



Valorisation des boues d'épuration municipales
Valorisation agricole et valorisation énergétique

(rédaction : décembre 2007)

1. Résumé

Portrait de la situation de la valorisation des boues municipales au Québec :

- La valorisation constitue un enjeu majeur pour réduire le volume de boues allant à l'enfouissement.
- Plus de 220 000 tonnes sèches de boues municipales en 2004 dont 18 % valorisées au niveau agricole / sylvicole (moins de 1 % des matières fertilisantes épandues au Québec) et 31 % incinérées. La majorité reste enfouie du fait d'un faible coût d'enfouissement même si le resserrement des normes découlant de l'adoption en 2006 du nouveau *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles* (LRQ, cQ-2, r.) devrait éventuellement changer la donne.
- Au niveau réglementaire, bien que la valorisation agricole soit la solution privilégiée, il se pose aussi des enjeux importants au niveau du contrôle de qualité et du suivi (vérification, normalisation, harmonisation) qui conditionnent le développement de ces activités. Outre l'existence et la proximité des débouchés et des partenariats entre les milieux urbain et agricole, l'acceptabilité par le public de cette forme de valorisation est un facteur clef de son développement.
- L'autre destination possible des boues est l'incinération, lorsque leur valorisation organique n'est pas possible.

Principaux enjeux des différentes formes de valorisation

Valorisation	Enjeux de développement	Valorisation finale
Épandage de boues issues de traitement chimique ou digestion aérobie / anaérobie	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts faibles de 10 \$ à 35 \$/t selon le procédé de stabilisation utilisé (chimique, digestion aérobie / anaérobie). Enjeu proximité des débouchés: manutention et transport complexes, plus facile si chaulage. • Réglementation : chaque ferme doit demander une autorisation et déposer annuellement un plan agro-environnemental de fertilisation (PAEF) pour chaque champ et tenir un registre d'épandage. 	<ul style="list-style-type: none"> • Boues peu stables : odeurs encore fortes → acceptabilité de plus en plus difficile par le voisinage. • Le chaulage améliore l'hygiénisation des boues et en fait un amendement calcique bon marché très apprécié.

Épandage de boues compostées	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts de 30 \$ à 70 \$ / tonne. • Implantation ardue des sites (odeurs et périphérie – enjeu des technologies de contrôle de celles-ci). • Perception positive du public par rapport au compostage, lorsque les odeurs sont contrôlées. • Certification BNQ disponible → label de confiance. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hygiénisation des boues : pas ou peu d'odeurs → meilleure acceptabilité. • Stockage et manutention facilités (compost léger).
Création de produits / granules à base de boues séchées	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastructures de séchage et granulation requièrent des investissements importants. • Procédé technique complexe pour obtenir bonne granulation : nécessité d'accéder à certains savoir-faire industriels (partenariats). • Enjeu contrôle et traçabilité accrus, de même que certification / homologation des produits. 	<ul style="list-style-type: none"> • Permet une réduction des volumes avant stockage ou transport. • Apprécié pour manutention et facilité à épandre et bonne hygiénisation des boues.
Incinération spécifique des boues ou co-incinération avec ordures ménagères	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts accrus par Règlement sur l'enfouissement. • Co-incinération intéressante pour petites stations. • Séchage préalable nécessaire notamment pour injection avec ordures ménagères. • Les problèmes d'acceptabilité par le public portent plus sur la technologie de l'incinération elle-même que sur le traitement ou l'élimination de boues par cette voie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Récupération d'énergie : séchage des boues pour accroître le pouvoir calorifique des boues. Possibilité de couplage sécheur-incinérateur. • Développement de filières de valorisation des cendres (en cimenterie ou utilisation dans construction, etc.).
Oxydation par voie humide (OVH)	<ul style="list-style-type: none"> • Procédé flexible et compact. • Extrait solide minéral, inerte et valorisable, traitement des gaz simplifié, effluent liquide réutilisable sur la station. • Réduction de matières s'opère sans combustion ni flammes → acceptabilité sociale accrue. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité de valorisation des résidus minéraux.

Filières de gestion applicables à la valorisation des boues d'épuration



Source : John Meunier, 2007 [1]

2. Principaux constats

2.1 L'enjeu de la valorisation des boues municipales

L'expansion des zones urbaines et la multiplication des usines d'épuration des eaux entraînent une augmentation très importante de la production des boues urbaines dans le monde. Le Québec n'échappe pas à cette tendance. En 2002, ce sont 1,1 Mt en base humide (220 000 tonnes en base sèche) soit 135 kg par an et par habitant [2], de boues municipales qui ont été générées au Québec.

Face à ces volumes grandissants, les municipalités cherchent à :

- réduire à la source la quantité de boues générées;
- obtenir des boues encore plus sûres (stabilisation, hygiénisation, pasteurisation) et de meilleure qualité;
- contrôler et neutraliser les nuisances associées aux traitements, notamment les odeurs;
- réduire le volume final de boues résiduelles à éliminer et en optimiser la valeur, grâce à leur valorisation.

Les boues municipales incluent les boues ou tous les autres résidus issus des stations municipales de traitement des eaux usées ou de l'eau potable, des fosses septiques ou des stations de traitement des boues de fosses septiques, incluant les résidus résultant du récurage des égouts. Dans cette fiche, seront regardées plus particulièrement les boues des stations d'épuration des eaux usées. Celles-ci reçoivent des eaux usées de nature très variable dépendant du type et du nombre d'industries déversant dans leurs réseaux d'égout et par conséquent, **chaque type de procédé (physico-chimique, biologique, thermique) produit des boues ayant des caractéristiques très différentes qui conditionnent leur potentiel de valorisation.**

Ces boues étant humides, composées de sels minéraux et de matières organiques très fermentescibles, ne conviennent pas en tant que matière solide pour d'autres usages. Elles doivent être traitées et notamment stabilisées pour être valorisées.

L'option privilégiée est la **valorisation agricole, sylvicole ou horticole** et plus rarement lors de cas ponctuels, l'épandage sur des sols dégradés en vue de leur végétalisation. Cette valorisation s'organise en deux filières :

- **Épandage direct** de boues brutes issues de traitements biologiques, de boues chaulées, compostées ou séchées.
- **Utilisation de boues comme matière première pour la fabrication d'engrais ou d'amendements calciques ou organiques (filère dite de « produits »)**: fabrication de terreaux, principalement à base de composts, ou de granules d'amendements organiques, notamment à base de boues séchées, etc. Utilisation à des fins non agricole, plutôt horticole. A côté du principal débouché « produit » que sont les biofertilisants, d'autres modes de valorisation sous forme de produits à valeur ajoutée, encore rares ou à l'état de recherche, se trouvent les biopesticides (B.t.), biofongicides, bioplastiques (PHA), enzymes (protéases).

Une autre destination possible des boues est leur **incinération spécifique en four dédié ou en co-incinération avec les ordures ménagères**, soit en l'état brut, soit après séchage. Le traitement thermique par **oxydation par voie humide (OVH)** est un mode de traitement thermique en développement. S'il y a récupération d'énergie lors du procédé, on peut parler alors de **valorisation énergétique**. Les cendres des incinérateurs peuvent faire l'objet d'une valorisation a posteriori. Les recherches actuelles laissent espérer une possibilité prochaine de valorisation des résidus minéraux issus de l'incinération spécifique des boues ou après leur traitement par OVH. Aussi, pour détails, voir la fiche technologique sur [l'incinération avec récupération d'énergie](#).

Enfin, la destination ultime des boues chaulées ou séchées, celles réduites en cendres après une co-incinération avec les ordures ménagères ou une incinération spécifique, ou les boues à l'état de matières minérales issues de l'OVH est encore trop souvent le lieu d'enfouissement. Les biogaz émis par le traitement des boues peuvent aussi être captés et récupérés sous forme d'énergie ou chaleur. Cette pratique, appelée biométhanisation, se présente comme une forme de valorisation de plus en plus intéressante, permettant à la fois la valorisation énergétique (en alternative à l'incinération traditionnelle) et la valorisation agricole de la fraction solide traitée.

Cadre réglementaire et tendances

Les effluents des eaux usées municipales (EEUM) renferment de l'ammoniac, des chloramines inorganiques et des substances chlorées. Au Canada, les EEUM figurent parmi les principales sources de pollution des plans d'eau de surface (en volume).

À l'heure actuelle, les EEUM sont régis par plusieurs politiques, lois et règlements.

Cadre réglementaire de la valorisation

Le gouvernement fédéral est chargé de faire appliquer la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE) et la Loi sur les pêches. Étant donné que les effluents des eaux usées municipales sont reconnus comme des substances toxiques en vertu de la LCPE, il incombe au ministre de l'Environnement de proposer un mécanisme de prévention ou de contrôle. De concert avec le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME), Environnement Canada a formulé une **Stratégie pancanadienne de gestion des effluents des eaux usées municipales**, visant notamment à élaborer des lignes directrices au sujet de l'ammoniac et du chlore. En septembre 2007, le CCME a approuvé, aux fins de consultation, une version préliminaire de cette stratégie. Celle-ci traite d'un certain nombre de points de nature technique ainsi que de questions relatives à la gouvernance et porte principalement sur l'harmonisation du cadre réglementaire; la coordination de la science et de la recherche; et propose un modèle de gestion des risques environnementaux propre au lieu visé. Le processus élaboré par le CCME évalue également les coûts de mises en œuvre que pourraient devoir assumer les municipalités canadiennes par suite de l'application des recommandations issues de la stratégie. Cependant, la valorisation des boues n'est pas au centre de cette consultation. Voir les détails [3, 4].

Les **provinces et les territoires** approuvent la conception et la construction des installations de traitement des eaux usées, émettent les certificats d'autorisation et permis d'exploitation, formulent les exigences de fonctionnement à l'échelle locale et fournissent un soutien financier aux gouvernements municipaux. En partenariat avec les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, toutes les municipalités devront, à tout le moins, assurer le traitement secondaire de toutes leurs eaux usées.

Au **Québec**, seuls les biosolides ayant la qualité voulue peuvent être valorisés. Les municipalités sont libres de choisir le mode de gestion approprié à leur contexte. Par contre, la Politique québécoise sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008 favorise la valorisation, lorsque cela est possible, en vertu de l'approche des 3RV-E : « Éventuellement, aucune boue ne devrait être enfouie sans démonstration qu'il n'est pas économiquement viable de la valoriser » (article 5.6.8 de la Politique).

Ces orientations gouvernementales découlent de consultations préalables réalisées par le Bureau des audiences publiques sur l'environnement (BAPE) en 1996. La recommandation 18.2 du rapport du BAPE (1997) [5] veut «*qu'une préférence soit accordée à la valorisation des boues à des fins agricoles, sylvicoles et horticoles plutôt qu'à la valorisation thermique, dans la mesure où ces boues présentent des caractéristiques compatibles avec l'usage que peuvent en faire les secteurs concernés; la mise en décharge ne devrait être autorisée qu'en dernier recours*».

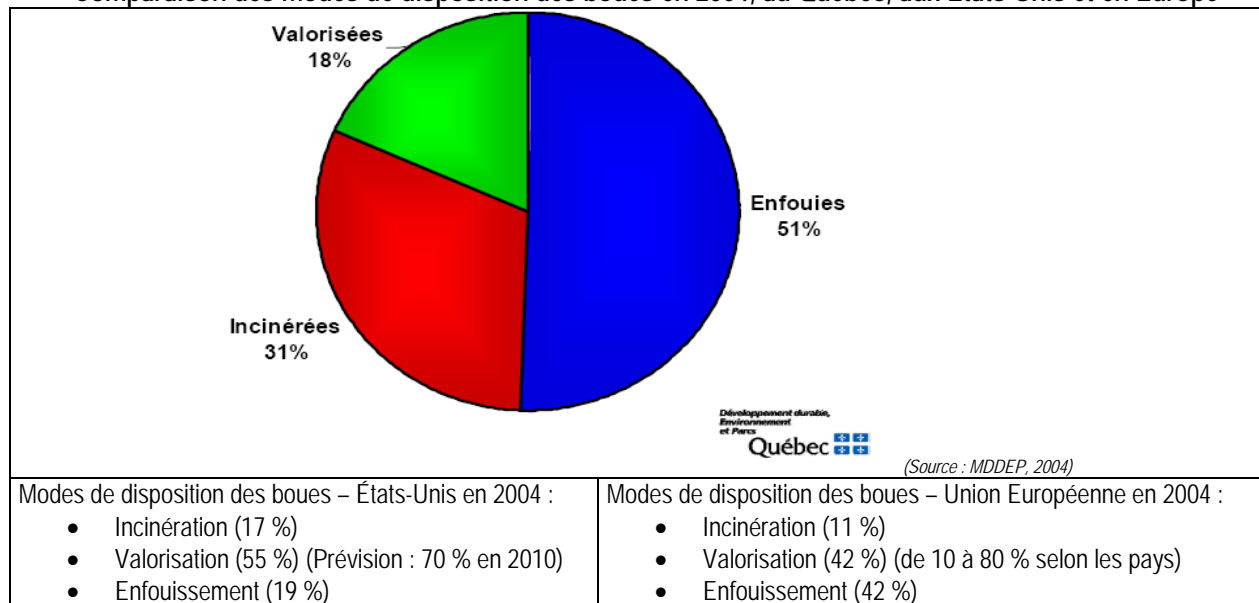
Les municipalités peuvent donc décider de ne pas procéder à la valorisation agricole ou au compostage des boues municipales produites sur leur territoire, notamment si ces boues ne rencontrent pas les critères de valorisation prescrits. Toutefois, elles doivent considérer les inconvénients environnementaux, sociaux et économiques rattachés aux autres modes potentiels de gestion par enfouissement ou incinération. Une municipalité en zone rurale peut prohiber l'épandage des boues sur son territoire, en raison des odeurs, pendant un certain nombre de jours durant l'année. Ce pouvoir est cependant balisé par l'article 52 de la Loi sur les compétences municipales.

Situation actuelle au Québec et mise en perspective internationale

Au Québec, en 2004, le taux de valorisation agricole est de 18 % [6]. La proportion de boues municipales valorisées ainsi qui plafonnait depuis 1994, a connu une augmentation importante depuis 2002.

Les boues municipales représentent moins de 20 % de toutes les boues valorisées, le reste venant principalement des papetières et, dans une moindre mesure, des industries agroalimentaires. Les boues municipales représentent moins de 1 % des matières fertilisantes épandues en 2004, les fumiers et lisiers comptant encore pour 95 %. Et environ 15 % des matières compostées au Québec [7]. Seules 0,02 % des terres cultivées pour l'alimentation humaine font annuellement l'objet d'épandage de biosolides municipaux.

Comparaison des modes de disposition des boues en 2004, au Québec, aux États-Unis et en Europe



Sources : pour le Québec : MDDEP, 2004 [8] ; pour les États-Unis et l'Europe : Blais, J.-F., 2004 [9]

Comme aux États-Unis, la valorisation agricole est la solution privilégiée dans la politique européenne de gestion des déchets, donnant la priorité au recyclage des matières. Dans les pays de l'Union Européenne, la mise en décharge des boues sera progressivement réduite jusqu'en 2015, date à partir de laquelle sera interdite.

Cette différence avec les États-Unis et l'Europe est liée à deux facteurs clefs :

- (1) Au relativement faible coût de l'enfouissement au Québec. Le *Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles*, entré en vigueur le 23 juin 2006, en accroissant les coûts de l'enfouissement, mais aussi de l'incinération (les incinérateurs de boues provenant d'ouvrages municipaux de traitement des eaux sont visés par le Règlement), favorise indirectement la valorisation agricole des boues municipales.
- (2) A la **présence d'incinérateurs** dans les grandes villes, que ce soit des incinérateurs dédiés spécifiquement pour les boues (Montréal et Longueuil) ou servant à l'ensemble des résidus municipaux (Québec).

Ces facteurs expliquent qu'outre la Ville de Laval, seules les villes de taille moyenne (comme Gatineau, Sherbrooke, Saguenay, Victoriaville et Saint-Jean-sur-Richelieu) contribuent significativement au volume de boues municipales valorisées en milieu agricole et déviées de l'élimination. Les facteurs clefs du succès de la valorisation dans ces villes tiennent au fait qu'elles n'ont pas d'incinérateurs municipaux, présentent parfois des coûts d'enfouissement plus élevés ou ont des sites d'enfouissement impropres techniquement à enfouir certaines boues.

2.2 État des lieux et tendances concernant les différentes formes de valorisation

En plus de la qualité des boues elles-mêmes, les options de valorisation dépendent des paramètres techniques spécifiques à chaque station d'épuration et à la technologie utilisée. Les opportunités de valorisation dépendent de ces particularités et du contexte propre à chaque station (réduction des odeurs, élimination des pathogènes-hygiénisation et diminution de la quantité de boues à gérer, limitation de la reprise de la fermentation notamment pour le stockage) et des concentrations utilisées (conditionnement, épaissement, déshydratation et séchage).

Enjeux généraux de la valorisation agricole/sylvicole/horticole

L'utilisation des boues en reconstitution de sols et en végétalisation à la suite de gros travaux d'aménagement, comme les talus routiers et autoroutiers, la réhabilitation de friches industrielles, de friches urbaines ou de décharges, la création de pistes de ski, permet un apport de matière organique en grande quantité nécessaire à la réinstallation du couvert végétal et à la cicatrisation du paysage. Cependant, cette option est laissée ici de côté du fait de son caractère très ponctuel. Elle demande une grande planification pour anticiper les stocks de boues nécessaires et ne constitue pas une filière de valorisation stable sur le long terme.

Concernant la valorisation agricole ou sylvicole par épandage des boues ou en filière « produits », certains facteurs clefs de succès de cette filière sont globalement les mêmes indépendamment du type de boues choisies :

- **Les débouchés** : la proximité des zones agricoles / sylvicoles influe beaucoup sur les coûts de manutention et de transport. À noter que les certifications biologiques bannissent l'utilisation de boues municipales comme engrais. Aussi, dans le contexte québécois de développement de l'industrie porcine, la concurrence des déjections animales comme engrais (fumiers et lisiers) doit être prise en compte. L'expérience de la Belgique et des Pays-Bas, où la valorisation agricole des boues a été abandonnée du fait d'un surplus de production de lisier, souligne l'importance d'anticiper ces tendances sur le long terme. En effet, lorsqu'il y a une telle "situation concurrentielle", les agriculteurs préfèrent utiliser leurs "propres" matières résiduelles fertilisantes (MRF) plutôt que celles qui proviennent des usines municipales. Néanmoins, selon le MDDEP [8], dans le Québec agricole, les matières résiduelles fertilisantes apportaient en 2004 en moyenne 1,7 % des charges en phosphore au sol et moins de 1 % dans les régions en surplus de fumier, comme la Montérégie, Chaudière-Appalaches et Lanaudière.
- **Les partenariats** : la mise en place de telles filières de valorisation nécessite des partenariats avec les agriculteurs et les fabricants d'engrais et d'amendements pour la filière « produits », qui requiert un savoir-faire industriel supplémentaire. Aussi, le leadership d'employés municipaux, d'entreprises privées et d'agronomes, au plan technique et au plan des communications, est un facteur clef du succès de la valorisation agricole.
- **Acceptabilité par le public** : la valorisation agricole après un grand succès dans les années 1980 et 1990 connaît aujourd'hui une remise en question en raison d'une certaine perte de confiance de la population suite à divers incidents. Au Québec le débat a connu une poussée avec le documentaire *Tabou(e)!* diffusé en 2006 sur les ondes de Télé-Québec et portant sur les boues d'épuration municipales et leur utilisation comme engrais sur les sols agricoles aux États-Unis, en France, en Suisse, en Ontario et au Québec. À partir des témoignages de citoyens, d'agriculteurs et de chercheurs universitaires, le film indiquait qu'une telle pratique pourrait s'avérer dangereuse et suggérait que l'épandage soit abandonné en vertu du principe de précaution. La pratique de gestion des boues d'épuration par les municipalités est un domaine souvent peu connu du grand public. Cette méconnaissance du public couplée aux perceptions négatives liées aux matières fécales a considérablement accru la sensibilité du public appelant à un renforcement drastique des processus de contrôle qualité et de suivi sécuritaires.
- **Contrôle de sécurité et de qualité** : Le principal enjeu est actuellement une meilleure acceptation des boues et des sous-produits dérivés comme engrais. La mise en place de labels et de mécanismes de contrôle par une tierce partie est très importante afin de s'assurer de la conformité des études préalables, de l'analyse, du suivi et de l'enregistrement des produits. L'objectif est d'assurer un étiquetage clair, notamment sur la composition des boues, et une traçabilité de celles-ci. Dans le cas de la filière « produits », il y a un besoin de contrôle qualité encore plus rigoureux car la nécessité d'une traçabilité sur le devenir des produits est accrue du fait de leur commercialisation et donc du suivi plus complexe de leurs usages. L'enjeu pour cette filière « produits » émergente est de démontrer l'innocuité et l'efficacité des produits. Cet enjeu lié à l'homologation et l'établissement de normes transparentes pour les boues est crucial pour l'exportation qui peut se révéler un débouché intéressant. Elles doivent être conformes à la Loi et Règlement fédéraux sur les engrais et une harmonisation des règles entre provinces et avec les États-Unis demeure encore nécessaire à l'instar de ce qui s'est fait entre les pays de l'Union européenne au niveau de l'analyse sanitaire et environnementale.

Principaux types de traitement et de stabilisation des boues

Sommaire des procédés de traitement

Procédés de stabilisation physico-chimique

Chaulage (Procédé chimique le plus utilisé)

- Addition de chaux pour amener et maintenir sur plusieurs mois un pH supérieur à 12.
- Effectué généralement par malaxage de la boue pâteuse et de chaux pulvérulente après déshydratation.

Fixation chimique : formation de produits alcalins stables

- Procédés commercialisés : *Chem-Fix* (ciment Portland + silicate de sodium), *N-Viro Soil* (cendres volantes + poussières de chaux), *Biofix*.

Oxydation chimique : Oxydation partielle en milieu acide et oxydant

- Procédés commercialisés : *Saphyr* (pH 2 à 3 + nitrites), *Stabiox* (pH 3 à 5, Fe₃₊ + H₂O₂) (INRS-ETE), *Synox* et *Ozonics* (pH 2,5 à 3,0, ozone), *Detox* (acide + oxygène + chauffage).

Procédés de stabilisation thermo-chimique

Oxydation thermo-chimique (Oxydation à haute température et pression) : 75 % en éléments minéraux (CO₂ + CO + H₂O) / 25 % en composés organiques facilement biodégradables (acides gras, alcools).

Deux variantes principales :

- Oxydation par Voie Humide (OVH) – développement croissant : cette technologie consiste à porter les boues à des conditions de température et de pression qui permettent, tout en restant en milieu liquide (afin d'éviter toute évaporation), d'oxyder, en présence d'oxygène, les matières organiques contenues dans les boues. Elle permet d'obtenir un résidu minéral inerte, un peu de gaz carbonique et un effluent biodégradable traitable en station d'épuration. Voir les détails de l'OVH [10].
- Oxydation en puits profond (1200 à 1500 m) (VerTech)

Procédés de stabilisation biologique : suivre la logique de biodégradation en consommant la fraction rapidement biodégradable de la boue selon un procédé biologique contrôlé

Digestion aérobie

Procédé conventionnel (mésophile)

- $C_5H_7NO_2 + 5 O_2 \Rightarrow 5 CO_2 + NH_3 + 2 H_2O$
- Respiration endogène / temps de rétention : 15 à 20 jours d'aération des boues.

Nouvelles variantes

- Digestion aérobie autothermique (ATAD) (45 à 60°C).
- Digestion mixte : ATAD + digestion anaérobie mésophile.
- Digestion anoxie-aérobie.

Digestion anaérobie

Procédé conventionnel (mésophile)

- Biodégradation de la matière organique avec production de CH₄ et CO₂.
- Acidogénèse + Méthanogénèse : une flore acidogène produit alors des composés acides à partir de ces molécules élémentaires. Une gazéification est effectuée par une flore méthanogène, permettant une dégradation poussée des matières organiques et la production de biogaz. Lorsque la station fournit du biogaz, le condensat pouvant être utilisé pour élever la température du digesteur.
- Temps de rétention : 20 à 30 jours

Nouvelles variantes

- Digestion thermophile (50 à 55°C).
- Digestion mixte (ATAD & digestion anaérobie mésophile).

Compostage :

- Mélange des boues pâteuses avec un coproduit qui peut être un autre résidu (sciures, écorces, papier, gazon, ordures ménagères triées, etc.) afin de conférer au mélange ainsi constitué une siccité et un degré de vide suffisants pour permettre une décomposition des matières organiques, par aération naturelle ou forcée, sur une durée de plusieurs semaines.
- Décomposition par voie biologique aérobie thermophile : hausse de température jusqu'à 65-70°C.

Deux procédés principaux

- Piles retournées mécaniquement à l'air libre.
- Compostage en tas ou en réacteur avec aération forcée.

Procédés de concentration des boues : améliorer la siccité de la boue jusqu'au niveau désiré

Épaississement (concentration des boues entre 2 et 8 %) - Procédés utilisés : épaisseurs statiques gravitaires, flottateurs à l'air dissout, tables d'égouttage, centrifugeuse.

Déshydratation (concentration entre 15 et 50 %) : centrifugeuses, filtres-presses, filtres à bandes, filtres sous vide, presseoirs rotatifs, lits de séchage, lits de congélation, etc.

Séchage : le séchage permet d'obtenir, en toute occasion la siccité désirée pour la non-fermentation et le stockage en silos hors des mois d'épandage. Pour manutention, cette boue sèche doit être présentée sous forme de granules (filiale « produits »).

- **Séchage solaire sous serre** : cette solution consiste à étaler et retourner mécaniquement les boues sous des serres ventilées, ce qui a pour effet d'augmenter leur taux de matière sèche (taux de siccité). La production de boues brutes diminue considérablement et peut être cantonnée dans les limites du plan d'épandage.
- **Séchage thermique**: l'apport d'énergie se fait par conduction (contact avec une paroi chauffée), convection (contact avec un gaz chaud) ou rayonnement (par infrarouges ou micro-ondes). Voir détails ADEME [11].

Sources : Blais, J.-F., 2004 [9], John Meunier, 2007 [12] et ADEME, 2007 [13]

Des procédés complémentaires de désinfection, désintégration et décontamination permettent notamment d'améliorer l'hygiénisation, la déshydratation et le stockage des boues. Au niveau des procédés de concentration, des procédés de conditionnement des boues (chimiques, thermiques, congélation, ultrasons) peuvent permettre une concentration des boues (voir détails [9]).

Caractéristiques de la valorisation agricole des boues selon le procédé de stabilisation

Caractéristiques distinctives selon les procédés de stabilisation

	Coûts du procédé / volume de boues	Manutention	Hygiénisation et odeurs
Boues issues de procédés biologiques et non compostées	Stabilisation : 10 à 35 \$/t selon le procédé.	Logistique complexe du fait de la faible siccité de la boue (plus liquide).	Peu stables, fortes odeurs → demande de certificat d'autorisation pour chaque ferme.
Boues chaulées	Adapté pour petites productions Chaulage des boues : 20 à 35 \$/t.	Augmentation de la siccité des boues. Augmentation de la masse de boues à gérer (15 à 20 %). Manutention et stockage facilités.	Boues stables. Permet une bonne hygiénisation des boues et une forte diminution des odeurs durant l'entreposage et l'épandage.
Boues compostées	Applicable à de petits volumes et disponible à l'année. Compostage : coût actuel (de 30 à 70 \$/t) parfois supérieur à l'enfouissement. Implantation ardue de nouveaux sites de compostage : odeurs en périphérie → requiert technologies en milieu clos.	Le compost obtenu est léger, stabilisé et facile à manutentionner. Peut servir à produire des terreaux dans une filière « produits ».	Produit hygiénisé : sans ou peu d'odeurs ni pathogènes. Dégradation de molécules complexes. Certification BNQ accessible / Label de confiance.
Boues séchées	<u>Solaire sous serre</u> : adapté pour petites et moyennes installations. Économiquement intéressant, car très peu consommatrice d'énergie. <u>Séchage thermique</u> : investissements importants en infrastructures et pour équipements de granulation* → adapté pour grande station.	Le séchage permet une réduction de volume avant stockage ou transport. La granulation facilite l'épandage.	Qualité de la boue améliorée. Hygiénisation améliorée, mais possibilité de persistance d'odeurs

À noter que dans le cas d'une filière « produits » notamment de granules à partir de boues séchées, il manque encore une généralisation des succès pour améliorer l'image de produits sains et loyaux et développer des marchés plus larges. Les difficultés des équipements de séchage et de granulation à Montréal jusqu'en 2004 et le choix de Québec d'incinérer les boues séchées n'ont pas facilité le développement de cette filière au Québec. Laval, quant à elle, a dû limiter son taux de valorisation des boues comme matières fertilisantes en raison notamment de la difficulté d'obtenir la granulométrie voulue, pour des usages agricoles, et à cause des odeurs. On doit cependant noter que la Ville de Gatineau produit des granules dont la qualité est telle qu'une partie importante est vendue à l'extérieur du Québec comme amendement organique.

Incinération des boues

L'incinération est autre filière possible pour les boues municipales. L'incinération permet une réduction de volume et s'avère particulièrement utile dans le cas de bio-solides fortement contaminés, donc non valorisables. C'est aussi une solution intéressante dans le cas d'un éloignement des débouchés (zones urbaines) évitant le transport des boues.

Modalités de gestion pour l'incinération des boues

Incinération spécifique des boues (sur lit fluidisé)	Essor croissant dans le monde, grâce à son inertie (foyer constitué d'un lit de sable fluidisé) et à l'absence totale de pièces mécaniques en contact direct avec la flamme. Cette particularité se traduit par une bonne fiabilité, tandis que l'exploitation est rendue plus sûre grâce à la mise en oeuvre de systèmes de gestion centralisée particulièrement efficaces.
Co-incinération avec les ordures ménagères (OM)	Le but de la co-incinération est d'injecter des boues sous forme pâteuse ou sèche dans un four destiné initialement aux OM. La première forme implique l'utilisation d'un injecteur adapté, dont le rôle est d'introduire la boue en un point où elle ne perturbe ni la combustion des OM ni son rendement.

Chaque situation doit être envisagée au cas par cas et en fonction de la technologie utilisée. Pour l'incinération spécifique, les investissements et les coûts de fonctionnement élevés font que cette solution ne s'adapte qu'à de gros gisements de boues issus des grandes stations d'épuration. Économiquement, la co-incinération avec les ordures ménagères (OM) est une solution plus avantageuse pour les stations de petite taille. Elle ne peut s'envisager que dans le cas où l'usine d'OM se trouve à proximité de la station d'épuration et lorsque sa capacité résiduelle de traitement l'autorise. Il faut, par ailleurs, que la technologie du four permette l'implantation des injecteurs dans ses parois.

Les nouvelles technologies d'incinération offrent des opportunités de **valorisation sous forme d'énergie** : voir la fiche technologique sur [l'incinération avec récupération d'énergie](#). L'incinération des boues demande un certain niveau de siccité dépendant du type d'incinération (35 % minimum pour combustion dans incinérateur à boues, 65 % pour co-incinération avec les ordures ménagères). Une siccité plus élevée accroît la valeur calorifique de la boue (en tant que combustible) avant incinération, d'où l'importance du séchage dans une perspective de récupération de l'énergie. Les coûts énergétiques peuvent être encore réduits si on dispose de calories à bas prix, par exemple lorsque le sécheur est couplé à un incinérateur.

L'Oxydation par voie humide (OVH), traditionnellement utilisée dans l'industrie chimique, commence à être employée pour les boues municipales avec plusieurs expériences notamment en Europe. Ses coûts sont encore légèrement supérieurs à l'incinération mais cette technologie présente l'avantage d'être un procédé flexible et compact adapté pour les petites stations [10].

L'incinération impose aussi de gérer les cendres inertes et de purifier les gaz acides. De nouvelles voies de valorisation émergent pour les cendres et/ou résidus minéraux. Diverses recherches portant sur la conversion thermique des boues en combustible par liquéfaction ou pyrolyse pour générer plusieurs sous-produits (huiles et résidus goudronneux). Aussi une approche en fort développement aux États-Unis et au Japon est la transformation des boues en matériaux de construction valorisables en technique routière ou dans la fabrication de béton par fusion-vitrification à très haute température ou l'utilisation des résidus stabilisés dans la préparation d'agréats légers (briques, ciment à mortier, etc.) [9]. Par exemple, la station de Longueuil dirige la totalité des cendres d'incinération des boues vers une cimenterie voisine pour la production de ciment.

L'implantation de nouveaux incinérateurs pourrait aussi susciter un courant d'opposition chez les citoyens dans diverses régions du Québec. La méfiance du public n'est alors pas tant sur les boues que sur l'incinération.

À cet égard, contrairement à l'incinération, l'OVH offre l'avantage suivant : la réduction de matières s'opère sans combustion ni flammes. Les nuisances potentielles, occasionnées par la production de fumée, dans le cas de l'incinération, sont ainsi évitées d'où la possibilité d'une meilleure acceptation par la population.

Valorisation des Boues et GES

La valorisation agricole des boues municipales permet, dans une approche de cycle de vie, un évitement de GES en se substituant à des fertilisants minéraux (exploitation de carrières de chaux) ou chimiques (usine de production d'engrais). L'épandage sur les sols est également une source relativement négligeable de méthane. Dans le cas de l'utilisation en revégétalisation de sites dégradés ou en sylviculture, cela participe indirectement à la séquestration du carbone [14]. La digestion anaérobie (méthanisation des boues) permet un évitement complémentaire de GES.

Dans le cas du compostage, le captage des biogaz et une bonne gestion des odeurs permettent de réduire les émissions de GES.

Enfin, le contexte de tension sur les marchés énergétiques et l'importance croissante portée à la lutte contre les gaz à effet de serre (GES) renforcent aussi l'attrait pour l'incinération avec récupération d'énergie et l'OVH.

Voir détails des impacts sur les GES des modes de valorisation des matières résiduelles fertilisantes (MRF) dans la présentation faite au colloque de l'ACFAS [14].

3. Pour poursuivre la recherche ...

Termes anglais	Termes français
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sewage sludge ▪ Spreading ▪ Sludge reuse 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Boues d'épuration ▪ Épandage ▪ Valorisation des boues

Voir les références bibliographiques supplémentaires du MDDEP pour les informations clés du contexte québécois [10] ainsi que le site de l'ADEME [15] ou de John Meunier [12] pour les détails techniques des différents traitements des boues.

4. Références utilisées

1. VEOLIA EAU - JOHN MEUNIER. Maîtriser et valoriser les boues d'épuration : une priorité pour l'avenir - Illustration, <http://www.veoliaeau.com/presse/documentation/illustrations/schemas/511.htm> (page consultée le 27/11/07).
2. MDDEP. Valorisation des boues municipales comme matières fertilisantes au Québec, <http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/articles/valorisation.htm> (page consultée le 27/11/07).
3. CCME (2006). Les effluents d'eaux usées municipales au Canada, 9 p. http://www.ccme.ca/assets/pdf/mwwe_general_backgrounder_f.pdf.
4. MDDEP. Stratégie pancanadienne sur la gestion des effluents d'eaux usées municipales, <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/ccme/consultation.htm> (page consultée le 27/11/07).
5. BAPE (1997). Déchets d'hier, ressources de demain, 140 p. <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/rapports/publications/bape115-2.pdf>.
6. RECYC-QUÉBEC. Colloque sur la valorisation des biosolides municipaux, <http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/client/fr/gerer/municipalites/gestion-efficace.asp#Saut2> (page consultée le 27/11/07).
7. MDDEP. Questions et réponses sur des éléments soulevés par le documentaire Tabou(e)! sur la valorisation agricole des boues municipales, <http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/articles/documentaire/tabou%28e%29.asp> (page consultée le 27/11/07).
8. MDDEP. Portrait de la valorisation agricole des MRF - année 2004, <http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/valoris-agri/index.htm> (page consultée le 27/11/07).
9. BLAIS JF (2004). Tendances actuelles des modes de gestion et de valorisation des boues d'épuration, 43 p. <http://www.ete.inrs.ca/doc/ejc17/BlaisJF.pdf>.
10. MDDEP. Références bibliographiques des questions et réponses sur la valorisation agricole des boues municipales, [http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/articles/documentaire/tabou\(e\).asp?page=tabou\(e\)-ref.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/articles/documentaire/tabou(e).asp?page=tabou(e)-ref.htm) (page consultée le 27/11/07).
11. ADEME (2004). Séchage thermique des boues urbaines et industrielles État de l'art, 10 p. <http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=B079B305D655AC38026D052EA7152DFA1131532015169.pdf>.
12. JOHN MEUNIER INC. Traitement des boues, <http://www.johnmeunier.com/fr/municipalites/solutions/boues/> (page consultée le 27/11/07).
13. ADEME. Enjeux et perspectives de l'épandage agricole, <http://www.ademe.fr/partenaires/Boues/Pages/chap51.htm> (page consultée le 27/11/07).

14. HÉBERT, Marc (2007). Valorisation des biosolides comme MRF: impacts sur les G.E.S., 43 p.
<http://www.apcas.qc.ca/2007MaiHebert.pdf>.
15. ADEME. Les boues d'épuration municipales, <http://www.ademe.fr/partenaires/boues/> (page consultée le 27/11/07).