Ce terme dépend donc de la distance aux gisements mobilisables : $CT_{j,i,c} = CN_j \times D_{i,c}$ (i : canton du méthaniseur, c = tous les autres cantons). Pour un canton c et un méthaniseur i donnés, CN_j est le coût de transport normatif en €/t pour le type d'intrant j

$$Fmin = \sum_{i=1, M} O_i$$

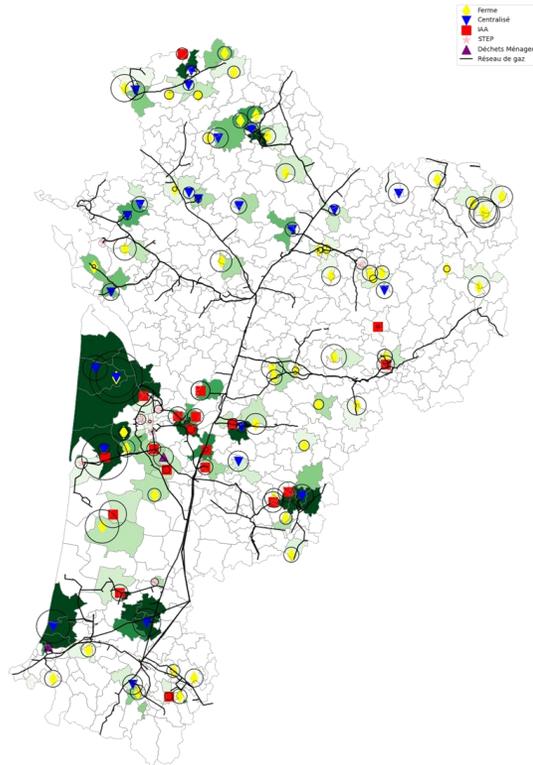
Fonction objectif à minimiser

Le modèle développé minimise du coût total de l'allocation des ressources. Il s'agit d'un problème d'optimisation linéaire sous contraintes, qui est résolu par un algorithme en libre accès (bibliothèque python PuLP)

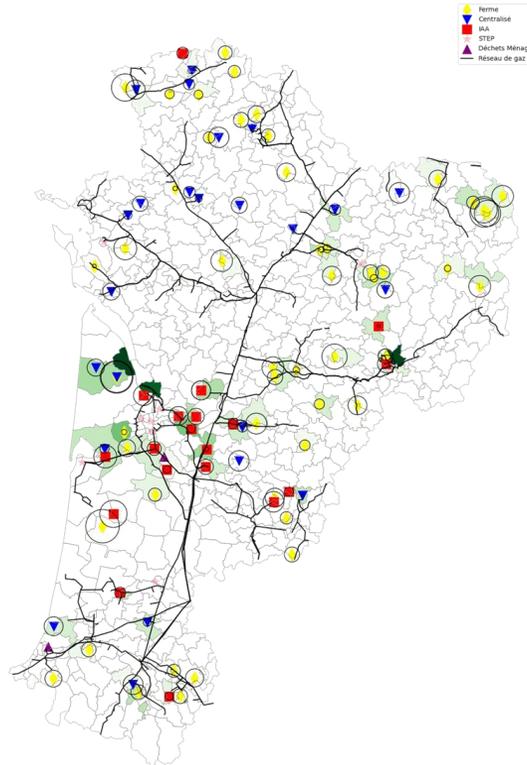
Résultats de modèle d'allocation : carte par famille d'intrant

Situation de référence à fin 2021

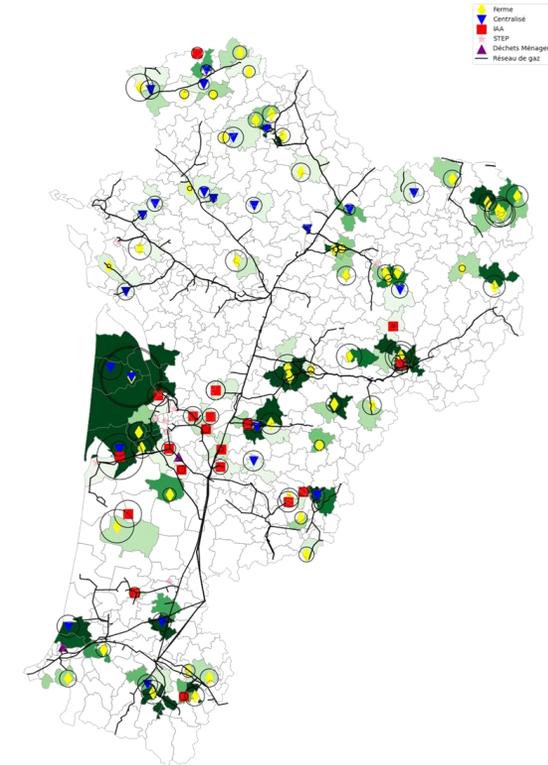
1. Effluents d'élevage: ratio de mobilisation



2. Résidus de cultures: ratio de mobilisation

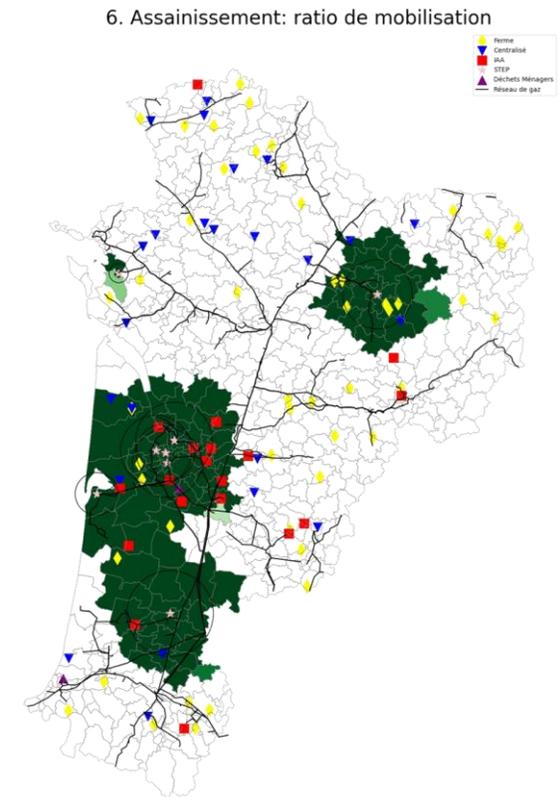
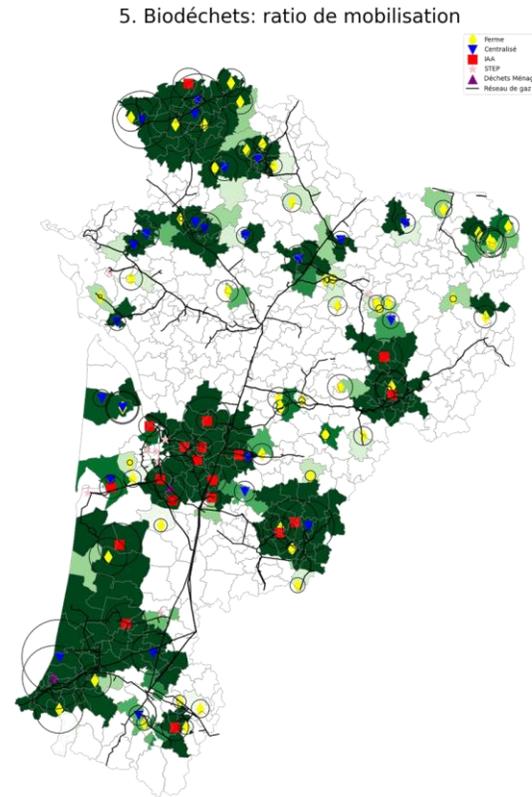
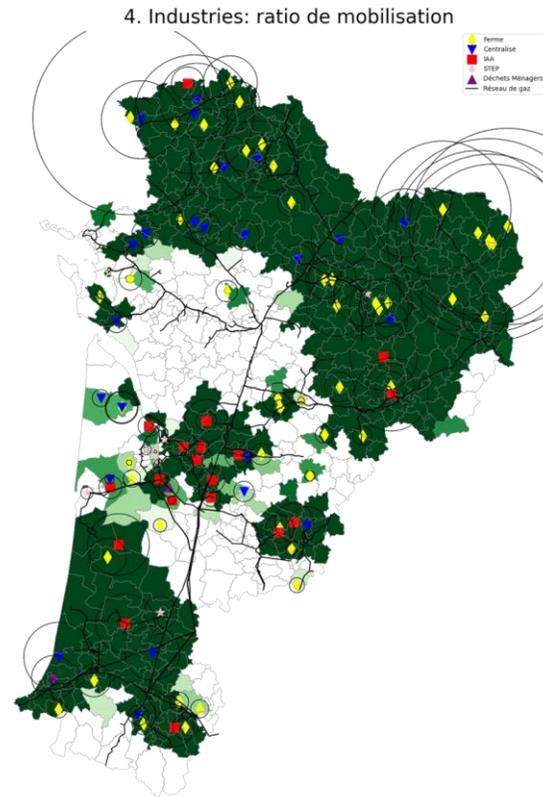


3. Cultures intermédiaires et annuelles: ratio de mobilisation



Résultats de modèle d'allocation : carte par famille d'intrant

Situation de référence à fin 2021



Analyse de sensibilité du modèle

Sensibilité aux paramètres d'entrée pour la situation du parc à fin 2021

Tirs de sensibilité

Résultats de modèle d'allocation	Paramètres	Scenario de référence	Potentiels méthanogènes		Coûts de transport (toutes les familles)		Coûts des intrants (toutes les familles)		Gisement net disponible (toutes les familles)		Durée annuelle de fonctionnement		Sans gisement « industrie »
	Valeurs		90%	110%	90%	110%	-10 €/t	+10 €/t	120%	80%	7500 h	8500 h	
	Tir n°		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Coût d'approvisionnement total	M€/an	40,8	45,3	37,1	40,0	41,5	32,3	49,2	40,1	41,8	37,0	42,4	26,1
dont transport	M€/an	7,3	8,1	6,7	6,6	8,1	7,3	7,3	6,6	8,4	6,4	7,7	6,5
dont achat matière	M€/an	33,4	37,2	30,4	33,4	33,4	25,0	41,9	33,4	33,4	30,6	34,7	19,6
Capacité totale installée	GWh/an	1284	1284	1284	1284	1284	1284	1284	1284	1284	1174	1331	1284
Nombre d'unités	-	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
Coût unitaire moyen pondéré ¹	€/MWh	31,7	35,3	28,9	31,2	32,3	25,1	38,4	31,2	32,6	31,5	31,9	20,3
Coût unitaire moyen arithmétique ²	€/MWh	35,5	39,4	32,3	35,0	36,0	28,7	42,3	35,1	36,1	35,3	35,6	24,7
Rayon d'approvisionnement moyen	km	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	7,9	9,7	8,3	8,8	8,0

Résultats des tirs de sensibilité

Ecart avec la situation de référence

Coût d'approvisionnement total	M€/an	0%	11%	-9%	-2%	2%	-21%	21%	-2%	3%	-9%	4%	-36%
dont transport	M€/an	0%	11%	-9%	-10%	10%	0%	0%	-9%	14%	-13%	6%	-11%
dont achat matière	M€/an	0%	11%	-9%	0%	0%	-25%	25%	0%	0%	-9%	4%	-41%
Capacité totale installée	GWh/an	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-9%	4%	0%
Nombre d'unités	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Coût unitaire moyen pondéré	€/MWh	0%	11%	-9%	-2%	2%	-21%	21%	-2%	3%	-1%	0%	-36%
Coût unitaire moyen arithmétique	€/MWh	0%	11%	-9%	-1%	1%	-19%	19%	-1%	2%	-1%	0%	-31%
Rayon d'approvisionnement moyen	km	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-9%	12%	-4%	2%	-8%

L'analyse met en évidence une dispersion modérée des indicateurs de sortie pour des variations réalistes des paramètres d'entrée. **Les résultats unitaires sont relativement stables pour les variations des durées de fonctionnement, des coûts de transport et du gisement disponible³ et linéaire pour les potentiels méthanogènes et les coûts des intrants.** Si l'on ne prend pas en compte⁴ le gisement « industrie », le coût global est globalement réduit de 1/3 en raison du poids de ce gisement dans les coûts approvisionnements.

¹ Coût unitaire moyen pondéré = coût total de l'ensemble des approvisionnements ramené à la production totale. ² Coût unitaire moyen arithmétique = moyenne des coûts normatifs par unité. L'écart entre ces deux grandeurs s'explique par des unités ayant des capacités de production et des profils d'approvisionnement différents.

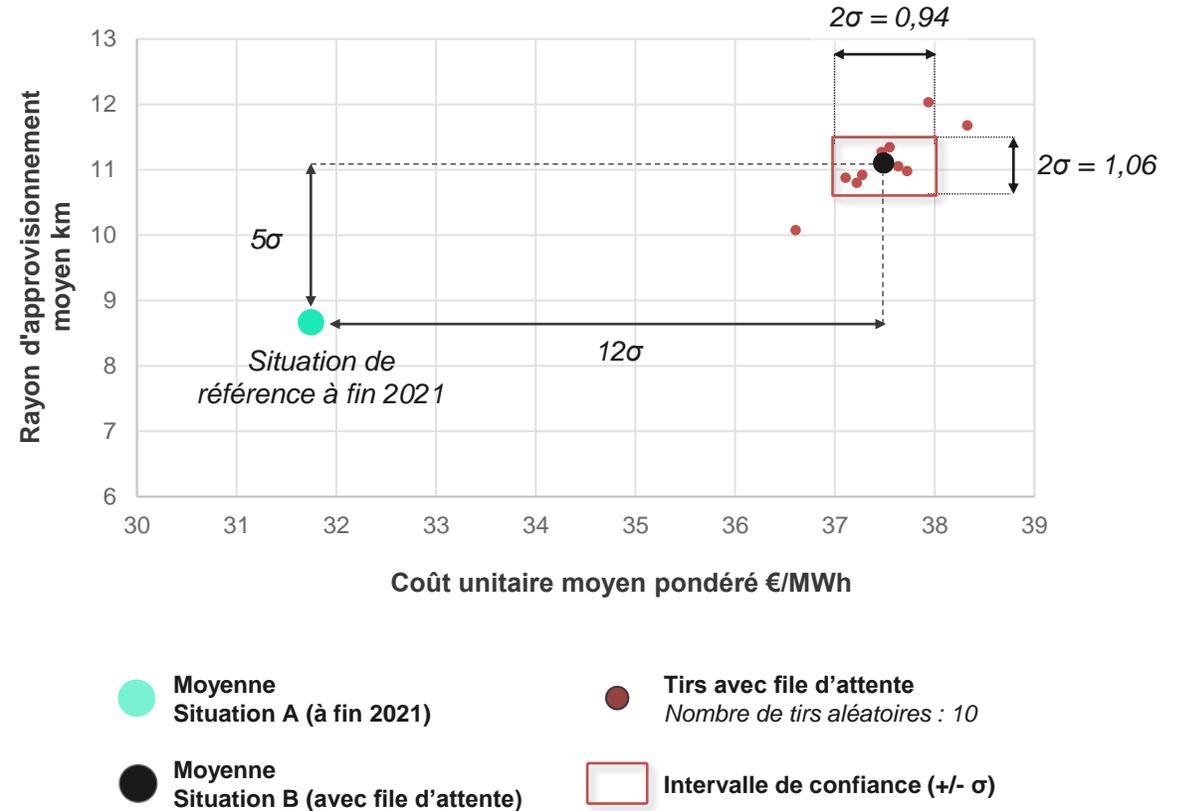
³ Hormis le rayon d'approvisionnement qui se comporte de façon linéaire par rapport au gisement disponible

⁴ Cela revient à prendre un coût nul pour cette famille d'intrants et à considérer le gisement illimité

Analyse de sensibilité du modèle

Sensibilité aux placements aléatoires des projets en file d'attente

- ▶ Les opérateurs des réseaux gaziers mettent à disposition sur ODRE (Open Data Réseaux Energies) l'état des lieux de la file d'attente des projets ayant réservé des capacités d'injection.
- ▶ Le nombre de projet dans la file d'attente et les capacités d'injection correspondantes sont connues par département. Les projets sont ensuite placés aléatoirement, avec une répartition des typologies de projet et des capacités moyennes des unités basées sur le parc existant.
- ▶ L'effet aléatoire lié au placement des projets est quantifié pour la situation B (avec file d'attente). Les deux indicateurs unitaires clés sont considérés :
 - Coût unitaire moyen pondéré
 - Rayon moyen d'approvisionnement
- ▶ Les valeurs des 10 tirs aléatoires de la situation B sont dans un intervalle de confiance nettement distinct de la situation A, de plusieurs fois l'écart type σ



L'écart entre la situation simulée à fin 2021 et celle « avec file d'attente » est statistiquement significatif. L'effet aléatoire lié au placement des projets peut donc être négligé pour le cas d'étude considéré.

SIAPARTNERS

