



- **SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE**

Contexte du projet

Depuis plus de 20 ans, l'Europe a pour objectif de restaurer une bonne qualité des milieux aquatiques par l'intermédiaire de la Directive Eaux Résiduaires Urbaines (1992) puis la Directive Cadre sur l'Eau (2000). La mise en place de ces réglementations s'est en partie traduite par l'installation de nouvelles stations de traitement des eaux usées (STEU) et par l'amélioration des rendements épuratoires de celles déjà existantes.

En contrepartie, la quantité de boues produites par ces stations de traitement des eaux usées (19 750 STEU en 2012 (MEDDE, 2013)¹) a progressivement augmenté pour atteindre environ 1 100 000 tonnes de matières sèche en 2007 (Ferstler V., 2012)². La réduction des impacts sur les milieux est un des objectifs fixé par le Grenelle de l'Environnement. Ainsi, une des problématiques émergentes de ces dernières années est de pouvoir quantifier ces impacts et notamment les impacts environnementaux liés à la gestion des déchets.

Les boues issues du traitement des eaux usées étant considérées comme des déchets, elles doivent être éliminées ou valorisées. Pour cela, certaines STEU sont dotées de ce qu'on appelle des « filières boues » ayant trois objectifs : la réduction de la teneur en eau pour réduire les volumes, la stabilisation et l'hygiénisation pour rendre les boues aptes à une valorisation ultérieure.

En France, les STEU sont équipées de nombreux modes de traitement des boues avec une large prédominance des systèmes d'épaississement et déshydratation. Une fois traitées, ces boues sont envoyées dans 70% des cas vers une filière de valorisation agricole (épandage direct ou compostage préalable). L'enfouissement théoriquement interdit depuis 2002 est en recul permanent et ne représente plus que 8% des boues produites (Reverdy, Pradel M., 2010)³.

Les différentes filières mises en place par les gérants de STEU ont des coûts énergétiques plus ou moins importants et sont ainsi à l'origine de conséquences variables sur les milieux.

Un premier rapport publié en 2012 (Reverdy, Pradel M., 2012)⁴ a constitué une ébauche à la mise en place d'un outil d'analyse environnementale de type Analyse du Cycle de Vie (ACV) pour les filières de traitement et de valorisation des boues. Ce travail a permis de poser les bases méthodologiques et d'identifier les points de blocage pour la réalisation d'ACV de ce type de filières. Les principales émissions générées par ces filières avaient également été identifiées.

Les principaux résultats présentés dans ce rapport s'inscrivent dans la suite logique de cette étude. Le projet de l'action opérationnelle n°48 financée par l'ONEMA en 2013 avait pour objectif d'appliquer la méthodologie ACV proposée en 2012 et réaliser un inventaire du cycle de vie (ICV) des filières de traitement et de valorisation des boues. Ce travail est un prélude à la mise en place d'un calculateur ACV dédié aux filières de traitement et de valorisation des boues.

Méthode mise en place

Le travail entrepris dans ce projet a consisté à constituer un ICV des filières de traitement et de valorisation des boues en respectant la méthodologie ACV proposée en 2012. La constitution de cet inventaire s'est fait à partir d'une analyse approfondie des données existantes dans la littérature et dans les bases de données disponibles (type Ecoinvent). Deux ICV ont été réalisés en parallèle, un sur l'ensemble des procédés impliqués dans le traitement des boues et un second sur les différentes voies de valorisation des boues.

¹ MEDDE, 2013. « Portail d'information sur l'assainissement communal ». <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/>

² Ferstler V., 2012. Gestion des boues issues des eaux usées – Aspects réglementaires. Les rencontres de l'Eau en Loire-Bretagne, Clermont-Ferrand.

³ Reverdy, Pradel M., 2010. Les filières de valorisation des boues d'épurations en France: Etat des lieux – Etat de l'art. Juin 2010. Cemagref/MEEDTL, p.18

⁴ Reverdy, Pradel M., 2012. Bilan environnemental des filières de traitement et de valorisation des boues issues du traitement des eaux usées. Février 2012. IRSTEA/ONEMA

Comme il existe une multitude de filières possibles qui dépendent de l'assemblage des procédés mobilisés sur les STEU, il n'est pas possible d'étudier l'ensemble des filières existantes. Nous avons donc construit un certain nombre de scénarios à partir de deux critères principaux : (i) qu'ils soient représentatifs de ce que l'on rencontre majoritairement sur les STEU et (ii) que les données collectées dans la bibliographie soient suffisamment complètes pour pouvoir réaliser l'étude.

Enfin ce travail a aussi consisté à modéliser ces inventaires à l'aide du logiciel SimaPro® permettant de modéliser des scénarios et de calculer les impacts environnementaux ACV afin de comparer les filières entre elles et de déterminer celles étant les plus (ou les moins) respectueuses de l'environnement.

Principaux acquis obtenus

La réalisation des inventaires du cycle de vie ont permis la construction de neuf scénarios représentatifs des filières françaises. Pour une meilleure compréhension des résultats, ces scénarios sont détaillés dans la figure a. Les résultats des travaux sur la modélisation des inventaires sont présentés sur la figure b. Les différents scénarios y sont comparés par rapport au scénario le plus impactant et ce pour chaque catégorie d'impact permettant ainsi d'identifier la filière ayant ou non le plus fort impact environnemental.

Il a été déterminé que les scénarios ayant des filières consommant de grandes quantités d'électricité et/ou de chaleur sur leur cycle de vie (séchage thermique, digestion anaérobie, chaulage et déshydratation par filtre presse) sont très impactants sur le changement climatique (scénarios b2, b4, b5, c1), l'épuisement des ressources fossiles (a3, b2, b4, b5, c1), l'épuisement des ressources en eau (scénarios a2, a3, b1) ou encore l'eutrophisation des milieux aquatiques (a3 et b3).

En plus de sa grande consommation d'électricité et de chaleur, le séchage thermique est composé de filtres à manche en polytétrafluoroéthylène qui lors de leur fabrication émettent des quantités importantes en HFC, HCFC et CFC, substances très nocives pour la couche d'ozone. Le séchage thermique émet également plusieurs polluants acides lors de son fonctionnement dont l'ammoniac (NH_3), l'acide propionique ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$), l'acide acétique ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) et l'acide formique (CH_2O_2). Pour ces raisons, le scénario b5 est un des scénarios favorisant le plus la déplétion de la couche d'ozone et l'acidification des sols. Ce scénario est également un des plus mauvais scénarios au regard de la toxicité humaine et des trois catégories d'écotoxicité (terrestre, aquatique et marine). En revanche, cela n'est pas lié à la présence d'un séchage thermique mais à la co-incinération des boues. Cette filière émet des fumées contenant un cocktail de substances toxiques (métaux lourds, hydrocarbures aromatiques polycycliques ou encore polluants organiques persistants).

Il a été déterminé que la co-génération du biogaz produit pendant la digestion anaérobie des boues permettait une diminution de 15 à 60% (scénarios a2 et b1) de 11 impacts sur les 12 étudiés.

Ce travail a toutefois permis de pointer du doigt quelques disparités dans les données recensées concernant la filière épandage des boues. A titre d'exemple, des émissions post-épandage d'ammoniac (NH_3) et de protoxyde d'azote (N_2O) aurait dû être recensées pour chaque type de boue épandue (liquide, déshydratée, compostée et chaulée) puisqu'il s'agit d'un phénomène fréquemment rencontrés lors de l'épandage d'effluents organiques. Or, seules les boues compostées et chaulées font l'objet d'un inventaire de telles émissions.

Conclusion

Les résultats ont permis d'identifier les filières les plus respectueuses de l'environnement (enfouissement des boues, compostage etc.) comme les filières les moins respectueuses (le chaulage, le séchage thermique etc.). Toutefois, ces résultats ont aussi permis d'identifier les filières les moins documentées dans la littérature scientifique (notamment l'épandage) ce qui en conséquence nécessite une attention particulière lors de l'interprétation des résultats. Ainsi, plusieurs résultats présentés dans ce rapport sont à prendre avec beaucoup de précaution car ils ont été produits en fonction des données actuellement disponibles et parfois partielles. Pour pallier ce manque de données, des investigations supplémentaires sont nécessaires afin de collecter de nouvelles données pour confirmer ou infirmer les résultats produits.

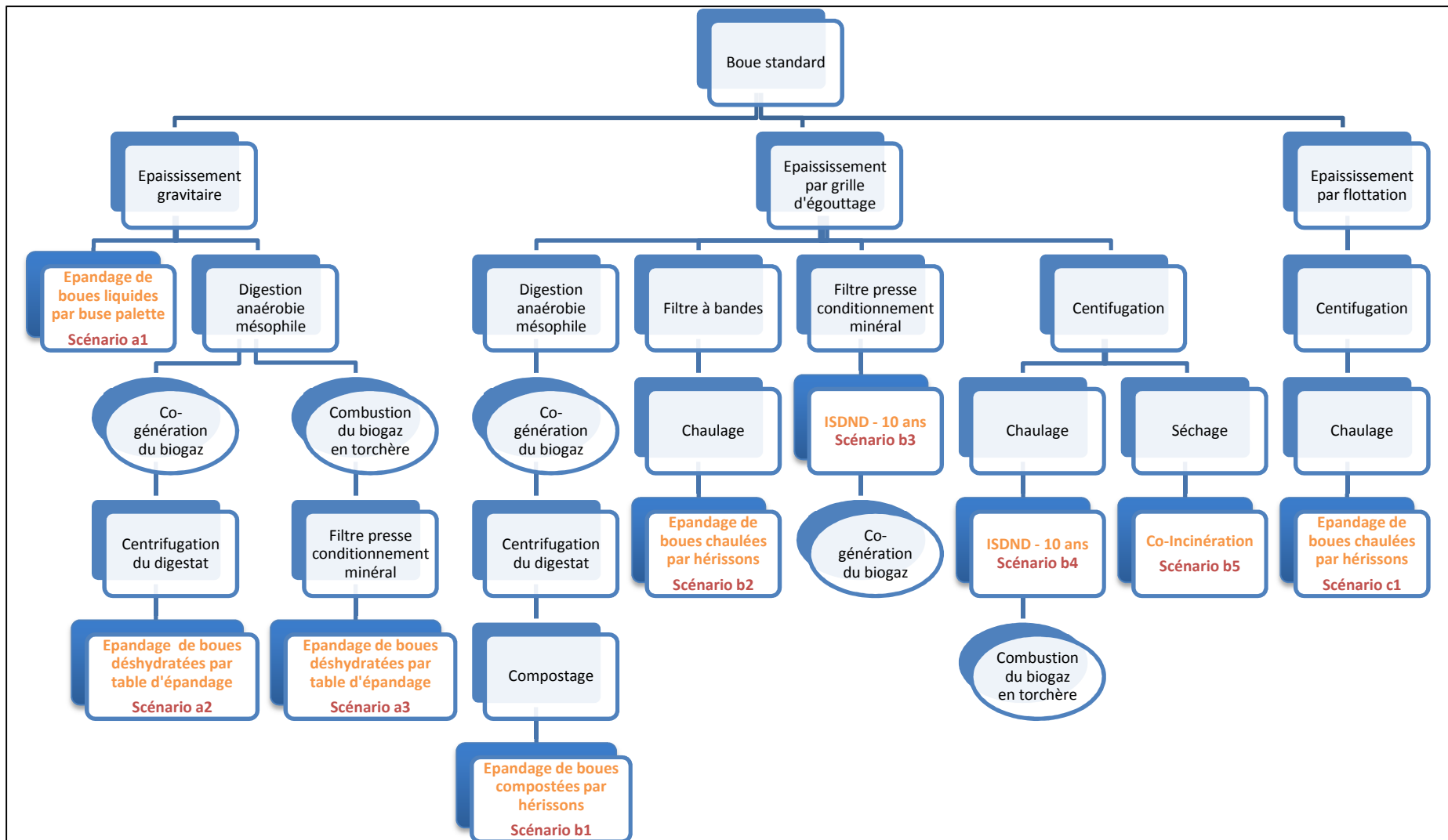


Figure a: Arbre des différents scénarios modélisés

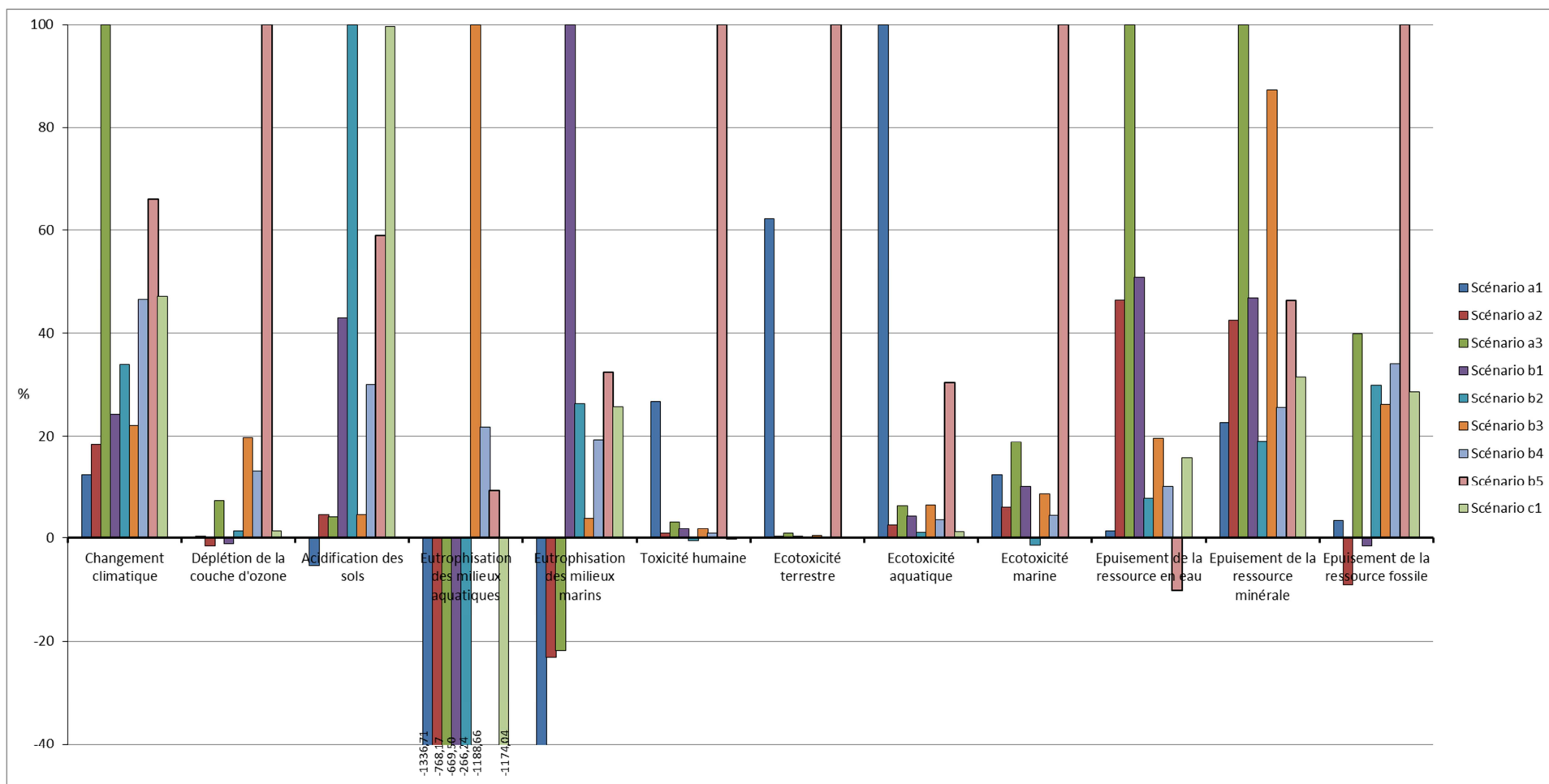


Figure b: Comparaison des scénarios entre eux par rapport au scénario le plus impactant pour chaque catégorie d'impact (Méthode Recipe Mid-point (E))