L'ÉLU... ET LES BOUES D'ÉPURATION



COLLECTION GUIDE DE L'ÉLU

BANQUE des TERRITOIRES | Caisse des Dépôts Groupe
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Liberté Égalité Fraternité
LES AGENCES DE L'EAU

DÉCHETS | ÉNERGIE | EAU

Rassemblant près de 1000 adhérents pour 60 millions d'habitants représentés, AMORCE constitue le premier réseau français d'information, de partage d'expériences et d'accompagnement des collectivités (communes, intercommunalités, conseils départementaux, conseils régionaux) **et autres acteurs locaux** (entreprises, associations, fédérations professionnelles) en matière de transition énergétique, de gestion territoriale des déchets et de gestion durable de l'eau.

Force de proposition indépendante et interlocutrice privilégiée des pouvoirs publics, AMORCE est aujourd'hui la principale représentante des territoires engagés dans la transition écologique. Partenaire privilégiée des autres associations représentatives des collectivités, des fédérations professionnelles et des organisations non gouvernementales, AMORCE participe et intervient dans tous les grands débats et négociations nationaux et siège dans les principales instances de gouvernance française en matière d'énergie, de gestion de l'eau et des déchets.

Créée en 1987, elle est largement reconnue au niveau national pour sa représentativité, son indépendance et son expertise, qui lui valent d'obtenir régulièrement des avancées majeures (TVA réduite sur les déchets et sur les réseaux de chaleur, création du Fonds Chaleur, éligibilité des collectivités aux certificats d'économie d'énergie, création de nouvelles filières de responsabilité élargie des producteurs, signalétique de tri sur les produits de grande consommation, généralisation des plans climat-énergie, obligation de rénovation des logements énergivores, réduction de la précarité énergétique, renforcement de la coordination des réseaux de distribution d'énergie, etc…).

AVANT PROPOS

Par Gilles Vincent,
Président d'AMORCE



Chaque station d'épuration produit, en continu, un sous-produit dont elle peut difficilement se soustraire : les boues. Et leur gestion ne fait généralement pas ou peu partie du débat public, mais elle est une condition intrinsèque à la continuité de service de l'assainissement urbain, car étroitement lié à sa performance épuratoire. Mais dès lors que les exigences se renforcent ou que leurs exutoires sont remis en cause, la question des boues devient un sujet d'arbitrage, de planification et de responsabilité politique à l'échelle du territoire.

Depuis longtemps déjà, les boues ne relèvent plus d'un contrainte d'exploitation liée à la station d'épuration, elles sont désormais reconnues comme des matières valorisables et un vrai vecteur d'économie circulaire. Pour les collectivités, l'enjeu est donc d'orienter ce potentiel vers des solutions durables, compatibles avec les exigences sanitaires et environnementales, les attentes locales et les équilibres économiques du service.

Les élus et les services assainissement doivent également composer avec un cadre réglementaire complexe et mouvant. Entre le renforcement des obligations de suivi et de caractérisation, la prise en compte des pollutions émergentes, les évolutions des règles applicables à certaines filières (notamment pour les composts), ces évolutions interrogent la pérennité de certaines pratiques et demandent d'anticiper. Elles invitent notamment à consolider les partenariats locaux, mais aussi à agir sur la qualité des boues, c'est-à-dire à développer la prévention à la source et donc tendre vers des eaux moins polluées.

Avec ce guide réalisé avec le soutien des Agences de l'eau et de la Banque des Territoires, AMORCE, principale association française des collectivités territoriales et de leurs partenaires locaux engagés dans la transition écologique, à l'ambition de donner aux élus les repères pour comprendre, décider et piloter une stratégie « boues » dans la durée.
Le guide propose donc une lecture structurée des enjeux liés à la gestion des boues, éclaire le cadre réglementaire et les exigences de qualité, et passe en revue les principales voies de valorisation. Il aborde le retour au sol, qui reste la filière de choix en France, revient sur les solutions de valorisation énergétique comme la méthanisation et l'incinération, et ouvre également sur les voies en développement autour de la récupération de matières et de nutriments. Enfin, il outille les collectivités pour construire une stratégie territoriale, de gestion des boues d'épuration.

En apportant trois cadres de lecture (réglementaire, technique et stratégique), ce guide aide les élus à mieux comprendre les enjeux et se positionner dans une trajectoire de gestion des boues cohérente.

PRÉFACE

Par Nicolas Mourlon,
Directeur Général
de l'Agence de l'eau
Rhône Méditerranée
Corse



En France, il suffit d'ouvrir le robinet pour avoir accès à une eau potable de qualité en quantité à n'importe quelle heure du jour ou de la nuit. Ça semble une évidence.

Pourtant, les enjeux techniques, économiques et sociaux sont considérables pour les services publics d'eau potable et d'assainissement. Ces 20 dernières années, de lourds investissements ont été réalisés afin d'assurer une distribution d'eau potable sécurisée et de qualité, et une réduction importante des pollutions urbaines en application de la Directive ERU (Eaux Résiduelles Urbaines). En conséquence, le patrimoine que constituent les infrastructures d'eau et d'assainissement de l'eau est important et peut représenter jusqu'à 40 % du patrimoine des collectivités.

Sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse, il existe ainsi près de 4000 stations d'épuration, environ 700 unités de traitement d'eau potable et 270 000 km de réseaux d'assainissement et d'eau potable. Ces équipements représentent un patrimoine évalué à 85 milliards d'euros (données datant de 2013).

La gestion durable de ce patrimoine est essentielle.

Elle est pourtant très inégale sur les territoires. L'entretien et le renouvellement des infrastructures de l'eau (eau potable et eaux usées) sont nécessaires pour assurer le niveau de qualité que les usagers de ces services sont en droit d'attendre. Pour ce faire, il est indispensable de planifier, anticiper les évolutions, définir une stratégie de gestion patrimoniale. Les risques seraient sinon la dégradation progressive voire l'arrêt des services, et la hausse brutale du prix de l'eau par défaut d'amortissement des ouvrages, quand une défaillance grave nécessitera des travaux urgents et lourds. La gestion du patrimoine s'inscrit donc dans le cadre d'une politique de long terme qui passe par une planification des investissements pour un renouvellement progressif des installations.

Une gestion plus durable s'appuie également sur une tarification bien conçue basée sur le recouvrement total des coûts des services (investissements, exploitation des ouvrages, amortissements…). Un prix trop bas n'est pas bon signe car prendre soin de l'eau a un coût, et ce d'autant plus qu'il faut aussi veiller à la protection de la qualité de la ressource en eau, apprendre à la gérer de la manière la plus économe possible dans le contexte du changement climatique, faire face aux enjeux actuels, comme les micropolluants et plus globalement la prévention des pollutions de temps de pluie, et s'inscrire dans les défis du futur (pour, par exemple, faire de son outil d'assainissement un maillon de l'économie circulaire en y valorisant l'énergie et la matière).

Le défi pour chaque territoire est d'adapter les modalités de gestion de ces services (taille du service, prix de l'eau, connaissance et gestion du patrimoine) au contexte local afin de garantir la qualité et la performance du service rendu de façon durable et répondre à tous ces enjeux.

L'agence de l'eau RMC félicite AMORCE pour avoir pris l'initiative de ce guide précieux pour aider les territoires face à ces missions complexes, et se tient plus que jamais aux côtés des collectivités pour les appuyer.

PRÉFACE

Par Emmanuel LEGRAND,
Directeur du département Transition Énergétique et Écologique de la Banque des Territoires



La gestion des boues d'épuration soulève pour les élus des problématiques au carrefour de l'économie circulaire, de la préservation des sols et milieux aquatiques et de la transition énergétique. Les évolutions réglementaires récentes, notamment de la Directive Eaux Résiduaires Urbaines 2, placent plus que jamais les sous-produits des stations d'épuration, boues, digestats, effluents, comme des ressources locales et renouvelables à exploiter. Il s'agit de renforcer l'autonomie de nos services d'assainissement et filières agricoles, et, partant, de contribuer à notre souveraineté énergétique et alimentaire.

La Banque des Territoires soutient la transition agroécologique et la transition énergétique à travers le financement de projets à impact. Elle a mobilisé près de 4Md€ de prêts de 2023 à 2025 au bénéfice des collectivités pour leur projets liés à l'eau, et déploie plus de 600 M€ de financements sur les enjeux de transition agricole et alimentaire sur la période 2023-2029. Son ambition est également de mettre à disposition des élus un accompagnement pour accélérer leurs projets, grâce à des contenus pédagogiques, partage d'expérience, conseils et financements, ambition incarnée par sa plateforme aquagir.fr.

Sa contribution depuis plusieurs années aux actions de sensibilisation d'AMORCE en est une autre illustration.

Ce guide s'inscrit dans cet éventail d'outils de sensibilisation visant à éclairer les politiques publiques locales pour faciliter la transition écologique des territoires. Il complète le retour d'expérience sur les projets de méthanisation de boues de STEU élaboré avec nos partenaires des filières eau et gaz renouvelable en 2024, en élargissant les perspectives de valorisation des boues à d'autres filières. Il met également en lumière les dernières évolutions technologiques permettant d'améliorer la performance énergétique, d'élargir le spectre des ressources récupérables et d'optimiser le coût des services d'assainissement.
La vulgarisation de ces innovations et bonnes pratiques renforce la capacité des acteurs locaux à planifier la transition écologique en préservant la cohésion territoriale, deux objectifs stratégiques de la Banque des Territoires.

SOMMAIRE

INTRODUCTION : ENJEUX ET RESPONSABILITÉS DE LA GESTION DES BOUES D'ÉPURATION..... 8

CHAPITRE 1 : QUELS ENJEUX POUR LA GESTION DES BOUES EN FRANCE ?..... 10

1.1 Des cadres réglementaires complexes : du droit européen au droit français..... 11

1.2 Les boues en chiffres, leur qualité et lien avec la qualité des eaux traitées..... 13
1.2.1. Deux statuts..... 15
1.2.1.1. Déchets 16
1.2.1.2. Matières fertilisantes 17
1.2.2. Matière brute et Matière Sèche, les boues en chiffres..... 17
1.2.3. La qualité des boues : un lien avec la qualité des eaux usées traitées..... 19

1.3 Les différents exutoires..... 19

CHAPITRE 2 : LE RETOUR AU SOL, SYMBOLE D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE..... 22

2.1 Un fort intérêt pour toute la filière agricole française..... 23
2.1.1. La surface agricole utile (SAU)..... 24
2.1.2. Un intérêt pour le monde agricole, une nécessité pour les services assainissement.. 24
2.1.3. Coût et impact environnemental de la gestion des boues..... 25
2.1.4. Socle commun des matières fertilisantes et supports de cultures..... 27

2.2 Retour direct au sol..... 28
2.2.1. Quelques définitions..... 28
2.2.2. Cadre juridique..... 29

2.3 Retour au sol après compostage..... 32
2.3.1. Principe..... 32
2.3.2. Un procédé qui ne peut se faire sans un apport de structurant..... 32
2.3.3. Cadre juridique..... 33
2.3.3.1. Sur les Installations de compostage..... 33
2.3.3.2. Sur le compost..... 34
2.3.4. Coûts d'installation..... 35

CHAPITRE 3 : LA VALORISATION ÉNERGÉTIQUE : DES TECHNIQUES MAÎTRISÉES..... 36

3.1 La méthanisation..... 37
3.1.1. Les sous-produits de la méthanisation..... 40
3.1.1.1. La valorisation du biométhane..... 40
3.1.1.2. La valorisation du digestat..... 42

3.1.2. Pouvoir méthanogène des boues et comment en améliorer la qualité 43
3.1.2.1. La décantation primaire 43
3.1.2.2. L'hydrolyse thermique 45
3.1.3. Statut juridique de la méthanisation (ICPE) 45
3.1.4. Équilibre économique 45
3.1.4.1. Mécanisme de soutien lié à l'injection de biométhane 46
3.1.4.2. Mécanisme de soutien pour la production de biocarburant 48
3.1.4.3. Mécanisme de vente d'électricité ou de chaleur à partir d'une unité de chaleur 48

3.2 Incinération 49
3.2.1. L'incinération dédiée 49
3.2.2. La co-incinération en cimenteries ou avec des ordures ménagères 50
3.2.3. Le cadre juridique 50
3.2.4. Les coûts de l'incinération 51
3.2.5. Valorisation de la chaleur 52

3.3 Les filières en développement 52
3.3.1. La gazéification hydrothermale 53
3.3.2. La pyrogazeification 54

CHAPITRE 4 : LES BOUES COMME GISEMENT DE MATIÈRES PREMIÈRES 56

4.1 La production de struvite 57

4.2 Ammoniac 59

4.3 Transformation du CO_2 en algues 60

CHAPITRE 5 : CONSTRUIRE UNE STRATÉGIE TERRITORIALE DE GESTION DES BOUES D'ÉPURATION URBAINES 62

5.1 Analyser son territoire et évaluer les différents potentiels de valorisation 63

5.2 Loi AGEC et démarche de maîtrise de la qualité des boues 64

5.3 Les besoins d'un territoire 65

5.4 Les soutiens financiers existants 67

CONCLUSION 68

INTRODUCTION



Enjeux et Responsabilités de la Gestion des Boues d'Épuration

La gestion des boues d'épuration est une responsabilité essentielle des collectivités en France. Alors que la plupart des foyers français sont connectés au réseau d'assainissement des eaux usées, il est crucial de comprendre l'importance de traiter et de gérer efficacement les boues générées lors de ce processus. Ce guide vise à fournir des informations clés sur la compétence assainissement des collectivités et les services de gestion des boues, afin d'aider les acteurs locaux à mettre en place des pratiques durables et conformes aux réglementations en vigueur.

En France, une famille moyenne de 4 personnes consomme environ 120 m3 d'eau par an. Les eaux usées domestiques, provenant des ménages, ainsi que les eaux usées non domestiques provenant de l'industrie, sont traitées dans des stations d'épuration des eaux urbaines. Ces stations peuvent également recevoir des eaux de pluie dans le cas des réseaux unitaires. L'arrêté du 21 Juillet 2015 impose aux collectivités l'obligation de gérer le temps de pluie, notamment en limitant les déversements du réseau d'eaux usées dans les cours d'eau lors d'épisodes pluvieux intenses.

Les boues d'épuration, sous-produits inévitables du processus d'assainissement des eaux usées, sont produites lors du traitement dans les stations d'épuration urbaines. Elles sont composées de matières provenant des eaux usées domestiques et, dans une moindre mesure, des eaux usées non domestiques de l'industrie. Les collectivités doivent donc être conscientes de l'importance de gérer ces boues de manière responsable et conforme à la réglementation.

Ce guide fournit des informations complètes sur les différentes réglementations, les procédures de traitement des boues, les pratiques de gestion durable, ainsi que sur la traçabilité et l'élimination appropriée des boues. En comprenant les enjeux et les exigences réglementaires, les collectivités seront mieux préparées pour une gestion efficace et responsable des boues d'épuration, contribuant ainsi à la préservation de l'environnement et à la santé publique.

Le présent guide s’organise autour :

- De la compréhension des enjeux autour des boues d’épuration, sur les volets relatifs à la réglementation et à l’économie circulaire : **chapitre 1**
- D’expliciter les différents exutoires : **chapitres 2, 3 et 4**
- De la bonne gestion de la stratégie territoriale autour des boues d’épuration : **chapitre 5**

CHAPITRE 1



Quels enjeux pour la gestion des boues en France ?

Les activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles) vont charger les eaux en polluants de toutes natures : matières organiques et minérales en suspension, matières oxydables, matières azotées et phosphorées, métaux lourds, micropolluants, …

Il est alors nécessaire de les traiter avant de les rejeter dans le milieu naturel, sans quoi la capacité naturelle d'épuration des cours d'eau consommerait l'oxygène de la rivière, avec des conséquences néfastes sur la faune aquatique, en particulier la présence en excès de nitrates et de phosphates favorisant le phénomène d'eutrophisation (prolifération d'algues nuisibles).

Le parc de stations d'épuration français traite donc :

- Les matières en suspension et les matières oxydables pour les toutes stations, même les plus rustiques ;
- Les matières azotées et phosphorées pour les plus performantes (comme les boues activées par exemple).

Il est important de noter que les exigences de traitement sont propres à chaque station et sont définies dans leur arrêté préfectoral. Cela signifie que les niveaux de traitement peuvent varier d'une station à l'autre en fonction des besoins et des réglementations locales.

Les boues d'épuration sont la résultante de ces traitements. Elles sont constituées des résidus solides issus des différentes étapes de traitement des eaux usées.
Riches en éléments nutritifs et en matière organique, les boues ont une utilité pour certaines à la fois pour la filière agricole mais également d'un point de vue énergétique.

1.1. Des cadres réglementaires complexes : du droit européen au droit français

Pour comprendre l'ensemble des enjeux autour des boues d'épuration, il est essentiel de connaître et comprendre comment elles sont encadrées juridiquement.
Le tableau suivant fournit un récapitulatif des principales réglementations européennes et françaises concernant leur gestion, fournissant un aperçu clair des cadres légaux à prendre en compte.

Réglementation européenne	Réglementation française	Résumé du contenu
Directive-cadre sur l'eau (2000/60/CE)	Transposée en droit français par le **Code de l'environnement**, notamment les articles **L212-1 à L212-24**	Établit les principes de la politique de l'eau, y compris la gestion des eaux usées et des boues d'épuration.
Directive relative au traitement des eaux résiduaires urbaines (91/271/CEE)	Transposée en droit français par le **Code de l'environnement**, notamment les articles **L1331-1 à L1331-30**	Vise à protéger l'environnement en établissant des normes pour la collecte, le traitement et le rejet des eaux usées urbaines, y compris la gestion des boues d'épuration.
Directive n° 86/278/CEE relative à la protection de l'environnement lors de l'utilisation agricole des boues d'épuration	Transposée en droit français par le **Code de l'environnement**, notamment les articles **L214-1 à L214-9**	Vise à réglementer l'utilisation agricole des boues d'épuration en fixant des normes pour prévenir les risques pour la santé humaine, les animaux et l'environnement lors de l'épandage des boues sur les sols agricoles.
Règlement (CE) n° 1069/2009 relatif aux sous-produits animaux	Transposé en droit français par le **Code rural et de la pêche maritime**, notamment les articles **R226-1 à R226-47**	Fixe les règles pour la gestion des sous-produits animaux, y compris les boues d'épuration, afin de prévenir les risques pour la santé humaine et animale.
Règlement (CE) n° 1907/2006 relatif à l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques (REACH)	Application directe en droit français	Vise à garantir une utilisation sûre des substances chimiques et à promouvoir leur évaluation, leur autorisation et leur restriction, notamment en ce qui concerne les substances présentes dans les boues d'épuration.
Règlement (CE) n° 1272/2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges (CLP)	Application directe en droit français	Établit des critères pour la classification, l'étiquetage et l'emballage des substances et mélanges chimiques, y compris ceux présents dans les boues d'épuration.
Règlement (CE) n° 2019/1009 relatif aux engrais	Transposé en droit français par le **Code de l'environnement**, notamment les articles **D253-1 à D253-8**	Fixe les règles pour la mise sur le marché et l'utilisation des engrais, y compris ceux produits à partir de boues d'épuration, afin d'assurer la sécurité et la qualité des produits.
Décret n° 2018-841 du 3 octobre 2018 relatif aux boues d'épuration	Réglementation spécifique française relative aux boues d'épuration, notamment les articles **R541-8 à R541-53** du Code de l'environnement	Fixe les conditions d'épandage, de compostage, d'incinération ou de stockage des boues d'épuration pour assurer la protection de l'environnement et la santé publique.
Arrêté ministériel du 8 janvier 1998 relatif aux modalités de traitement des boues d'épuration	Réglementation spécifique française relative au traitement des boues d'épuration	Établit les règles et les normes techniques pour le traitement des boues d'épuration, y compris l'épandage, le compostage et l'incinération.

Tableau 1 : Réglementations européennes et leur équivalent en droit français

Ce qu'il faut retenir :

Les réglementations auxquelles sont soumises les boues d'épuration doivent permettre d'assurer leur gestion conforme. En France, la loi EGALIM (voir encadré 1.2.1.1), le Code de l'environnement et l'arrêté du 8 janvier 1998, offrent une protection contre les risques environnementaux et sanitaires liés aux boues.

Il est crucial pour les élus de respecter ces réglementations afin de préserver l'environnement, garantir la santé publique et promouvoir la valorisation des boues dans une perspective d'économie circulaire. En se conformant à ces lois, les collectivités assument leur responsabilité légale et contribuent à une gestion responsable des boues d'épuration.

Conformément à ces réglementations, une collectivité compétente en assainissement est soumise à plusieurs obligations relatives à l'analyse et à la gestion de leurs boues d'épuration. Notamment sur :

- **La caractérisation des boues**, la collectivité réalise des analyses régulières des caractéristiques biologiques et physico-chimiques des boues pour garantir leur conformité ;
- **La traçabilité des boues**, mise en place de procédures et registres pour assurer le suivi de toutes les étapes de gestion des boues, de leur production à leur élimination ou valorisation ;
- **Le respect des normes environnementales**, la collectivité est tenue de respecter les normes environnementales et les exigences réglementaires en matière d'épandage ou de traitement des boues ;
- **La gestion des éléments indésirables**, mesures préventives et de contrôle pour réduire la présence d'éléments indésirables tels que les métaux lourds dans les boues, en contrôlant les rejets industriels et domestiques ;
- **Le suivi des performances**, surveillance régulière des performances de la station d'épuration pour réduire la charge polluante et améliorer l'efficacité du traitement, afin d'optimiser la qualité des boues produites.

Analyses à réaliser	Objectif de l'analyse
Caractéristiques physiques	Détermination de la teneur en matière sèche, la granulométrie, la densité, le pH, etc.
Caractéristiques chimiques	Mesure des éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore, le potassium, les métaux lourds, les substances organiques, etc.
Caractéristiques biologiques	Évaluation de l'activité microbiologique, de la teneur en matière organique biodégradable, de la stabilité des boues, etc.
Contaminants organiques	Recherche de la présence de substances toxiques, d'hydrocarbures, de pesticides, de PCB, de dioxines, etc.
Contaminants inorganiques	Analyse des métaux lourds tels que le plomb, le cadmium, le mercure, l'arsenic, etc.
Paramètres microbiologiques	Recherche de la présence de bactéries pathogènes, de virus, de parasites, etc.
Composés spécifiques	Recherche de substances spécifiques réglementées telles que les hormones, les antibiotiques, les résidus pharmaceutiques, etc.

Tableau 2 : Résumé des analyses à réaliser pour assurer la conformité des boues d'épuration

1.2. Les boues en chiffres, leur qualité et lien avec la qualité des eaux traitées

En France, sont en service près de 22 000 stations de traitement des eaux usées (STEU) de tailles, et donc de technologies, variées. Le niveau de performance des STEU dépend de leur charge nominale (plus une station est importante plus les seuils à respecter seront ambitieux en termes de performance de traitement des eaux usées) et de la sensibilité du milieu récepteur des eaux usées traitées.

Parmi ces stations, environ 18 000 (80%) sont de faibles capacités, souvent des filières rustiques comme les lagunes ou les filtres plantés de roseaux, avec une capacité inférieure à 2 000 équivalent-habitant (EH).

À noter : 5 millions de foyers en France sont en assainissement non collectif, ce qui signifie qu'ils ne sont pas raccordés à une STEU gérée par le service public.
Ces installations génèrent des sous-produits qui sont collectés par des vidangeurs agréés et majoritairement déposés en tête des STEU. Ainsi, ces sous-produits se retrouvent principalement dans les boues d'épuration.
Cette diversité de STEU et la présence de sous-produits provenant de l'assainissement non collectif soulignent l'importance de mettre en place des stratégies de gestion appropriées pour assurer le traitement efficace des eaux usées et la valorisation adéquate des boues d'épuration.

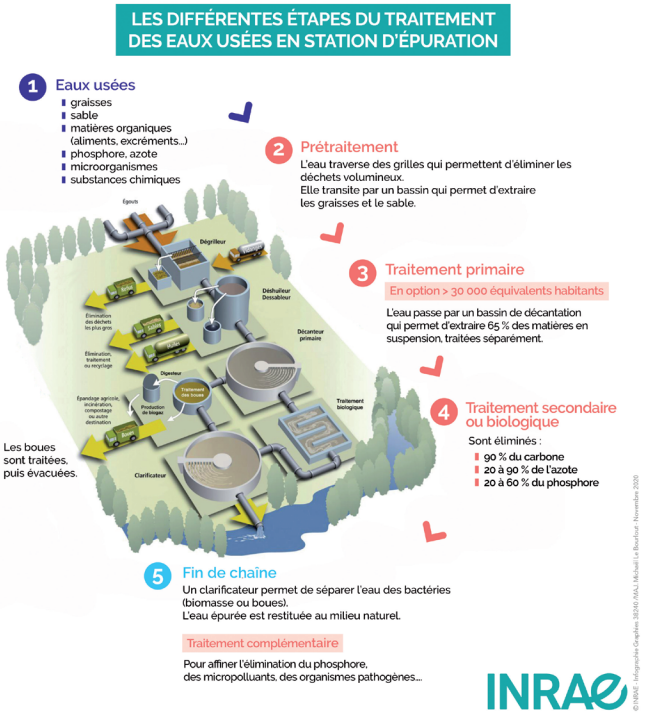


Schéma du fonctionnement d'une station d'épuration (source : INRAE)

Au sein des STEU des collectivités, différents types de boues peuvent être amenés à être gérées :

- **Les boues primaires** qui proviennent du traitement primaire des eaux usées par décantation,
- **Les boues biologiques**, biomasse en excès provenant du traitement biologique secondaire. Elles sont aussi appelées boues secondaires ou boues activées.
- **Les boues mixtes**, mélange de boues primaires et de boues biologiques. Elles proviennent de la totalité de la station.
- **Les boues physico-chimiques**, provenant de la décantation après traitement avec un réactif (plutôt retrouvées sur des sites industriels).

Type de boue	Boues primaires	Boues Biologiques (boue secondaires ou boues activées)	Boues mixtes	Boues physico-chimiques
Origine	Traitement primaire par décantation	Traitement biologique secondaire	Traitement primaire et secondaire	Décantation après traitement avec un réactif
Composition et siccité	Matière organique	Composés organiques avec un petit pourcentage de composés inorganiques	Mélange de boues primaires et de boues biologiques	Issues d'un traitement physico-chimique
	Couleur grise Siccité 5%	Boue granulaire, de couleur brun-jaunâtre, pulvérulente et de décantation difficile Siccité 1-2%	Siccité 5%	Siccité 4-5%

Tableau 3 : Différents types de boues de STEU

Ce qu'il faut retenir :
La siccité est le pourcentage massique de matière sèche contenu dans la boue. Une boue à 5 % de siccité est donc composée à 95 % d'eau.

1.2.1. Deux statuts

Sous-produits du traitement des eaux usées des STEU urbaines, les articles **R 211-26** du Code de l'environnement définissent les boues d'épuration comme des « sédiments résiduaires des installations de traitement ou de prétraitement biologique, physique ou physico-chimique des eaux usées ». Qualifiées de « déchets », tant en droit européen[1] qu'en droit français[2], les collectivités territoriales sont responsables de leur bonne gestion.
Conformément à l'article **R 2224-16** du Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT), leur rejet dans le milieu aquatique est strictement interdit.

Dans leurs obligations, les collectivités doivent garantir, pour les boues, une destination conforme à la réglementation et respectant la hiérarchie des modes de traitements des déchets. C'est-à-dire, conformément à la directive-cadre sur les déchets de l'Union Européenne, il faut favoriser la prévention et la valorisation (réutilisation, recyclage, valorisation énergétique) avant l'élimination (mise en décharge, incinération sans récupération d'énergie). L'idée dernière étant de privilégier une logique d'économie circulaire.

Quand elles sont destinées à « assurer ou à améliorer la nutrition des végétaux ou les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols », les boues d'épuration peuvent alors être considérées comme des matières fertilisantes.

[1] *Directive européenne n°86-278 du 12 juin 1986 relative à la protection de l'environnement et notamment des sols de lors de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture*
[2] *Article R.211-27 du Code de l'environnement*

Ces deux classifications auront nécessairement des implications significatives sur leur gestion et leur utilisation finale.
Dans cette section, seront explorées les données relatives aux boues, leur qualité, leurs origines et leur lien avec la qualité des eaux traitées.

1.2.1.1. Déchets

Conformément à l'article **R 211-27** du Code de l'environnement, les boues issues des stations d'épuration urbaines et industrielles sont désormais classées comme des déchets.
Selon leur provenance (urbaine ou industrielle), les boues de stations d'épuration sont répertoriées dans la nomenclature Déchets[3] sous différentes rubriques. Par exemple :

- **20 03 04** : Boues de fosses septiques ;
- **19 08 05** : Boues provenant du traitement des eaux usées urbaines ;
- **02 03 05** : Boues provenant du traitement in situ des effluents (huile alimentaire).

Ces classifications s'appliquent également au digestat (solide et liquide) obtenu par la méthanisation des boues d'épuration. Bien qu'elles soient considérées comme des déchets, les boues de stations d'épuration ne sont pas des déchets ultimes, car elles contiennent une part valorisable pouvant être utilisée en agriculture ou en incinération.
Les conséquences de ces classifications sont multiples :

- Les producteurs de boues d'épuration sont soumis à la réglementation relative aux déchets, conformément à l'article **L 541-2** du code de l'environnement.
- Il est impératif de garantir la traçabilité des boues, depuis leur production jusqu'à leur entreposage, leur transport et leur épandage. Ces exigences sont régies par le décret de 1997, l'arrêté de 1998, ainsi que par une circulaire et un arrêté du 21 juillet 2015. Les articles **R 211-31** à **R 211-37** du code de l'environnement définissent ces obligations.
- La mise en décharge des boues ou du digestat d'épuration est interdite, sauf en cas d'une pollution avérée.

Il est essentiel de se conformer à ces réglementations pour assurer une gestion adéquate des boues d'épuration et prévenir les impacts négatifs sur l'environnement.
L'article 95 de la loi EGALIM encadre et simplifie la sortie du statut de déchet de l'ensemble des matières fertilisantes et supports de culture fabriqués à partir de déchets, y compris les digestats. Toutefois, une exception est introduite pour les boues de stations d'épuration, qui demeurent des déchets et ne bénéficient pas de cette procédure simplifiée de sortie de statut de déchet. Cependant, il est possible pour les boues de stations d'épuration de sortir du statut de déchet en suivant les dispositions réglementaires habituelles (article L 541-3-4 du code de l'environnement).

[3] *Liste de codification des déchets (Annexe II de l'article R. 541-8 du CE)*

Pour aller plus loin :
La loi EGALIM, (Équilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et alimentaire et une alimentation saine, durable et accessible à tous), promulguée en octobre 2018 (codifié à l'article L.255-12 du Code rural et de la pêche maritime), réglemente la gestion des boues d'épuration urbaines.
Elle encourage la mise en place de bonnes pratiques agricoles pour garantir la qualité des sols, la santé des végétaux et la protection de l'environnement, notamment lors de l'épandage des boues.
Ainsi, la loi EGALIM contribue à encadrer et promouvoir une gestion responsable des boues d'épuration, tout en veillant à la protection de la santé publique et de l'environnement.

1.2.1.2. Matières fertilisantes

Il existe deux exceptions au statut de déchet pour les boues d'épuration, selon le code de l'environnement (article R 211-27) :

- La première exception concerne les matières fertilisantes et supports de culture (MFSC) composés de tout ou partie de boues d'épuration et qui bénéficient d'une homologation, d'une autorisation de mise sur le marché (délivrée par l'ANSES), ou qui sont conformes à une norme rendue d'application obligatoire (la norme **NFU 44 095** sur le compost de MIATE (cf. 2.3) ou norme **NFU 44-51** sur les amendements organiques).
- La seconde exception concerne l'épandage des boues d'épuration, qui fait l'objet d'une réglementation spécifique (cf. 2.2) dans le cadre de la réglementation relative aux installations classées, notamment pour les boues industrielles.

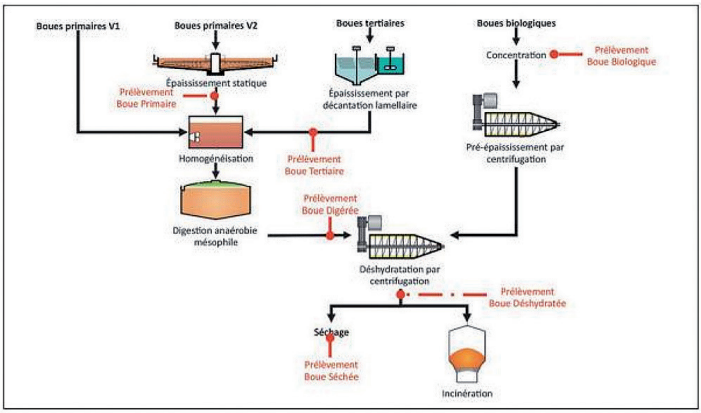
Ces exceptions permettent de considérer les boues d'épuration comme des matières fertilisantes, sous réserve de respecter les réglementations spécifiques qui encadrent leur utilisation (cf. Chapitre 2).

1.2.2. Matière brute et Matière Sèche, les boues en chiffres

Généralement, la production de boues est exprimée en tonnes de matière sèche (MS) par an ou en tonnes de MS par habitant et par jour. Souvent obtenu après un processus d'épaississement puis de déshydratation, la matière sèche représente la fraction solide des boues une fois que l'eau a été retirée.



Boues sèches (Source : Ziclain Innovation)



Présentation d'une filière de traitement des boues (Source : Haut Conseil de la santé publique)

En prenant en considération une STEU moyenne de 100 000 EH « classique » (dégrillage, dessablage/dégraissage, traitement biologique, clarification et traitement des boues), la quantité de boues produites suivante peut être estimée ainsi :

En moyenne, la production de boues brutes peut être estimée à environ 80 à 120 g de matières sèches par personne et par jour. Pour une STEU de 100 000 EH, cela équivaudrait à une production quotidienne d'environ 8 à 12 tonnes de boues brutes.

Ainsi, la production de boues sèches pour une STEU de 100 000 EH peut être estimée entre 1,6 et 4,8 tonnes par jour, selon le degré de déshydratation et la technologie utilisée.

Ce qu'il faut retenir :
Il est important de noter que ces chiffres sont des estimations générales et peuvent varier selon les conditions spécifiques de la station d'épuration. Il est recommandé de consulter les données propres à chaque station d'épuration pour obtenir des chiffres plus précis sur la production de boues.

En 2016, les STEU françaises ont produit environ 1 million de tonnes de boues (en matière sèche), soit environ 7 à 8 millions de tonnes de matières brutes. Parmi celles-ci, il y a environ 2,5 millions de tonnes de boues liquides avec une siccité entre 2% et 8% (soit plus de 90% d'eau). La siccité étant le taux de matières sèches, définissant la consistance de la boue.
Le Centre d'Information sur l'Eau (CIEAU) explique les 4 niveaux de consistance ainsi :

- Les boues liquides : Siccité de 0 à 10 %
- Les boues pâteuses : Siccité de 10 à 25 %
- Les boues solides : Siccité de 25 à 85 %
- Les boues sèches : Siccité supérieure à 85 %

1.2.3. La qualité des boues : un lien avec la qualité des eaux usées traitées

La qualité des boues d'épuration est étroitement liée à la qualité des eaux usées traitées dans les STEU. En effet, en tant que résidu final des processus d'épuration, elles vont se charger en substances polluantes et éléments résiduels initialement contenus dans les eaux usées, dans les cas où ces matières ne sont pas dégradées.
C'est donc la présence de ces éléments indésirables dans les rejets liquides, tels que les métaux lourds, les substances organiques, les agents pathogènes, pollutions émergentes, entre autres, qui auront un impact sur la qualité des boues produites par les STEU. Le postulat suivant peut donc être fait :
Plus les procédés de traitement des eaux sont efficaces, plus la qualité des boues risque de se détériorer.
Et par conséquent, impactant les possibilités de valorisation.
Avec des polluants provenant principalement des rejets, domestiques, industriels et/ou agricoles, raccordés au réseau, mais aussi en cas de réseau unitaire et par temps de pluie, par lessivage des chaussées. Et les projets AMPERES[4] et ARMISTIQ[5] confirment ce propos, car ils montrent qu'une grande partie des micropolluants présents dans les eaux usées est transférée dans les boues d'épuration.
Il apparait essentiel de mettre en œuvre des mesures de prévention et de traitements efficaces pour minimiser la présence de substances indésirables dans les eaux usées et par extension dans les boues d'épuration.
Il est donc primordial de réaliser des analyses régulières des boues d'épuration, conformément aux réglementations, pour évaluer leur qualité et s'assurer de leur conformité.
La qualité des boues d'épuration est un indicateur crucial de l'efficacité du traitement des eaux usées et de la protection de l'environnement. En garantissant une gestion adéquate des eaux usées et en respectant les normes, nous contribuons à préserver la qualité des boues et à minimiser leur impact sur notre écosystème.
La production de boues peut varier en fonction de plusieurs facteurs tels que la technologie de traitement utilisée, la charge de pollution des eaux usées et les pratiques de gestion des boues.

1.3. Les différents exutoires

La gestion des boues d'épuration, sous-produits du traitement des eaux usées, est un aspect essentiel de l'assainissement. Une question centrale concerne les différents exutoires possibles pour ces boues, c'est-à-dire les voies de valorisation ou d'élimination qui leur sont attribuées.
La nature, le traitement et la voie de valorisation des boues peuvent varier considérablement en fonction de plusieurs facteurs, tels que le type et la taille de la station d'épuration, ainsi que la nature des sols locaux et les pratiques agricoles du territoire. De plus, la gestion des boues peut différer en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque installation et des réglementations en vigueur.

---

[4] *Projet AMPERES (2006-2009)*
[5] *Projet ARMISTIQ (2014)*

Ce qu'il faut retenir :
lLes filières de gestion des boues les plus rustiques (souvent sur les "petites" STEU) ont une production de boues cyclique sur plusieurs années
(Exemple : les lagunes sont curées tous les 10 ans en moyenne, tous les 3 à 5 ans pour les filtres plantés de roseaux).

En 2016, la répartition entre les différentes voies de traitement des boues était la suivante :

- La voie principale était le retour au sol des boues (près de 80 %) :
  - L'épandage agricole (44% des boues),
  - L'élaboration de compost utilisé comme amendement organique (36 %),
- L'élimination représentait un peu moins de 20 % :
  - Par incinération (17 %),
  - Par valorisation industrielle (1 %),
- L'enfouissement en ISDND reste très minoritaire (environ 1 %) ; il s'agit le plus souvent d'une solution ponctuelle en cas de non-conformité ou de problème sur une filière classique de gestion des boues (maintenance d'un incinérateur par exemple).

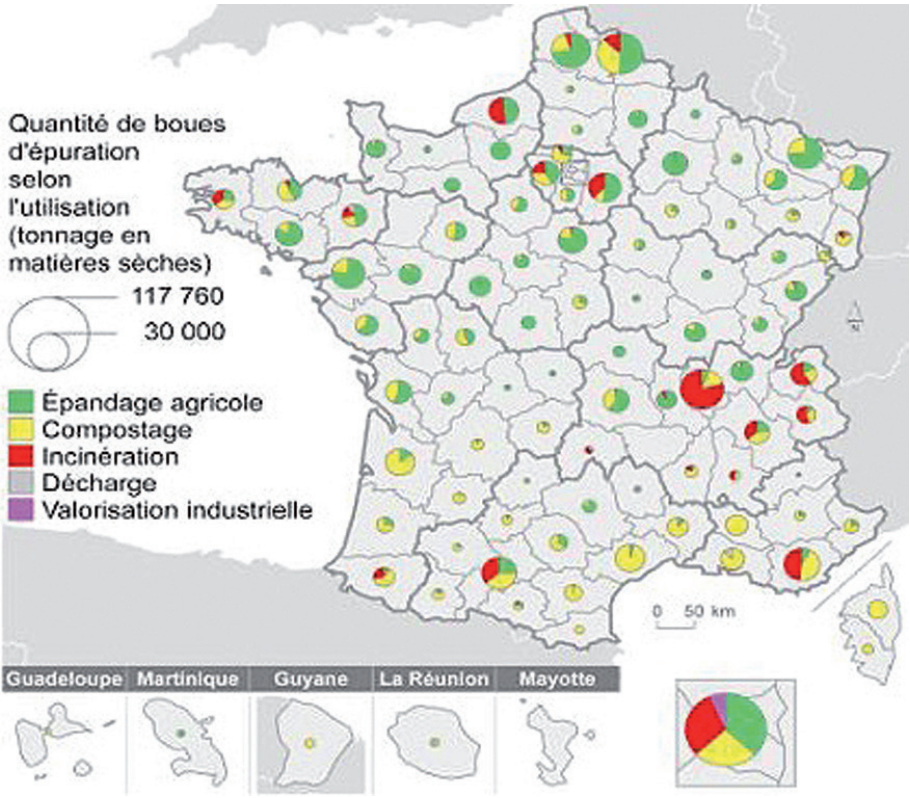
Il convient de noter que ces pourcentages sont susceptibles de varier au fil du temps en fonction des évolutions réglementaires, notamment à cause de contextes particuliers (Impact de la période Covid ou encore projet de réglementation encadrant l'innocuité et l'efficacité des matières fertilisantes et supports de culture), des avancées technologiques et des priorités en matière de gestion des déchets.

Au niveau du bassin Rhône Méditerranée Corse, du fait des contextes dont il est question, une évolution dans les destinations des boues entre 2018 et 2021 a pu être observée. En effet :

- En 2018, près de 74% des boues partaient en valorisation agronomique (55 % compostage, et 19 % épandage), tandis que 23 % étaient incinérées,
- En 2021, le compostage a augmenté au détriment de l'épandage (65 % compostage pour 12 % épandage) et 21 % incinération.

Il est aussi important de choisir la voie de valorisation ou d'élimination des boues d'épuration en fonction des caractéristiques locales, des exigences réglementaires et des objectifs environnementaux, en veillant à garantir la protection de la santé publique et des écosystèmes.

Cette répartition est assez inégale sur le territoire national comme l'illustre la carte suivante, du fait des spécificités dans la nature des sols mais aussi dans les pratiques agricoles :



Répartition géographique des différents exutoires des boues d'épuration
(source : Ministère de la Transition Écologique, Direction de l'Eau et la Biodiversité, base de données Roseau - Traitement : SDES, 2018)

CHAPITRE 2



Le retour au sol, symbole d'économie circulaire

2.1. Un fort intérêt pour toute la filière agricole française

La valorisation des boues d'épuration par le retour au sol présente un intérêt majeur pour l'agriculture française, offrant une solution durable et circulaire pour la gestion de ces sous-produits. Cette section met en évidence l'importance de cette pratique pour l'ensemble de la filière agricole.
Composées de matières organiques et d'environ 25% d'éléments fertilisants (que l'azote, le phosphore et le potassium, ainsi que des éléments secondaires et des oligo-éléments) idéals pour les sols et les cultures, les boues contiennent aussi des éléments indésirables comme des éléments traces métalliques (ETM).
Les MESE (Mission d'Expertise et de Suivi des Épandages) assurent la prise en compte des exigences de préservation de la qualité des sols, des cultures, des produits et de l'eau lors de l'épandage de boues domestiques ou industrielles sur les terres agricoles. Elles fournissent une expertise complémentaire aux services de l'État chargés de l'instruction et du contrôle des plans d'épandage, et assurent un conseil aux agriculteurs et à l'ensemble des acteurs de la filière boue. En outre, la MESE peut jouer un rôle d'observatoire pour les autres produits épandus sur les terres agricoles.
Au titre de la recherche, ce sont des organismes comme l'INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) qui assurent la surveillance des amendements à base de boues d'épuration, notamment avec des essais en plein champs. À ce jour, aucun transfert des éléments indésirables des boues vers les plantes, les sols ou l'eau de ruissellement n'a été mis en évidence, mais il demeure important de poursuivre les travaux et d'élargir le panel des paramètres étudiés.

Retour d'expérience - Projet Télesphore[6]
Le projet Télesphore visait à évaluer la contamination des sols et des eaux souterraines par les résidus pharmaceutiques et les biocides après épandage de boues de STEU et de lisiers. Après deux ans de suivi, les résultats montrent que, pour des épandages à doses agronomiques, la mobilité des contaminants est restreinte et aucune accumulation significative n'a été observée dans le sol.
Ces conclusions sont encourageantes pour la pratique agricole sécurisée et durable des épandages.
Le recyclage des boues d'épuration se place comme une solution respectueuse de l'environnement et économiquement viable, étant donné leur intérêt agronomique. Cette approche étant fortement encouragée par la Commission européenne et s'aligne sur les objectifs du Grenelle de l'environnement[7]. Le recyclage agricole peut prendre la forme d'un épandage direct de boues déshydratées, éventuellement chaulées, ou d'un épandage après traitement tel que la digestion anaérobie et/ou le compostage. En somme, le retour au sol des boues d'épuration offre une perspective prometteuse pour une gestion durable et efficiente de ces ressources organiques, contribuant ainsi à la transition vers une économie circulaire.
Enfin, utiliser des boues d'épuration favorise l'amélioration de la structure des sols et la rétention de l'eau, utile pour protéger les sols en cas de sécheresse et contribuant ainsi à une meilleure productivité agricole.

[6] *Projet Télésphore*

Retour d'expérience d'une gestion en SEMOP

Le "Rapport sur la qualité des boues 2000-2014[7] de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse évalue la qualité des boues issues des stations d'épuration sur une période de 14 ans. Ce rapport analyse les concentrations de divers polluants, y compris les métaux lourds (comme le cadmium, le mercure et le plomb), les composés organiques et les pathogènes. Les résultats montrent une amélioration générale de la qualité des boues, avec une diminution significative de certains contaminants, bien que des préoccupations subsistent concernant certains polluants persistants (cuivre, responsable de 74 % des dépassements de seuils réglementaire en 2014 et zinc, dont la concentration augmente sur toute la période étudiée).

Par exemple, les teneurs en métaux lourds comme le cadmium ont diminué, passant de 1,2 mg/kg de matière sèche en 2000 à 0,7 mg/kg en 2014. Les niveaux de mercure ont aussi baissé, de 1,5 mg/kg à 0,5 mg/kg sur la même période.

Le rapport examine également les pratiques de gestion et de valorisation des boues, telles que l'épandage agricole, la compostage et l'incinération. Il souligne l'importance de maintenir une surveillance continue et d'améliorer les techniques de traitement pour réduire les impacts environnementaux et sanitaires. Le document recommande des actions pour optimiser la gestion des boues, promouvoir les pratiques durables et garantir la conformité avec les réglementations européennes et nationales.

2.1.1. La surface agricole utile (SAU)

La surface agricole utile (SAU) englobe les terres arables, les surfaces toujours en herbe (STH) et les cultures permanentes. Elle constitue le socle de l'activité agricole en France.

Actuellement, 850 000 hectares/an sont amendés ou fertilisés par des boues d'épuration soit 3,5% de la Surface Agricole Utile (SAU) (+/- 25 millions d'hectares), réparti parmi des centaines d'agriculteurs utilisateurs. Cela démontre l'ampleur de l'utilisation de ces boues dans le domaine agricole.

Considérées comme des matières fertilisantes d'origine résiduaire (MAFOR), les boues d'épuration constituent une part non négligeable (environ 6%) de l'ensemble des MAFOR utilisées en agriculture.

2.1.2. Un intérêt pour le monde agricole, une nécessité pour les services assainissement

C'est l'arrêté du 8 janvier 1998, modifié par arrêté le 15 septembre 2020, qui régit aujourd'hui encore les règles et conditions du retour au sol des boues d'épuration.

---

[7] *Article 46 de la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, dite Grenelle 1*

[8] *Rapport sur la qualité des boues 2000-2014*

L'utilisation des boues d'épuration dans l'agriculture présente un double avantage. D'une part, elle permet de valoriser ces sous-produits en leur donnant une seconde vie, réduisant ainsi la quantité de déchets à éliminer. D'autre part, elle constitue une source de matière organique et d'éléments nutritifs pour les sols agricoles, favorisant ainsi leur fertilité et leur santé.
Le retour au sol des boues peut se faire sous la forme :

- De boues liquides ou stabilisées, dans le respect des règles d'épandage fixées par l'arrêté du 8 janvier 1998. Il s'agit plutôt d'apports en azote et phosphore qui permettent de limiter les engrais minéraux (c'est-à-dire chimiques et parfois produits à partir de matière premières fossiles)
- De compost, dans le respect de la norme NFU 44-095. Le compost permet d'enrichir le sol avec de la matière organique : on parle d'amendement qui favorise une meilleure activité biologique dans les sols mais aussi améliore ses propriétés physiques comme l'accroissement de sa capacité de rétention de l'eau.

L'utilisation des boues d'épuration comme matière fertilisante dans l'agriculture présente un intérêt considérable pour le monde agricole, offrant des avantages tant sur le plan agronomique que sur le plan environnemental.
En effet, la contribution des boues d'épuration comme source de fertilisants organiques permet de réduire la dépendance aux engrais minéraux et de favoriser une approche plus écologique et durable de la fertilisation des sols agricoles. Libérant les surfaces amendées de la pression subie par les produits phytosanitaires.

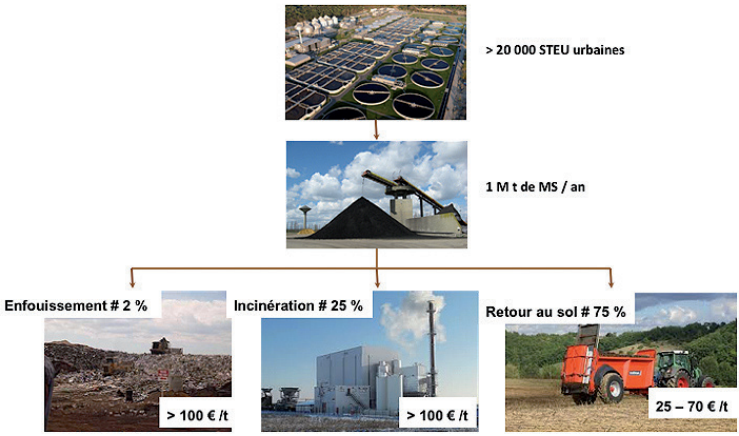
Si les boues pour la filière agricole présentent un intérêt certain, elles constituent une nécessité pour les services d'assainissement français qui doivent gérer efficacement ces sous-produits. Tirant l'avantage d'un nombre conséquent de STEU proche des champs agricoles, le retour au sol apparaît comme la solution évidente de valorisation des boues d'épuration en France.

Sans cet exutoire, les collectivités devront se tourner vers des options de valorisation moins vertueuses et/ou plus distantes du point de production des boues.

2.1.3. Coût et impact environnemental de la gestion des boues

La gestion des boues a un coût conséquent pour le service public d'assainissement. Il dépend principalement de la filière retenue comme débouché et du transport pour les acheminer jusqu'au site de traitement.
Pour rappel, les trois principaux débouchés sont :

- Le retour au sol (par épandage ou compostage) pour l'amendement des sols et/ou de fertilisation des cultures ;
- L'incinération avec ou sans valorisation énergétique, reste modeste car les boues sont principalement composées d'eau (voir 3.2) ;
- L'enfouissement : il s'agit souvent une filière d'appoint, réservée uniquement pour des problèmes ponctuels sur la filière habituelle ou en cas de boues polluées.



Rappel et coûts des différents exutoires des boues d'épuration (source : SYPREA, présentation sur le « Retour au sol des boues d'épuration et économie circulaire)

L'impact environnemental du traitement des boues sera différent selon la filière choisie. Relativement peu énergivore la filière de valorisation agronomique est la plus vertueuse de ce point de vue-là.

La valorisation agronomique des boues permet[9] :

- La séquestration du carbone dans les sols (environ 250 kgCO_2 / t de MS de boues)
- La limitation des émissions dues à la production de fertilisants minéraux (estimée à 230 kg de CO_2 / t de MS)Favorise l'amélioration de la structure des sols et la rétention de l'eau

Pour l'évaluation des coûts et des impacts environnementaux d'une filière de valorisation par rapport à une autre, l'analyse de cycle de vie (ACV) est une approche essentielle pour la gestion des boues d'épuration. Cette méthode permet de recenser les ressources et les énergies utilisées, ainsi que les émissions générées tout au long du cycle de vie d'une infrastructure ou d'un système. Son objectif est d'évaluer les impacts sur la santé humaine, la qualité des écosystèmes et les ressources naturelles.

Retour d'expérience - L'analyse de cycle de vie même pour les petits systèmes d'assainissement

L'ACV d'un système de gestion de l'eau ou d'assainissement permet d'inventorier les ressources et énergies consommées ainsi que les émissions, sur l'ensemble du cycle de vie d'une infrastructure ou d'un système, afin de qualifier ses impacts sur la santé humaine, la qualité des écosystèmes et les ressources naturelles.
Afin de faciliter la mise en œuvre de ce type de démarche y compris dans de petites collectivités, l'INRAE a mis au point le calculateur ACV4E (Analyse Cycle de Vie - évaluation, environnementale, épuration, eau) destiné aux systèmes d'assainissement des petites et moyennes collectivités (moins de 10 000 EH). Alternativement, le logiciel WASABI permet également de comparer des scénarios d'aménagement pour une gestion optimale de l'eau, jusqu'à la gestion des sous-produits d'assainissement.

2.1.4. Socle commun des matières fertilisantes et supports de cultures

Annoncé par la loi AGEC (Anti-Gaspillage et Économie Circulaire) pour le 1er juillet 2021, le projet de réglementation sur l'innocuité et l'efficacité des matières fertilisantes et supports de culture (MFSC), surnommé « Socle commun », est encore en attente, se trouvant depuis novembre 2023 dans sa troisième phase de discussions. Initié dans la continuité des discussions techniques commencées en 2018 autour du volet agricole de la Feuille de Route pour une Économie Circulaire (FREC) et du GT "Pacte de confiance", ce projet vise à établir des normes d'innocuité et d'efficacité pour toutes les matières organiques, y compris les boues d'épuration, en les classant en deux catégories : produit (A) et déchet (B).
En 2020, l'article 86 de la loi AGEC a introduit au code de l'environnement le L. 541-38, révisant les référentiels sur l'innocuité des boues d'épuration d'ici le 1er juillet 2021 pour inclure des contaminants tels que les métaux lourds et les résidus pharmaceutiques. L'ordonnance du 29 juin 2020 précise qu'un décret fixera les critères de qualité agronomique et d'innocuité des MFSC pour garantir leur sécurité sanitaire et environnementale. Malgré trois consultations depuis 2020, seules les questions d'innocuité ont été abordées, les critères agronomiques étant encore en attente de discussion. Les propositions actuelles pourraient néanmoins remettre en question la pratique de retour au sol des boues d'épuration.
Dans ce contexte, le projet de texte dit « socle commun » vise à créer des catégories de matières fertilisantes et à apporter des règles concernant l'efficacité agronomique, l'innocuité et la traçabilité de chaque catégorie de matières fertilisantes. Un décret doit modifier le code rural et de la pêche maritime et s'appliquer en plus des réglementations actuellement en vigueur (Autorisation de Mise sur le Marché MFSC, normes NFU, cahier des charges et plan d'épandage).
Par ces propositions d'arrêtés et de décrets, les ministères affichent leur volonté de modifier les prescriptions pour le retour au sol des boues, encadré par l'arrêté du 8 janvier

1998 pour l'épandage et par la norme NFU 44-095 pour le compostage. Cependant, malgré l'objectif de pérenniser la filière de retour au sol des boues d'épuration, certains critères et exigences issus de ces textes pourraient remettre en question cette pratique pour une part significative des boues d'épuration.
Plus concrètement, seront introduits de nouveaux seuils pour les paramètres existants, notamment pour les Éléments Traces Métalliques (Cuivre, Zinc et Cadmium), dont certains potentiellement impactant pour la filières de retour au sol.
De nouveaux paramètres sont également introduits, comme les inertes/impuretés (plastiques, verres) et les micro-organismes pathogènes.
Dans une analyse poussée, AMORCE note que l'essentiel de l'impact que cette nouvelle réglementation pourrait avoir se concentre sur :

Les critères de flux en ETM, Cuivre et Cadmium, risquent de déclasser presque un tier du flux total des boues retournant au sol en épandage et compostage.

Avec pour conséquence directe, une nécessité de trouver des nouveaux exutoires pour les flux de boues non-conformes. Cela se traduit par une augmentation des surfaces agricoles, si possible, soit par une modification des fréquences d'apports en fonction des éléments le plus impactant, soit une réorientation complète de la valorisation agricole vers de la valorisation énergétique type incinération.



Pour aller plus loin :
La note de synthèse sur l'impact de l'enquête sur l'impact du socle commun, réalisée par AMORCE est disponible[10].

2.2. Retour direct au sol

2.2.1. Quelques définitions

L'épandage représente la principale méthode de valorisation des boues d'épuration en France. Cette approche, bien que relativement économique, peut nécessiter certains traitements complémentaires visant à réduire le potentiel fermentescible des boues, tels que la digestion (voir 3.3.1) ou le chaulage.
Toutefois, il convient de souligner que cette pratique demeure fragile, confrontée aux défis de l'acceptation des déchets par les acteurs agricoles et les riverains des zones d'épandage.

La question de la gestion des boues lors des périodes où l'épandage est impossible ou interdit se pose également. En effet, en raison de leurs caractéristiques, le stockage des boues représente un défi incontournable.
Aujourd'hui, les coûts liés à l'épandage, excluant les traitements préalables, se situent généralement entre **15 et 25 € par tonne**. Toutefois, pour les agriculteurs, il convient de rappeler que les avantages peuvent être significatifs, car l'épandage des boues d'épuration, est conforme au principe du "rendu racine" et permet de se substituer aux apports d'engrais et peut même générer un revenu complémentaire en échange de ce service rendu.

[10] *EAT 23 : Socle commun des MFSC : Enquête AMORCE - Synthèse et Résultats*

Ce qu'il faut retenir :
Le « **zéro euro rendu racine** », principe garanti pour l'agriculteur.
Le producteur des déchets, en l'occurrence des boues d'épuration, (collectivité ou industriel) en sa qualité de responsable de son élimination complète, prend en charge les frais de transport, d'épandage et de suivi analytique.

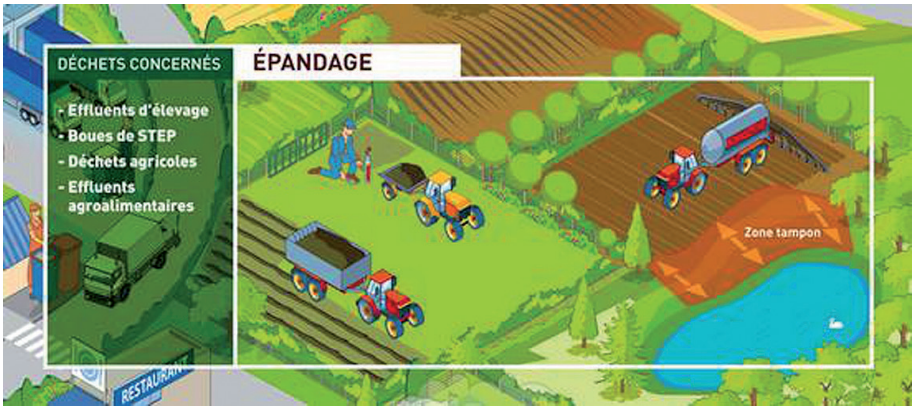


Schéma de l'épandage (source : ADEME)

Véritable symbole d'économie circulaire, l'épandage des boues d'épuration apparaît ainsi comme la solution la plus respectueuse de l'environnement et la plus économique, étant donné leur intérêt agronomique.

2.2.2. Cadre juridique

Boues de station d'épuration : quelle procédure pour leur retour au sol ?

Plan d'épandage	Autorisation de mise sur le marché	Normalisation
Prescriptions, organisation, recommandations : art. R. 211-25 à R 211-47 du CE, arrêté du 8 janvier 1998 **Autorisations administratives : régimes de déclaration/autorisation au titre de la loi sur l'eau** : nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration (articles L. 211 et suivants CE et R. 241-1 du CE) ; procédures (R. 214-6 à -31 du CE)	**Procédure d'homologation ou d'autorisation provisoire** : article L. 255-2 du Code rural et pêche maritime **Démarche individuelle par producteur** **Examen de la demande par l'ANSES** dans les conditions prévues par le décret n°80-477 du 16 juin 1980 et l'arrêté du 21 décembre 1998 modifié relatif à l'homologation des matières fertilisantes et des supports de culture	**Norme NFU 44-095** : amendements organiques obtenus par compostage et contenant des matières issues du traitement des eaux, d'intérêt agronomique et d'application obligatoire depuis mars 2004

Tableau 4 : Cadres juridiques autour de l'épandage des boues d'épuration

L'épandage des boues d'épuration doit respecter des procédures et des normes strictement définies par les textes, destinées à garantir son innocuité vis-à-vis de la santé humaine et de l'environnement.
De plus, pour être autorisé, l'épandage des boues doit présenter **un intérêt pour le sol ou pour la culture**.
Il est **interdit d'épandre des boues brutes**. Un traitement préalable est obligatoire pour à réduire, de façon significative, leur pouvoir fermentescible et les risques sanitaires liés à leur utilisation.
Notons l'épandage est interdit dans les cas[11] suivants :

- Sur les sols gelés ou enneigés ;
- En périodes de fortes précipitations ;
- Hors des terres et prairies normalement exploitées ;
- Sur les terrains en forte pente, pour prévenir du ruissellement hors du champ d'épandage ;
- À l'aide de dispositifs d'aérodispersion qui produisent des brouillards fins ;
- Sur d'anciennes carrières ;
- Sur des sols dont le pH, avant épandage, est inférieur à 6 (il existe néanmoins une exception pour les boues chaulées avec des conditions supplémentaires)[12].

Concrètement, **l'épandage direct peut être réalisé sur :**

- Les sols agricoles ;
- Les sols en voie de reconstitution ou de revégétalisation (publics ou privés[13]).

À noter : Pour les zones boisées, l'épandage est autorisé mais uniquement à titre expérimental.

En respectant des distances minimales (entre 5 et 500 mètres) par rapport au milieu aquatique environnant et aux zones habitées en fonction des traitements préalables qu'ont subi les boues doivent être observées[14].

L'article **R 211-40** du Code de l'Environnement de préciser : « les **périodes d'épandage** et les **quantités épandues** doivent être adaptées de manière à :

- Respecter la capacité maximale d'absorption des sols (La quantité d'application des boues sur ou dans le sol ne peut dépasser 3 kg de matière sèche de boues par mètre carré de sol sur 10 ans) ;
- Éviter la stagnation prolongée sur les sols, le ruissellement en-dehors de parcelles d'épandage et une percolation rapide.

Les conditions générales fixées par le code de l'environnement sont précisées par l'arrêté du **8 janvier 1998** fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles. Il définit précisément les modalités techniques d'épandage que doivent respecter les producteurs de boues pour prévenir tout risque sanitaire et écologique de contamination du sol et des cultures.

---

[11] Articles R. 211-41 et R. 211-44 (carrières) du Code de l'environnement
[12] Article 11 de l'arrêté du 8 Janvier 1998
[13] Article R. 211-26 Code de l'environnement
[14] Voir l'annexe II de l'arrêté du 8 janvier 1998

Élément	Contenu	Commentaire
Étude préalable	Définit l'aptitude du sol à recevoir les boues, le périmètre, les modalités de réalisation y compris les matériels et dispositifs d'entreposage nécessaires. Cette étude justifie du respect des conditions édictées par la loi qui impose également que les capacités d'entreposage doivent tenir compte des périodes où l'épandage est interdit (par exemple en hiver) ou impossible (période de sécheresse). L'étude doit également prévoir une autre filière d'élimination en cas d'incident.	Financée par le producteur de boues
Registre d'épandage	Synthèse des activités d'épandage contenant les parcelles épandues, caractéristiques des boues, des sols, etc.	Une copie de ce registre doit être transmise au préfet tous les ans. Le producteur de boues doit garder ce document pendant dix ans.
Programme prévisionnel annuel	Précise les parcelles réceptrices pour la campagne suivante, leurs caractéristiques ainsi que les cultures pratiquées, les préconisations d'emploi des boues, notamment les quantités à épandre, le calendrier de l'épandage et les parcelles réceptrices.	Obligatoire seulement pour les stations d'épuration de plus de 2000 EH (flux de polluant journalier >120kg DBO_5). Réalisé avant chaque campagne et remis au plus tard un mois avant le début de la campagne d'épandage.
Bilan annuel de programme d'épandage	Il permet le suivi continu de la qualité des épandages et des boues en précisant : • Leurs caractéristiques : surtout leur teneur en métaux lourds, en micropolluants et en micro-organismes pathogènes ainsi que leur intérêt agronomique) ; • Leur provenance ; • Leur origine. Ce registre doit aussi contenir l'accord signé avec l'utilisateur, les quantités de boues concernées et leurs préconisations d'emploi. Il doit également définir les dates d'utilisation, les parcelles réceptrices, etc.	Obligatoire seulement pour les stations d'épuration de plus de 2000 EH (flux de polluant journalier >120kg DBO_5), transmis au préfet au plus tard e, même temps que le programme prévisionnel d'épandage de la campagne suivante.

Tableau 5 : Principales démarches administratives associées à l'établissement et à la gestion du plan d'épandage

Tout comme le compost (cf. 2.3) de boues d'épuration, l'arrêté du **8 Janvier 1998** rend obligatoire la surveillance des boues. Les fréquences d'analyse sont fonction des quantités de matière sèche produites et sont réduites de moitié après une année dite de caractérisation[15].

Ce même arrêté soumet l'épandage des boues conformes à **autorisation** ou **déclaration** au titre de la nomenclature **IOTA** (Installations, Ouvrages, Travaux et Activités au titre de la loi sur l'eau).

[15] *Arrêté du 8 Janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles*

Pour aller plus loin :
Le site de l'observatoire de recherche en environnement étudiant le recyclage agricole des Produits Résiduaires Organiques (PRO), le SOERE PRO et ses plateformes de recherche comme qualiAgro mettent à disposition le produit de plus de 20 ans de recherche.

Ce qu'il faut retenir :
En 2020 et avec la crise sanitaire du COVID-19, une règlementation exceptionnelle a été mise en place, par précaution, conditionnant l'épandage des boues à leur hygiénisation préalable. En vigueur, jusque début 2023, le ministère de la Santé a abrogé les restrictions liées aux risques de présence et de contamination au virus dans les boues, basant cette décision sur un avis rendu par le Haut Conseil de la Santé Publique et sur les pratiques de 7 pays européens qui n'ont pas pris de mesures spécifiques sur l'épandage des boues pendant la pandémie. De plus, comme l'atteste le réseau Obépine[16], aucune recherche scientifique n'a démontré de risque de contamination lié à l'épandage des boues sur les terres agricoles. Cette période si particulière montre l'importance des décisions éclairées sous fond de mesures scientifiques.

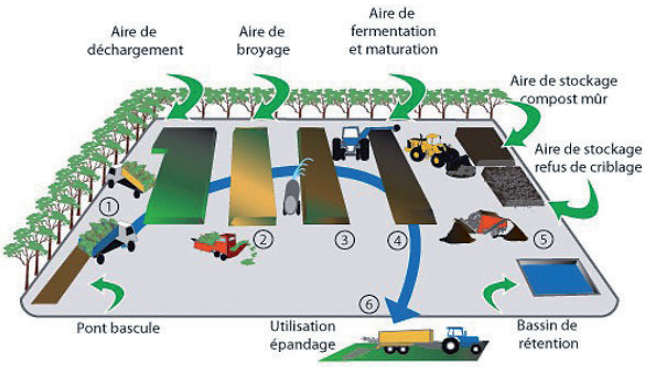


Schéma d'une usine de compostage (source : agricompost.eu)

2.3. Retour au sol après compostage

2.3.1. Principe

Le compostage est un processus de dégradation aérobie (en présence de dioxygène) des éléments organiques fermentescibles présents dans les boues. Il entraîne la formation d'un matériau appelé compost, riche en matières humiques, ainsi que la libération de dioxyde de carbone, d'ammoniac, d'eau, d'azote et de chaleur. Nécessitant un apport d'oxygène, d'eau et de matières organiques pour permettre la croissance des bactéries aérobies. Les matières organiques sont dégradées en phases successives, ce qui permet de déterminer le degré de maturation du produit.

2.3.2. Un procédé qui ne peut se faire sans un apport de structurant

La forte teneur en eau dans les boues d'épuration font qu'elles ne sont pas « auto-compostables », et ce, malgré les étapes d'épaississement et de déshydratation préalables. En effet,

[16] Site du consortium
[17] ADEME, Fiche Technique : Le compostage, Septembre 2015

leurs caractéristiques physico-chimiques rendent impossible la libre circulation de l'air et le rapport carbone/azote (C/N) étant, généralement, trop faible.
Pour composter des boues et donc atteindre le rapport C/N adapté étant de l'ordre de 30[17] il faudra apporter un structurant carboné.
L'apport le plus utilisé est composé de déchets verts, mais il est aussi possible d'utiliser des écorces de pins, des rafles de maïs, des copeaux et sciures ou encore des palettes de bois déchiquetées. L'utilisation de ces différents substrats peut cependant faire concurrence à d'autres filières de valorisation et apporte relativement peu de carbone.

A la fin du cycle de compostage, le support structurant est généralement criblé afin de le recycler, ce qui permet une diminution des approvisionnements. Par exemple, lors de l'utilisation d'écorces, le criblage peut être effectué après la phase de fermentation du compost et avant la phase de maturation. Cela permet le recyclage du substrat grossier et un meilleur contrôle de la granulométrie du compost. La nature du support carboné ainsi que la proportion du mélange boue/support varient de manière significative selon les plates-formes pour tenir compte de différents critères comme la teneur en eau des boues, les conditions climatiques ou la technique de compostage utilisée (retournement d'andains, aération forcée, réacteur fermé). Le compostage fait donc appel à un savoir-faire propre à chaque exploitant.

2.3.3. Cadre juridique

2.3.3.1. Sur les Installations de compostage

Au-delà d'une certaine taille, les plateformes de compostages sont soumises à la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) (**Livre V titre 1er du code de l'environnement**).
C'est la **rubrique 2780-2** qui va réglementer le compostage des boues de station d'épuration. Et depuis, le 20 mars 2012 et le **décret 2012-384**, un régime d'enregistrement (entre le régime de déclaration et le régime d'autorisation) pour les établissements de taille intermédiaire a été instauré.

Concrètement, les installations de compostage des boues d'épuration sont soumises à :
- Autorisation si la quantité de déchets traitée dépasse 75 t/jour ;
- Enregistrement si la quantité de déchets traités est comprise entre 20 t/jour et 75 t/jour ;
- Déclaration si la quantité de déchets traitée dépasse 2 t/j mais reste inférieure à 20 t/jour ;

La réglementation ICPE fixe des critères techniques pour les installations soumises à autorisation :

Procédé de compostage	Procédé imposé
Par retournement	3 semaines de fermentation 3 retournements minimum 3 jours entre chaque retournement 55 °C au moins pendant 72h
Par aération forcée	2 semaines de fermentation 1 retournement au minimum 3 jours entre chaque retournement 55°C minimum pendant 72h.

Tableau 6 : Critères techniques concernant les installations soumises à autorisation

Les arrêtés s'appliquant aux installations de compostage sont :

- **L'arrêté du 22 avril 2008** fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de compostage ou de stabilisation biologique aérobie soumises à autorisation en application du titre Ier du livre V du code de l'environnement ;
- **L'arrêté du 12 juillet 2011** relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de compostage soumises à déclaration sous la **rubrique 2780**.

- **À noter :** La suppression de la TGAP (Taxe Générale sur les Activités Polluantes) dans le cadre des activités de compostage par **l'article 18 de la loi n°207-1837** du 30 décembre 2017. Cette taxe est due par les entreprises dont l'activité ou les produits sont considérés comme polluants.

2.3.3.2. Sur le compost

Les composts issus de boues d'épuration urbaines peuvent être mis sur le marché en dehors d'un plan d'épandage lorsqu'ils sont conformes à la norme d'application **NF U 44-095** ou **NFU 44-295** relatives aux composts contenant des matières d'intérêt agronomique issues du traitement des eaux résiduaires (MIATE). **L'arrêté du 18 mars 2004** précise les modalités d'application de cette norme.
Par ailleurs, les Produits Résiduaires Organiques (PRO) sont aussi soumis à la norme **NFU 44-051** relative aux produits fabriqués à partir de déchets végétaux et animaux et les composts urbains fabriqués à partir des ordures ménagères.

C'est au travers de ces différentes normes que les composts de boues d'épuration pourraient bénéficier d'une sortie du statut de déchet mais celle-ci n'est en aucun cas simplifiée par la norme d'application obligatoire **NFU 44-095**, dont les conditions sont précisées dans l'article **L 541-4-3** du Code de l'Environnement.

Ce qu'il faut retenir :
Les composts issus de boues de STEU ne peuvent pas être utilisés en agriculture biologique car ils ne figurent pas dans la liste de l'annexe II A du règlement n° 2092/91, du cahier des charges de l'agriculture biologique. En outre, certaines industries agroalimentaires et organismes collecteurs excluent les amendements organiques fait à partir de boues.

Le statut particulier des boues d'épuration limite généralement leur mélange avec d'autres déchets. Sauf à **2 exceptions** précisée dans le **Décret n° 2021-147** du 11 février 2021 relatif au mélange de boues urbaines et à la rubrique 2140 de la nomenclature IOTA, qui ont modifié **l'article R 211-29** du code de l'environnement :

- Il est autorisé de mélanger des boues dans des unités d'entreposage ou de traitement communes en vue de leur épandage, à condition que la composition de chaque boue, avant le mélange, réponde aux critères du retour au sol tout comme le mélange obtenu.

- Il est possible de mélanger des boues avec d'autres déchets non dangereux sous réserve d'une autorisation préalable du préfet, et à condition que les déchets constituant le mélange, « pris séparément, sont conformes aux prescriptions techniques qui leur sont applicables en vue de l'épandage sur les sols agricoles et d'autre part que l'objet de l'opération tende à améliorer les caractéristiques agronomiques des boues à épandre. »

De plus, le **décret n° 2021-1179**[18] du 14 septembre 2021 entérine la possibilité de traiter conjointement les boues d'épuration et les digestats de boues d'épuration par compostage, en les combinant avec d'autres matières utilisées comme structurants et issues de matières végétales.

Ce décret, qui résulte d'une forte mobilisation des collectivités, prévoit une diminution progressive et raisonnable de la quantité de déchets verts (DV) pouvant être utilisés comme co-produits pour le compostage des boues d'épuration :

- Le taux maximal de DV de 100 % de la masse de boues à partir de 2022, soit 1t de DV pour 1 t de boues ;
- Le taux de 80 % en 2024, soit 800 kg de DV pour 1t de boues ;
- Le 1er janvier 2026, l'ADEME doit fournir un rapport sur les gisements des DV, la concurrence entre les filières de valorisation organique des boues et déchets alimentaires triés à la source et les besoins de fertilisation de l'agriculture biologique. L'objectif est de déterminer s'il est opportun de modifier le seuil établi pour 2024.

Si les conclusions du rapport de l'ADEME de 2026 sont évidemment inconnues, il est important de garder en tête que lors de la feuille de route économie circulaire, le rapport MAROIS[19] avait évoqué un taux de seulement 30 % de DV et que ce point de vue reste porté par certaines parties prenantes, très actives lors de la consultation en amont du décret du 14/09/2021.

2.3.4. Coûts d'installation

En compostage, les boues d'épuration sont les déchets les plus chers à traiter, cela est dû aux conditions particulièrement difficiles qui demandent des installations performantes et coûteuses (problème d'odeurs nécessitant une aération automatisée et un traitement sous bâtiment, lixiviats). Lorsqu'il est vendu, le prix de vente des composts peut varier entre 12 et 25 €/t de produit selon la quantité achetée[20].

Procédé	Coût d'investissement	Coût d'investissement (ramené à la tonne de déchet entrant).
Compostage lent	850 000 euros	124 euros/t/an
Compostage accéléré à l'air libre	1,7 million d'euros	189 euros/t/an
Compostage sous bâtiment	3,4 millions d'euros	465 euros/t/an

Tableau 7 : Coûts d'investissement d'une usine de compostage en 2005

[18] *Décret n°2021-1179 du 14 septembre 2021*
[19] *Boues d'épuration : où en sont les discussions sur leurs débouchés ?*
[20] *Sidomsa, Prix de vente de compost en vrac, disponible sur https://www.sidomsa.net/compostage/vente-de-compost/vente-de-compost.php*

CHAPITRE 3

La valorisation énergétique : des techniques maîtrisées



Pour rappel, il existe 3 principaux exutoires qui permettent aux collectivités de gérer leurs boues d'épuration. Considérés comme des « destinations finales », ils se répartissent ainsi :

- Le retour au sol, en épandage ou de compost - cette solution concerne entre 75 et 80 % des boues françaises et fait l'objet d'un cadre réglementaire très strict ;
- L'incinération, gère actuellement 20 à 25 % des boues ;
- L'enfouissement, uniquement en cas de situations exceptionnelles (maintenance des incinérateurs, pollution ponctuelle ne permettant pas le retour au sol…) concerne un très faible pourcentage du volume total de boues d'épuration.

Dans les cas où la valorisation agricole n'est pas possible, la collectivité en charge de la gestion des boues doit se tourner vers des débouchés plus coûteuses, notamment vers de l'incinération ou vers des unités de méthanisation.

3.1. La méthanisation

La méthanisation est une technologie bien établie et largement utilisée pour la valorisation des matières organiques, y compris les boues d'épuration. Elle consiste en la dégradation biologique anaérobie des déchets, tels que les boues d'épuration, pour produire du biogaz et du digestat.

En assainissement, la méthanisation n'est généralement pas considérée comme une étape finale de gestion ou de valorisation des boues d'épuration, mais plutôt comme un processus intermédiaire dans le traitement de ces déchets. Son but premier est la réduction du volume total de boues en sortie de STEU mais elle offre aussi un double avantage écologique pour les collectivités en tant que solution de traitement durable permettant la valorisation des ressources énergétiques contenues dans les boues. Les boues d'épuration digérées, connues sous le nom de digestats, peuvent être utilisées comme fertilisant organique en agriculture.

Contrairement au compostage, la méthanisation est une fermentation de la matière organique des boues en l'absence d'oxygène (anaérobie). Les déchets organiques sont stockés dans une cuve hermétique, le digesteur, et sont soumis à l'action de bactéries, pendant une durée de 30 à 50 jours.

Il existe trois types de fermentations liées à la température du procédé :

- La fermentation **psychrophile** (entre 15 et 20°C) : digestion froide et lente (plusieurs semaines) mais ne nécessitant pas de chauffage ;
- La fermentation **mésophile** (entre 30 et 35°C) : procédé reposant sur l'activité des entérobactéries ;
- La fermentation **thermophile** (entre 50 et 60°C) : seules les bactéries thermophiles et les actinomycètes subsistent. Le temps de séjour est court et l'exploitation s'avère délicate.

C'est la digestion mésophile qui est la plus répandue. Cette technique permet une réduction supplémentaire (jusqu'à la moitié) du volume des boues, ce qui rend le stockage et le transport plus aisés et moins onéreux. Cette réduction de volume qui

peut aller de 25 à 50 % est un avantage financier important pour les services publics d'assainissement.

La méthanisation des boues d'épuration contribue ainsi à la gestion durable des déchets, à la production d'énergie renouvelable et à la préservation de l'environnement. Cependant, il est essentiel de mettre en place une planification adéquate, des infrastructures adaptées et une surveillance rigoureuse pour assurer un processus de méthanisation efficace, respectueux de l'environnement et répondant aux exigences réglementaires.

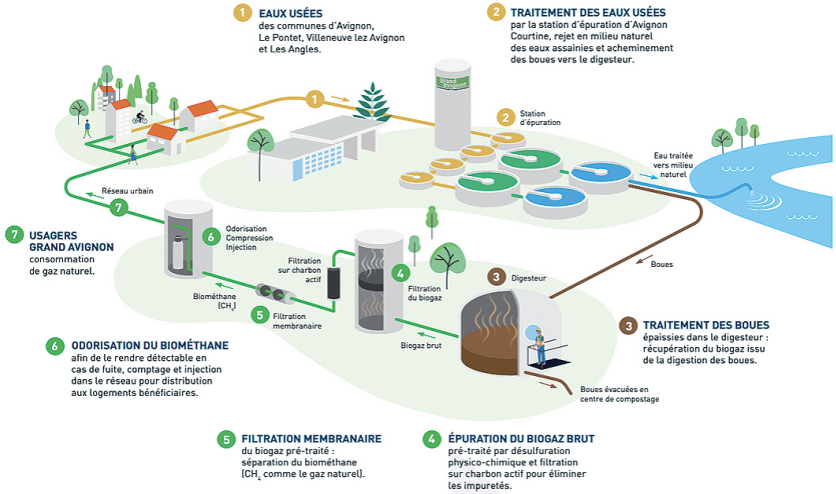


Schéma de principe d'une STEU avec méthanisation et injection de biogaz (Source : Grand Avignon)

Le digestat est valorisé selon les mêmes débouchés que les boues d'épuration brutes non digérées, avec une priorité donnée à leur valorisation en agriculture sous forme de compost.

Pour aller plus loin :
AMORCE a rédigé une note : EAT 03 pour les "Services Publics d'Eau et d'Assainissement et changement climatique : les leviers d'atténuation"[21], ainsi qu'un guide à destination des élus sur la méthanisation et le biogaz[22]

En France, il existe près de 100 méthaniseurs en STEU ; Ces installations produisent du biogaz valorisé par cogénération en chaleur et électricité, seules les plus récentes et de haute capacité de production font de l'injection (Toulouse, Strasbourg, Marseille, Bordeaux, Nancy, etc.)
Facilité par la réglementation, une vingtaine de projets sont en injection et une centaine de projets de raccordement ont été enregistrés.

[21] EAT 03, *disponible sur le site d'AMORCE*
[22] Guide *« Élu, la méthanisation et le biogaz »*

Le projet de révision de la Directive Eaux Résiduaires Urbaines propose, en lien avec les objectifs de neutralité carbone inscrits dans le « Pacte Vert » européen, d'atteindre la neutralité énergétique sur l'ensemble des systèmes d'assainissement de plus de 10 000 EH au 31 décembre 2045.
Cet objectif est défini comme l'ensemble de l'énergie produite à partir de sources renouvelables par les stations (sur et hors-site) et qui devra compenser l'énergie annuelle totale utilisée par ces mêmes stations.
À noter qu'il sera possible d'acheter jusqu'à 35 % de l'énergie à partir de ressources non-fossiles, et ce uniquement pour contribuer à l'objectif final. La méthanisation des boues sera un levier indispensable pour atteindre ces objectifs, au même titre que la valorisation de la chaleur.

Retour d'expérience - Méthanisation des boues d'épuration - Grenoble Alpes Métropole

La station d'épuration Aquapole d'une capacité nominale de 430 000 EH est équipée de deux méthaniseurs pour les boues primaires et les boues biologiques. Le biométhane produit par la méthanisation de ses boues d'épuration est réutilisé dans la station et l'excédent (environ 85 % de la production de biométhane) est injecté dans le réseau de gaz, géré par la société de projet AQUABIOGAZ spécialement crée sur la brique valorisation du biogaz (la SEM Gaz Électricité de Grenoble et SUEZ). Le biométhane injecté peut ainsi alimenter entre autres une station GNV/bioGNV pour les besoins de la flotte de bus du Semitag, la société en charge de l'exploitation des transports en commun de l'agglomération qui verdit ainsi sa mobilité par l'achat de garanties d'origine.



3.1.1. Les sous-produits de la méthanisation

Les sous-produits de la méthanisation, tels que le digestat et le biogaz, jouent un rôle essentiel dans le processus de valorisation des boues d'épuration. Le digestat, riche en matière organique et en nutriments, sera utilisé comme un fertilisant potentiel pour l'agriculture.
Quant au biométhane, il s'agit d'un gaz renouvelable composé principalement de méthane (CH_4) et de dioxyde de carbone (CO_2), pouvant être utilisé comme source d'énergie renouvelable.

L'ensemble de ces approches inscrivent les STEU qui méthanisent leurs boues dans une logique de sobriété énergétique et d'adaptation au changement climatique (réduction des émissions de gaz à effets de serre).

Également sous-produit, les centrats (fraction liquide issue de la digestion) nécessitent une gestion au même titre que les digestats. Fortement chargés en phosphore et en azote ammoniacal, avec des concentrations pouvant atteindre jusqu'à 20 fois celles des eaux usées en entrée de STEU, ils sont habituellement renvoyés en tête de station pour traitement sur la filière "eau". Cela peut causer des dysfonctionnements car les stations ne sont généralement pas dimensionnées pour cette charge supplémentaire. Cependant, la qualité de cet effluent est souvent peu suivie dans les STEU, ce qui entrave une gestion efficace. Une solution possible est le développement de technologies de récupération et de valorisation des nutriments (cf. Chapitre 4), permettant ainsi de les valoriser sous forme d'engrais tels que la struvite pour le phosphore et le sulfate d'ammonium pour l'azote.

Pour aller plus loin :
La publication de l'INRAE sur la digestion des boues[23]

3.1.1.1. La valorisation du biométhane

Au-delà de la réduction du volume de boues d'épuration, le principal avantage de la méthanisation est la valorisation du biométhane produit, qui a un Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) de 5 à 7 kWh/Nm^3 (le PCI représente la quantité théorique d'énergie contenue dans un combustible). Ce biométhane est valorisable de quatre manières, en exploitant le potentiel énergétique des boues d'épuration :

- **Valorisation thermique** : valable si un débouché pérenne est disponible sur l'année, pour la chaleur, proche du lieu de production (industrie, réseau de chaleur) ou en interne (digesteur de boues).
- **Valorisation électrique**, cogénération ou production alternée : Très répandue à l'étranger, elle tend à se développer en France.
- Utilisation sous forme de **biocarburant** (GNV)

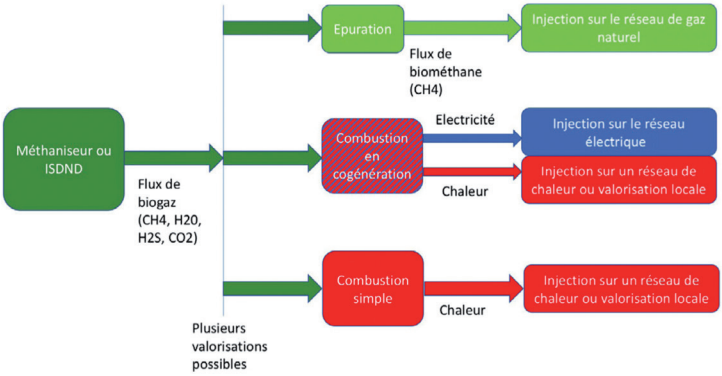
[23] *La digestion des boues. INRAE, Juin 2020*

- **Raccordement au réseau de gaz naturel** : l'injection de biométhane (biogaz épuré) issu de la méthanisation des boues d'épuration a reçu l'approbation de l'ANSES en 2014. En 2023, une quarantaine d'installations injectent dans le réseau.[24] [25] [26]

Pour être injecté dans le réseau de gaz naturel, il est impératif d'épurer le biogaz produit par la digestion pour ne conserver que le biométhane. Cette étape de traitement rejette par un évent, l'ensemble des sous-produits indésirables (dioxyde de carbone, vapeur d'eau, sulfure d'hydrogène, ammoniac…). Au-delà de l'injection dans le réseau ou une valorisation vers l'extérieur, les STEU ont aussi la possibilité d'autoconsommer tout ou partie de leur production énergétique (sous forme de chaleur, de gaz ou d'électricité), afin de limiter les coûts de fonctionnement et de tendre vers plus d'indépendance face aux énergies fossiles.

À noter : Depuis l'arrêté du 27 juin 2014, et suite à un avis de l'ANSES, il est autorisé à injecter le biométhane produit à partir d'unités de méthanisation dans le réseau de gaz naturel, ce qui a stimulé les projets de méthanisation dans ces stations. Au 1er janvier 2024, 47 stations d'épuration injectent leur biométhane produit par méthanisation dans le réseau de gaz. Cela représente 565 GWh/an, soit l'équivalent du besoin annuel en chauffage de 77 400 foyers ou pour le besoin de fonctionnement de 2260 bus[27]. Ce sont près de 115 200[28] t de CO_2 qui sont économisés en une année par cette substitution du gaz naturel fossile dans le réseau. De plus, plus d'une centaine de projets d'injection de biométhane sont en cours d'étude, démontrant l'intérêt croissant pour cette technologie.

Valorisation énergétique du biogaz



La valorisation énergétique du biogaz

[24] *GRDF, unités d'injection de gaz vert dans le réseau GRDF au 1er mars 2023*
[25] *Dossier de presse : SUEZ réalise à Marseille une unité de production et d'injection de biométhane à partir du traitement des eaux usées, 8 mars 2018*
[26] *ATEE Club Biométhane, Station d'épuration du SIAAP, Site de Seine Aval,*
[27] *Consommation moyenne d'une maison bien isolée (construite après 2006) de 120 m² de 4 habitants : 7,3 MWh/an (Selectra) et Consommation moyenne d'un bus ou d'une Benne à Ordures Ménagères : 250 MWh/an (ADEME)*
[28] *Facteur d'émission du biométhane : 23,4 gCO_2 e/KWh PCI ; facteur d'émission du gaz naturel : 227 gCO_2 e/kWh PCI (ACV Enea Consulting - Quantis 2017 et Base Carbone de l'ADEME)*

3.1.1.2. La valorisation du digestat

Le digestat produit par la méthanisation peut être valorisé de la même manière que les boues d'épuration, en passant par l'ensemble des voies de valorisation déjà mentionnée dans ce guide.

Riche en matière organique non dégradable (dite lignine), matières minérales (Azote, Phosphore et Potassium) et en eau, ce sous-produit de méthanisation peut encore subir un traitement complémentaire afin d'améliorer ses caractéristiques en vue d'un retour au sol Ces traitements peuvent inclure des processus tels que l'évapo-concentration, la séparation de phase, le stripping avec lavage acide, le séchage ou encore le compostage.

La méthanisation permet déjà en soit d'améliorer es caractéristiques organiques des boues :

- Diminution voire atténuation de **l'odeur** des boues liée à leur stabilisation ;
- Amélioration de la **valeur fertilisante** des boues, avec obtention d'un digestat riche en matières fertilisantes ;
- **Réduction du volume** des boues.

Si le méthaniseur n'est pas soumis à la législation des ICPE, alors l'épandage des digestats de boues d'épuration est soumis à **l'arrêté du 8 janvier 1998**. Sinon, l'arrêté ministériel de prescriptions générales sectoriel de la rubrique méthanisation défini les prescriptions générales à respecter pour l'épandage de ces digestats.

3.1.2. Pouvoir méthanogène des boues et comment en améliorer la qualité

Le pouvoir méthanogène des boues d'épuration fait référence à leur capacité à produire du biogaz lors du processus de méthanisation. Il est important d'améliorer ce pouvoir méthanogène car cela permet d'optimiser la valorisation énergétique des boues et de maximiser la production de biogaz, une source d'énergie renouvelable.

L'amélioration du pouvoir méthanogène des boues contribue à remplir l'objectif premier de la méthanisation liée à un système d'assainissement. En effet, cela permet de réduire la quantité de boues à traiter, car une plus grande partie de la matière organique est convertie en biométhane, composé principal du biogaz.

En outre, l'augmentation du pouvoir méthanogène des boues permet d'optimiser la production d'énergie à partir du biogaz.
Il convient de préciser que la majorité des STEU françaises produisent des boues biologiques à faible pouvoir méthanogène.

L'amélioration du pouvoir méthanogène des boues peut être réalisée grâce à différentes techniques et procédés, tels que la mise en place d'une décantation primaire en tête de STEU ou l'hydrolyse thermique.

3.1.2.1. La décantation primaire

Une approche complémentaire pour améliorer le pouvoir méthanogène des boues consiste à intégrer une étape de décantation primaire. Cette étape, généralement positionnée entre le dessablage/déshuilage et le traitement biologique, vise à séparer les matières solides et liquides présentes dans les eaux usées. En réalisant cette décantation en amont de l'abattement de la fraction organique des rejets (par exemple, via un processus de boues activées), la teneur en matières organiques dégradables s'en trouve accrue.

Ainsi, en plus de réduire la charge de matières solides dans les procédés biologiques ultérieurs, tels que les réacteurs à boues activées, cette étape préalable permet de minimiser les risques de colmatage et d'encrassement des équipements, garantissant ainsi un fonctionnement stable et une efficacité optimale du système.

En conséquence, les boues produites, étant plus riches en matières organiques, sont plus facilement dégradées dans le méthaniseur, entraînant ainsi une production accrue de biogaz.

L'introduction d'une décantation primaire permet donc d'obtenir des boues plus chargées en matières organiques, ce qui se traduit par un potentiel méthanogène supérieur. Cette étape constitue ainsi un moyen efficace d'améliorer la performance de la méthanisation des boues d'épuration, en maximisant la production de biogaz et en valorisant davantage les ressources énergétiques présentes dans ces déchets organiques. Toutefois, tout ajout d'un décanteur primaire devra se faire après concertations et études de faisabilité, afin de ne pas compromettre le reste de la filière de traitement des eaux.

Ce qu'il faut retenir :
Il faut tenir compte du fait que l'intrant de la méthanisation a un impact sur la productivité du processus. Ainsi, les boues primaires riches en matière organique produisent deux fois plus de biométhane que les boues aérées. La méthanisation possède de plus l'avantage de réduire le besoin de traitement biologique ultérieur.

3.1.2.2. L'hydrolyse thermique

L'hydrolyse thermique des boues d'épuration est un procédé de traitement qui vise à améliorer la dégradation des matières organiques présentes dans les boues. Il consiste à soumettre les boues à des conditions de température élevée pendant une période déterminée.

Ce processus permet d'améliorer le potentiel méthanogène des boues, c'est-à-dire la capacité des microorganismes à produire du biogaz par fermentation anaérobie.

L'hydrolyse thermique favorise la transformation des matières organiques en produits plus facilement dégradables, ce qui augmente le rendement de la méthanisation.
Cette étape peut être réalisée soit en amont, soit en aval de la digestion des boues dans le processus de méthanisation :

- L'hydrolyse amont est une étape préliminaire dans le processus de méthanisation des boues d'épuration. Elle vise à prétraiter les boues avant leur entrée dans le digesteur. Cette étape consiste à provoquer des ruptures dans les parois cellulaires des bactéries présentes dans les boues, rendant leur contenu plus accessible à la digestion anaérobie. L'hydrolyse amont améliore l'efficacité globale de la méthanisation en facilitant la dégradation des matières organiques.
- L'hydrolyse aval, quant à elle, se produit après la digestion anaérobie. Cette étape vise à poursuivre la dégradation des composés organiques résiduels qui n'ont pas été entièrement dégradés lors de la digestion. L'hydrolyse aval permet d'optimiser la récupération de l'énergie contenue dans les boues d'épuration en favorisant une dégradation supplémentaire des composés organiques restants.

Cependant, il convient de noter que l'hydrolyse peut concentrer les éléments traces métalliques (ETM) présents dans les boues, ce qui nécessite une attention particulière en termes de gestion des sous-produits. Il est important de s'assurer que les concentrations restent conformes aux réglementations en vigueur, notamment le projet de réglementation encadrant l'innocuité et l'efficacité des matières fertilisantes et supports de culture lors de son entrée en vigueur.
Enfin, les retours[29] montrent que cette technologie est plus adaptée pour des stations méthanisant une charge supérieure à 4 000 tonnes de matières sèches ou ayant des coûts d'évacuation élevés.

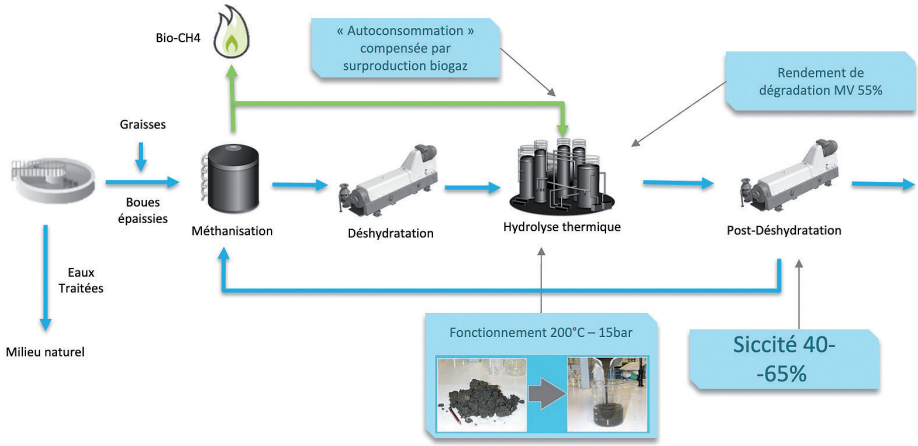


Schéma d'une installation de méthanisation avec hydrolyse thermique aval (source : Cabinet Merlin)

[29] *Guide injection de biométhane retour d'expérience des stations d'épuration urbaines*



Ce qu'il faut retenir :
Il est important de noter que l'hydrolyse thermique doit être réalisée de manière contrôlée pour éviter la dégradation excessive des boues et la production de sous-produits indésirables. Des paramètres tels que la température, la durée de traitement et la teneur en matière sèche des boues doivent être soigneusement ajustés pour garantir une efficacité optimale et des performances environnementales acceptables.

3.1.3. Statut juridique de la méthanisation (ICPE)

Les unités de méthanisation sont soumises à des procédures réglementaires en fonction de leur emplacement. Si la méthanisation est réalisée sur le site de la STEU, elle est soumise à une procédure IOTA conformément à l'article **L214-3** du Code de l'environnement.
En revanche, si la méthanisation a lieu sur un site distinct de la STEU, elle est soumise à une procédure dite ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) en vertu de l'article **L511-1** du Code de l'environnement. La méthanisation des déchets non dangereux est réglementée par la **rubrique 2781 de la nomenclature ICPE**, définie par l'arrêté du 26 juin 2015.
Ces procédures réglementaires sont conçues pour assurer une gestion adéquate des installations de méthanisation, en prenant en compte les impacts potentiels sur l'environnement et la santé publique. Elles exigent la mise en place de mesures de prévention des risques, la surveillance des émissions, la gestion des déchets et la protection des ressources naturelles, conformément aux articles **R 512-8** et suivants du Code de l'environnement.
Il est également important de noter qu'une distance minimale de **200 mètre**s peut être imposée entre les unités de méthanisation et les zones d'habitation ou les espaces sensibles tels que les écoles, les hôpitaux ou les parcs, conformément aux réglementations locales en vigueur. Cette exigence vise à minimiser les impacts potentiels des installations de méthanisation sur la santé humaine et le bien-être des populations environnantes.
Il est essentiel pour les porteurs de projets de méthanisation de se familiariser avec les réglementations locales, notamment le Code de l'environnement et les arrêtés spécifiques, afin de comprendre et de respecter les exigences légales applicables à leur projet. Cela permet de garantir la conformité réglementaire, de prévenir les conflits potentiels avec les communautés environnantes et de favoriser une acceptabilité sociale du projet.

3.1.4. Équilibre économique

L'équilibre économique des projets de méthanisation des boues d'épuration nécessite une analyse approfondie pour évaluer l'intérêt et la rentabilité potentielle.
Plusieurs paramètres doivent être pris en compte lors de la réalisation d'une étude d'opportunité.

Tout d'abord, il est important de considérer l'existence d'une décantation primaire, car, pour rappel, les boues primaires ont un potentiel méthanogène plus élevé que

les boues biologiques. La taille de la station d'épuration est également un facteur déterminant :

- Pour les stations sans méthaniseur ou digestion, la mise en place d'une filière d'injection de biométhane est économiquement pertinente à partir de 100 000 EH[30] (information GRDF et SUEZ).
- Entre 10 000 et 100 000 EH, une méthanisation territoriale mutualisant les boues de plusieurs STEU peut également être envisagée, en fonction du contexte local.

Il est important de noter que la réglementation sur la valorisation des boues évolue régulièrement. Depuis 2016, l'interdiction de la co-méthanisation des boues avec d'autres déchets est en vigueur.
De plus, la refonte des tarifs d'achat du biogaz injecté parue le 13 juin 2023 risque d'impacter la rentabilité des projets de méthanisation des boues sur les stations d'épuration moyenne (de capacité inférieure à 150 000 EH).



Ce qu'il faut retenir :
Certaines Agences de l'eau apportent leur soutien aux porteurs de projets de valorisation énergétique des boues d'épuration, chacune disposant de son propre programme d'intervention, structuré sur une période de 6 ans (actuellement il s'agit du XIème programme 2019-2024). Ce programme est défini en fonction des spécificités des territoires de chaque agence, des orientations nationales ou engagements européens, et en tenant compte de la stratégie de l'eau et des milieux aquatiques élaborée et validée par des « parlements locaux de l'eau », appelés des comités de bassin. C'est pourquoi, à la genèse d'un projet de méthanisation/digestion, il est conseillé de se rapprocher de l'agence de l'eau dont va dépendre la collectivité.

En méthanisation, le biogaz produit peut être valorisé de plusieurs manières, telles que la production d'électricité, de chaleur ou sa transformation en biométhane pour injection dans le réseau de gaz naturel. Chacune de ces méthodes bénéficient d'avantages propres et de tarifs d'aides permettant de soutenir le développement de la filière en STEU.

3.1.4.1. Mécanisme de soutien lié à l'injection de biométhane

L'injection de biogaz de STEU après épuration dans le réseau GRDF est possible depuis 2014, avec l'éligibilité à un tarif de soutien national pour les projets les plus petits, c'est-à-dire pour ceux ayant une capacité maximale de production inférieure à 25 GWh PCS par an (Pouvoir Calorifique Supérieur).

Les projets plus importants, quant à eux, peuvent être soutenus dans le cadre d'appel d'offres CRE (Commission de Régulation de l'Énergie).

[30] *Guide injection de biométhane retour d'expérience des stations d'épuration urbaines*

Ce mécanisme de soutien financier était en pleine refonte, avec l'entrée en vigueur d'un arrêté tarifaire transitoire le 23 novembre 2020 (abrogé depuis). Devant initialement intégrer une baisse progressive des tarifs de soutien, qui s'accentue au fil des années, le nouvel arrêté en vigueur, suspend pour 3 ans cette dégressivité. La raison invoquée étant un contexte inflationniste défavorable, c'est pourquoi les nouveaux tarifs prennent en compte une indexation des prix pour une meilleure prise en compte de ce phénomène.

Donc depuis le 13 juin 2023, un arrêté[31] est venu stabiliser les conditions d'achat du biométhane injecté dans le réseau de gaz. Les tarifs et formules restent les mêmes que dans l'arrêté de 2020 et les installations de production pourront bénéficier d'un contrat d'obligation, avec ces tarifs d'achat, sur quinze ans.
Sont exclues du mécanisme de soutien, les STEU ayant déjà produit du biogaz par le passé.

Au travers de ce texte, le ministère de la Transition Énergétique confirme le retour d'un tarif spécifique pour le biométhane produit à partir de boues des stations de traitement des eaux usées urbaines ou industrielles.

Dans les avancées positives, outre celles déjà identifiées, notons le maintien de la prime Peu, dite prime d'épuration, dans le calcul du tarif. Ce qui démontre une certaine reconnaissance du potentiel donné aux boues d'épuration dans les sources de méthanisation et dans l'approvisionnement du pays en biogaz dans le cadre de l'initiative européenne REPowerEU[32].

Si les avancées réglementaires vont dans le sens de la relance de la filière injection du biométhane, l'ajout du critère d'efficacité énergétique risque de limiter certains producteurs dans le développement de projets en STEU. En effet, les objectifs d'efficacité n'excluent pas les équipements de récupération de chaleur, ce qui impliquerait des possibles dégrèvement dans les tarifs d'achats.

Sans rentrer dans les détails, les exigences d'efficacité énergétique sont définies comme une limite de consommation d'électricité soutirée sur le réseau public avec une valeur limite (notée Emax) fixée à 0,15 MWh d'électricité par MWh PCS de biométhane injecté maximum au cours d'une année civile. Au-delà, les tarifs de soutien sont dégressifs et même divisés par 2 pour des Emax supérieurs à 0,25 MWh d'électricité.



À titre d'exemple, une STEU urbaine qui méthanise les graisses et les boues sur son propre site et qui chauffe son digesteur grâce à la chaleur fatale sur les eaux usées traitées (par pompe à chaleur), le Emax serait estimé à 0,28 kWh électrique consommé par kWh PCS de biométhane injecté. Ce qui entrainerait un dégrèvement du tarif de 50 %

Cette valeur ne semble donc pas tenable par les STEU notamment quand elles maintiennent la température des digesteurs à l'aide de dispositif de pompe à chaleur.

[31] *Arrêté fixant les conditions d'achat du biométhane injecté dans les réseaux de gaz naturel*
[32] *REPowerEU*

Concrètement, l'arrêté oriente plutôt dans le sens d'une augmentation des tailles de STEU pour augmenter les productions de biométhane et de fait, réduire l'indice E (ratio entre la consommation d'électricité soutirée sur le réseau public d'électricité de l'installation de production de biométhane). Cet indice entre dans le calcul du coefficient RCE, qui va moduler les tarifs d'achats du biogaz (si supérieur au Emax).

3.1.4.2. Mécanisme de soutien pour la production de biocarburant

Outre l'injection, le biométhane peut aussi être utilisé comme un biocarburant qui permet d'alimenter des flottes de véhicules. Or du fait de normes de sécurité très strictes dans le conditionnement du gaz, il est parfois compliqué à mettre en place.
C'est pourquoi, il existe des aides tels que des compléments de rémunération pour le biométhane non injecté qui est, majoritairement, utilisé pour des usages de mobilité (article **L 446-7** du Code de l'énergie).

3.1.4.3. Mécanisme de vente d'électricité ou de chaleur à partir d'une unité de chaleur

La valorisation du biogaz de méthanisation pour de la production d'électricité et/ou chaleur est rendue possible grâce à des systèmes de combustion en chaudière (chaleur) et des moteurs thermiques ou générateurs chaudière vapeur (électricité) ou encore des systèmes de cogénération (chaleur et électricité, meilleurs rendements). L'énergie ainsi produite sera utilisable soit au sein de la STEU, soit injectée dans le réseau ou soit revendue à un tiers. Bien que la chaleur soit généralement autoconsommée.

L'électricité produite par cogénération à partir du biogaz est soumise à une obligation d'achat pour les installations d'une puissance installée strictement inférieure à 500 kW, en application de l'article **D 314-15** du Code de l'énergie. En ce qui concerne les installations ayant une puissance comprise entre 500 kW et 12 MW, un complément de rémunération est mis en place, conformément à l'article **D 314-23** de ce même Code.

Ce qu'il faut retenir :
Il existe un système de garantie d'origine, qui permet aux fournisseurs de proposer à leurs clients du gaz vert, sous couvert d'émission de ces garanties par les producteurs (suivi par le registre national de GRDF). Fonctionne pour l'électricité injectée et le biogaz (article L 314-14 du Code de l'énergie).

Il est également important de noter que la réglementation (arrêté du 11 février 2021[33]) encadre les mélanges de boues provenant de différentes stations d'épuration. Néanmoins, une évolution préalable de la rubrique ICPE 2781 est nécessaire pour que ce type de mélange puisse être possible en méthanisation.
Actuellement, une dérogation préfectorale est nécessaire pour tout mélange contenant des boues urbaines. Une évolution de la réglementation est envisagée pour faciliter ces mélanges en méthanisation.

[33] *Décret n° 2021-147 du 11 février 2021 relatif au mélange de boues issues de l'assainissement des eaux usées urbaines et à la rubrique 2.1.4.0 de la nomenclature des installations, ouvrages, travaux et activités soumises à la loi sur l'eau.*

Ce qu'il faut retenir :

- Dans le cadre d'un portage d'un projet de méthanisation, il est nécessaire de déterminer le potentiel méthanisable du territoire en identifiant tous les substrats organiques disponibles actuellement et à venir, leurs producteurs et leur mode de gestion.
- Techniquement, le traitement conjoint de plusieurs flux organiques de natures différentes est possible (biodéchets ménagers, boues de station d'épuration, déchets d'élagage, sous-produits de l'agriculture ou de l'industrie agro-alimentaire), mais reste très encadré par la règlementation.

3.2. Incinération

3.2.1. L'incinération dédiée

Certaines collectivités optent pour l'incinération des boues d'épuration dans des Unités de Valorisation Énergétique (UVE) en raison de problématiques de qualité ou de l'absence de débouchés agricoles à proximité. Cette méthode d'élimination des boues peut être effectuée soit par incinération spécifique dans des fours dédiés, soit par co-incinération avec des ordures ménagères résiduelles (OMR).

Les boues d'épuration, composées principalement d'eau à la sortie des stations d'épuration, présentent une texture compacte et une teneur en humidité élevée, même après déshydratation. Afin d'améliorer le rendement de l'UVE, il est souvent nécessaire de procéder à un séchage supplémentaire pour augmenter la teneur en matière sèche des boues. Toutefois, cette opération de séchage peut être énergivore, et il convient de prendre en compte l'ensemble du bilan énergétique du projet, y compris les aspects liés au transport des boues.

L'incinération des boues d'épuration dans une UVE permet de valoriser leur potentiel calorifique. En effet, en brûlant les boues, une énergie contenue dans ces déchets est libérée sous forme de chaleur.
Cette chaleur peut être employée pour alimenter des réseaux de chauffage urbain, pour le chauffage de bâtiments ou pour la production d'eau chaude sanitaire.

Outre la valorisation énergétique, l'incinération des boues permet de réduire significativement leur volume, simplifiant ainsi leur gestion ultérieure. Cela peut contribuer à économiser de l'espace de stockage et à réduire les coûts associés à la gestion des déchets.

Cependant, il est important de prendre en compte les aspects environnementaux liés à l'incinération des boues, notamment les émissions de polluants atmosphériques.
Des mesures de contrôle et de surveillance sont mises en place pour limiter ces impacts et garantir le respect des normes environnementales.

3.2.2. La co-incinération en cimenteries ou avec des ordures ménagères

En complément à l'incinération dédiée des boues d'épuration, une méthode alternative de valorisation thermique est la co-incinération de ces boues avec les ordures ménagères. Cette approche consiste à brûler ensemble les boues d'épuration provenant des stations d'épuration et les déchets résiduels provenant des ménages dans des installations d'incinération des ordures ménagères.

Cette technique de valorisation offre aussi la possibilité d'éliminer les boues d'épuration séchées dans les fours de cimenteries. En effet, avec une siccité supérieure à 90%, ces déchets de STEU ont un pouvoir calorifique important (de 10 à 12 MJ/kg). Ils peuvent donc être utilisées comme combustible et remplacer une partie de la consommation en énergie fossile.

La co-incinération présente des avantages intéressants. Elle permet de réduire les volumes de déchets à traiter et d'utiliser au maximum l'énergie contenue dans les boues d'épuration. Cette méthode offre une solution efficace pour gérer ces déchets tout en produisant de l'énergie renouvelable.

Cependant, il est important de prendre en compte les distances entre les sites de production des boues d'épuration et les installations d'incinération. Ces distances peuvent varier selon les régions et les infrastructures disponibles. Il est essentiel de trouver un équilibre entre la proximité géographique pour minimiser les coûts de transport et la faisabilité technique et environnementale de l'acheminement des déchets.

Il est également crucial de respecter les réglementations environnementales et sanitaires en vigueur lors de la co-incinération des boues d'épuration. Cela inclut le respect des critères de qualité des boues d'épuration, la maîtrise des émissions atmosphériques et la gestion appropriée des résidus générés par l'incinération.

La co-incinération offre une opportunité de valoriser les boues d'épuration tout en réduisant le volume global des déchets. Cependant, elle nécessite une planification soigneuse, une logistique bien pensée et une surveillance continue pour garantir une exploitation sûre et respectueuse de l'environnement. Il est essentiel d'impliquer les élus locaux dans le processus décisionnel et de promouvoir des pratiques de gestion des déchets durables afin de répondre aux besoins de la collectivité tout en préservant l'environnement.

3.2.3. Le cadre juridique

Les directives européennes sur l'incinération des déchets (**Directive 89/369/CEE du 8 juin 1989 et Directive 89/429/CEE du 20 juin 1989**) ont été révisées par la Directive 2000/76/CE du 4 décembre 2000, modifiée en 2008. L'objectif de cette directive est de limiter les effets néfastes de l'incinération et de la co-incinération.
Elle englobe à la fois les déchets dangereux et non dangereux, fixe des valeurs limites plus strictes pour les différents polluants et inclut des limites pour les oxydes d'azote, les dioxines et les furannes. Ces nouvelles contraintes s'appliquent aux nouvelles installations et aux installations existantes avant 2007.

En France, il n'existe pas de réglementation spécifique concernant l'incinération des boues d'épuration. C'est **l'arrêté du 20 septembre 2002**, modifié en 2010, relatif aux installations d'incinération et de co-incinération des déchets non dangereux qui s'applique. Cet arrêté transpose la directive sur l'incinération de 2000 et impose notamment des contraintes sur le taux d'imbrûlés et une valeur limite journalière pour l'ammoniac (NH3).
Selon la **circulaire du 28 avril 1998** relative aux plans départementaux d'élimination des déchets ménagers et assimilés (remplacée par le plan départemental de gestion des déchets non dangereux (PDGDND) dans l'article **R 541-14** du code de l'environnement), les boues peuvent être assimilées à des déchets ménagers. Par conséquent, elles sont incinérées dans les mêmes conditions que les autres résidus urbains. Toutes les dispositions applicables aux installations d'incinération des résidus urbains en termes de protection de l'environnement doivent être respectées, notamment en ce qui concerne le champ d'application, les conditions d'incinération, les normes d'émissions et les mesures de sécurité. En réalité, ce sont plutôt les contraintes techniques liées à l'humidité et au pouvoir calorifique des boues qui conditionnent leur incinération, plus que des contraintes réglementaires spécifiques.

3.2.4. Les coûts de l'incinération

Les coûts des installations d'incinération dédiée et de co-incinération des boues d'épuration varient en fonction de plusieurs facteurs, tels que la taille de l'installation, la technologie utilisée, les exigences réglementaires, la localisation géographique et les caractéristiques spécifiques des boues à traiter.

Les installations d'incinération dédiée, c'est-à-dire celles spécifiquement conçues pour brûler les boues d'épuration, impliquent des investissements initiaux plus importants. Les coûts de construction, d'acquisition d'équipements spécialisés et de mise en conformité aux réglementations peuvent être élevés. De plus, ces installations nécessitent une gestion spécifique des résidus de combustion, tels que les mâchefers et les cendres, ce qui peut également entraîner des coûts supplémentaires.

En revanche, la co-incinération des boues d'épuration avec d'autres déchets dans des installations déjà existantes, comme les incinérateurs de déchets municipaux, est jugée une option plus économique. Les coûts sont généralement partagés avec les autres déchets incinérés, ce qui permet de réduire les dépenses liées à la construction et à l'exploitation d'une installation dédiée. Cependant, il est important de prendre en compte les coûts de transport des boues vers les installations d'incinération existantes, car ces frais peuvent varier en fonction de la distance à parcourir.

Il convient également de noter que les coûts associés à l'incinération des boues d'épuration peuvent être compensés en partie par la production d'énergie sous forme de chaleur ou d'électricité, ainsi que par la valorisation des sous-produits de combustion, tels que les mâchefers utilisés comme matériau de construction.

Depuis 2016, les modalités et mécanismes de soutiens liés à la production d'électricité à partir d'énergie renouvelable ont été modifiés pour être remplacés

par une obligation de vente sur le marché libre. Auparavant, cette production était soutenue par des contrats d'obligation d'achat sur 15 ans.

Aujourd'hui, les installations de traitement thermique des déchets en fin de contrat ou les nouvelles unités doivent donc vendre leur électricité sur le marché libre sans prime de soutien.

Il existe également le Fonds Chaleur, porté par l'ADEME (Voir 5.4), qui soutient les études de faisabilité pour les projets de méthanisation publics ou privés et les études pour le raccordement au réseau de gaz pour l'injection.

Ce qu'il faut retenir :
La « fiche montages juridiques et financiers n°2 » de la note d'AMORCE EAJ 03 « Comment amorcer la transition énergétique des services publics d'eau et d'assainissement et la financer ? » explicite comment accompagner les services publics d'eau et d'assainissement dans leur démarche de construction d'une stratégie énergétique, notamment dans le cas de la valorisation les sous-produits d'assainissement.

3.2.5. Valorisation de la chaleur

La valorisation de la chaleur issue de l'incinération des boues d'épuration est une étape essentielle pour maximiser l'efficacité énergétique de ce processus.
La chaleur produite lors de l'incinération peut être récupérée et utilisée à des fins diverses. Elle peut être utilisée pour le préchauffage de l'air ou de l'eau dans le processus d'incinération lui-même, ce qui permet de réduire la consommation d'énergie nécessaire.
De plus, la chaleur peut être utilisée pour le chauffage des bâtiments, la production d'eau chaude sanitaire ou encore pour alimenter des processus industriels.

Cette valorisation de la chaleur permet de réduire les besoins en énergie externe et de contribuer à une gestion plus durable des boues d'épuration en transformant leur potentiel énergétique en une ressource utile.

3.3. Les filières en développement

Deux filières émergentes pour la valorisation énergétique des boues d'épuration sont la gazéification hydrothermale et la pyrogazéification :

- La première utilise des déchets organiques liquides à faible teneur en matière sèche, comme les boues d'épuration, les digestats, les effluents industriels et les effluents d'élevage.
- Quant à la seconde, elle comprend une étape de pyrolyse suivie d'une gazéification des matières produites. Elle utilise des intrants tels que la biomasse résiduelle et les déchets solides non valorisables.

3.3.1. La gazéification hydrothermale

La gazéification hydrothermale est un procédé en développement qui implique l'utilisation de déchets organiques liquides, ayant un faible taux de matière sèche (entre 5 et 25 %). Ce procédé se déroule à haute pression (250 à 300 bars) et à une température entre 400 et 700°C. Il se concentre principalement sur quatre catégories de matières premières : les boues des stations d'épuration des eaux usées, les digestats provenant des unités de méthanisation, les effluents organiques issus des activités industrielles et les effluents liquides provenant des activités d'élevage.

La gazéification hydrothermale est une technologie prometteuse pour la valorisation des boues d'épuration. Elle permet une conversion quasi totale du carbone en méthane de synthèse, qui peut être ensuite injecté dans le réseau de gaz.
Avec un taux de conversion de la matière organique en biogaz de 90 %, contre 60 % en méthanisation, cette technologie offre des avantages significatifs.
De plus, à de telles températures et pressions, l'eau prend la propriété d'un solvant permettant ainsi une séparation des solides dont les métaux et les sels minéraux (Phosphore et Potassium) qui peuvent être ensuite réutilisés. Bien que la consommation énergétique de l'installation soit importante pour atteindre les températures et les pressions élevées nécessaires, le rendement énergétique global est d'environ 75 %, ce qui reste non négligeable.

En outre, cette technologie offre des avantages supplémentaires intéressants. Dont la réduction, voire suppression, des déchets ultimes, puisqu'elle permet une valorisation de l'eau résiduelle produite par le procédé à des fins de réutilisation. L'azote et les sels minéraux contenus dans le résidu solide peuvent être récupérés et utilisés en tant que fertilisants. Enfin, elle assure une destruction totale des micro-organismes et une conversion en gaz des microparticules organiques, y compris les microplastiques[34] [35].

Actuellement, la technologie se développe sur des projets industriels dans plusieurs pays européens. En France, l'agglomération de Saint-Nazaire prévoit d'installer le premier projet pilote du territoire. Relié à la station d'épuration de la collectivité, la gazéification sera alimentée par les boues de celle-ci, afin de tester et optimiser le procédé avant de le déployer à plus grande échelle.
Cette initiative vise à affiner la techniques de gazéification hydrothermale pour valoriser de manière efficace les déchets organiques liquides tout en limitant leur impact environnemental. Cela pourrait permettre de produire de l'énergie renouvelable ou d'autres ressources précieuses à partir de ces déchets, contribuant ainsi à une économie circulaire et durable.

Le but à terme étant de pouvoir industrialiser le processus, à horizon 2025 pour parvenir à des solutions opérationnelles.

---

[34] *« Hydrothermal biomass gasification », Andrea KRUSE. Citation, traduit de l'anglais : « La gazéification hydrothermale fonctionne à des températures et des pressions qui non seulement convertissent la biomasse en gaz, mais assurent également la destruction complète des micro-organismes et des agents pathogènes »*

[35] *Livre Blanc Gazéification Hydrothermale*

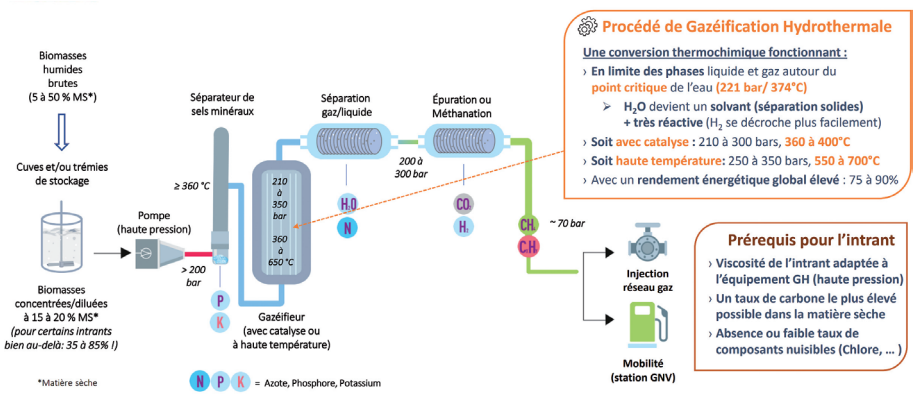


Schéma de fonctionnement de la Gazeification hydrothermale (Source : GRTgaz)

3.3.2. La pyrogazeification

La pyrogazéification est un processus qui comprend deux étapes principales. La première étape est la pyrolyse, qui consiste à chauffer des matières organiques à haute température (entre 400 et 1500°C) en absence ou avec très peu d'oxygène. Cela permet de produire du charbon, de l'huile de pyrolyse et un gaz de synthèse combustible contenant de l'hydrogène (H_2), du monoxyde de carbone (CO), du dioxyde de carbone (CO_2) et du méthane (CH_4). La deuxième étape est la gazéification, qui consiste à convertir les phases solides et liquides produites par la pyrolyse en un gaz utilisable, après purification, pour l'injection dans les réseaux de gaz naturel (biométhane) ou pour une utilisation dans la mobilité (bioGnV - biogaz naturel pour véhicules).

Les premières installations de pyrogazéification utilisent des intrants tels que la biomasse résiduelle (bois, matières lignocellulosiques non valorisables par méthanisation ou combustion) et des déchets résiduels tels que les combustibles solides de récupération (CSR), les pneus et les boues séchées des STEU. Ces résidus sont généralement peu ou mal valorisés par d'autres procédés.

Bien que la pyrogazéification soit encore un procédé coûteux, des expérimentations sont en cours dans différents territoires. Par exemple, à Rouen, des biocombustibles sont gazéifiés et le gaz produit est brûlé dans une centrale à gaz qui alimente le réseau de chaleur local. Au Havre, un projet appelé Salamandre prévoit la construction d'une première unité industrielle en 2023 pour produire du gaz et de la chaleur renouvelable à partir de déchets non recyclables.

Selon l'ADEME, la pyrogazéification pourrait représenter jusqu'à 30 % de la consommation de gaz renouvelable en 2050. Cependant, des développements technologiques et des optimisations sont nécessaires pour rendre ce procédé plus économiquement viable et améliorer son efficacité énergétique.

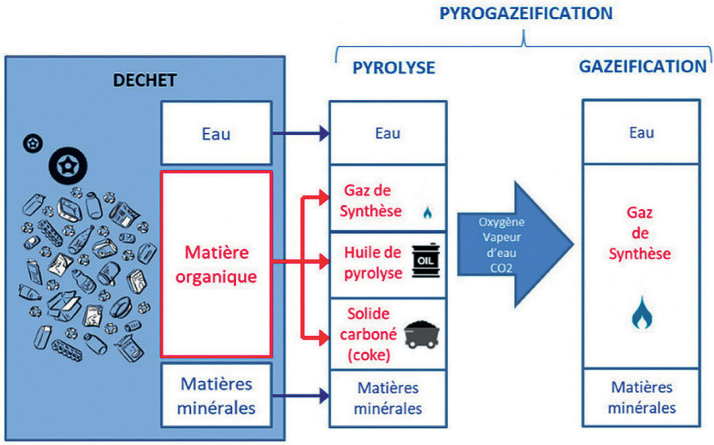


Schéma de principe de la pyrogazeification (source : Club pyrogazeification de l'ATEE)

Retour d'expérience - SIAAP-SYCTOM

Le projet COMÉTHA[36] entre le Syctom et le SIAAP repose sur la mise en œuvre d'actions communes visant à réduire le volume des boues d'épuration et des déchets organiques à traiter. Cette collaboration a pour objectifs de minimiser les sous-produits à valoriser, d'augmenter la production d'énergie renouvelable et de récupération, ainsi que de mutualiser la matière organique des collectivités dans leur périmètre sur un même site. L'originalité du projet réside dans le développement de solutions innovantes pour le traitement des intrants multiples, tout en respectant la contrainte d'un retour au sol proscrit de la matière organique. Le partenariat d'innovation lancé par les deux collectivités vise à créer une unité de traitement par co-méthanisation à haut rendement, permettant la valorisation énergétique maximale et la minimisation des sous-produits.

Ce projet ambitieux inclut la construction d'une unité industrielle capable de traiter la Fraction Organique Résiduelle provenant de l'Unité de Valorisation Organique du futur centre de valorisation d'Ivry-Paris XIII (2025), les boues des STEU du SIAAP, ainsi que d'autres déchets organiques comme le fumier équin et les résidus graisseux. Le processus de co-méthanisation sera complété par des technologies de pyrogazéification, permettant la production de gaz de synthèse et de chaleur pour les besoins internes de l'installation, ainsi que la production potentielle de biochar. Le partenariat est structuré en trois phases, débutant par la recherche et développement, suivi de la construction et exploitation d'unités pilotes (phase en cours), jusqu'à l'acquisition d'une solution industrielle finale, en fonction des résultats des essais. Ce projet vise à maximiser l'efficacité énergétique et à optimiser la conversion du carbone, tout en intégrant des solutions technologiques avancées pour la gestion des sous-produits.

[36] *Site web de COMÉTHA*

CHAPITRE 4

Les boues comme gisement de matières premières



Les élus en charge du service public d'assainissement ont la possibilité de transformer leur station d'épuration en une véritable usine de production de valeurs et de ressources. Pour cela, plusieurs actions phares peuvent être entreprises.

Tout d'abord, il est recommandé de réaliser un diagnostic de performance énergétique de la station d'épuration et des équipements électromécaniques du réseau. Cela permet d'identifier les pistes d'amélioration en termes d'efficacité énergétique et de réduction de la consommation.

Il est également pertinent de lancer une étude prospective sur le devenir des boues d'épuration, en envisageant des solutions de valorisation agronomique et énergétique, en accord avec le contexte agricole local. Cette étude permettra d'identifier les opportunités de valorisation des boues, tant sur le plan agricole que sur le plan énergétique.

Devenir producteur d'énergies renouvelables est une autre voie intéressante à explorer. Les installations de traitement des eaux usées peuvent mobiliser différentes sources d'énergie renouvelable, telles que le biogaz issu de la méthanisation des boues ou l'énergie solaire. Cette démarche contribue à la transition énergétique du territoire et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Enfin, il est essentiel d'intégrer des critères environnementaux avancés dans toutes les prises de décision liées à l'assainissement, tels que le bilan carbone ou l'analyse de cycle de vie (ACV). Ces critères permettent d'évaluer les impacts environnementaux des choix opérationnels et de favoriser des solutions plus durables et respectueuses de l'environnement.

4.1. La production de struvite

Dans ce contexte, la production de struvite se démarque comme une méthode de valorisation du phosphore présent dans les eaux usées. Cette technique consiste à récupérer de la struvite, un minéral riche en phosphore, à l'aide de réacteurs de précipitation/cristallisation. La struvite ainsi obtenue est utilisée comme engrais, offrant ainsi une alternative aux matières premières fossiles telles que le phosphate.
Des chercheurs de l'EPFL (École polytechnique fédérale de Lausanne) ont développé un procédé novateur permettant d'extraire environ 90% du phosphore des boues d'épuration en utilisant un état supercritique, grâce à des pressions et des températures élevées. Cette avancée technologique ouvre de nouvelles perspectives pour la valorisation du phosphore des eaux usées.

La production de struvite présente un intérêt certain, notamment en France où cette pratique commence à se développer, ainsi qu'en Europe où la demande en phosphore pour l'agriculture est forte. Elle permet de récupérer une ressource précieuse localement, réduisant ainsi la dépendance aux importations de phosphore tout en favorisant une approche circulaire et durable des ressources.
Ces actions et techniques de valorisation des boues d'épuration offrent de réelles opportunités aux élus en charge du service public d'assainissement pour optimiser les

performances énergétiques, réduire l'empreinte environnementale et contribuer à une gestion plus durable des ressources.
Dans le cas des boues d'épuration dont il est principalement question dans ce guide, c'est la récupération de la struvite contenu dans les centrats de digestion. Du fait, des concentrations en phosphore dans cet effluent, il apparaît intéressant de le précipiter. L'enjeu est double car il permet également de préserver la filière « eau » en cas de retour en tête.



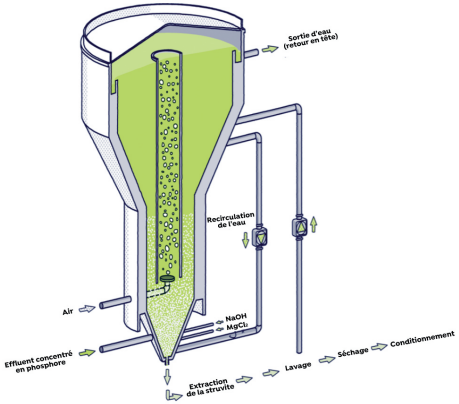


Schéma de précipitation de struvite en STEU (Source : SUEZ)

Retour d'expérience : MULHOUSE

L'unité de méthanisation de la STEU de Sausheim (490 000 EH), opérationnelle depuis décembre 2020, illustre la transition énergétique en cours dans Mulhouse Alsace Agglomération. En transformant les boues d'épuration en près de 2 000 000 Nm^3 de biométhane annuellement pour une partie de la flotte de bus de l'agglomération. La valorisation de la chaleur fatale de l'unité de valorisation énergétique des déchets garantit une efficacité énergétique maximale, tout en renforçant la complémentarité avec d'autres infrastructures de la région.
Ne se limitant pas seulement pas à la production d'énergie propre, ce projet intègre également une dimension environnementale et agricole. En effet, la récupération du phosphore à travers un procédé de précipitation de la struvite permet la création d'un engrais phosphaté biosourcé. Mis en route fin 2021, ce sont près de 90 tonnes, théoriques, de struvite produites chaque année. Cette initiative offre donc une solution durable face à la raréfaction des gisement de phosphore.

Ce qu'il faut retenir :
Les projets de récupération du phosphore dans les STEU restent assez peu nombreux en France, malgré des possibilités de financement par les agences de l'eau. Le problème venant que la struvite issue des STEU reste considérée comme un déchet au sens du règlement européen 2019/1009.[37]

4.2. Ammoniac

L'ammoniac est un composé chimique riche en azote, largement utilisé dans l'industrie chimique et agricole. En complément de la production de struvite, une autre possibilité de valorisation est la production d'ammoniac. Appliqué sur les centrats de digestion, il permet d'abattre une partie de l'azote avant retour en tête.

Le processus de production d'ammoniac repose sur des réactions chimiques qui permettent de récupérer et de concentrer l'azote présent dans les boues. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées, telles que la pyrolyse, l'oxydation thermique ou la gazéification.

L'ammoniac ainsi produit est utilisé comme matière première dans la fabrication d'engrais azotés. L'utilisation d'ammoniac d'origine biologique présente des avantages environnementaux par rapport à l'ammoniac synthétique produit à partir de matières premières fossiles, car il permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de favoriser une approche plus durable.

Cependant, la production d'ammoniac à partir de centrats nécessite des installations spécifiques et des technologies adaptées. Elle peut également présenter des défis en termes de coûts et de gestion des sous-produits générés lors du processus.

Néanmoins, cette approche offre une opportunité intéressante de valoriser les sous-produits de digestion en produisant une ressource précieuse telle que l'ammoniac, contribuant ainsi à une économie circulaire et durable.

Les élus en charge du service public d'assainissement peuvent donc envisager cette option de valorisation des boues d'épuration dans le cadre de leurs actions pour la gestion des ressources et la transition vers une économie plus respectueuse de l'environnement. Une étude approfondie et une évaluation des aspects techniques, économiques et environnementaux sont nécessaires pour déterminer la viabilité de ce type de projet et adapter les installations en conséquence.

[37] *Règlement (UE) 2019/1009 du Parlement européen et du Conseil du 5 juin 2019 établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants UE de COMÉTHA*

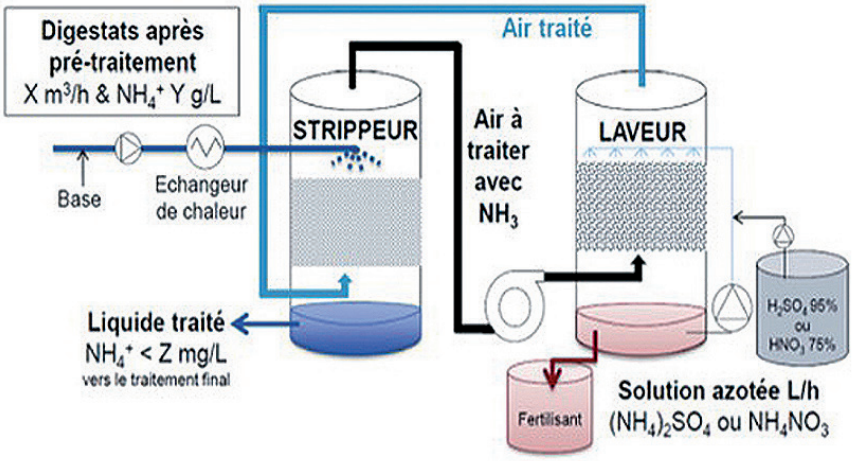


Schéma de production de fertilisant à base d'azote en STEU (Source : Cabinet Merlin)

4.3. Transformation du CO_2 en algues

Dans le processus de méthanisation ou d'incinération, le CO_2 est un sous-produit inévitable. Toutefois, un procédé innovant propose d'éviter le relargage de ce gaz à effet de serre dans l'air, en le réutilisant pour cultiver des microalgues.
Non mature à l'heure actuelle, des travaux de recherche sont nécessaires avant une transposition à échelle industrielle.

Cette culture photosynthétique d'algues, alimentée par le CO_2 émis, offre plusieurs avantages. D'une part, elle permet de valoriser le CO_2 en le transformant en biomasse utile. D'autre part, cette biomasse, une fois développée, peut être utilisée comme un traitement naturel antifongique dans les vignobles. Cette approche offre ainsi une alternative écologique aux pesticides de synthèse.



CHAPITRE 5

Construire une stratégie territoriale de gestion des boues d'épuration urbaines





Un projet de valorisation des boues d'épuration est avant tout tributaire du territoire dans lequel il s'insère. Il est dépendant des boues à valoriser (quantité, qualité) mais aussi des filières possibles de valorisation à proximité de la STEU.

5.1. Analyser son territoire et évaluer les différents potentiels de valorisation

La gestion des boues d'épuration peut jouer un rôle clé dans la transition écologique et énergétique. Cela passe par la mise en place d'une stratégie territoriale "boues" qui vise à optimiser la gestion de ces sous-produits de l'assainissement.

Cette stratégie peut être portée par une collectivité en charge du service public d'assainissement, un groupement de collectivités ou même un département. Elle peut également être intégrée dans les plans régionaux de prévention et de gestion des déchets (PRPGD).

La première étape de cette démarche consiste souvent à élaborer un schéma directeur de gestion des boues, qui peut également inclure d'autres sous-produits de l'assainissement. Ce schéma directeur permet de définir une stratégie à moyen terme en se basant sur un diagnostic de la situation existante et en envisageant des scénarios d'évolution urbaine et technologique.

Une fois le scénario retenu, le schéma directeur se concrétise par un plan d'actions et de travaux, hiérarchisés et chiffrés, visant à améliorer la gestion des boues et à répondre aux obligations réglementaires. Ce plan d'actions doit être suivi dans sa mise en œuvre jusqu'à l'atteinte des objectifs préalablement définis.

La bonne gestion des boues ne se limite pas qu'aux aspects techniques, elle nécessite également une gouvernance efficace et la mobilisation des différents acteurs.
Les études territoriales, telles que les schémas directeurs, offrent une opportunité de rassembler les élus et les acteurs concernés, tels que les services d'assainissement, les aménageurs, les agriculteurs, et d'engager une réflexion collective sur la gestion des boues. C'est également l'occasion de sensibiliser la population à l'importance de l'économie circulaire et de la gestion des boues dans cette dynamique.

Les collectivités peuvent également s'appuyer sur les Organismes Indépendants (OI) ou les missions dédiées aux boues pour bénéficier d'un accompagnement et d'une expertise dans l'amélioration continue de leur filière. Ces structures indépendantes servent également à faciliter les relations entre autres acteurs économiques et techniques impliqués dans la gestion des boues.

L'application des principes de la transition énergétique et de l'économie circulaire permet de transformer la station d'épuration en une véritable usine de production de valeur plutôt que de simples déchets.

En valorisant les boues sur le plan agronomique, les services d'assainissement contribuent à maintenir des sols vivants, à séquestrer le carbone dans les sols et à réduire les émissions liées à la production de fertilisants minéraux. Et en valorisant énergétiquement les boues, ces services limiteront leur dépendance aux énergies fossiles et pourront tendre vers la neutralité.

Ce sont des façons concrètes de mettre la gestion des boues au service de la transition écologique et énergétique.

D'après une étude ADEME de 2019 sur les dépenses énergétiques des collectivités[38], la consommation d'énergie liée à la gestion de l'eau représente en général le quatrième poste de dépense des collectivités. Elle peut aller jusqu'à 5% de l'ensemble des consommations toutes énergies confondues de la collectivité.

Pour aller plus loin :
Note EAT 11 AMORCE - Quelle méthodologie pour élaborer une stratégie territoriale dans un contexte réglementaire mouvant ?

5.2. Loi AGEC et démarche de maîtrise de la qualité des boues

La loi AGEC (Anti-Gaspillage pour une Économie Circulaire) adoptée en février 2020 a un impact sur la gestion des boues d'épuration. Elle prévoit notamment une évolution de la réglementation concernant le retour au sol des boues, avec une révision des référentiels réglementaires sur leur innocuité environnementale et sanitaire.

Le lien entre qualité initiale des eaux usées et qualité des boues a été établi plus haut dans ce guide. Et dans le cadre d'une amélioration des rejets de STEU, le suivi des substances dangereuses pour l'eau est devenu obligatoire pour les stations d'épuration urbaines (de capacité nominale supérieure à 10 000 EH) et les réseaux d'assainissement associés.
Connu sous le nom de « **Recherche et réduction des Substances Dangereuses » (RSDE)**, cette démarche consiste à identifier les substances présentes en entrée et en sortie de station d'épuration parmi une liste de micropolluants.

Si des polluants sont détectés, une démarche dite de "diagnostic vers l'amont", pour identifier les sources potentielles d'émissions de ces polluants parmi les abonnés raccordés est déclenchée. Demandée par la note technique[39] du 24 mars 2022 (faisant suite à celle du 12 août 2016) et par l'arrêté du 21 juillet 2015 (article 13), elle a pour but de :

- Identifier les sources possibles de substances déversées dans le réseau ;
- Proposer des actions de prévention ou de réduction pour limiter les substances arrivant en STEU ou aux déversoirs d'orage.

[38] *Étude ADEME de 2019 sur les dépenses énergétiques des collectivités*
[38] *Note technique relative à la recherche de micropolluants dans les eaux brutes et dans les eaux usées traitées de STEU et à leur réduction*

Une substance ou une famille de substance est considérée comme significative dès lors qu'elle remplit les critères indiqués dans le paragraphe 2.2 et dans l'annexe VI de la note technique du 24 mars 2022 (niveaux de concentration et/ou flux supérieurs aux seuils fixés dans les eaux ainsi que les sources potentielles d'émissions de ces polluants parmi les abonnés raccordés).



Pour aller plus loin :
La démarche RSDE en station d'épuration a fait l'objet d'un document-type de l'ASTEE en 2017 (mis à jour en mai 2023), "RSDE - Diagnostic amont et plan d'action pour la réduction des micropolluants : Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP)" et la « Foire aux questions » associée[40] au Diagnostic Amont.

5.3. Les besoins d'un territoire

Le choix d'une filière de valorisation des boues d'épuration dépend des opportunités et de la demande spécifique du territoire. L'épandage des boues peut être une option intéressante pour apporter de la matière organique aux sols, en particulier dans les zones où l'élevage est moins développé. Cependant, il est important de prendre en compte le contexte territorial et les besoins des agriculteurs pour une gestion optimale des produits de valorisation organique (PRO).

Lors du choix de la filière, il est également essentiel de considérer les installations déjà présentes sur le territoire, telles que les UVE, les usines de compostage ou les méthaniseurs territoriaux. Le coût du transport des boues reste un élément significatif, étant donné les volumes importants concernés. Ainsi, la proximité des installations existantes peut jouer un rôle déterminant dans la décision finale.

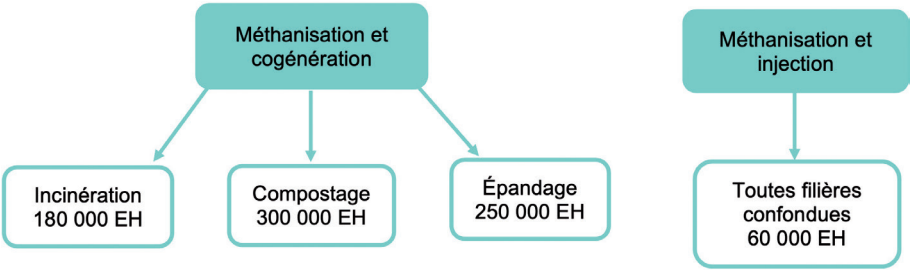
En ce qui concerne l'injection du biogaz dans le réseau de gaz naturel, il est important de noter que les coûts de raccordement au réseau sont généralement à la charge du maître d'ouvrage. Ces coûts sont proportionnels à la distance de raccordement, avec un taux de réfaction pris en charge par le gestionnaire du réseau (environ 60 %[41] en 2022 et la loi Climat et Résilience). Les règles relatives au droit à l'injection sont également régies par des décrets spécifiques, tels que le décret du 28 juin 2019 relatif aux renforcements des réseaux de transport et de distribution de gaz naturel nécessaires pour permettre l'injection du biogaz produit.

Enfin, une réflexion sur les acteurs partenaires ou bien sur les filières concurrentes du territoire doit être menée afin de ne pas lancer un projet qui n'arriverai pas à s'insérer dans le territoire.

La connaissance des volumes de boues à valoriser est primordiale pour décider de la voie de valorisation. En effet chaque filière possède des seuils de rentabilité différents et qui vont orienter le choix de la collectivité.

[40] *"RSDE - Diagnostic amont et plan d'action pour la réduction des micropolluants : Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP)" et la « Foire aux questions » associée*
[41] *Les taux de réfaction tarifaire applicables pour le raccordement des installations de biogaz et d'ENR réhaussés par arrêtés*

Si la valorisation agronomique reste généralement la plus facile à mettre en place, ce n'est pas nécessairement le cas pour la valorisation énergétique.
Par exemple, la mise en place d'une installation de méthanisation dans une STEU n'est économiquement viable que pour des stations d'une certaine taille. En effet, dans une étude spécifique, l'ADEME[42] a évalué les capacités à partir desquelles la filière méthanisation devient économiquement viable (pour un taux de rentabilité interne de 10 %), en distinguant la filière méthanisation et cogénération et la filière méthanisation et injection de biométhane dans les réseaux de gaz :



Capacité minimale des STEU pour atteindre un taux de rentabilité interne de 10 % (source : ADEME)

Cette figure se concentre sur les coûts d'installation et d'exploitation dans le cas de la mise en place par une STEU de moyens de valorisation énergétique sur son propre site (dans le cas de la cogénération, il est question de l'investissement sur le méthaniseur et sur le four pour la cogénération).
Cependant, depuis lors, les coûts de l'énergie ont évolué, ce qui, de fait, entrainent des modifications de ces seuils de rentabilité. Ainsi, bien que l'étude soit informative, il est nécessaire de considérer ces changements pour évaluer la viabilité économique actuelle des projets de méthanisation dans les STEU.

Néanmoins toutes les STEU peuvent valoriser leurs boues en méthanisation territoriale, dans ce cas-là le méthaniseur n'est pas sur site. Si la STEU a une quantité de boues d'épuration inférieure au seuil de rentabilité de la filière de valorisation, il semble plus avantageux de mélanger les intrants de la valorisation, ce qui est possible pour la méthanisation et la co-incinération, mais parfois soumis à dérogation. En revanche, le mélange des intrants en entrée de méthaniseur empêche toute possibilité d'épandage direct du digestat (car c'est contraire au principe de traçabilité du plan d'épandage).

[42] *ADEME, prise en charge du traitement des boues des stations d'épuration, 2010*

5.4 Les soutiens financiers existants

En ce qui concerne le financement, il dépend des choix de traitement des boues, qu'ils soient internalisés ou externalisés vers d'autres acteurs territoriaux ou privés.

Les coûts d'exploitation sont généralement pris en charge par le budget du service public d'assainissement collectif, notamment pour les traitements tels que l'épandage ou le compostage. Cependant, dans le cas de la création de nouvelles installations, telle qu'une unité de méthanisation ou une UVE, les coûts d'investissement doivent être supportés par les maîtres d'ouvrage des infrastructures, qu'il s'agisse du service public d'assainissement ou d'autres parties prenantes.

En somme, une bonne gouvernance et une mobilisation des acteurs clés, ainsi qu'un financement adéquat, sont essentiels pour mener à bien une stratégie territoriale efficace en matière de gestion des boues.

Pour soutenir les collectivités, différentes aides financières peuvent être sollicitées :

- Les Agences de l'eau, qui accompagnent les études amonts nécessaires à l'établissement de la stratégie territoriale mais aussi à certains investissements (à vérifier auprès de l'agence référente lors de la création du projet),
- L'ADEME, via le Fond Déchets, lance des appels à projet pour soutenir les installations de production de biogaz et celles de traitement des digestats par le compostage (entres autres),
- Pour la valorisation énergétique, l'ADEME peut subventionner à hauteur de 10 % des coûts d'investissement(pour un maximum de 600 000 €) et les études de 50 à 70 %[43].
- Les régions et départements peuvent aussi apporter leur soutien pour le financement de certains projets territoriaux.
- Le FEDER (Fonds Européen de Développement Régional), cette source de financement européenne vise à soutenir le développement économique des régions.

Il est important de noter que les montants et les conditions de ces subventions peuvent varier selon les cas. En moyenne, ces subventions représentent environ 33 % du montant total de l'investissement, mais cela peut varier en fonction du projet et des politiques de financement en vigueur.
Pour les projets de méthanisation sur stations d'épuration, les agences de l'eau peuvent financer la méthanisation, tandis que l'ADEME peut financer la production de biométhane et les méthanisations territoriales.

Ce qu'il faut retenir :
La Banque des territoires, en tant que tiers de confiance, peut aussi apporter son savoir-faire juridique et financier pour des projets autour de la transition énergétique et écologique des collectivités. Elle propose également des prêts à long terme à taux bonifiés pour les personnes publiques.

[43] *L'accompagnement de l'ADEME dans le cadre d'une étude de faisabilité*

CONCLUSION

Dans le contexte des boues d'épuration, l'économie circulaire se manifeste par la valorisation des sous-produits issus du processus d'épuration. Plutôt que de considérer ces boues comme des déchets à éliminer, elles sont utilisées de manière bénéfique pour les territoires et l'environnement.

La valorisation agronomique des boues est l'un des piliers de l'économie circulaire dans le domaine de l'assainissement. Les boues sont transformées en fertilisant organique riche en nutriments, qui peut être utilisé pour améliorer la fertilité des sols agricoles. Cela permet à la filière agricole de se substituer aux engrais chimiques, réduisant par la même occasion l'utilisation de ressources naturelles finies, ainsi que les impacts sur l'environnement.

En outre, la valorisation énergétique des boues contribue également à l'économie circulaire. Les boues peuvent être transformées en biogaz par des processus tels que la méthanisation, permettant ainsi de produire de l'énergie renouvelable. Ce biogaz peut être utilisé pour la production d'électricité, de chaleur ou même comme carburant pour les véhicules, offrant ainsi des alternatives crédibles aux énergies fossiles.

En adoptant une approche d'économie circulaire, les services d'assainissement deviennent des acteurs clés de la transition vers une économie plus durable. Ils contribuent à la préservation des ressources naturelles, à la réduction des déchets et à la limitation des émissions de gaz à effet de serre. De plus, en intégrant les principes de l'économie circulaire, les services d'assainissement peuvent transformer leurs installations en véritables usines de production de valeur plutôt que de simples producteurs de déchets.

Ce guide permet de couvrir les éléments essentiels pour aborder les défis majeurs de la gestion des boues d'épuration et présente les pistes disponibles pour favoriser une approche circulaire et durable de leur valorisation.

Il appartient désormais aux élus locaux de se saisir de l'ensemble de ces opportunités, afin de développer une politique publique ambitieuse, adaptée au contexte local, incluant la gestion des boues d'épuration ainsi que leur valorisation.

Cela implique la mise en place de moyens et d'instruments de planification, de suivi et d'animation adaptés à chaque contexte.
À ce titre, AMORCE propose des publications plus précises (techniques, juridiques, économiques), mentionnées tout au long de cet ouvrage, autour des questions d'adaptations des services publics d'assainissement pour la transition écologique, notamment au travers de la gestion des boues d'épuration.

NOTES

NOTES

La Banque des Territoires est l'un des cinq métiers de la Caisse des Dépôts. Elle réunit les expertises internes à destination des territoires. Porte d'entrée unique pour ses clients, elle œuvre aux côtés de tous les acteurs territoriaux : collectivités locales, entreprises publiques locales, organismes de logement social, professions juridiques, entreprises et acteurs financiers. Elle les accompagne dans la réalisation de leurs projets d'intérêt général en proposant un continuum de solutions : conseils, prêts, investissements en fonds propres, consignations et services bancaires.
En s'adressant à tous les territoires, depuis les zones rurales jusqu'aux métropoles, la Banque des Territoires a pour ambition de maximiser son impact notamment sur les volets de la transformation écologique et de la cohésion sociale et territoriale. Les 37 implantations locales de la Banque des Territoires assurent le déploiement de son action sur l'ensemble des territoires métropolitains et ultra-marins.

Les agences de l'eau sont des établissements publics du ministère de la Transition écologique. Leur mission est de financer les ouvrages et actions qui contribuent à atteindre le bon état des eaux, à préserver les ressources en eau et la biodiversité et à lutter contre les pollutions, en respectant le développement des activités économiques. Pour ce faire, elles perçoivent des redevances auprès de l'ensemble des usagers. Celles-ci sont redistribuées sous forme de subventions aux collectivités locales, aux industriels, aux agriculteurs, aux artisans ou aux associations qui entreprennent des actions de préservation et de restauration du milieu naturel.

Rédaction : Jérémy DA PRATO, AMORCE

Comité de relecture :
Claire FORITE, AMORCE - Camille ARNAULT, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse - Phillipe RICOUR, Agence de l'Eau Rhin Meuse - Pierre-François STAUB, OFB.

Banque des Territoires : Géraldine ROLLIN

Crédits photo : voir chaque photo

Mise en page, Illustration et pictogrammes : Éric ACHARD

Première édition - Janvier 2026

AMORCE - 18 rue Gabriel Péri - CS 20102 - 69623 Villeurbanne Cedex
Tél. : 04 72 74 09 77
amorce@amorce.asso.fr | www.amorce.asso.fr
Ass Association AMORCE

L'ÉLU, et les boues d'épuration

AMORCE
DÉCHETS | ÉNERGIE | EAU

Quels sont les défis d'un service d'assainissement qui doit, chaque jour, trouver des exutoires sûrs et pérennes pour ses boues ? Comment faire des boues d'épuration un levier d'économie circulaire, au croisement de la fertilisation des sols, de la production d'énergie et de la maîtrise des coûts du service ? Comment, enfin, sécuriser le retour au sol tout en anticipant les évolutions réglementaires (EGALIM, AGEC, "socle commun des matières fertilisantes") et les attentes croissantes des agriculteurs, des riverains et des citoyens ?

Ce nouveau guide d'AMORCE dans la collection "L'élu et", produit avec le soutien des Agences de l'eau et de la Banque des Territoires, propose un retour exhaustif sur les enjeux réglementaires, économiques et environnementaux de la gestion des boues d'épuration et sur les principales filières directe et indirect de valorisation : retour au sol, méthanisation, incinération et filières émergentes. Entre diagnostic des gisements, choix des exutoires, maîtrise de la qualité, acceptabilité locale et mobilisation des financements, ce sont autant d'éléments qui permettront de construire une stratégie territoriale cohérente.

À consulter dans la même collection : "l'élu et l'eau et l'élu et les micropolluants

Avec le soutien technique et financier :

LES AGENCES DE L'EAU

BANQUE des TERRITOIRES
Caisse des Dépôts GROUPE