

## Détermination de l'intérêt environnemental via l'analyse du cycle de vie du traitement des effluents organiques par méthanisation au regard des contraintes territoriales

**Si la méthanisation est perçue comme une alternative aux énergies fossiles, il ne faut pas oublier que ses conséquences – positives ou négatives – varient beaucoup en fonction du contexte environnemental. L'analyse du cycle de vie menée sur un bassin versant breton les présente en fonction de différents critères et pose une question essentielle : à quelle échelle faut-il penser les impacts de la méthanisation ?**

### Introduction

Ces dernières décennies ont été marquées par une recherche effrénée de ressources énergétiques renouvelables et propres résultant d'une part, de la complexité géopolitique des pays riches en gisement, et d'autre part, de la prise de conscience de deux phénomènes environnementaux importants : le changement climatique et l'épuisement des ressources énergétiques. En parallèle, on peut observer une augmentation de la production de déchets organiques en France et dans les pays les plus développés en raison de l'augmentation des sources de production et de la mise en place de la collecte des déchets organiques. La gestion de ces flux de déchets apparaît comme un véritable défi en ce qui concerne les nuisances et la pollution pouvant être générées, mais également et de façon paradoxale en ce qui concerne la potentielle source d'énergie qui peut être récupérée.

### Contexte

C'est dans ce contexte que le procédé de digestion anaérobie, appelée aussi méthanisation, a émergé depuis le début des années 2000. Cette technologie avait connu un essor dans les années 1970 après les deux chocs pétroliers avec une centaine d'installations en France, mais elle avait ensuite connu un déclin. La digestion anaérobie vise à produire, à partir de déchets organiques, un biogaz (riche en  $\text{CH}_4$  et  $\text{CO}_2$ ) et un digestat (Bakx *et al.*, 2009). Le biogaz peut être valorisé sous forme d'électricité et de chaleur grâce à la cogénération. Dès lors, ces énergies peuvent se substituer à des combustibles fossiles et des minerais et contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le digestat peut être, quant à lui, épandu sur les champs et permet d'aboutir au retour au

sol d'éléments nutritifs. Malgré ces avantages potentiels, la pertinence environnementale des différents développements de cette technologie et la pertinence de sa mise en œuvre au sein des territoires dépendent fortement des caractéristiques du territoire dans lequel elle s'inscrit, et en particulier de l'existence de débouchés pour la valorisation du biogaz et du digestat, et de l'absence de compétition avec d'autres filières. Cette pertinence reste difficile à évaluer et doit être examinée au cas par cas, ce qui limite son acceptation sociale. C'est pourquoi le positionnement des décideurs locaux vis-à-vis de cette technologie est souvent difficile.

### Zone d'étude et objectifs poursuivis

Afin d'étudier et de comprendre la pertinence environnementale de la mise en place d'une installation de méthanisation territoriale, le territoire en question doit présenter des caractéristiques et des contraintes spécifiques permettant de mettre en lumière les avantages et inconvénients d'une telle installation. La région Bretagne est typique pour son agriculture intensive, la mauvaise qualité de l'eau potable et sa dépendance énergétique. Ces caractéristiques en font un territoire où la méthanisation peut représenter une solution permettant une valorisation matière et énergie des déchets organiques. Pour modéliser la mise en œuvre d'une installation de digestion anaérobie et ses impacts, l'échelle du bassin versant est souhaitable, car c'est à cette échelle que les problématiques de gestion de l'excédent azoté est la plus visible et prégnante, engendrant le phénomène d'eutrophisation. Le Coglais est une région bretonne rurale située à cinquante kilomètres au nord-est de Rennes, peuplée d'environ cinq mille habitants. L'agriculture

occupe 15% de la population active (bien au-dessus de la moyenne nationale qui est de 3,4%). L'intensification de l'agriculture sur le territoire du Coglais (élevage laitier et élevage de porc dominants) pose la question de la protection de la qualité de l'eau puisque le bassin versant des Échelles (figure 1) permet l'approvisionnement en eau de la ville de Rennes. Par ailleurs, ce bassin versant est en contentieux avec la Commission européenne en raison d'une non-conformité avec la directive « Nitrates » au regard des quantités importantes d'azote épandues alors que cette zone présente un excédent structurel.

Afin de répondre à l'ensemble de ces enjeux, la mise en place d'une installation de méthanisation collective permettant de traiter les effluents d'élevage et les déchets d'industries agroalimentaires produits sur un territoire est étudiée ici. Cette méthanisation serait accompagnée d'une étape de post-traitement du digestat permettant d'exporter une certaine quantité d'azote en dehors du territoire. Pour mettre en évidence les avantages et les impacts environnementaux de la valorisation énergétique potentielle du biogaz et de l'intérêt de post-traitement, une évaluation environnementale de différents scénarios de gestion territoriale des effluents du type analyse du cycle de vie est réalisée.

toire étudié, la puissance de l'unité de méthanisation est estimée à 1 MW. La production de chaleur doit être suffisante pour répondre à la nécessité d'une étape de post-traitement du digestat telle que l'évapo-concentration (procédé permettant l'évaporation de l'eau et donc la concentration de la matière sèche). Selon les acteurs locaux, les fermes et les agro-industries considérées pour cette étude sont situées dans le bassin versant avec un périmètre supplémentaire de 3 km afin d'avoir une quantité suffisante de déchets organiques pour atteindre la puissance souhaitable. Dans le bassin versant, la pression d'azote moyenne est d'environ 180 kg N/ha de sol agricole et par an. Une des limites est le manque de données précises sur la quantité à atteindre pour l'exportation du digestat produit par méthanisation hors du bassin versant afin de respecter l'équilibre agronomique et de se conformer à la réglementation. Par défaut, nous fixons une cible d'exportation maximale de 50% de la quantité d'effluents afin d'être en dessous de 140 kg Norg/ha.an (seuil inférieur au seuil réglementaire de 170 kg Norg/ha/an du fait de l'excédent structurel) pour les scénarios concernés : les scénarios comprenant de la méthanisation.

## Méthodologie

Pour mener à bien l'évaluation environnementale d'une filière de méthanisation dans un territoire, l'outil le plus approprié doit être choisi en fonction du contexte et de l'objectif de l'étude, de la nature et de la complexité du système.

Il apparaît que l'analyse du cycle de vie (ACV) est l'outil le plus pertinent au regard de l'objectif poursuivi par cette étude. En effet, il s'agit d'évaluer la pertinence environnementale de l'insertion d'une installation de méthanisation au sein d'un territoire au regard de ses spécificités et contraintes. L'ACV est un outil normalisé (ISO, 2006) qui permet d'identifier et de quantifier les impacts environnementaux potentiels tout au long du cycle de vie des systèmes. Ainsi, pour chaque étape du cycle de vie, les émissions et les impacts environnementaux associés sont quantifiés. L'existence de transferts d'impacts dans l'espace et/ou dans le temps, les étapes les plus impactantes et les substances responsables sont identifiées. L'analyse du cycle de vie est une démarche en quatre étapes (figure 2).

### Définition des objectifs et du champ de l'étude

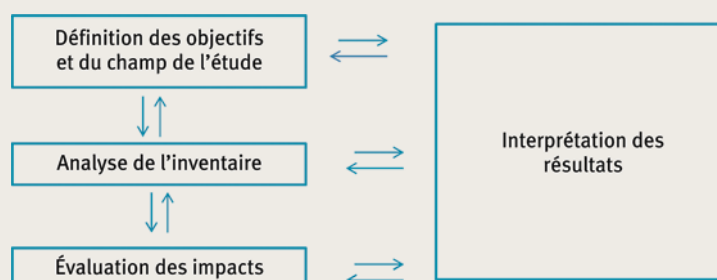
Cette étape est essentielle pour la mise en œuvre d'une ACV. Elle permet de déterminer l'objectif de l'étude, la nature et la fonction du système, l'unité fonctionnelle et les limites du système.

Le but de cette étude est d'évaluer les performances environnementales de différents scénarios de gestion des effluents d'élevage et des déchets d'industries agroalimentaires : deux scénarios de méthanisation collective et un scénario de référence (situation actuelle). La finalité de cette étude est de déterminer si le traitement des effluents par méthanisation permettant une exportation du digestat hors du bassin versant présente des performances environnementales prometteuses au regard des valorisations énergie et matière permises. Pour le terri-

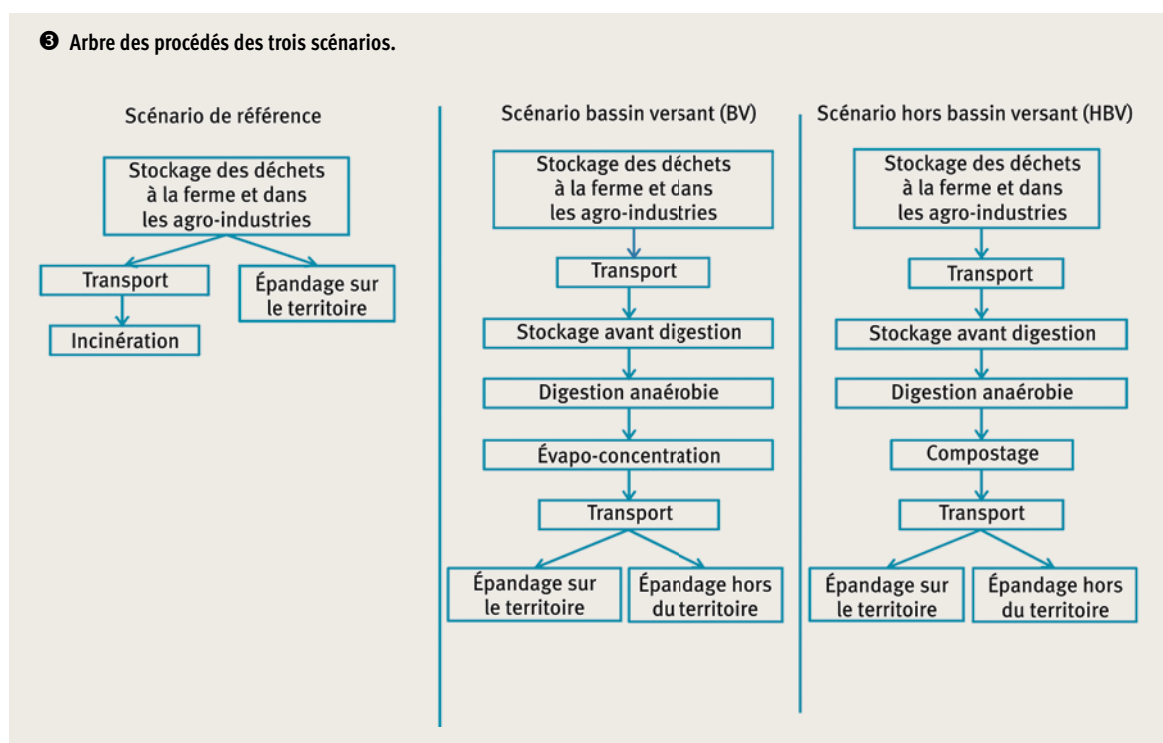
### 1 Localisation du bassin versant des Échelles sur le territoire breton.



### 2 Organigramme de la démarche ACV.



## ③ Arbre des procédés des trois scénarios.

► **Choix des scénarios étudiés**

Nous avons choisis d'évaluer trois scénarios (figure ③) :

- un scénario de référence avec une étape de stockage des déchets ;
- un scénario de méthanisation collective avec une étape de post-traitement du digestat qui est ici du compostage. La chaleur produite à partir du biogaz est utilisée par une laiterie à Saint-Brice-en-Cogles située en dehors du bassin versant. Ce scénario permet d'optimiser l'utilisation de l'énergie thermique. Il est appelé HBV (hors bassin versant) car l'unité de méthanisation est située en dehors du bassin versant et près de la laiterie pour la valorisation de la chaleur ;
- un scénario de méthanisation collective avec une étape de post-traitement du digestat qui est ici de l'évapo-concentration. Ce post-traitement consomme la quasi-totalité de l'énergie. L'usine se situe dans le bassin versant et à proximité des fermes et permet de limiter les distances de transports des effluents. Ce scénario est appelé BV (dans le bassin versant).

**Fonction et co-fonctions des scénarios évalués**

Dans la littérature, les auteurs définissent généralement l'unité fonctionnelle en mettant l'accent sur les intrants : « le traitement d'une certaine quantité de fumier » (Hamelin *et al.*, 2010 ; Lopez-Ridaura *et al.*, 2009 ; Prapasongsaa *et al.*, 2010). Il est également possible de trouver dans la littérature des unités fonctionnelles mettant l'accent sur les sortants : « la production d'électricité » (Hartmann, 2006) et « la quantité d'azote exportée » (Rehl *et al.*, 2007). Au regard des objectifs de cette étude du bassin versant des Échelles, l'unité fonctionnelle est définie en fonction de l'intrant. L'unité fonctionnelle est donc « la gestion de la production annuelle de fumier et lisier de bovins et porcs et des déchets

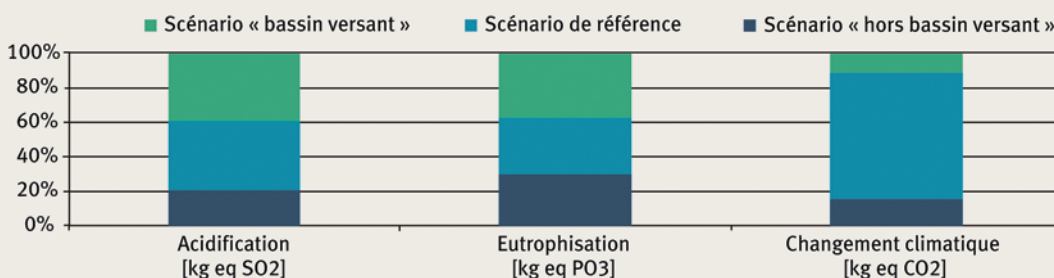
agro-industriels produits dans le bassin versant », soit 24 375 tonnes de déchets agro-industriels, 8 046 tonnes de fumier de bovins, 47 016 tonnes de lisier de bovins et 9 652 tonnes de lisier de porcs. Les frontières des systèmes étudiés commencent du stockage de ces déchets organiques jusqu'à l'épandage et l'export du digestat, soit une analyse de la « porte à la tombe ». Les scénarios présentent certaines caractéristiques et en particulier certaines co-fonctions qui ne sont pas décrites dans l'unité fonctionnelle :

- la récupération de chaleur et d'électricité après l'incinération (dans le scénario de référence) ;
- la récupération de chaleur et d'électricité après la digestion (pour les scénarios alternatifs) ;
- le retour au sol des nutriments (N, P, K) après l'épandage du digestat (pour les trois scénarios).

Pour gérer ces trois co-fonctions, la règle utilisée est la substitution par soustraction. Cette règle permet de soustraire une part des impacts environnementaux d'un scénario, c'est-à-dire les impacts évités grâce à la substitution des fonctions supplémentaires :

- pour la valorisation de la chaleur et de l'électricité produites par l'incinération, l'électricité est substituée à la même quantité d'électricité produite de manière classique (le « mix électrique moyen ») et la chaleur est substituée à la même quantité de chaleur produite de manière classique pour le chauffage urbain (chaufferie bois) ;
- pour la valorisation énergétique du biogaz, l'électricité produite à partir du biogaz est substituée à la même quantité d'électricité produite de manière classique (le mix électrique moyen), et la chaleur produite à partir du biogaz est substituée à la même quantité de chaleur produite de manière classique pour l'industrie (chaudière au gaz naturel) ;

4 Comparaison relative des trois scénarios pour les trois impacts étudiés.



- pour le retour au sol des nutriments grâce à l'épandage du digestat, en raison de l'absence de données, seul l'azote a été considéré et il se substitue à de l'ammonitrate selon un taux de substitution supposé de 50 % de l'azote total.

**Inventaire des données, géoréférencement et modélisation**

Cette étape consiste à collecter les données pour l'ensemble des étapes du cycle de vie des scénarios étudiés. Pour mener à bien l'inventaire de ces trois scénarios, différentes sources de données ont été utilisées : la bibliographie, des mesures de terrain et des dires d'experts. Pour modéliser précisément les gisements de déchets du territoire, les distances de transport et la localisation de l'usine de méthanisation collective, les systèmes d'information géographiques (SIG) ont été utilisés (Bioteau et al., 2012). Chaque étape du cycle de vie a ensuite été modélisée et paramétrée en vue de lier le bilan matière et énergie (intrants et sortants de chaque étape du système) aux conditions opératoires des différentes étapes de traitement et de valorisation (rendement, pH, température...). Une attention particulière a été portée aux bilans azote et carbone, ces deux espèces faisant l'objet d'un suivi tout au long des étapes du cycle de vie des scénarios étudiés. Par ailleurs, pour calculer les émissions gazeuses et le lessivage des nitrates, nous nous sommes inspirés des graphiques proposés par Laurent (Laurent et al., 2000) pour simuler le lessivage des nitrates en fonction de la quantité d'azote appliquée.

**Évaluation des impacts**

Cette étape de quantification a été mise en œuvre grâce au logiciel d'ACV, GaBi 4. Ce logiciel commercial développé par PE International est un outil qui nous permet, après la construction de l'arbre des procédés (figure 3), de mener à bien l'évaluation des impacts grâce aux méthodes de caractérisation disponibles dans le logiciel. Une méthode de caractérisation des impacts a été choisie en particulier : la méthode CML 2001 (Guinée et al., 2002) qui est une méthode midpoint classique et une des plus utilisées. Elle permet de convertir les émissions et les ressources consommées en impacts environnementaux potentiels. La méthode CML 2001 permet d'évaluer une dizaine de catégories d'impacts environnementaux, mais seulement trois seront analysées de manière approfondie : l'acidification (kg eq SO<sub>2</sub>), l'eutrophisation (kg eq PO<sub>3</sub><sup>4-</sup>) et le changement climatique (100 ans

(kg eq CO<sub>2</sub>). Ces trois catégories d'impact représentent trois des principaux enjeux environnementaux de la gestion des effluents d'élevage en permettant d'identifier les différences de performances en ce qui concerne les émissions azotées et de gaz à effet de serre durant le traitement et l'épandage, l'impact du transport et les potentiels bénéfiques réalisés grâce à la valorisation énergétique. En outre, deux de ces catégories d'impact (le changement climatique et l'acidification) peuvent mettre en évidence l'impact possible du transport des effluents et du digestat.

**Les résultats contrastés de la méthanisation territoriale**

Cette dernière étape de l'ACV consiste à analyser les résultats et à proposer les leviers d'amélioration des étapes les plus impactantes. Les résultats sont présentés pour les trois scénarios selon les trois impacts évalués (figure 4).

Dans l'ensemble, la mise en œuvre d'une usine de méthanisation collective améliore la situation environnementale par rapport au scénario de référence pour l'acidification et le changement climatique, grâce à la réduction du temps de stockage dans les exploitations agricoles et pour le changement climatique, grâce aux impacts évités du fait de la valorisation énergétique du biogaz. Cependant, cet avantage est fortement atténué par les fuites de biogaz qui se produisent au niveau du digesteur. L'étape du cycle de vie qui est responsable des impacts eutrophisation et acidification est l'épandage du digestat traité, car il génère des émissions d'ammoniac (pour ces deux impacts) et un lessivage des nitrates (pour l'eutrophisation) (figures 5 et 6). Pour l'impact changement climatique, ce sont les étapes de méthanisation et de post-traitement qui sont paradoxalement les plus impactantes (figures 7 et 8).

La figure 5 présente les résultats des trois scénarios pour l'impact acidification. Nous observons une diminution des émissions acidifiantes pendant l'étape de stockage des effluents du fait simplement de la réduction du temps de stockage. C'est lors de l'épandage que les principales émissions acidifiantes ont lieu et notamment pour le scénario HBV comprenant une étape de compostage des digestats. C'est lors de cette étape que l'azote préalablement minéralisé lors de la digestion se volatilise sous forme ammoniac.

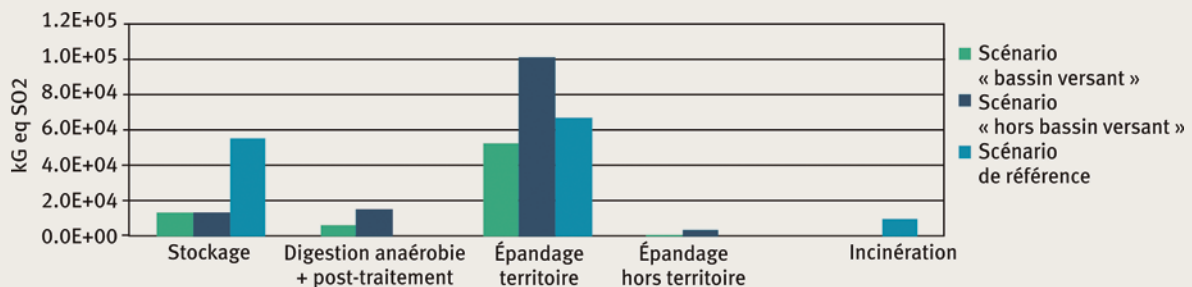
La figure 6 présente les résultats des trois scénarios pour l'impact eutrophisation. Nous observons, de la même façon que précédemment, une diminution des émissions eutrophisantes pendant l'étape de stockage des effluents, du fait simplement de la réduction du temps de stockage. C'est lors de l'épandage que les principales émissions eutrophisantes ont lieu, et notamment pour le scénario HBV comprenant une étape de compostage des digestats. Cependant, nous observons un phénomène qu'on appelle « transfert d'impact » pour le scénario BV qui montre un impact eutrophisation plus faible lors de l'épandage du digestat post-traité sur le territoire par rapport au scénario HBV. Or le procédé d'évapo-concentration présent dans le scénario BV permet d'exporter hors du bassin versant une plus grande quantité d'azote que

le scénario HBV. On retrouve donc un impact eutrophisation important pour le scénario BV lors de l'épandage du digestat post-traité hors du territoire.

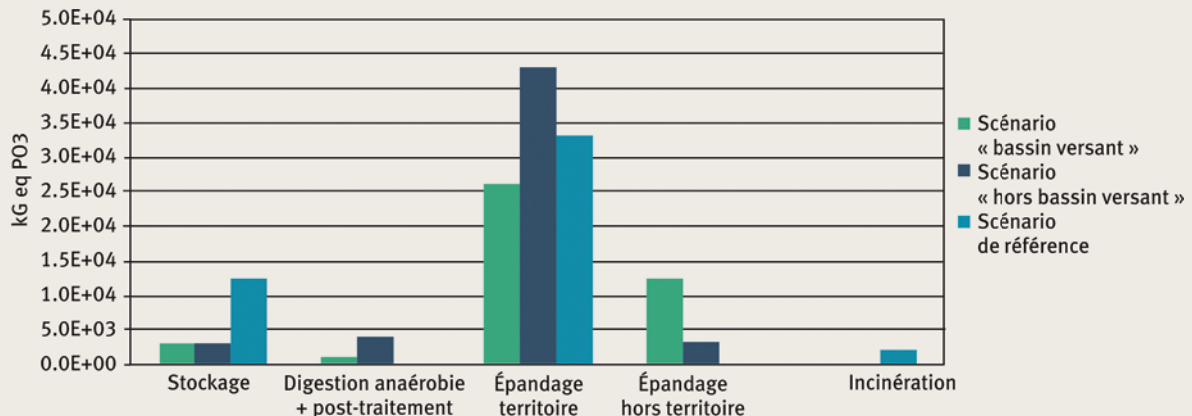
La figure 7 présente les résultats des trois scénarios pour l'impact changement climatique. Nous observons, de la même façon que précédemment, une diminution des émissions de gaz à effet de serre pendant l'étape de stockage des effluents du fait simplement de la réduction du temps de stockage. Les étapes du cycle de vie qui sont responsables du changement climatique sont la digestion anaérobie et le compostage (figures 7 et 8).

La figure 8 se focalise sur l'installation de méthanisation pour les deux scénarios alternatifs puisque cette étape est celle présentant les plus forts impacts (figure 8). Le scénario HBV présente des fortes émissions de gaz à effet

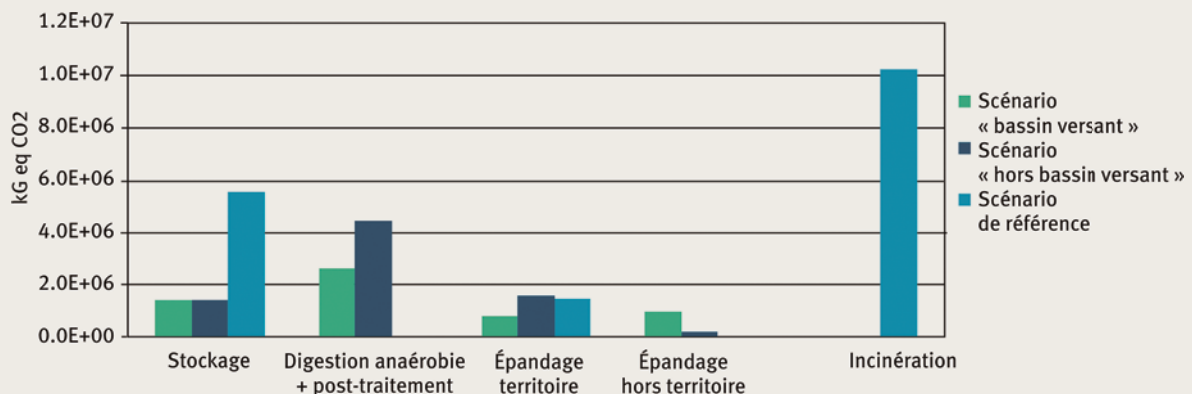
#### 5 Comparaison des trois scénarios pour l'impact acidification.



#### 6 Comparaison des trois scénarios pour l'impact eutrophisation.



#### 7 Comparaison des trois scénarios pour l'impact changement climatique.



de serre lors du post-traitement du digestat. Pour ce scénario, il s'agit du compostage. Il s'agit d'émissions de  $N_2O$  durant le compostage dues à la minéralisation de l'azote durant la méthanisation. Les deux scénarios BV et HBV montrent des émissions de gaz à effet de serre fortes lors de la digestion anaérobie. Il s'agit de fuite de biogaz composé majoritairement de méthane.

En ce qui concerne les impacts évités, les résultats sont contrastés seulement pour le changement climatique en raison de la différence de valorisation énergétique du biogaz entre les deux scénarios alternatifs (figure 9).

La figure 9 présente les résultats des trois scénarios pour l'impact évité changement climatique. Le scénario avec compostage (HBV) montre une meilleure valorisation, car il ne requiert pas de chaleur, contrairement au scénario avec évapo-concentration. La chaleur récupérée après la digestion est directement valorisée par la laiterie située tout près de l'installation.

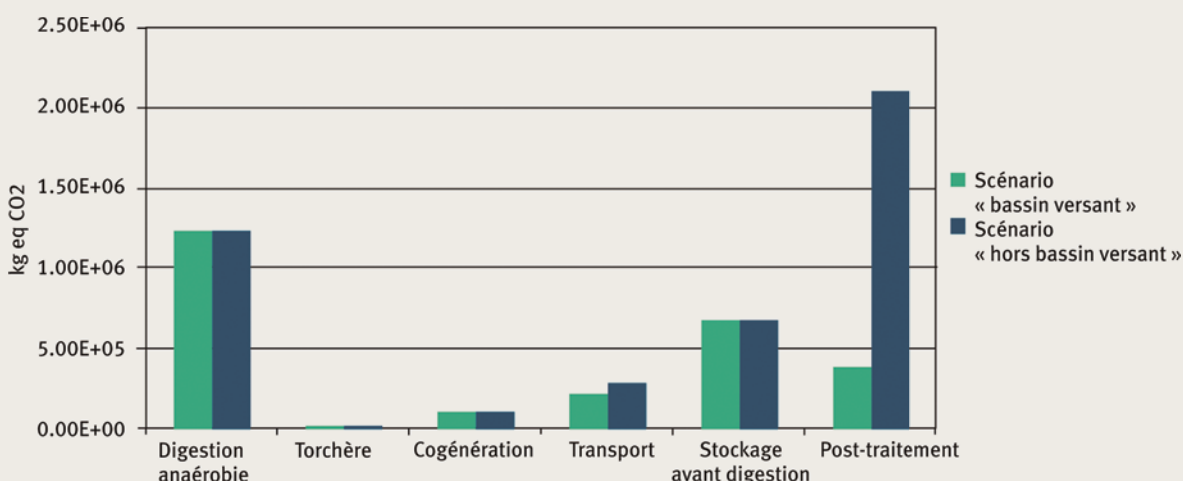
## Discussion

Les résultats attendus devaient nous permettre de déterminer la pertinence environnementale d'une usine de méthanisation collective insérée au sein d'un territoire présentant un certain nombre de contraintes. Les résultats obtenus sont nuancés et montrent d'abord l'importance de la prise de décision en ce qui concerne les enjeux environnementaux du territoire et les priorités des parties prenantes. La méthodologie ACV présente certaines limites pour l'évaluation de cette pertinence en ce qui concerne l'export d'azote et montre seulement un transfert d'impact potentiel en raison de la non-prise en compte de la sensibilité des territoires à l'eutrophisation.

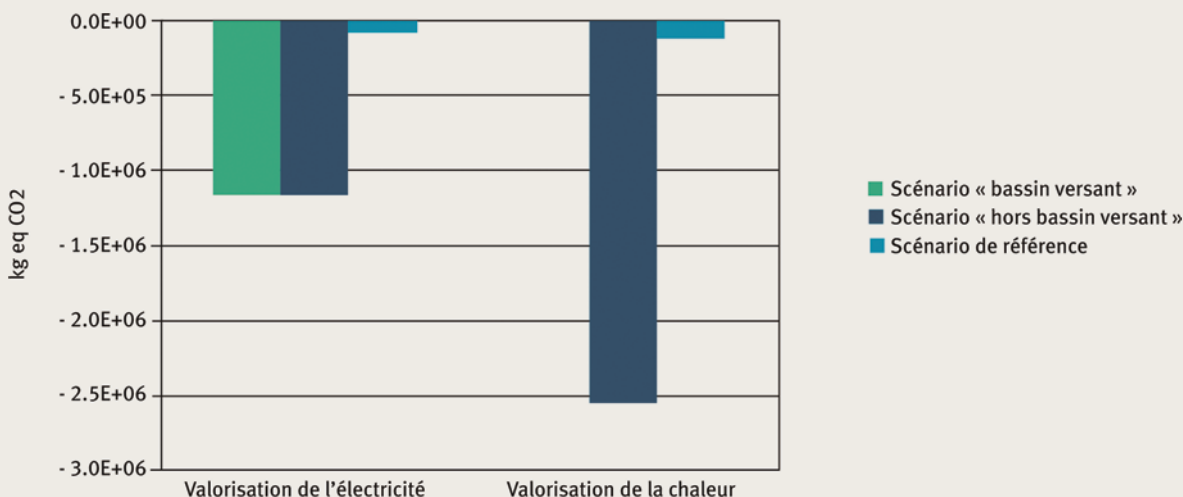
### Objectifs initiaux vs. résultats obtenus

L'objectif de cette étude était de modéliser des scénarios alternatifs pour l'évaluation des performances environnementales de la méthanisation collective au sein d'un territoire et de l'intérêt de la valorisation énergétique et matière.

8 Focus sur l'installation de méthanisation collective pour les deux scénarios alternatifs pour l'impact changement climatique.



9 Focus sur l'installation de méthanisation collective pour les deux scénarios alternatifs pour l'impact évité changement climatique.



► L'analyse des résultats met en évidence l'intérêt de la valorisation énergétique en particulier lorsque l'usine de méthanisation se trouve à proximité de la demande (dans notre cas, la laiterie de Saint-Brice-en-Cogles). En ce qui concerne les performances de la digestion, il apparaît clairement que les fuites de biogaz contribuent fortement au changement climatique (21 % de l'impact total pour le scénario avec évapo-concentration et 16 % pour le scénario avec compostage). Le taux de fuite est de 2 %, la littérature présentant des taux de 0 à 10 %. Une amélioration de l'étanchéité du digesteur permettrait de limiter ces fuites même si le taux de 2 % semble faible.

Pour atteindre l'objectif d'exportation d'azote pour une partie des déchets et contribuer à l'amélioration de la qualité de l'eau potable, il est nécessaire de choisir le scénario avec l'évapo-concentration comme post-traitement du digestat. Ce processus permet d'exporter deux fois plus de digestat que le compostage, tout en concentrant l'azote. Ainsi 200 tonnes d'azote sont exportées contre 39 tonnes après compostage. Cependant, ce processus est très gourmand en énergie thermique.

Pour diminuer les impacts acidification et eutrophisation, il faudrait agir sur :

- pour l'acidification et pour l'eutrophisation, les émissions atmosphériques d'ammoniac (environ 90 % de l'impact total pour les trois scénarios) lors de l'épandage et au cours du stockage à la ferme ;
- pour l'eutrophisation, le lessivage des nitrates durant l'épandage (environ 90 % de l'impact total pour le scénario avec compostage et le scénario de référence et 70 % de l'impact total pour le scénario avec évapo-concentration).

Pour ces deux catégories d'impact, la diminution du pH dans le méthaniseur permettrait de bloquer la minéralisation de l'azote.

Le transport ne contribue pas fortement à ces trois catégories d'impact par rapport aux autres étapes du cycle de vie. Ces résultats sont probablement dus au fait que les exploitations agricoles sont concentrées et les distances de transport ne sont pas importantes, même pour le scénario avec évapo-concentration (BV). Pour le scénario avec compostage (HBV), les distances sont plus importantes, mais l'impact du transport est atténué par l'avantage environnemental permis par la valorisation de la chaleur dans une industrie laitière proche.

### Grandes tendances et rôle des acteurs dans le processus de décision

Pour atteindre la volonté des décideurs en ce qui concerne l'export d'azote pour limiter la situation d'excédent structurel, le scénario avec évapo-concentration semble être le plus adapté. Ce scénario apporte une réponse locale à l'eutrophisation, même si cette amélioration est due au transfert d'impact potentiel dans l'espace (sur un autre territoire) qui ne peut pas être une solution durable. Néanmoins, il rend probablement possible le maintien du niveau de concentration des exploitations agricoles du territoire.

Si la volonté des décideurs est plutôt un projet avec les multiples parties prenantes au sein du territoire favorisant la collaboration entre les agriculteurs et les industriels, le scénario avec récupération de chaleur par un indus-

triel du territoire doit être préféré. Toutefois, cette option exclut l'utilisation d'un post-traitement qui consomme beaucoup de chaleur et l'objectif d'exportation doit être abaissé.

### Le besoin de différenciation spatiale

Les résultats de cette ACV montrent l'importance de l'échelle géographique en fonction de l'objectif de l'étude. Dans cette étude, l'objectif principal est d'appréhender l'intérêt environnemental de l'export d'azote et du procédé de post-traitement le plus approprié. L'export d'azote en dehors du bassin versant entraîne une diminution de l'eutrophisation dans le bassin versant étudié. Toutefois, l'impact de l'eutrophisation est simplement déplacé vers un autre bassin versant en raison de la non-prise en compte de la différence de sensibilité des deux territoires. Afin d'évaluer plus précisément l'impact de l'export d'azote en fonction de la sensibilité des milieux, il semble pertinent de prendre en compte la sensibilité à l'eutrophisation à travers les caractéristiques du bassin versant telles que la quantité d'azote dans le sol, l'agriculture intensive, la présence des cours d'eau... Cette évaluation de l'impact avec la considération des caractéristiques locales est appelée « différenciation spatiale ». Cette différenciation spatiale lors de l'évaluation de l'impact eutrophisation devrait permettre le calcul d'un impact « local ».

### Conclusions

La méthanisation territoriale couplée avec un procédé de post-traitement du digestat semble prometteuse pour tendre vers une résolution de certains problèmes environnementaux. Une évaluation environnementale de type analyse de cycle de vie est nécessaire afin de vérifier la pertinence environnementale de cette usine de méthanisation collective au sein d'un territoire rural (photo 1). Cette étude sur le territoire de Coglais montre l'intérêt environnemental d'un tel projet collectif de méthanisation, en particulier en termes d'impacts évités pour le changement climatique, lié à la valorisation énergétique du biogaz sous forme de chaleur et d'électricité. Elle a également montré que l'usine de méthanisation, en elle-même, n'est pas impliquée dans la réduction de l'impact sur le changement climatique, mais permet indirectement la diminution de la durée de stockage des effluents à la ferme, impliquant donc une diminution des émissions au stockage. Les deux variantes de post-traitement du digestat permettent de répondre à deux enjeux différents :

- l'export d'une quantité importante d'azote hors du bassin versant grâce au procédé d'évapo-concentration, répondant aux objectifs de l'exportation (enjeu eutrophisation) ;
- la récupération de la chaleur pour l'industrie laitière grâce au procédé de compostage (enjeu changement climatique), mais qui ne permet pas de répondre aux objectifs d'export.

Avec le procédé d'évapo-concentration, le score d'impact pour l'eutrophisation est amélioré pour le bassin versant étudié uniquement grâce à un transfert d'impact se produisant lors de l'export de l'azote hors du bassin versant. Toutefois, les résultats de ce scénario avec

évapo-concentration montrent une diminution réelle de l'impact acidification, tandis que les résultats du scénario avec compostage montrent une augmentation en raison de la volatilisation de l'ammoniac lors de l'épandage après compostage. Dans le cas du compostage, la récupération de chaleur permet d'éviter une part de l'impact changement climatique. Ces résultats montrent que le choix de la méthanisation collective et d'un post-traitement des digestats produits dépend fortement des contraintes territoriales, se traduisant soit par une volonté de valorisation énergétique, soit par une volonté d'export d'azote.

Certaines limites ont été soulevées au cours de cette étude et ont aidé à mettre en évidence la nécessité d'une différenciation spatiale et le besoin de données scientifiques précises et adaptées à l'ACV. Cette étude a permis de valoriser un certain nombre de travaux de recherche effectués dans le cadre du projet de recherche appelé Biodecol 2 (PSDR – Pour et sur le développement régional – Grand Ouest) et montre la nécessité d'un partenariat entre les chercheurs, les décideurs publics, les industriels et les agriculteurs. ■



❶ La pertinence environnementale de l'implantation d'une usine de méthanisation collective au sein d'un territoire rural reste encore difficile à évaluer : la méthode de l'analyse de cycle de vie peut y contribuer.

#### Les auteurs

Lynda AISSANI, Audrey COLLET  
et Fabrice BÉLINE

Irstea, centre de Rennes, UR GERE  
Gestion environnementale  
et traitement biologique des déchets  
17 Avenue de Cucillé – CS 64427 – 35044 Rennes

✉ [lynda.aissani@irstea.fr](mailto:lynda.aissani@irstea.fr)

✉ [audrey.collet@evalor.fr](mailto:audrey.collet@evalor.fr)

✉ [fabrice.beline@irstea.fr](mailto:fabrice.beline@irstea.fr)

#### EN SAVOIR PLUS...

- ❶ BAKX, T., MEMBREZ, Y., MOTTET, A., JOSS, A., BOEHLER, M., 2009, *État de l'art des méthodes (rentables) pour l'élimination, la concentration ou la transformation de l'azote pour les installations de biogaz agricoles de taille petite/moyenne*, Rapport final, Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, Office fédéral de l'énergie, Confédération suisse, 93 p.
- ❶ BIOTEAU, T., BORET, F., TRETYAKOV, O., BÉLINE, F., BALYNSKA, M., GIRAULT, R., 2012, *A GIS-based approach for optimizing the development of collective biogas plants*, Proceedings of ORBIT conference.
- ❶ GUINÉE, J.B., HEIJUNGS, R., HUPPES, G., ZAMAGNI, A., MASONI, P., BUONAMICI, R., 2002, *Handbook on life cycle assessment, Operational guide to the ISO standards*, I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 692 p.
- ❶ HAMELIN, L. *et al.*, 2010, *Life Cycle Assessment of Biogas from Separated slurry*, Environmental Project n°1329 Miljøprojekt, The Danish Environmental Protection Agency, 462 p.
- ❶ ISO 14040, 2006, Environmental management – Life cycle assessment - Principles and framework.
- ❶ ISO 14044, 2006, Environmental management – Life cycle assessment - Requirements and guidelines.
- ❶ LAURENT, F., VERTÈS, F., FARRUGGIA, A., KERVELLANT, P., 2000, Effets de la conduite de la prairie pâturée sur la lixiviation du nitrate. Propositions pour une maîtrise du risque à la parcelle, *Fourrages*, n° 164, p. 397-420.
- ❶ LOPEZ-RIDAURA, S., VAN DER WERF, H.M.G., PAILLAT, J.-M., LE BRIS, B., 2009, Environmental evaluation of transfer and treatment of excess pig slurry by life cycle assessment, *Journal of Environmental Management*, p. 1296-1304.
- ❶ PRAPASPOONGSAA, T. *et al.*, 2010, LCA of comprehensive pig manure management incorporating integrated technology systems, *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, p. 1413-1422.
- ❶ REHL, T. *et al.*, 2007, Environmental impact of different types of biogas effluent processing, in: *Proceedings of Agricultural Engineering Conference*, vol. 2001, p. 323-334.