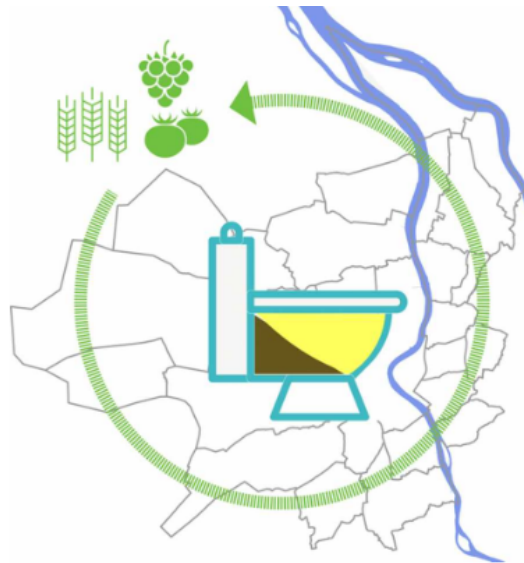


Etude de gisements et d'opportunités pour la valorisation des excreta et couches sur le territoire métropolitain

Rapport d'étude



CRÉDIT IMAGE / LE SOMMER ENVIRONNEMENT

Étude menée conjointement par

Représentants du commanditaire

BM - Direction Développement économique	Économie circulaire, zéro déchets, ESS	Elodie ESCUSA Romain FABRE Fabienne Oré-COURREGELONGUE Jean-Baptiste THONY
BM - Commande publique	Service achat	Fabien BILLET
BM - Direction générale Transition écologique et ressources environnementales	Pôle prévention et gestion des déchets	Elise JIMENEZ RODRIGUEZ
	Direction Stratégie et actions énergétiques	Romain BOINOT

Coordination

MAMMO	Laura LEYRIT mammo.bordeaux@gmail.com Franck MONTAUZON franck@unpetitcoindeparadis.org
-------	--

Rédaction

MAMMO	Laura Leyrit
Le Sommer Environnement	Mathilde Besson Mathilde@lesommer.fr
Solagro	Nicolas Bijon nicolas.bijon@solagro.asso.fr Sylvaine Berger sylvaine.berger@solagro.asso.fr
Mundao	Stéphanie Mazet stephanie@mundao.com

Remerciements

Sans en faire la liste exhaustive, nous tenons à remercier l'ensemble des personnes ayant répondu à nos sollicitations, et ayant accordé du temps à (re)trouver des données, à relire des documents, ou encore à faire des recherches pour parfaire les calculs et les hypothèses. Merci aux entreprises pour leur transparence dans le partage des données, merci aux agents des collectivités pour leur implication et pour leur participation au bon déroulement du projet global.

Document annexes à la présente synthèse finale

Ce document fait partie des livrables fournis dans le cadre de l'étude globale. Ainsi, des annexes ne faisant pas partie du présent document sont parfois nécessaires à sa bonne compréhension.

Les références aux annexes externes sont mises en avant par des encadrés rouges tels que celui-ci.

Ci-après la table des matières des documents annexes :

DOCU ANNEXE 1. Analyse de faisabilité - Niches et usages

DOCU ANNEXE 2. Inclusion dans les ambitions métropolitaines

DOCU ANNEXE 3. Réglementations applicables à la gestion des excreta

DOCU ANNEXE 4. Données couches

DOCU ANNEXE 5. Entretiens - Analyse de faisabilité_Niches et usages

DOCU ANNEXE 6. Scénario_1 - Expérimenter

DOCU ANNEXE 7. Scénario_2 - Déployer Quartier

DOCU ANNEXE 8. Scénario_3 - Massifier

DOCU ANNEXE 9. Hypothèses_de_calcul

Table des matières

Table des figures.....	6
Table des tableaux.....	8
Abréviations.....	9
Définitions.....	9
Résumé.....	10
Propos introductifs.....	11
1. La notion d'assainissement circulaire.....	11
2. Le contexte de la mise en place de l'étude.....	13
Un soutien aux initiatives visant à expérimenter de nouvelles façon de faire.....	13
Une démarche de valorisation des nutriments en cohérence avec les ambitions environnementales de la Métropole.....	13
3. La méthodologie générale de l'étude.....	14
PARTIE 1. Présentation des territoires d'étude.....	15
1. Population et emploi.....	16
2. Territoire pour la valorisation agricole.....	16
3. Gestion de l'eau et assainissement sur le territoire.....	17
3.1. La consommation d'eau potable.....	17
3.2. Les systèmes d'assainissement métropolitains.....	18
3.2.1. Les types de traitements et leur efficacités.....	19
3.2.2. L'impact de l'assainissement sur le milieu récepteur.....	22
4. Gestion des déchets sur le territoire, dont les couches.....	23
PARTIE 2. Etude des gisements d'excreta.....	24
1. Méthode de quantification des gisements.....	25
1.1. Méthodologie générale.....	25
1.2. Estimation du nombre et de la typologie de personnes considérées.....	26
1.2.1. Approche globale.....	26
1.2.2. Approche par niche.....	26
1.3. Quantification du volume d'urines.....	27
1.3.1. La méthode "jour".....	27
1.3.2. La méthode "flux".....	27
1.3.3. La méthode "passage".....	28
1.4. Calcul de la quantité de nutriments, à partir du volume d'urines et de matières fécales.....	29
1.5. Méthode pour la validation des données par comparaison avec les données d'assainissement.....	30
1.6. Quantification du gisement en couches pour enfant.....	31
1.7. Modèles de compostage.....	32
2. Résultats de la quantification des gisements.....	34
2.1. Approche globale.....	34
2.1.1. Comparaison avec les données d'assainissement.....	38

2.1.2. Points de vigilances.....	38
2.2. Approche par niches.....	39
2.3. Les couches pour enfants.....	41
2.4. Demande en déchets verts et production du compost.....	42
3. Limites méthodologiques.....	44
3.1. Sensibilité aux hypothèses de concentration.....	44
3.2. Nombre d'hypothèses nécessaires.....	44
3.3. Non exhaustivité des niches.....	44
3.4. Approche simplifiée pour la quantification des matières fécales.....	44
PARTIE 3. Usages et opportunités de valorisation.....	45
1. Méthode de quantification des opportunités de valorisation.....	46
1.1. Méthodologie générale.....	46
1.2. Méthodologie de détermination de l'assolement.....	46
1.3. Méthodologie pour l'identification des usages non agricoles.....	46
1.4. Méthodologie de détermination des besoins en nutriments et en compost.....	47
2. Résultats de la quantification des opportunités de valorisation.....	48
2.1. Caractéristiques des utilisateurs.....	48
2.2. Besoins en éléments fertilisants.....	49
2.3. Besoins en amendement.....	52
2.4. Comparaison entre le besoin et le gisement.....	53
PARTIE 4. Scénarisation.....	55
1. Hypothèses de déploiement : 3 scénarios proposés.....	56
2. Méthode d'évaluation.....	57
2.1. Méthodologie de calcul pour les excreta.....	58
2.1.1. Les équipements hydroéconomiques.....	58
2.1.2. Les gisements.....	58
2.1.3. Les usages.....	59
2.1.4. Les impacts sur l'assainissement.....	59
2.1.5. Le bilan économique.....	59
2.2. Méthodologie du scénario couches.....	61
3. Description des scénarios.....	62
3.1. Le scénario de déploiement des couches.....	62
3.1.1. Présentation du scénario.....	62
3.1.2. Résultats.....	63
3.2. Le scénario à l'échelle 1 - La Rock School Barbey.....	64
3.2.1. Présentation du scénario.....	64
3.2.2. Equipements.....	65
3.2.3. Quantification des flux collectés.....	65
3.2.4. Quantification des usages.....	65
3.2.5. Bilan économique.....	65
3.3. Le scénario à l'échelle 1 bis : Le stade MATMUT ATLANTIQUE.....	68

3.3.1. Présentation du scénario.....	68
3.3.2. Equipements.....	68
3.3.3. Hypothèse.....	69
3.3.4. Quantification des gisements et des flux collectés.....	69
3.3.5. Quantification des usages.....	69
3.3.6. Bilan économique.....	70
3.4. Le scénario à l'échelle 2 - Un nouveau quartier.....	71
3.4.1. Présentation du scénario.....	71
3.4.2. Équipements de collecte.....	71
3.4.3. Système de traitement.....	72
3.4.4. Quantification des gisements et des flux collectés.....	72
3.4.5. Quantification des usages.....	73
3.4.6. Impact sur l'assainissement.....	73
3.4.7. Bilan économique.....	74
3.4.8. A noter.....	74
3.5. Le scénario à l'échelle 3 - Massifier de sorte à constater un impact de la séparation à la source sur une STEU.....	75
3.5.1. Présentation du scénario.....	75
3.5.2. Quantification des gisements et des flux collectés.....	78
3.5.3. Quantification des usages.....	80
3.5.4. Impact sur l'assainissement.....	80
3.5.5. Bilan économique : coûts évités et recettes.....	82
Conclusion de l'étude et perspectives.....	83
ANNEXE 1 - Résultats détaillés.....	87
ANNEXE 2 - Méthodologie détaillée.....	90
ANNEXE 3 - Représentations cartographiques des scénarios de déploiement de la collecte séparée de couches pour enfants.....	93
ANNEXE 4 : Fiche méthodologie - Approche globale pour les méthodes passage et niche.....	95

Table des figures

FIGURE 1. Flux d'azote dans le système alimentation-excrétion. Cas d'étude Francilien. Esculier, Le Noe, et al., 2018.....	12
FIGURE 2. Carte de Bordeaux Métropole, produite via l'OpenData de Bordeaux Métropole.....	15
FIGURE 3. Carte du territoire retenu pour la quantification des usages.....;	16
FIGURE 4. Comparaison de la consommation d'eau potable par habitant et la production d'eaux usées en entrée de station d'épuration.....	17
FIGURE 5. Aire de répartition des stations d'épuration sur la métropole de Bordeaux.....	18
FIGURE 6. Rendement d'élimination de la matière organique (DBO5), du phosphore total (TP), de l'azote total Kjeldahl (NTK : ammonium + azote organique mais sans les nitrates) et de l'azote total (TN).....	20
FIGURE 7. Réactions biologiques de transformation de l'azote dans le traitement des eaux usées.....	21
FIGURE 8. Méthodologie générale de quantification des urines, matières fécales et de leurs nutriments.....	25
FIGURE 9. Schémas de principe du compostage.....	32
FIGURE 10. Gisements annuels totaux en urine et matières fécales.....	34
FIGURE 11. Distribution spatiale du gisement de matières fécales à la maille IRIS.....	36
FIGURE 12. Distribution spatiale du gisement d'urines à l'échelle de la Métropole.....	36
FIGURE 13. Distribution spatiale du gisement de matières fécales à la maille IRIS.....	37
FIGURE 14. Distribution spatiale du gisement de matières fécales à l'échelle de la Métropole....	37
FIGURE 15. Comparaison des flux d'azote et de phosphore en entrée des stations d'épuration et dans les excreta calculés par la méthode globale. Le pourcentage indiqué au-dessus des barres représente la part du flux provenant des excreta.....	38
FIGURE 16. Résultats de l'analyse de production des gisements par niche.....	40
FIGURE 17. Résultats de l'analyse de production des gisements, par niche.....	40
FIGURE 18. Résultats de la quantification des couches pour enfants.....	42
FIGURE 19. Production de compost à partir des couches et matières fécales séparées à la source et demande en déchets verts des filières de compostage.....	43
FIGURE 20. Assolement du territoire étudié pour la valorisation agricole.....	48
FIGURE 21. Demande en éléments fertilisants des usages agricoles et non agricoles.....	50
FIGURE 22. Besoin en azote - représentation spatiale du besoin en nutriments par type de culture.....	51
FIGURE 23. Besoin en phosphore - représentation spatiale du besoin en nutriments par type de culture.....	51
FIGURE 24. Estimation des besoins en matière amendante - Bordeaux Métropole.....	52
FIGURE 25. Substitution potentielle maximale des fertilisants et amendements par les gisements d'excreta et couches.....	53
FIGURE 26. Illustration de la prise en compte de la faisabilité opérationnelle vs. de la Disponibilité du gisement pour l'élaboration de scénarios.....	55
FIGURE 27. Description des trois scénarios étudiés.....	56
FIGURE 28. Résultats de la modélisation des scénarios de collecte de couches compostables....	62
FIGURE 29. Localisation de la Rock School Barbey - OpenStreet Map.....	63

FIGURE 30. Localisation du site du scénario 1 bis - OpenStreetMap.....	67
FIGURE 31. Localisation du projet et projection du quartier.....	70
FIGURE 32. Localisation des sites où la séparation à la source a été quantifiée.....	75
FIGURE 33. Représentation du nombre de salariés pour les plus grosses structures de Saint Médard en Jalles et Mérignac.....	76
FIGURE 34. Représentation du gisement global en azote et phosphore et de la part récupérée en fonction des équipements de toilettes/urinoirs.....	78
FIGURE 35. Représentation du flux d'azote séparé sur le territoire en fonction des niches, scénario 3.....	79
FIGURE 36. Part des économies d'eau pour chaque niche.....	79

Table des tableaux

Tableau 1. Désignation des phases de l'étude.....	14
Tableau 2. Nombre d'habitants connectés à chaque station ainsi que le nombre d'équivalent-habitant (EH) traités à la station.....	19
Tableau 3. Ratios utilisés pour la méthode 'jour'.....	27
Tableau 4. Ratios utilisés pour la méthode "flux", déterminés à partir de INSEE, 2012.....	28
Tableau 5. Ratios utilisés pour la méthode "passages".....	28
Tableau 6. Principaux ratios utilisés pour déduire la quantité de matières fécales et de nutriments à partir du volume d'urine.....	29
Tableau 7. Hypothèses utilisées pour le calcul de gisement en couches pour enfant et sa répartition.....	31
Tableau 8. Les principales caractéristiques des modèles utilisés pour le compostage de couches et de matières fécales.....	33
Tableau 9. Tableau de synthèse des niches étudiées.....	39
Tableau 10. Synthèse des doses de fertilisation retenues par type d'usage agricole.....	47
Tableau 11. Synthèse des utilisateurs non agricoles.....	50
Tableau 12. Volume des chasses des différents dispositifs de collecte.....	58
Tableau 13. Synthèse des trois horizons temporels du scénario de collecte séparative des couches compostables.....	62
Tableau 14. Hypothèses coût de fonctionnement scénario 1.....	66
Tableau 15. Estimation du gisement total et du flux collecté sur le stade MATMUT.....	69
Tableau 16. Hypothèses des coûts d'investissements, scénario 1 bis.....	70
Tableau 17. Estimation du gisement total et du flux collecté pour le scénario 2.....	72
Tableau 18. Projets immobiliers considérés et l'estimation du nombre d'habitants et d'employés sur chaque secteur.....	76
Tableau 19. Gisement collecté pour le scénario 3.....	78
Tableau 20. Résultats de l'impact de la séparation à la source en fonction des normes de rejets appliquées soit les concentrations actuelles soit l'extrapolation de la nouvelle DERU.....	81

Abréviations

CVI : Casier viticole informatisé

DBO5 : Demande biologique en oxygène à 5 jours. Mesure de la matière organique biodégradable

DCO : Demande chimique en oxygène. Mesure de la matière organique

DV : Déchets verts

EH : Equivalent habitant

ERP : Etablissement Recevant du Public

ESS : Economie Sociale et Solidaire

HQE : Haute Qualité Environnemental

MES : Matières En Suspension

NTK : Azote total Kjeldahl

N,P,K : symbole de l'Azote, du Phosphore et du Potassium
(voir *tableau périodique des éléments*)

RPG : Registre Parcellaire Graphique

RSB : Rock School Barbey

SAU : Surface Agricole Utile

SVDP : Saint-Vincent-De-Paul

TN : Azote total

TP : Phosphore total

Définitions

Assainissement non collectif (ANC) : Modalité d'épuration des eaux usées domestiques réalisée via des systèmes individuels, non connectés à un réseau de collecte.

Eaux jaunes : Urine diluée par des chasses d'eau

Eaux claires parasites : Eaux non chargées en pollution, présentes dans les réseaux d'assainissement public. Ces eaux sont d'origine naturelle (ex: captage de sources, drainage de nappes, fossés, inondations, etc.). Elles peuvent être d'origine "météorique" (eaux de pluies) ou "permanentes" liées à des nappes ou des sources.

Eutrophisation : Apport excessif d'éléments nutritifs dans les eaux, entraînant une prolifération végétale, un appauvrissement en oxygène et un déséquilibre de l'écosystème.

Excreta : Terme générique regroupant les urines et matières fécales. A noter que le terme excreta est un nom pluriel latin. On peut également trouver l'orthographe "excrétats" dans sa version "francisé".

Maille IRIS : Découpage du territoire en mailles de taille homogène mis en place pour recenser les populations : **I**lots **R**egroupés pour l'**I**nformation **S**tatistique

Ordures ménagères et assimilées (OMA) : Ordures ménagères résiduelles (OMR) et déchets collectés séparément, soit en porte-à-porte, soit en apport volontaire : verre + emballages et papiers graphiques (matériaux secs). Elles comprennent également les collectes séparées de bio-déchets alimentaires.

Ordures ménagères résiduelles (OMR) : Part des ordures ménagères collectées en mélange, restant après les collectes séparées.

Résumé

La séparation à la source des excréta humains et leur valorisation en agriculture fait l'objet d'une attention croissante de la part des acteurs publics, au vu des avantages environnementaux associés à ces pratiques, de l'amélioration des connaissances disponibles et de la montée en maturité des filières. Afin de questionner quelle(s) stratégie(s) de déploiement de filière(s) pourrait être envisagée(s), Bordeaux Métropole a souhaité réaliser une étude visant à évaluer, sur son territoire, les flux produits et les opportunités d'utilisation de ces derniers. Les matières étudiées dans le cadre de cette réflexion sont les urines, matières fécales, ainsi que les couches pour enfants (dans la perspective de déployer une filière de couches compostables).

Dans une première partie de l'étude, un bilan du système d'assainissement existant et des caractéristiques a été réalisé, afin d'identifier les principaux enjeux et infrastructures concernées.

Dans un second temps, la quantité d'excreta produits annuellement a été évaluée, à la fois d'un point de vue global, et à la fois sous l'angle de "niches de gisements" (soit des établissements spécifiques susceptibles de présenter un gisement intéressant pour réaliser des premiers déploiements). Dans un troisième temps, les opportunités d'utilisations agricoles et non-agricoles des produits issus de la collecte séparative ont été étudiées, en distinguant les usages fertilisants (engrais minéraux) et amendants (matière type compost). Enfin, quatre scénarios de déploiement ont été développés en discussions avec les services de la métropole : un scénario propre au déploiement des couches compostables, un scénario visant à déployer un site démonstrateur (à la Rock School Barbey ou au Stade Matmut), un scénario de montée en échelle (sur le nouveau quartier de La Jallère) et un scénario de massification (focalisé sur la station d'épuration de Cantinolle). Ces scénarios ont fait l'objet d'une évaluation préliminaire en termes de flux capté, d'économies d'eau associées, de quantité d'engrais produits, de possibilités de valorisation, ainsi qu'en termes de coûts d'investissements et d'opération et de recettes éventuelles.

Les résultats montrent que la quantité d'engrais potentiellement produite à partir des excréta correspond approximativement à la demande agricole et non-agricole existante dans un rayon de 30 km autour des limites administratives de la métropole. Pour imaginer le démarrage des filières, les niches de gisement les plus intéressantes identifiées sont l'aéroport, les EHPAD et les établissements d'enseignement (bien que la ressource soit plus diffuse). Il a été vérifié que les besoins potentiels en déchets verts, en tant que matière structurante pour le compostage de couches et de matières fécales, étaient compatibles avec la ressource disponible localement et ne compromettaient pas les objectifs de réductions de déchets. Par ailleurs, la mise en place de la séparation à la source permettrait de diminuer les rejets des stations d'épuration en azote et donc la pollution azotée du milieu naturel, puisque seules les stations de Blanquefort Lille et Les Cailhocs traitent l'azote total par dénitrification. L'étude des 3 scénarios de déploiement de séparation des urines et/ou des matières fécales a toutefois démontré que les gains sur le système d'assainissement restent faibles pour des échelles modestes de déploiement. En effet, le pourcentage de réduction de consommation d'énergie est corrélatif au taux de séparation de l'azote en entrée de station. Ainsi, ce sont les scénarios long terme comme le scénario 3 qui montreront des bénéfices significatifs, permettant notamment de diminuer les coûts des investissements supplémentaires pour la mise en place de dénitrification par exemple.

Propos introductifs

1. La notion d'assainissement circulaire

Depuis quelques années, l'utilisation de ressources issues d'une valorisation des eaux résiduaires urbaines (dites eaux usées) ou encore des excreta suscite un intérêt croissant, principalement car ces flux pourraient apporter des réponses à la problématique de la raréfaction de l'eau et de sa surconsommation, mais également à celle du manque de disponibilité des nutriments, ou encore à des préoccupations sanitaires et environnementales¹.

De plus, selon le service des données et études statistiques (SDES)², les dépenses liées à l'environnement en France, tout agent économique confondu³, sont principalement induites par la gestion des eaux usées et de l'eau potable (37%); ainsi que par la gestion des déchets et du recyclage (36%). En effet, dans l'ensemble des grandes agglomérations françaises, l'accès pour tous à l'assainissement, et la qualité de l'eau constituent de réels défis, entre autres au vu de la forte concentration de population que ces territoires agrègent.

En effet, l'augmentation constante de la population urbaine induit la présence d'une quantité grandissante de matières organiques et de nutriments dans les réseaux d'assainissement. Ces éléments précités sont principalement issus des déjections humaines (communément nommées "excreta") et constituent la majeure partie de l'azote et du phosphore retrouvés en entrée des stations d'épuration.

Aujourd'hui, les excreta sont très rarement cités lorsqu'il s'agit d'évoquer les grands enjeux de la gestion de l'eau sur les territoires, alors qu'ils peuvent générer de réelles difficultés de gestion. Pourtant utilisés en tant que ressource pour les sols agricoles⁴ pendant de longues années, la généralisation du tout-à-l'égout et la multiplication des plateformes d'incinération ont finalement mené à une externalisation totale de la gestion des excréta (voir figure n°1 ci-dessous).

¹ OMS, Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excreta et des eaux ménagères, 2012

² Dépenses de protection de l'environnement en France en 2020 - Synthèse des connaissances | Données et études statistiques (developpement-durable.gouv.fr)

³ Europe, administrations publiques, entreprises et ménages.

⁴ Barles, S. (2005). L'invention des déchets urbains. France : 1790-1970. Champ vallon.

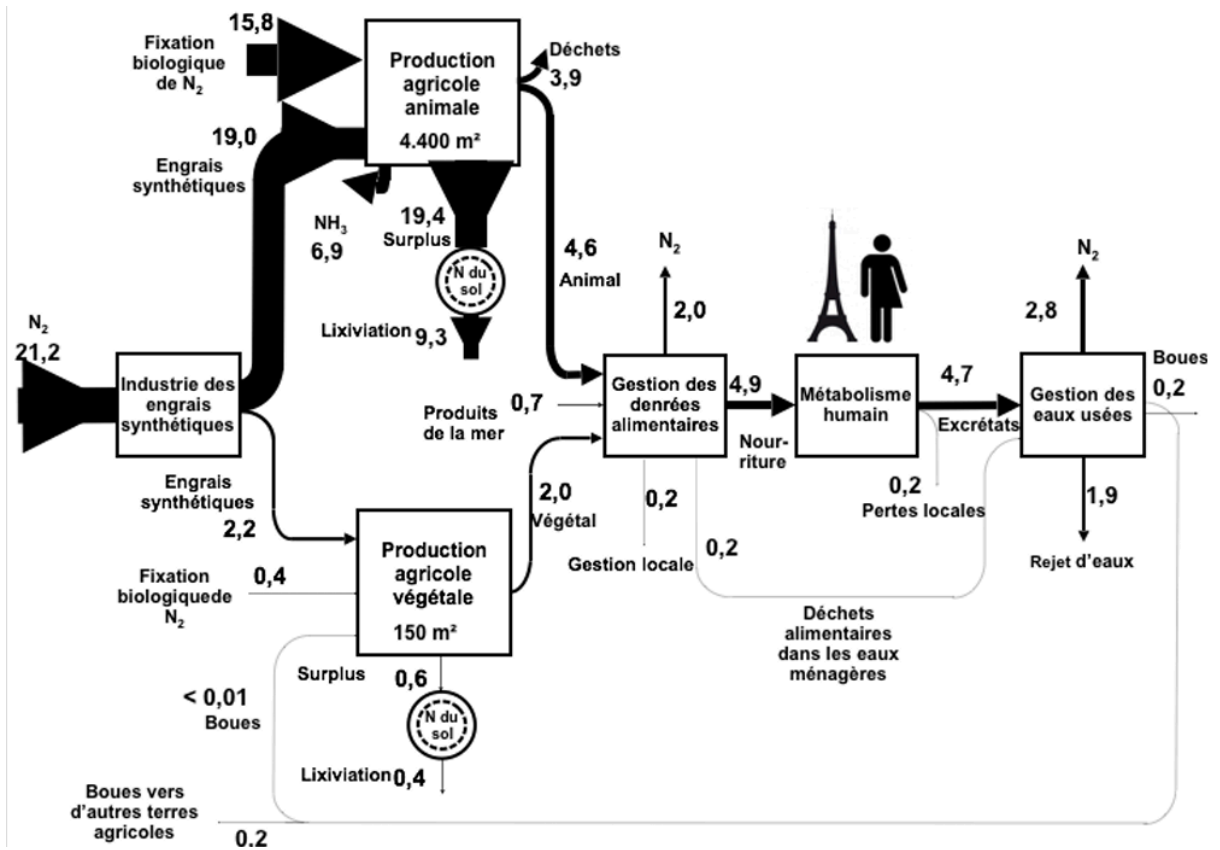


FIGURE 1. Flux d'azote dans le système alimentation-excrétion. Cas d'étude Francilien. Esculier, Le Noe, et al., 2018

Les techniques existantes d'assainissement utilisées dans les systèmes conventionnels ne permettent pas toujours d'éviter la pollution des milieux (notamment du point de vue de l'azote, des contaminations fécales ou des micropolluants) et ne permettent qu'une valorisation partielle des nutriments (le phosphore contenu dans les boues), majoritairement issus des excréta.

Un changement de paradigme quant à la gestion de ces matières est donc nécessaire, tout comme leur reconsidération à travers notamment la mise en place des circuits courts de valorisation. Le retour à la terre des nutriments (entre autres l'azote (N), le Phosphore (P), et le Potassium (K)) contenus dans les excréta et plus largement des matières organiques urbaines, plutôt que leur dilution dans l'eau ou leur incinération, participerait à augmenter la circularité du système alimentation-excrétion⁵. Pour assurer une telle circularité, des solutions alternatives existent et se déploient, telle que la séparation à la source des excréta.

⁵ Esculier, F. Le système alimentation/excrétion des territoires urbains : régimes et transitions socio-écologiques, Université Paris-Est, 9 mars 2018

2. Le contexte de la mise en place de l'étude

Un soutien depuis 2019 aux initiatives visant à expérimenter de nouvelles façon de faire

Bien que le sujet de la circularité des nutriments présents dans les matières organiques soit encore peu abordé à l'échelle nationale, la métropole Bordelaise s'est déjà montrée investie sur le sujet, notamment depuis 2019, année où se lançait la toute première expérimentation nationale de collecte en porte-à-porte des excréta, portée par l'association La Fumainerie (ancêtre de la MAMMO). Cette expérimentation⁶ a permis d'étudier durant 18 mois les conditions de faisabilité d'un circuit de collecte en porte-à-porte des matières issues de toilettes sèches chez des particuliers volontaires, en milieu urbain dense. En 2023, faisant la commande d'un diagnostic de territoire sur le potentiel du captage à la source des excréta et de leur valorisation, la Métropole affirme une fois encore son soutien à l'innovation et à l'expérimentation sur ce sujet.

Une démarche de valorisation des nutriments en cohérence avec les ambitions environnementales de la Métropole

Bien que les filières de "gestion circulaire de la matière organique", ou "d'assainissement écologique" ne soient pas explicitement mentionnées dans les documents de planification tels que le plan climat-air-énergie territorial (PCAET) de la Métropole, ces réflexions s'inscrivent pleinement dans ses ambitions de transition écologique. Ainsi, le PCAET, fil conducteur de l'ensemble de l'action métropolitaine, prône le "penser autrement" ; pour "faire autrement" pour "vivre autrement". L'un des trois grands axes sur lesquels il repose, est celui de "développer des filières décarbonées et d'accompagner la transition des entreprises et activités économiques existantes vers un moindre impact environnemental."

Sont notamment portées, au sein de ce PCAET, les ambitions de :

- Bâtir une stratégie énergétique et de développement durable du service public de l'eau potable intégrant les effets du changement climatique, en suivant le bilan carbone du service
- Favoriser l'adaptation du système alimentaire métropolitain au changement climatique: Garantir la sécurité alimentaire des habitants de la métropole bordelaise, en améliorant la durabilité du système alimentaire
- Accompagner les projets d'écologie industrielle territoriale (Action 27)
- Anticiper les emplois de demain et accompagner les filières économiques émergentes nécessaires à l'atteinte des objectifs du plan climat (Action 26)
- Economiser la ressource en eau et renforcer l'utilisation des eaux pluviales et alternatives à l'eau potable (Action 55)

⁶ La Fumainerie - Présentation (lafumainerie.com)

De plus, la métropole a récemment affirmé son engagement pour l'économie sociale et solidaire (ESS) en votant une série de délibérations en faveur de l'économie de proximité, de la circularité et de la transition sociale et écologique du territoire.

VOIR DOCU ANNEXE n°2 - Convergence avec les ambitions métropolitaines affirmées dans les différents documents de planification

3. La méthodologie générale de l'étude

Phase	Désignation
1	Identification, quantification et localisation des points de production des excréta et des couches sur le territoire métropolitain (Parties 1 et 2)
2	Étude des usages envisageables et des opportunités d'usages agricoles de produits issus des matières précitées (Partie 3)
3	Scénarisation du déploiement de filières (Partie 4)

Tableau 1. Désignation des phases de l'étude

PARTIE 1. Présentation des territoires d'étude

L'étude des gisements d'excreta et de couches porte sur les 28 communes de la métropole Bordelaise. Le choix s'est porté sur ce territoire pour différentes raisons, parmi lesquelles :

- le territoire métropolitain est le plus dense du département de la Gironde ;
- ce territoire est celui qui sera soumis à l'accroissement de population le plus conséquent d'ici 2030⁷ ;
- Ce territoire permet de distinguer les opportunités et contraintes sur des différents espaces (urbain, péri-urbain) ;
- l'accessibilité aux données auprès des agents métropolitains et autres interlocuteurs (fréquentation de lieux, consommations, etc) a été facilitée par l'implication de la métropole dans ce marché innovant. Au-delà de ces frontières, il devenait plus complexe de préciser certaines données.

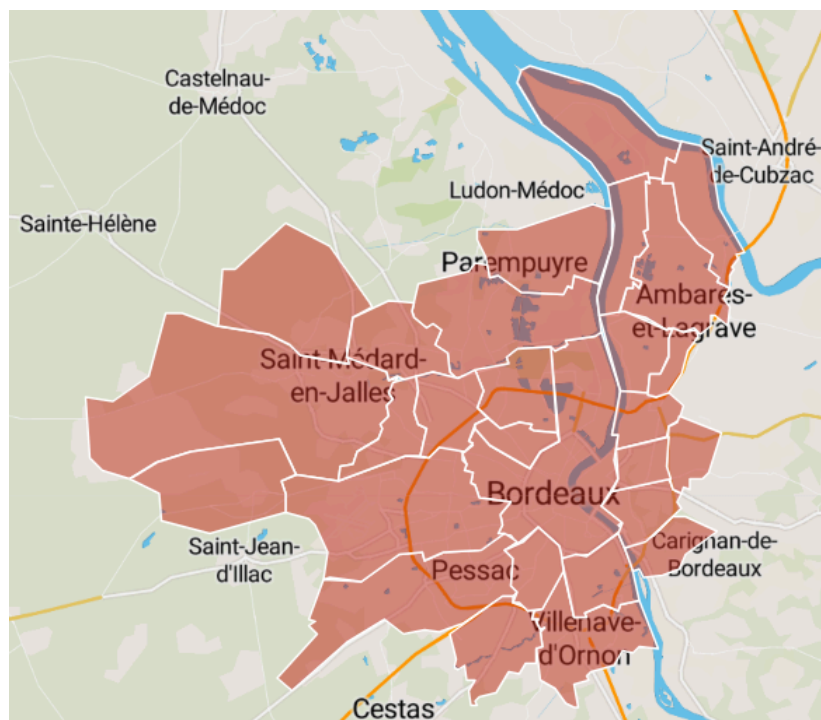


FIGURE 2. Carte de Bordeaux Métropole, produite via l'OpenData de Bordeaux Métropole.

⁷ Des travaux prospectifs ont été conduits par l'IEDUB (Institut d'études démographiques de l'université de Bordeaux) décrivant un scénario dans lequel la Cub accueillerait 900 000 à 1 000 000 d'habitants en 2030.

1. Population et emploi

La population recensée par l'INSEE en 2020⁸ sur ce territoire est de **819 604 habitants**, se répartissant au sein de **405 841 ménages** et **445 171 logements**. La même année, la population comportait 688 233 personnes âgées de plus de 18 ans, comprenant 59% de personnes en emploi, 20% de personnes sans emploi, et 21% de personnes retraitées. Le territoire compte 239 627 emplois en 2023 (FLORES), dont on peut estimer qu'environ **7% sont pourvus par des personnes résidant hors du territoire**. Ces emplois sont répartis dans 13 630 entreprises (base SIRENE, 2023). 80% de ces entreprises sont composées de moins de 10 salariés. Néanmoins, environ 50% des emplois pourvus sont dans des entreprises de plus de 100 salariés.

D'après les retours de l'office de tourisme et des congrès de Bordeaux Métropole, il est estimé que la ville accueille **9,8 millions de nuitées touristiques par an**, dont 7 millions de nuitées marchandes (hôtels, locations).

2. Territoire pour la valorisation agricole

La finalité du recyclage des excréta humains envisagée dans le cadre de cette étude étant l'utilisation agricole, il a été fait le choix d'étendre l'analyse des usages potentiels au-delà des limites administratives métropolitaines. Pour définir ce territoire, des échanges ont été menés avec la collectivité de façon à envisager les différentes possibilités quant au territoire à considérer⁹.

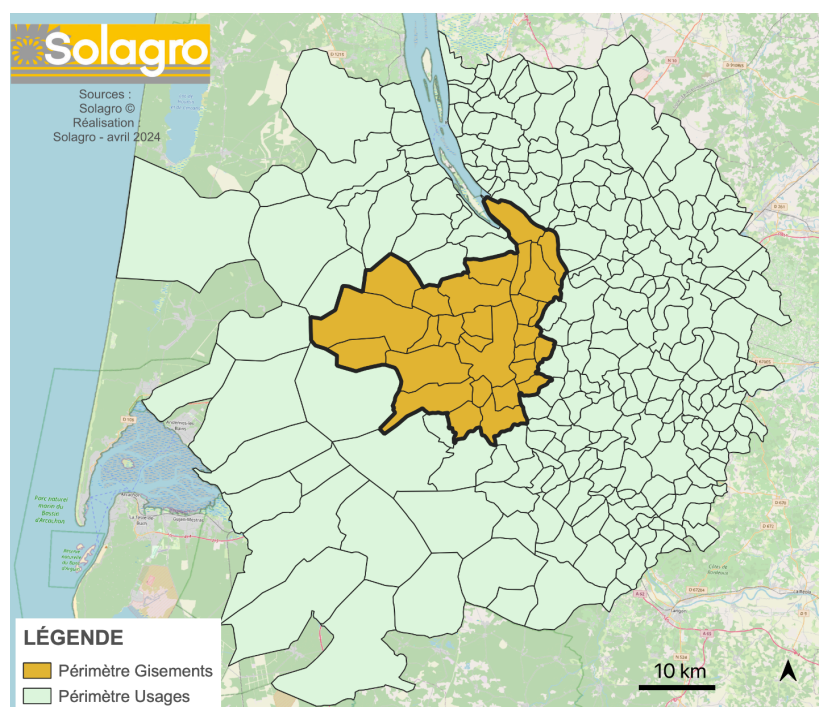


FIGURE 3. Carte du territoire retenu pour la quantification des usages.

⁸ Pour caractériser la structure de la population, les données utilisées se basent sur le dernier millésime du recensement à l'échelle infracommunale (IRIS) réalisé par l'INSEE disponible à la date de réalisation de l'étude. D'autres données plus récentes ont pu être utilisées en complément lorsqu'elles étaient disponibles.

⁹ Il a été suggéré lors de la réunion de lancement de s'intéresser au territoire du Schéma de cohérence territoriale (SCOT) de l'aire métropolitaine bordelaise sur lequel travaille le SYSDAU en révision au moment de l'étude. Il a également été suggéré d'échanger avec l'équipe chargée du PAT qui venait de terminer une étude interne.

Le territoire d'étude finalement retenu pour les usages agricoles est celui des communes dans un rayon de 30 km autour des limites administratives de la métropole¹⁰, soit 277 communes.

3. Gestion de l'eau et assainissement sur le territoire

3.1. La consommation d'eau potable

Les données de consommation d'eau potable¹¹ sur le territoire montrent **une valeur par habitant de la métropole (138 L/hab/jour) très proche de la moyenne française (consommation domestique 148 L/hab/jour)¹²**. Cette consommation d'eau potable est stable sur l'ensemble du territoire étudié, distingué ci-après selon les zonages d'assainissement.

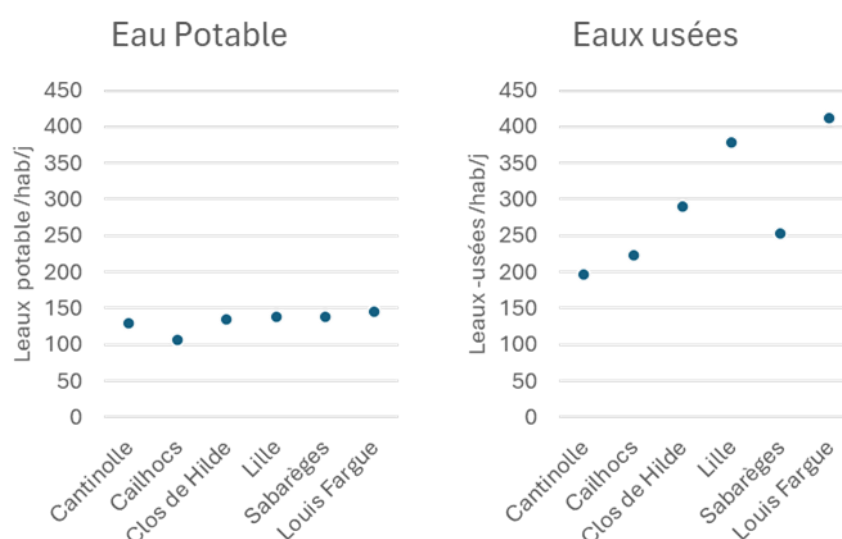


FIGURE 4. Comparaison de la consommation d'eau potable par habitant et la production d'eaux usées en entrée de station d'épuration.

Les débits d'eau entrant dans les stations d'épuration sont beaucoup plus élevés que les consommations d'eau potable relevées, et varient selon les stations d'épuration (entre 200 et 430 L/hab/jour). Cela s'explique par les consommations d'eau non domestique d'une part, mais surtout, d'autre part, par les **entrées d'eaux claires parasites**. Celles-ci peuvent être d'origine "météorique" (eaux de pluies) ou "permanentes" liées à des nappes ou des sources. A l'échelle de la métropole, **45% des eaux usées sont des eaux claires parasites**, dont 75% d'eaux claires permanentes.

La séparation à la source peut entraîner des diminutions de consommation d'eau potable avec des équipements secs (toilettes ou urinoirs) et donc **induire une diminution de débit**

¹⁰ Ce périmètre de 30km concerne 277 communes comprenant les 28 de la Métropole. Ce périmètre est utilisé uniquement pour les usages agricoles. Les usages non-agricoles tels que les golfs et terrains de sport sont, eux, évalués au sein du périmètre de la métropole, en jaune sur la figure 3.

¹¹ issues des rapports d'activité de chaque station d'épuration pour l'année 2022, fourni par le service assainissement de Bordeaux Métropole.

¹²Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement. Panorama des services et de leurs performances en 2022. Données SISPEA 2024 pour l'année 2022 . [téléchargeable ici](#)

en entrée de station d'épuration, impactant sur le fonctionnement de celles-ci. En première approche, il apparaît que la baisse des débits entrants en station d'épuration induit par la séparation à la source serait faible, de l'ordre de 6% à 9%¹³ du débit entrant en station, n'entraînant pas de dysfonctionnements majeurs.

3.2. Les systèmes d'assainissement métropolitains

Sur la métropole de Bordeaux, le taux d'assainissement non collectif (ANC) est très faible. Seules 3 234 installations ont été recensées en 2022¹⁴, représentant environ 7 000 personnes. Cela correspond à **moins de 1% de la population de Bordeaux métropole.**

Sur Bordeaux métropole, 6 stations d'épuration traitent les eaux usées par ordre de capacité: Clos de Hilde, Louis Fargue, Sabarèges, Cantinolle, Lille-Blanquefort et Les Cailhocs. Leurs aires de répartition sont présentées dans la [figure](#) ci-dessous. La ville de Martignas-sur-Jalles ne fait pas partie du système d'assainissement géré par la Métropole. Ainsi le **système d'assainissement collectif** permet de collecter et traiter les eaux de **98% des habitants du territoire.**

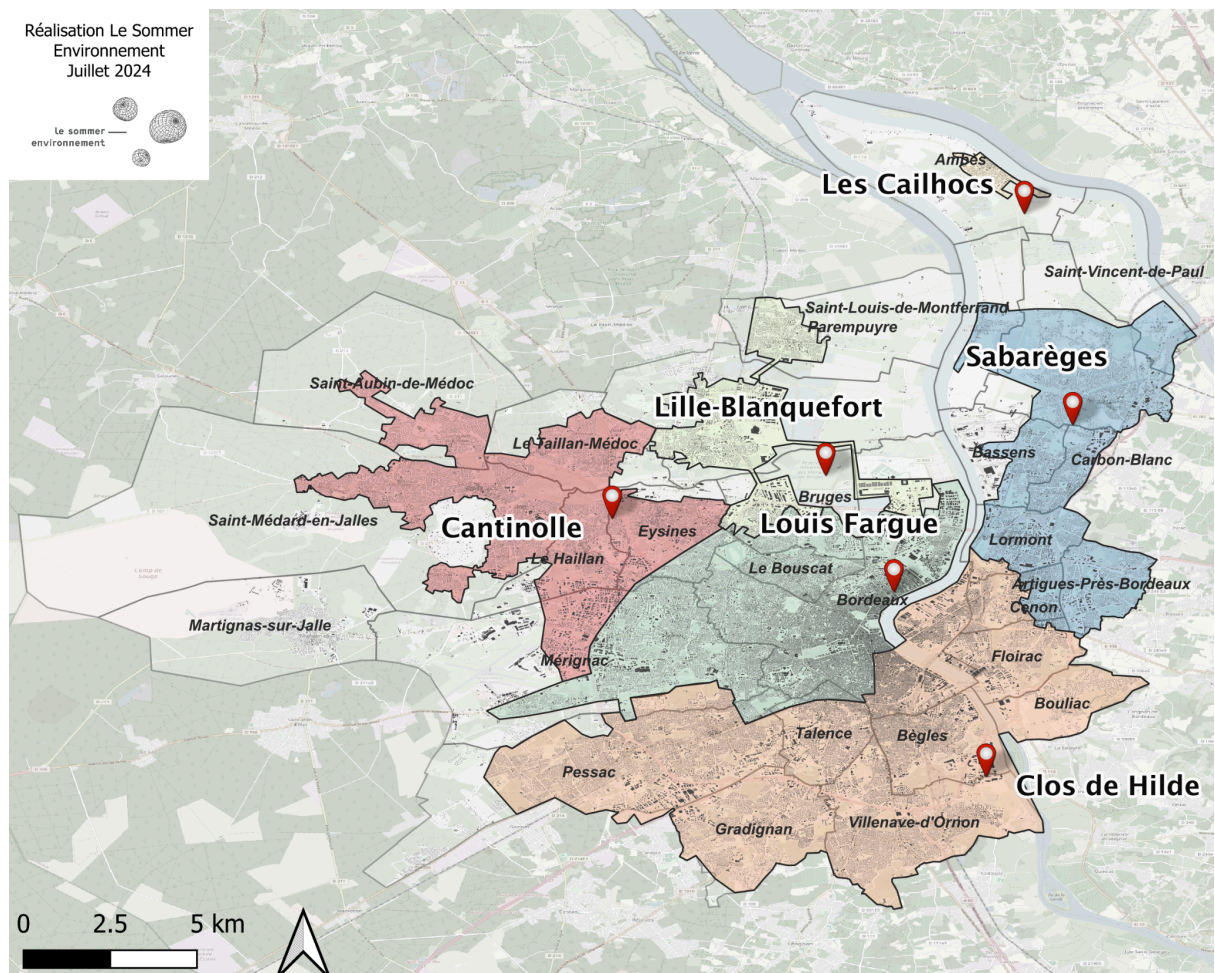


FIGURE 5. Aire de répartition des stations d'épuration sur la métropole de Bordeaux.

¹³ en considérant une consommation de 20 à 30 L/jour/habitant pour les chasses d'eau (soit entre 14% et 21% de la consommation d'eau métropolitaine).

¹⁴ Rapport annuel d'activité sur le prix et la qualité des Services publics de l'eau et de l'assainissement, 2022. Bordeaux Métropole [téléchargeable ici](#)

A partir des données d'autosurveillance des stations fournies par les services de la métropole, il est possible de quantifier la charge moyenne traitée par les stations ainsi que le nombre d'habitant par station (voir tableau ci-dessous).

Le ratio habitant/EH traité permet d'identifier les zones à dominance de logement avec un ratio proche de 1 (Sabarège et Lille-Blanquefort). L'impact de l'attractivité du centre-ville est visible sur le ratio de Louis Fargue de 1,6. La valeur de 2 habitants/EH traité pour la station des Cailhocs semble étonnante, mais **peut s'expliquer par les flux entrants provenant de l'industrie, ou à une surestimation de la population connectée à la station d'épuration dans cette zone.**

	Habitant	EH traité moyen	Ratio habitant par EH traité
	Hab	EH (60 g DBO ₅ /j)	Hab/EH
Clos de Hilde	292 131	224 291	1,3
Louis Fargue	324 351	204 612	1,6
Sabarèges	78 521	81 928	1,0
Cantinolle	77 889	49 118	1,6
Lille-Blanquefort	27 748	35 853	0,8
Cailhocs	2 834	1 405	2,0
Total	803 474	597 207	1,3

TABLEAU 2. Nombre d'habitants connectés à chaque station ainsi que le nombre d'équivalent-habitant (EH) traités à la station.

3.2.1. Les types de traitements et leur efficacités

Les 6 stations d'épuration sont équipées de technologies différentes, et leurs rejets le sont également. Les stations de Clos de Hilde, Louis Fargue, Sabarège et Cantinolle sont équipées d'un traitement par décanteur lamellaire et biofiltres, caractéristiques des stations intensives en France. Sur ces stations, les boues sont digérées (méthanisation) pour une production de biogaz. La station de Clos de Hilde réinjecte le biométhane produit dans le réseau de gaz naturel.

Les deux autres stations (Lille-Blanquefort et Les Cailhocs) sont des stations en boues activées à faible charge. Les boues produites sont déshydratées.

L'ensemble des boues produites, quelque soit la station dont elles sont issues, font l'objet d'un compostage, qui permettent in fine l'utilisation des compost produits sur des parcelles agricoles.

Les rendements d'élimination globaux à l'échelle des 6 stations sont très bons pour la matière organique et les matières en suspension (MES) : 93% ± 3% pour la DBO₅, 88% ± 4% et 94% ± 2% pour les MES. Les concentrations de rejets des effluents respectent les normes de rejets fixées par un arrêté spécifique à chaque station (35 mg-MES/L, 25

mg-DBO₅ /L, 125 mg-DCO/L- voir [figure](#) ci-dessous). Les normes de rejets en azote et phosphore de chaque station sont discutées dans les paragraphes [A](#) et [B](#) ci-dessous



FIGURE 6. Rendement d'élimination de la matière organique (DBO₅), du phosphore total (TP), de l'azote total Kjeldahl (NTK : ammonium + azote organique mais sans les nitrates) et de l'azote total (TN).

A. Le traitement du phosphore

Etant donné que les milieux récepteurs des rejets des stations **ne sont pas considérés comme sensibles à l'eutrophisation**, le traitement de phosphore n'est pas imposé. Cependant, les 4 stations les plus importantes **ajoutent du chlorure ferrique** pour la décantation lamellaire (traitement primaire de la matière organique) et par ce biais traitent le phosphore. Les deux stations en boues activées présentent également de bons rendements d'élimination du phosphore sans consommation de produits chimiques indiqués (79% et 56% respectivement pour Lille-Blanquefort et Les Cailhocs).

B. Le traitement de l'azote

En théorie

L'azote présent dans les eaux usées l'est sous forme d'azote organique et ammoniacal (NH_4^+). La somme de ces deux formes d'azotes est appelée Azote total Kjeldahl communément dit NTK. L'azote peut également se trouver sous forme oxydée tels que les nitrites (NO_2^-) et des nitrates (NO_3^-). Ainsi, la somme de toutes ces formes d'azote ($\text{NTK} + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) est appelée azote total ou global NGL.

Le traitement de l'azote sur les stations se fait en suivant deux réactions biologiques principales (voir Figure 7 ci-dessous) :

- La nitrification transforme l'azote ammoniacal en nitrate moins susceptible de générer de l'eutrophisation. Cette réaction biologique doit se faire en présence d'oxygène. Lors de cet étape de traitement, le flux d'azote total reste inchangé mais le flux d'azote sous forme NTK diminue
- La dénitrification transforme les nitrates en diazote gazeux. Lors de cette réaction, le flux d'azote total diminue.

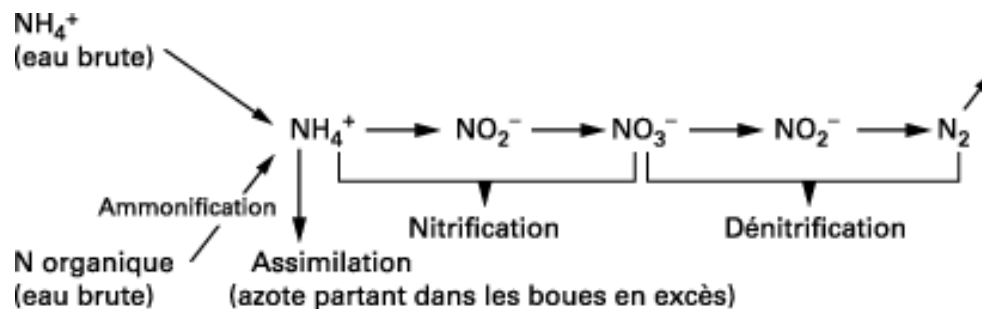


FIGURE 7. Réactions biologiques de transformation de l'azote dans le traitement des eaux usées. ¹⁵

En pratique, sur Bordeaux Métropole :

Etant donné que les milieux récepteurs réceptionnant les rejets des stations **ne sont pas considérés comme sensibles à l'eutrophisation**, le **traitement de l'azote total par dénitrification n'est pas imposé**. Les stations de Lille-Blanquefort, Cantinolle et Les Cailhocs nitrifient l'azote avec des rendements d'élimination du NTK supérieur à 80%. **La station Cantinolle est la seule à devoir respecter des rejets plus restrictifs sur l'azote avec 10 mgN-NTK/L et 8 mgN-NH₄/L.**

De leurs côtés, les stations de Louis Fargues, Clos de Hilde et Sabarèges ne procèdent pas à une nitrification (ou partiellement), avec des rendements d'élimination du NTK respectivement de 23%, 21% et 31%.

Enfin, concernant l'azote totale, **seules les stations en boues activées réalisent une dénitrification avec une élimination d'environ 90%**. Les autres stations ont des rendements inférieurs à 25%.

¹⁵ Boeglin, J.-C., 1998. Traitements biologiques des eaux résiduaires. Bioprocédés et bioproductions, Techniques de l'Ingénieur. <https://doi.org/10.51257/a-v1-j3942>

3.2.2. L'impact de l'assainissement sur le milieu récepteur

Dès lors que des rejets sont faits dans des milieux dits sensibles à l'eutrophisation¹⁶, alors l'impact sur les milieux desdits rejets est analysé dans les rapports annuels de fonctionnement de chaque station d'épuration.

Les **stations de Clos de Hilde, Louis Fargue et Lille-Blanquefort rejettent en Garonne**, tandis que la station **Les Cailhocs rejette en Dordogne**. Aucun de ces deux cours d'eau n'est classé comme "milieu naturel sensible". L'arrêté de ces stations ne prévoit donc **pas de suivi sur le milieu**.

A l'inverse, **les rejets de la station Sabarèges se font dans le ruisseau du Guâ**, où en **2022**, les résultats physico-chimiques montraient une **altération de la qualité de l'eau du ruisseau entre l'amont et l'aval de la station d'épuration**, notamment sur les paramètres azotés (ammonium et nitrite) et phosphorés, la qualité de ce ruisseau est classée de moyenne à médiocre en amont, et passe à l'état de mauvais en aval.

A noter que cette station ne réalise pas aujourd'hui de nitrification poussée, ni de dénitrification.

La station de **Cantinolle quant à elle rejette dans La Jalle**, dont la qualité physico-chimique est **jugée bonne**. Les rejets de la station entraînent également une dégradation de la qualité du milieu notamment sur l'ensemble des paramètres liés aux nutriments azote et phosphore. La **nitrification est un peu plus poussée** sur cette station (10 mg-NTK/L en sortie) mais un déclassement est quand même apparu pour l'année 2022 sur le paramètre ammonium. Les concentrations en nitrites en aval de la station augmentent par rapport à l'amont, cela peut être le marqueur d'une nitrification mal maîtrisée. On note également des fortes concentrations en nitrates dans le milieu (entre 39 et 71 mgN/L selon la période), qui décline le paramètre en qualité moyenne pendant les périodes de basses eaux.

¹⁶ Les zones dites sensibles sont des zones définies pour lesquelles des exigences supplémentaires sont imposées en termes de traitement et de performance des stations d'épuration urbaines, dans un objectif de réduire les rejets de phosphore et/ou d'azote dans le milieu. La délimitation de ces zones est placée sous la responsabilité du préfet de bassin, et doit être révisée tous les 4 ans par les Etats membres ([directive européenne dite DERU](#)). **!/** Les zones sensibles à l'eutrophisation se distinguent des zones vulnérables aux nitrates.

4. Gestion des déchets sur le territoire, dont les couches

En 2022, la métropole de Bordeaux a collecté 187 195 tonnes d'ordures ménagères et assimilées résiduelles (OMR) soit 230 kg/an/habitant¹⁷.

La quantité des couches présentes au sein de ces OMR ne fait pas l'objet d'un suivi spécifique sur Bordeaux Métropole, mais il est possible d'évaluer le tonnage de couches, notamment en s'appuyant sur la littérature scientifique, et sur les données françaises issues de l'étude MODECOM 2017¹⁸ :

Les textiles sanitaires représentent 35,3 kg/an/habitant dont environ 30% pour les couches bébés (10,7 kg/an/habitant), 48% les papiers souillés et 22% d'autres.

Sur Bordeaux métropole, les couches bébés représenteraient alors, en 2022, **8 769 tonnes par an, soit 4,7% des OMR.**

A noter

Avec la généralisation du tri des biodéchets et des déchets d'emballages, la proportion des couches bébés dans les OMR risque d'augmenter de façon importante. En effet, en 2023 sur la métropole, la quantité d'OMR par habitant a baissé pour atteindre 215,9kg/an/habitant, avec une collecte de e biodéchets déjà organisée, (38,2 kg/hab/an).

¹⁷ Rapport annuel d'activité sur le prix et la qualité du Service public de prévention et de gestion des déchets ménagers et assimilés. 2022 Bordeaux Métropole. [Téléchargeable ici](#)

¹⁸MODECOM 2017 - Campagne nationale de caractérisation des déchets ménagers et assimilés - [La librairie ADEME](#)

PARTIE 2. Etude des gisements d'excreta

La quantification des gisements d'urines, de matières fécales et de couches pour enfants a été réalisée à l'échelle de Bordeaux Métropole, en mobilisant deux approches différentes :

- **Une approche globale**, qui permet de quantifier le gisement total. Elle se base sur des données statistiques permettant de déterminer une quantité maximale, exhaustive, de tous les excreta présents sur le territoire et de leur lieu d'excrétion (domicile, emploi, autres). Cette approche permet également de représenter la distribution spatiale des ressources étudiées.
- **Une approche par "niche"** vise à estimer le gisement théorique disponible pour certaines catégories d'établissements ou de lieux, jugés intéressants à étudier dans une optique de scénarisation et d'implémentation de nouvelles filières. Il s'agit par exemple d'établissements connaissant une fréquentation importante, et/ou un temps de séjour important (aéroports, établissements scolaires, établissements de santé, salles de spectacle...),. Cette approche se base sur une étude niche par niche, mobilisant des statistiques locales, régionales, ainsi que des hypothèses spécifiques. L'objectif n'est pas l'exhaustivité, mais plutôt d'estimer l'importance relative des différentes niches, et d'obtenir des ordres de grandeur nécessaires pour dimensionner par ailleurs des scénarios de filières.

1. Méthode de quantification des gisements

Le calcul du gisement d'excreta est un exercice exploratoire, pour lequel il n'existe à l'heure actuelle pas de méthodologie issue de la littérature technique ou scientifique¹⁹. La méthodologie présentée ici se base sur le retour d'expérience et dans la continuité de l'exercice exploratoire ayant été réalisé sur Toulouse Métropole en 2022 (Solagro & INSA Toulouse, 2022²⁰). **Tous les calculs sont effectués sur la base d'un flux annuel**. L'année de référence peut varier en fonction des sources utilisées, les chiffres présentés se veulent une moyenne représentative d'une année-type.

1.1. Méthodologie générale

La méthodologie générale de quantification des urines et matières fécales ainsi que de leur contenu en nutriments est représentée par la [figure](#) n°8, ci-dessous. Elle se scinde en trois principales étapes :

- Estimation du nombre et de la typologie de personnes considérées par le gisement
- Choix d'une méthode de quantification du volume d'urine
- Calcul du volume de matières fécales et de la quantité de nutriments à partir du volume d'urines

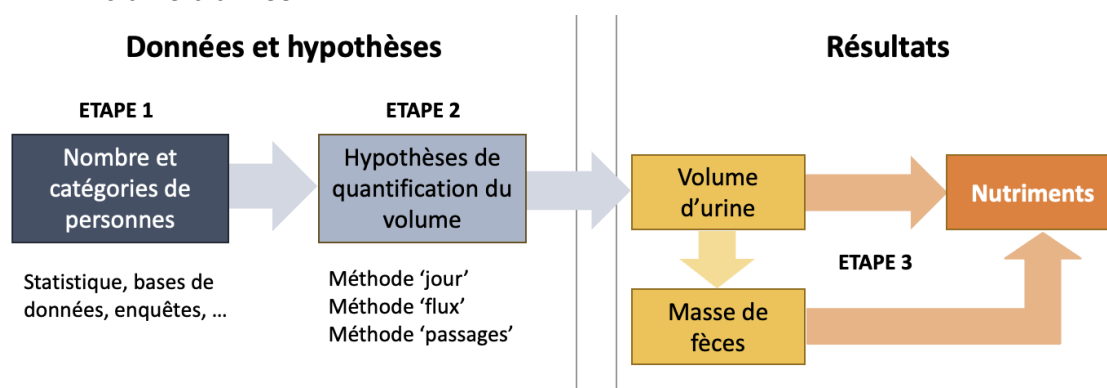


FIGURE 8. Méthodologie générale de quantification des urines, matières fécales et de leurs nutriments

L'estimation du volume d'urine peut également être **réalisée à partir de la consommation en eau d'un établissement**. Néanmoins, étant donné que cette donnée est moins fiable et moins disponible, **cette méthode est uniquement utilisée à des fins de consolidation des valeurs**. La méthodologie et les références utilisées pour chaque type de gisement sont précisées dans les paragraphes suivants.

Concernant l'évaluation du nombre de couches, la méthodologie sera abordée dans un paragraphe dédié, de même que celle du compost produit à partir du gisement de couches et de fèces.

¹⁹ Des travaux de recherche sont en cours au travers du projet ANR TANGO auquel participent Solagro et Le Sommer Environnement. Certains résultats intermédiaires de ce projet de recherche ont été mobilisés dans l'étude.

²⁰ Solagro et INSA Toulouse (2022), TeValU - Analyse Territoriale de la valorisation des sous-produits de la séparation à la source des eaux usées. Pour la méthodologie, voir : Lienart, N. (2022). *Mémoire de thèse professionnelle MSEI - Projet TeValU*.

1.2. Estimation du nombre et de la typologie de personnes considérées

1.2.1. Approche globale

Dans cette approche, **la donnée de départ est le nombre total d'habitants sur le territoire à la maille IRIS** fournie par l'INSEE, ainsi que la base de données FLORES fournissant le nombre d'emplois par commune. Des données concernant les flux touristiques propres au territoire d'étude ont également été prises en compte grâce à des entretiens et échanges menés avec Bordeaux Métropole. Par ailleurs, **un taux de présence sur le territoire est appliqué**, correspondant à une référence moyenne nationale estimée à **346 jours par an au domicile** (INSEE, 2022²¹).

1.2.2. Approche par niche

Dans l'approche par niche, **une étape de quantification du nombre d'établissements, évènements ou infrastructures a été préalablement réalisée**, à partir de bases de données nationales, locales, ou obtenues lors d'entretiens ou via des informations disponibles sur internet. La fréquentation de ces différents lieux est ensuite évaluée, soit par des sources similaires, soit en utilisant des ratios (pouvant eux-mêmes être établis sur la base de cas d'études). La méthodologie de quantification du public pour chaque niche ainsi que les sources mobilisées sont présentées plus précisément en [Annexe 2 du présent document](#).

²¹Insee, enquête "Suivi de la demande touristique 2022. Nombre moyen de nuitées passées en voyage personnel" - <https://www.insee.fr/fr/statistiques/7702766>

1.3. Quantification du volume d'urines

La quantification du volume d'urine, **à partir du nombre de personnes ayant fréquenté un lieu** peut être réalisée via trois principales méthodes :

1.3.1. La méthode "jour"

Elle revient à déterminer le nombre de jours complets passés par personnes dans un lieu. Dans ce cas là, le ratio de production journalière est simplement appliqué :

	Volume journalier (mL/jour)	Source
0-2 ans	395	(1)(2)
3-5 ans	531	(1)
6-10 ans	771	(1)
11-17 ans	1067	(1)
Adulte (>18 ans)	1731	(1)(3)*
Moyenne population en FR	1509	*

Sources :

(1) Beckford et al., 2019

(2) Weykamp et al. 1989

(3) van Haarst et al. 2004

(4) ANR TANGO (en cours)

*source calculée sur base démographique de l'INSEE (2020)

TABLEAU 3. Ratios utilisés pour la méthode 'jour'

1.3.2. La méthode "flux"

Elle se base sur l'hypothèse que le **volume d'urine produit est proportionnel au temps de la journée passé dans un lieu**. Cela revient donc à déterminer, pour chaque catégorie de personnes, un 'flux' d'urine théorique produit par minute, sur la base du temps journalier 'disponible' pour uriner, c'est-à-dire **le temps éveillé et hors des transports**.

Ce temps est déterminée à partir d'une étude INSEE²² déterminant un emploi du temps "moyen" de la population, en fonction de l'âge et/ou la catégorie socioprofessionnelle²³. Les hypothèses retenues pour l'étude sont présentées dans le tableau ci-dessous. Pour le calcul des gisements de niche, cette méthode nécessite de faire une hypothèse sur le temps passé par le public dans les différents lieux (durée des spectacles, temps de visite, ...).

La méthode 'jour' correspond à une approche de type 'flux', **se basant sur 100% du temps journalier dans un seul lieu**, voir tableau n°4 ci-dessous :

²² Insee (2012), Enquête Emploi du temps 2009-2010. Insee Resultats n°130, disponible sur <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2118074>, consulté en août 2024

²³ Sont distinguées notamment les catégories socio-professionnelles suivantes : salariés, professions indépendantes, chômeurs, personnes au foyer, retraités

	Temps journalier disponible pour uriner	Flux d'urine	Domicile	Emploi/formation	Autres
	(min/j)	ml/min			
Enfants et Adolescents	815	0,97	59%	31%	10%
Salariés	862	2,01	63%	32%	5%
Indépendants	872	1,99	57%	39%	4%
Chômeurs/au foyer	838	2,07	88%	3%	9%
Retraités	853	2,03	92%	1%	8%
Moyenne population FR	850	1,79	69%	24%	7%

TABLEAU 4. Ratios utilisés pour la méthode “flux”, déterminés à partir de INSEE, 2012

1.3.3. La méthode “passage”

Elle se base sur l’hypothèse d’un nombre de passages aux toilettes (ou nombre de mictions) par visiteur sur un lieu. Ce type d’hypothèse peut être plus facile à formuler empiriquement et à faire valider par des acteurs, et **permet de tenir compte des disparités propres à chaque lieu** (ceux pour lesquels très peu de visiteurs passent aux toilettes, ou au contraire ceux où tous les visiteurs y passent par exemple). Le calcul est fait selon un volume de miction défini selon l’âge. Les volumes utilisés se basent sur une compilation de données bibliographiques, présentée dans le [tableau](#) suivant :

	Volume d’urine par miction mL/miction
1 - 5 ans	112
6 - 11 ans	145
12 - 15 ans	185
16 - 18 ans	245
Miction moyenne enfants (<18 ans)	153
Miction moyenne (adulte >= 18 ans)	248
Miction moyenne population FR	227

Sources :

- (1) Gupta et al., 2013
- (2) Rittig et al., 2010
- (3) Kajbafzadeh et al., 2005
- (4) Lopes et al., 2015
- (5) Lopes et al., 2015
- (6) Pernkopf et al., 2005. Valeurs interpolées, redressées et calculées sur base démographique de l'INSEE (2020)

TABLEAU 5. Ratios utilisés pour la méthode “passages”

Pour en savoir plus sur l’approche globale et sur l’approche niche, voir [annexe n°4 du présent document](#).

1.4. Calcul de la quantité de nutriments, à partir du volume d'urines et de matières fécales

La quantité de nutriments générée est calculée à partir du **volume d'urine produit** et de la concentration des nutriments (données bibliographiques voir [tableau](#) n°6 ci-dessous)

La **quantité de matière fécale** est déduite à partir du volume d'urine, **considérant que le rapport entre quantité de matière fécale et quantité d'urine est un rapport constant pour toute la population**. Cela ne prend donc pas en compte les distinctions de comportements selon les lieux (exemple : peu de matières fécales produites sur des salles de spectacles vs. une majorité produite aux domiciles).

La quantité de nutriments est calculée à partir de concentrations moyennes dans les urines et matières fécales. La concentration est considérée comme constante, peu importe l'âge et le sexe. **L'élément potassium (K) n'a pas été intégré à l'analyse, car les données disponibles, tant au niveau de la production que de l'utilisation, sont moins fiables que pour l'azote (N) et le phosphore (P).**

	URINES			FECES		
	Valeur	unité	source	Valeur	unité	source
Production journalière moyenne	1,51	L/j	cf. méthode 'jour'	0,154	kgMB/j	(1)
Production par litre d'urine				0,102	kgMB fèces/L urine	c
N journalier moyen	10,22	gN/j	(1)*	1,80	gN/j	(1)*
P journalier moyen	0,70	gP/j	(1)*	0,47	gP/j	(1)*
Concentration N	6,78	gN/L	c	11,70	gN/kg	c
Concentration P	0,46	gP/L	c	3,02	gP/kg	c

Sources :

(1) ANR TANGO (projet en cours) ;

*source calculée sur base démographique de l'INSEE (2020) ;

c : valeur calculée à partir des autres

TABLEAU 6. Principaux ratios utilisés pour déduire la quantité de matières fécales et de nutriments à partir du volume d'urine

1.5. Méthode pour la validation des données par comparaison avec les données d'assainissement

Afin de valider la méthodologie de l'approche globale présentée précédemment, **une comparaison avec les flux traités par les stations d'épuration du territoire a été réalisée**; Les flux d'azote et de phosphore ont été quantifiés à partir des données d'autosurveillance des stations d'épuration. Ces flux sont calculés avec les concentrations mesurées dans les flux en entrée de station incluant les bypass de la station (équivalent aux points réglementaires A2+A3 de la nomenclature Sandre "*Localisation globale du point de mesure*"²⁴). La fréquence de mesure n'est pas journalière. Ainsi, une concentration moyenne est calculée en divisant la somme des flux sur les jours mesurés, par la somme des débits sur ces mêmes jours mesurés. Ensuite, **le flux annuel est re-calculé en multipliant la concentration moyenne par le débit annuel**.

Par ailleurs, les données concernant les aires de répartition de chaque station fournies par la métropole ont permis d'**associer les productions d'urines et de matières fécales à l'échelle de la maille IRIS**, calculées au préalable ([cf point méthode partie 2, approche globale](#)), à chaque station d'épuration. Enfin, une fois calculé, **le ratio d'azote et de phosphore** présent dans les eaux usées provenant des excreta peut être **comparé aux données de la littérature** :

- Besson et al, (2021)²⁵ ont abouti à 91% de l'azote des eaux usées domestiques dans les excreta et 74% du phosphore (à partir de données de composition des différents flux d'eaux usées) ;
- Starck et al, (2023; 2024)²⁶ ont abouti à l'échelle française, à 93,9% de l'azote et 75% du phosphore ;

Les données des déversoirs d'orage ont également été analysées à partir des rapports annuels de fonctionnement de chaque station. **Une concentration moyenne en azote et phosphore a été calculée à partir des déversements suivis et a été appliquée au volume total annuel déversé**.

²⁴ Localisation globale du point de mesure - Référentiels - Nomenclatures (eaufrance.fr)

²⁵ Besson, M., Berger, S., Tiruta-barna, L., Paul, E., Spérandio, M., 2021. Environmental assessment of urine, black and grey water separation for resource recovery in a new district compared to centralized wastewater resources recovery plant. *Journal of Cleaner Production* 301, 126868. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126868>

²⁶ Starck, T., Fardet, T., Esculier, F., 2023. Phosphorus recycling from human excreta in French agroecosystems and potential for food self-sufficiency. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.06461>

Starck, T., Fardet, T., Esculier, F., 2024. Fate of nitrogen in French human excreta: Current waste and agronomic opportunities for the future. *Science of The Total Environment* 912, 168978. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168978>

1.6. Quantification du gisement en couches pour enfant

Pour estimer la quantité et les caractéristiques des couches pour enfants, le jeu d'hypothèses utilisé est présenté dans le [tableau](#) n°7 ci-dessous. Pour estimer le lieu de production des couches, le nombre de crèches publiques et privées, ainsi que le nombre de berceaux relatifs à chaque commune de Bordeaux Métropole ont été recensés.

Ce travail est présenté dans les document annexes de l'étude "**DOCU ANNEXE 4**".

Hypothèse	Valeur	Unité	Source
Poids couche unitaire	0,135	g/couche	Étude MODECOM, Ademe, 2007
Nombre de couches par berceaux	3	couches/b/j	Entretiens Crèches
Nombre de jours de présence en crèche	20	j/mois	Entretiens Crèches
Taux d'occupation	80%		Entretien Direction Petite Enfance Bordeaux
Nombre de couches totales par jour par enfant	6	couches/j	Étude MODECOM, Ademe, 2007
Part des enfants en assistance maternelle	30%		Observatoire national de la petite enfance, 2019 ²⁷

TABLEAU 7. Hypothèses utilisées pour le calcul de gisement en couches pour enfant et sa répartition.

²⁷ Observatoire national de la petite enfance, 2019, L'accueil du jeune enfant en 2018

1.7. Modèles de compostage

Dans le cadre de cette étude, **la seule modalité de traitement considérée pour les matières fécales et couches pour enfants est le compostage**, qui permet d'aboutir à la production d'une matière finale amendante²⁸.

Le compostage est un procédé de traitement biologique aérobie (en présence d'oxygène) nécessitant l'apport de déchets verts afin d'équilibrer la recette (notamment le rapport carbone / azote), et pour favoriser la circulation de l'air. Après une phase de fermentation, puis une phase de maturation, le produit est criblé afin de produire le compost, et le refus de criblage retourne en entrée du procédé de compostage. Le schéma de principe est représenté ci-après.

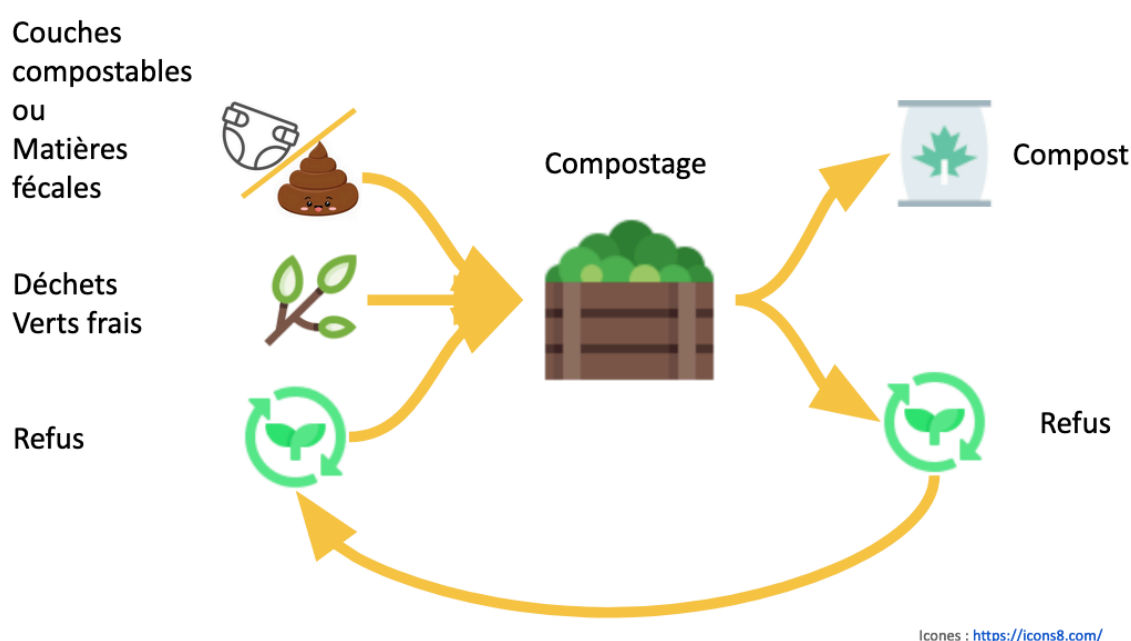


FIGURE 9. Schémas de principe du compostage.

Afin d'estimer le gisement en matière amendante disponible pour la valorisation agricole, des modèles ont été utilisés pour estimer, à partir des gisements en matières fécales et couches, **la quantité de compost qui pourrait être produite via ces gisements**, ainsi que la quantité de déchets verts nécessaires pour assurer un compostage efficace. Ces modèles ont été établis sur la base de l'expertise de Solagro pour la partie matières fécales, et sur la base de retours d'expériences de Mundao sur la partie couches compostables.

Les hypothèses retenues sont présentées dans le [tableau](#) n°8 ci-après.

²⁸ L'amendement est une opération qui consiste à bonifier les propriétés physiques (aération) et biologiques (éléments nutritifs) du sol par des composantes organiques.

	Unités	Compostage Matières fécales	Compostage Couches
Déchets verts nécessaires par tonne de couches/MF	kg/kg	0,49	1,30
Besoin en refus par tonne de couche/MF	kg/kg	0,21	1,48
Taux de réduction (total sortie/total entrée)	%	19%	30%
Taux de refus (% du sortant)	%	15%	23%
Rendement compost (par rapport au total entrant)	%	69%	54%

TABLEAU 8. Les principales caractéristiques des modèles utilisés pour le compostage de couches et de matières fécales

2. Résultats de la quantification des gisements

2.1. Approche globale

Les gisements quantifiés (voir [figure](#) ci-dessous) par l'approche globale s'élèvent à :

- 462 552m³ d'urine par an
- **47t de fèces par an**

principalement produits à domicile.

Les **nutriments totaux calculés s'élèvent à environ 3 700 tonnes d'azote** par an (dont 85% dans les urines) et **360 tonnes de phosphore par an** (dont 60% dans les urines).

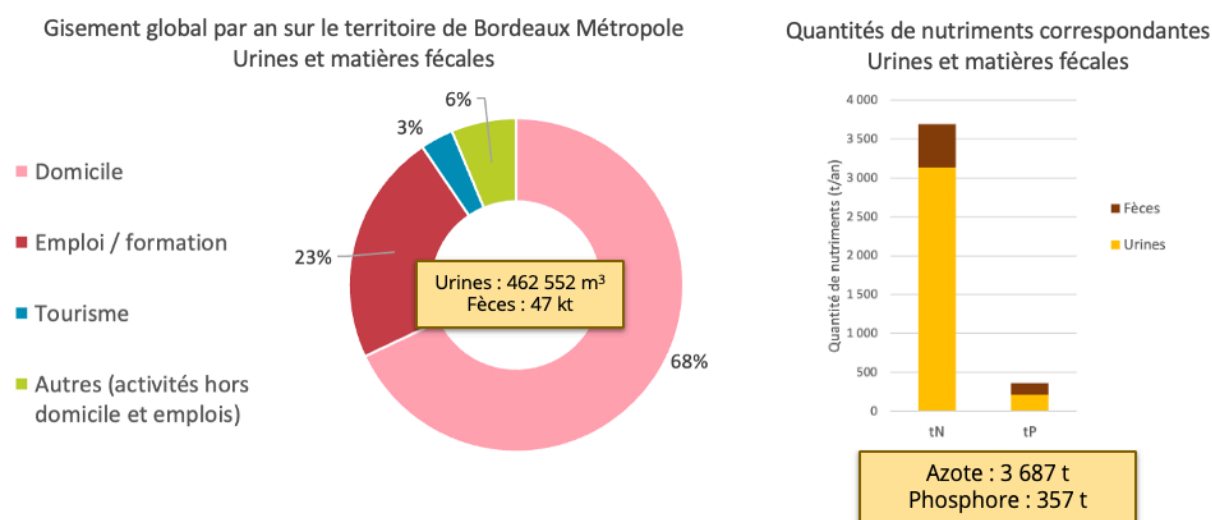


FIGURE 10. Gisements annuels totaux en urine et matières fécales.

La part totale des urines produites au **domicile est évaluée à 68% du gisement**, qui correspond à un gisement diffus et difficilement accessible, car nécessitant la rénovation de bâtiments et la modification de réseaux existants. Les urines produits par les **emplois et formations représentent 23%** du total. Si en apparence ce gisement est diffus du fait du nombre élevé de très petites entreprises, **il existe néanmoins des pôles d'activités pouvant être intéressants pour l'expérimentation**, regroupant beaucoup de salariés (36 entreprises de 500 salariés et plus représentent environ 30% des emplois, et donc des urines associées). Ces valeurs sont au global très proches de celles de l'emploi du temps moyen de la population (voir [tableau n°3](#)).

Les **urines produites par le tourisme** représentent une **petite fraction du total** : environ 15 000 m³/an. A noter qu'en appliquant l'hypothèse d'un temps de présence de 346 jours par an, ce volume est inférieur aux urines produites par les habitants du territoire lorsqu'ils sont en déplacement²⁹.

²⁹ On peut évaluer cette quantité à environ 24 000 m³, soit un "déficit" en urines d'environ 9 000 m³.

Enfin, **les urines produites hors du domicile et hors des temps d'emplois et de formation s'élèvent à 29 000 m³**, correspondant au gisement maximal théorique que l'on pourrait espérer capter via les établissements recevant du publics de toute nature (hôtels, musées, festivals, restaurants, salles de spectacle, ...).

L'analyse illustre également le fait, déjà bien documenté (Larsen et al, 2013³⁰ ; Rose et al, 2015³¹), que c'est au sein des urines que se concentrent la majorité des nutriments excrétés par le corps humain. Si la concentration des nutriments est du même ordre de grandeur entre urines et matières fécales, **la quantité journalière excrétée est en revanche bien supérieure pour les urines** (1,5L soit environ 1,5kg pour les urines, contre 150g pour les matières fécales).

Les résultats globaux peuvent être représentés spatialement afin d'observer la distribution des gisements au sein de l'aire métropolitaine. Cette représentation est faite sur les [figures 11 à 14](#). **Ces cartes mettent en lumière le fait que, à quelques exceptions près, le gisement d'urine et de matière fécale est similaire à la densité urbaine** (avec des concentrations plus importantes dans les communes de Bordeaux, Le Bouscat, Talence, Cenon).

Elles permettent également de **distinguer les communes dans lesquelles la part liée à l'emploi est importante**, notamment dans les communes de Bordeaux, Mérignac et Pessac. A l'inverse, certaines communes ressortent comme étant plus résidentielles telles que Saint-Médard-en-Jalles, Le Taillan-Médoc, ou encore Saint-Aubin-de-Médoc.

Conformément à la méthodologie de calcul, la carte de répartition des matières fécales est similaire à celle des urines.

³⁰ Larsen, T., Udert, K., Lienert, J. (Eds.), 2013. Source Separation and Decentralization for Wastewater Management. IWA Publishing.

³¹ Rose, C., Parker, A., Jefferson, B., Cartmell, E., 2015. The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology. Crit Rev Environ Sci Technol 45, 1827–1879. <https://doi.org/10.1080/10643389.2014.1000761>

Production d'urine - Bordeaux Métropole Maille Communale

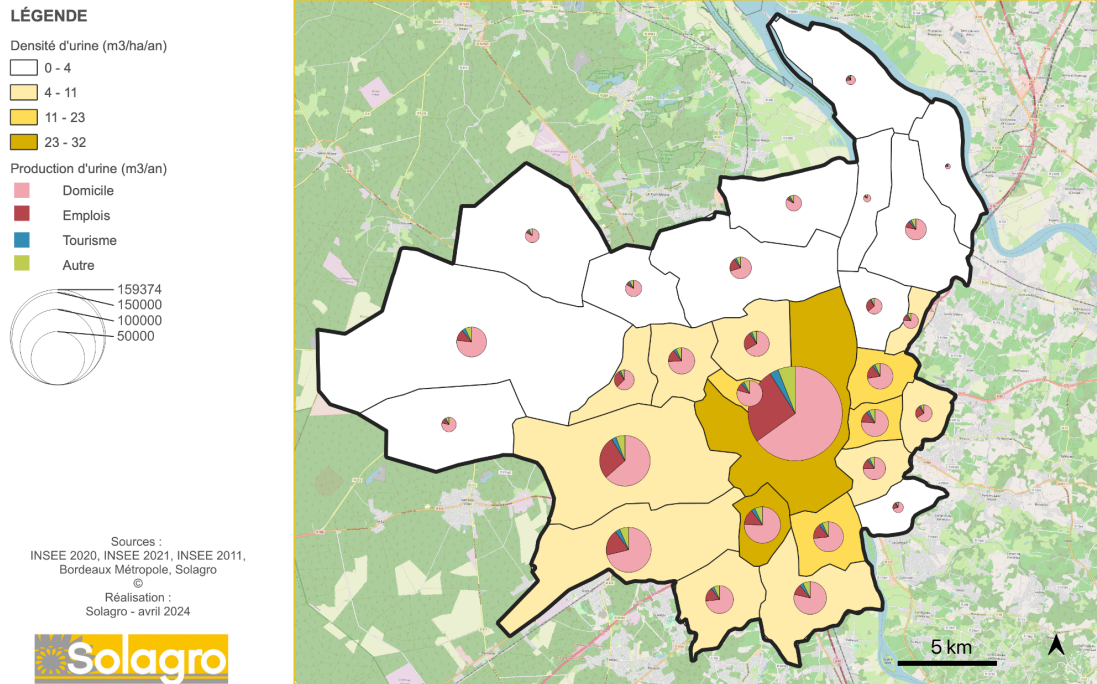


FIGURE 11. Distribution spatiale du gisement de matières fécales à la maille IRIS

Densité d'urine à la maille IRIS

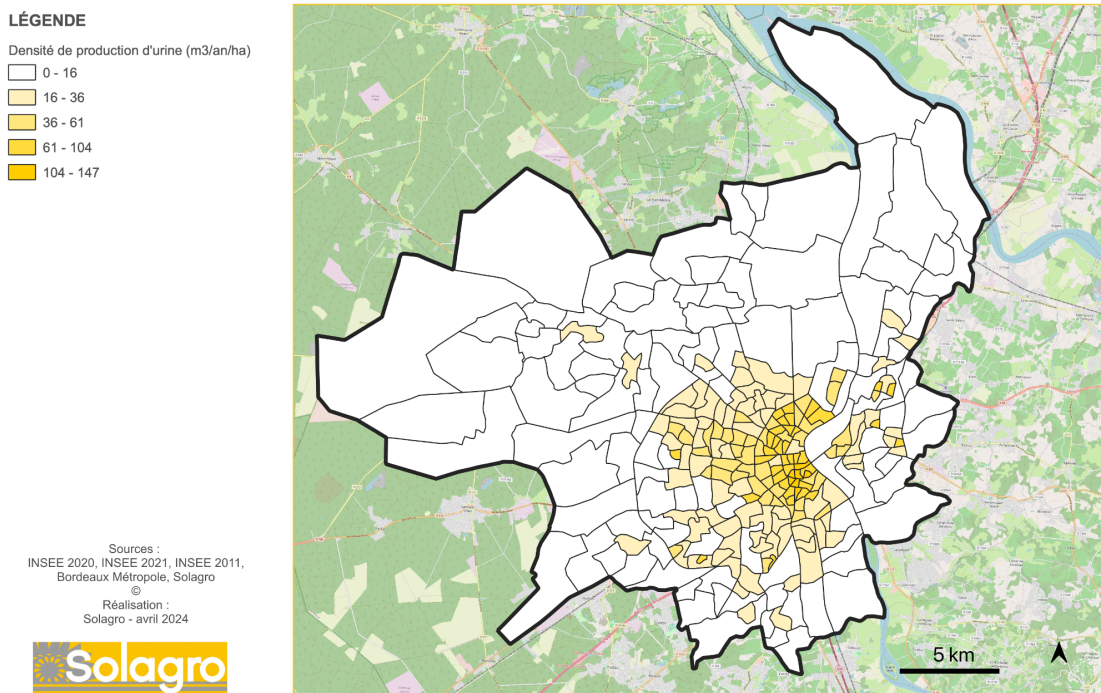


FIGURE 12. Distribution spatiale du gisement d'urines à l'échelle de la Métropole

Densité de feces à la maille IRIS

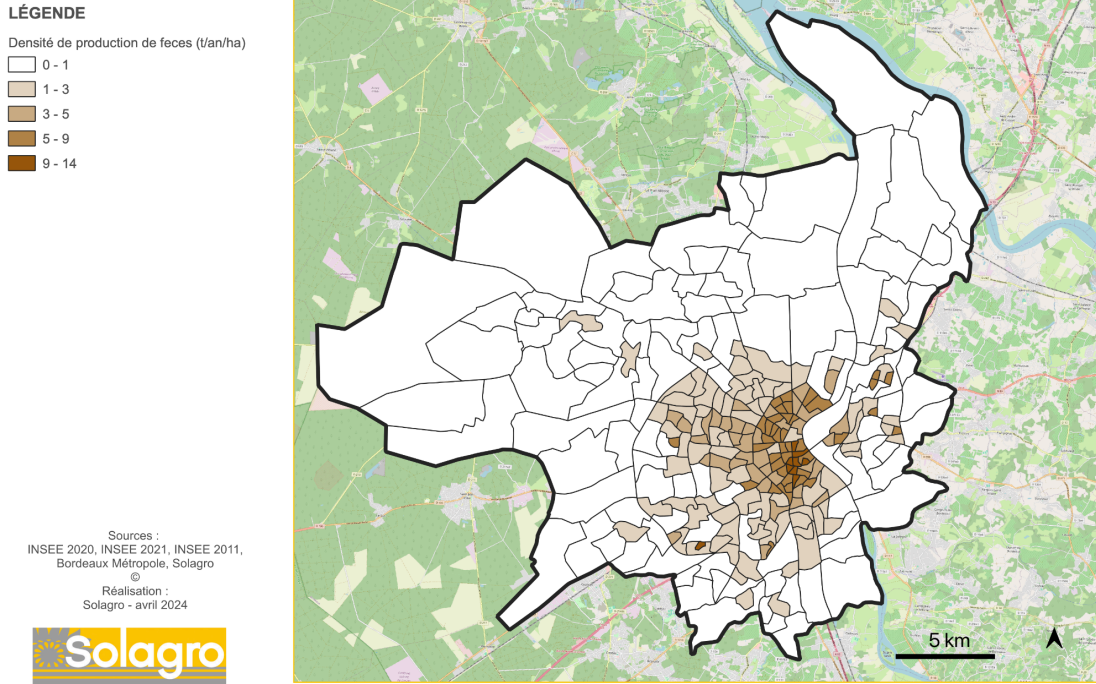


FIGURE 13. Distribution spatiale du gisement de matières fécales à la maille IRIS

Production de feces - Bordeaux Métropole Maille Communale

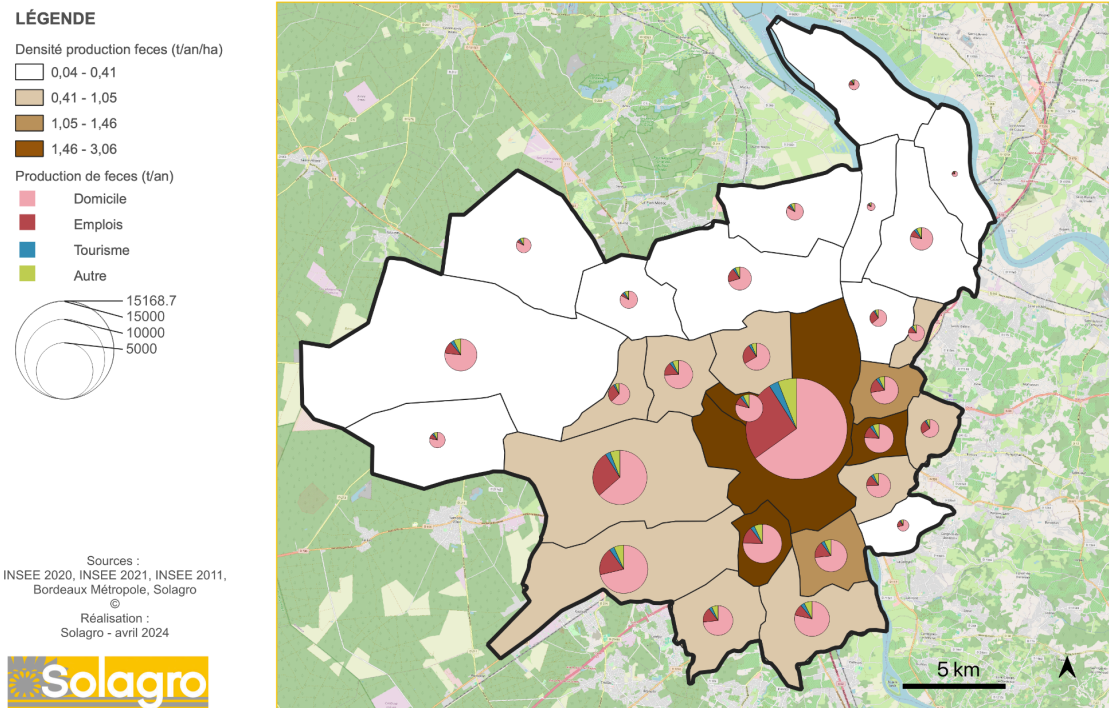


FIGURE 14. Distribution spatiale du gisement de matières fécales à l'échelle de la Métropole

2.1.1. Comparaison avec les données d'assainissement

Cette étape permet de **vérifier la méthodologie de quantification des gisements globaux par la comparaison avec les flux traités par les stations d'épuration du territoire**. La compréhension du système d'assainissement sur Bordeaux Métropole permet également de quantifier l'impact des scénarios de séparation à la source des excréta, présenté dans la partie 3.

A l'échelle de Bordeaux Métropole, 3 907 tN et 412 tP entrent dans les stations d'épuration (sur l'année 2023). La répartition entre chaque station peut être visualisée dans la [figure n°15](#) ci-après. On remarque ainsi qu'**à l'échelle de la métropole environ 92% de l'azote et 83% du phosphore proviendraient des excréta**. Cela est tout à fait cohérent avec les valeurs de la littérature pour l'azote (entre 91% et 94% (Besson et al, 2021 ; Starck et al, 2024)). La valeur pour le phosphore est un peu plus élevée que ce que l'on peut retrouver dans la littérature avec environ 75%.

2.1.2. Points de vigilances

Le calcul ne fait pas état des déversoirs d'orage qui dévient une partie des eaux usées directement dans les milieux récepteurs, sans passer par la station d'épuration. En 2022, cela correspondait à 5,3 Mm³ et 178 133 kgN/an et 18 453 kgP/an soit 5% des volumes et flux entrant en station.

La figure n°20 ci-dessous montre également une certaine variabilité des ratios excréta/eaux usées. Le ratio de Louis Fargue supérieur à 100% tandis que celui de Clos de Hilde inférieur à la moyenne, laisse penser que la répartition des eaux usées entre les deux stations n'est peut être pas bien représentée. De plus, les stations de Lille-Blanquefort et Sabarèges ont des valeurs plus faibles que la moyenne.

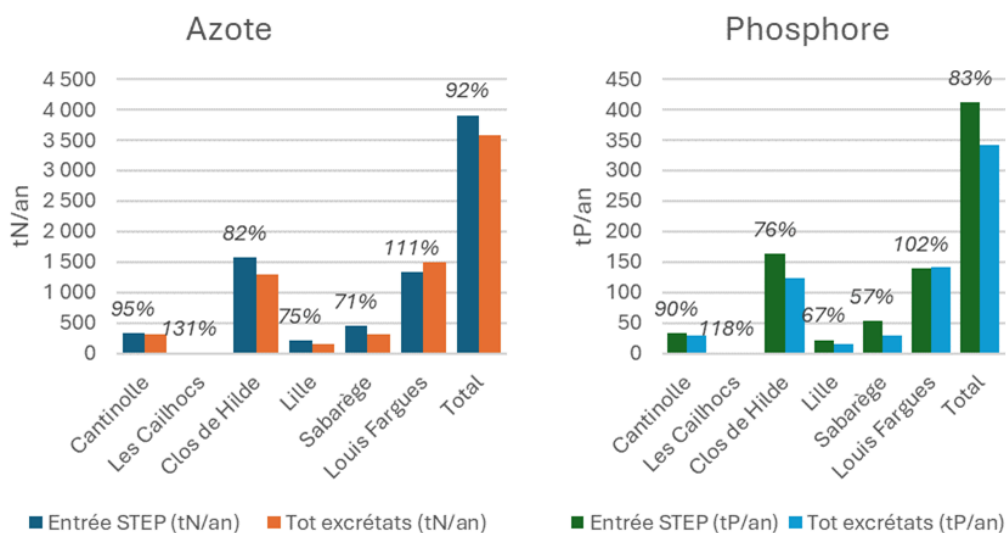


FIGURE 15. Comparaison des flux d'azote et de phosphore en entrée des stations d'épuration et dans les excréta calculés par la méthode globale. Le pourcentage indiqué au-dessus des barres représente la part du flux provenant des excréta.

2.2. Approche par niches

Dans cette étude, 27 catégories de niches de production ont été étudiées et quantifiées, réparties en **11 groupes**. Pour rappel, **l'approche par niche n'a pas pour vocation d'être exhaustive**. Cette non-exhaustivité s'applique également au sein même des catégories de niches étudiées (en fonction de la donnée disponible). Les niches prises en compte, leurs principales caractéristiques et une évaluation (arbitraire) de leur exhaustivité (1 étant peu exhaustif, à 3 étant exhaustif) sont présentées dans la [figure](#) suivante.

Les détails des données niche par niche sont spécifiés [en annexe n°1](#).

Groupe de Niches	Exhaustivité gisement	Détail Niches	Nombre	Exhaustivité	Méthode Dénombrement public
Enseignement Supérieur	2	Universités	30	3	StatN
		Grandes Ecoles	4	2	StatN
		Autres Supérieur	ND	3	StatN
Ecoles	3	Maternelles	172	3	StatN
		Ecoles Primaires	236	3	StatN
		Collèges	79	3	StatN
		Lycées	79	3	StatN
Gares	3	Bordeaux St Jean	1	3	StatN
		Autres gares	13	3	StatN
Aéroport	3	Aéroport	1	3	Loc
Centres commerciaux	1	Rives d'Arcin	1	3	Site
		Mérignac Soleil	1	3	Site
		Aushopping Bordeaux Lac	1	3	Site
Toilettes publiques	3	Sanitaires Automatiques	67	3	Loc
		Urinoirs	10	3	Ratio
Événements	2	Gros festivals	2	3	Loc
		Autres festivals	114	2	Loc
		Congrès	35	1	Loc
Musées	1	Musées	9	1	StatN, Loc
Stades	2	Stade Matmut	1	3	Loc
		Autres stades	3	3	Loc, Site
Salles de spectacle	1	Arkea Arena	1	3	Loc
		Autres Salles de spectacle	13	1	Site, Hyp
		Cinémas	15	3	Ratio
Lieux de résidence	1	Prisons	1	3	Loc
		EHPADS	103	3	StatN
		TS indiv	49	1	Loc

TABLEAU 9. Tableau de synthèse des niches étudiées

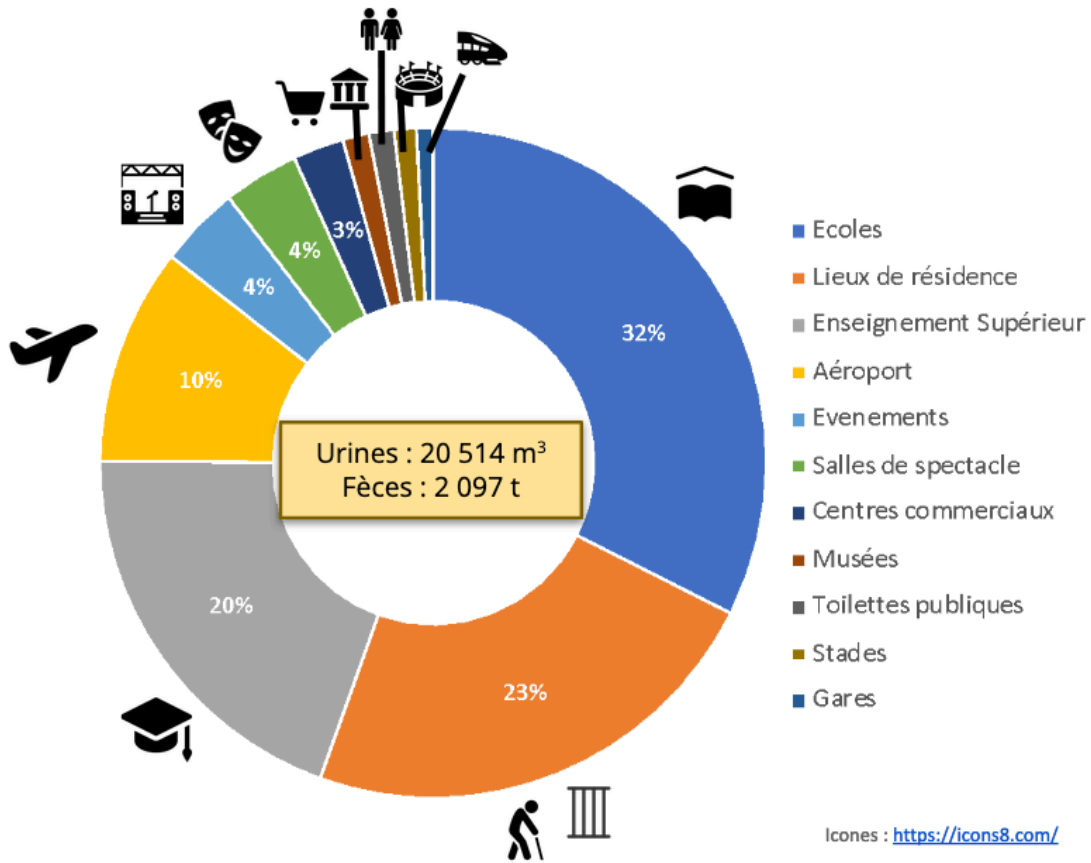


FIGURE 16. Résultats de l'analyse de production des gisements par niche

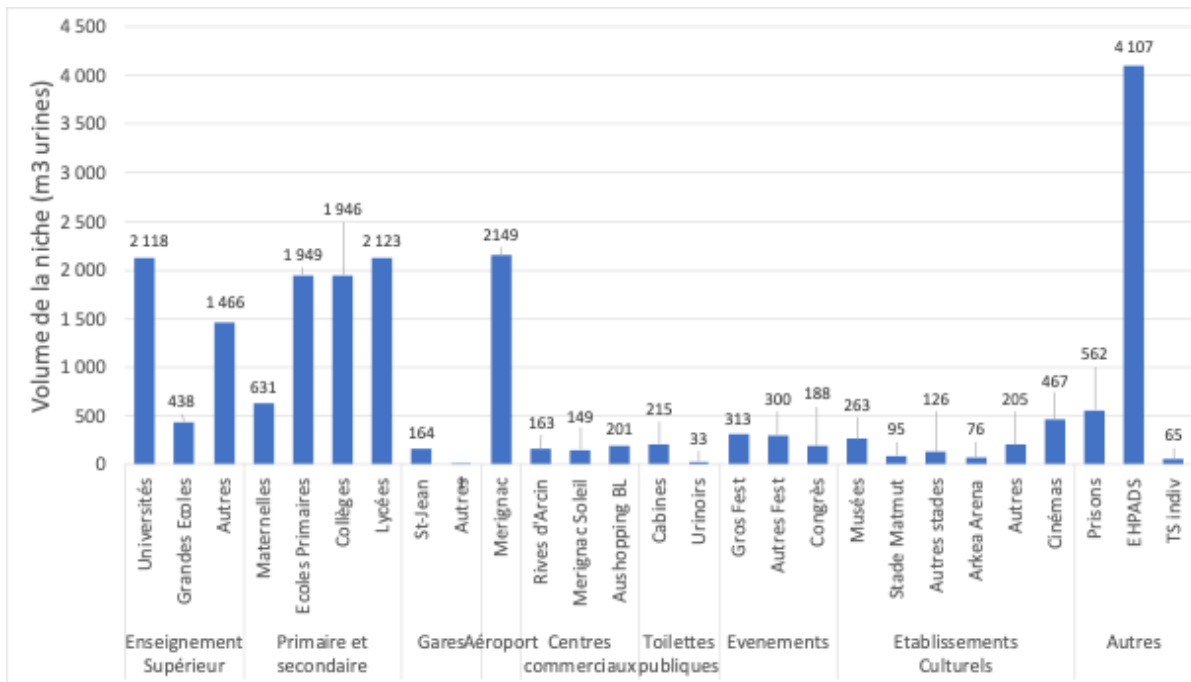


FIGURE 17. Résultats de l'analyse de production des gisements, par niche.

Pour l'ensemble des niches étudiées, **le volume total d'urines produites s'élève à environ 20 000 m³, et 2100 tonnes de matières fécales par an** (voir [figure](#) ci-dessus).

Le **gisement évalué dans les niches étudiées correspond donc à 4% du gisement total d'urines produit sur le territoire**, et à 14% du gisement "hors domicile".

Ce constat illustre que, même si les principaux lieux semblent avoir été pris en compte, cette approche par niche laisse de côté une partie importante du gisement (notamment dans les emplois).

Les **principaux gisements** sont identifiés dans **les lieux d'enseignement** (enseignement primaire, secondaire et supérieur), ainsi que dans **les lieux de résidence**, notamment les EHPAD. Concernant ces derniers, la méthodologie utilisée ne permet pas de préciser le gisement qui serait produit dans des couches pour adultes.

L'aéroport présente également un gisement important, avec l'intérêt d'un seul point de production. Ce gisement a pu être consolidé par des données de consommation d'eau fournies par l'exploitant, qui confirment les tendances évaluées dans les précédentes études (Solagro, & INSA Toulouse, 2022).

Les autres lieux et événements représentent un gisement relativement faible par rapport au gisement de l'ensemble des niches, et a fortiori, par rapport au gisement total. Ces établissements pourraient toutefois constituer des lieux d'expérimentation de nouvelles filières, et avoir un rôle de pédagogie auprès du grand public.

2.3. Les couches pour enfants

Le résultat de la quantification des couches pour enfants est représenté par la [figure](#) n°18.

A l'échelle de Bordeaux Métropole, **plus de 70 millions de couches sont utilisées chaque année**, soit environ **9 500 tonnes de déchets par an**. Cela représente environ **10 kg par habitant par an, soit environ 5% du poids des ordures ménagères résiduelles (OMR)**. Ces valeurs calculées sont proches des données obtenues à partir des ratios nationaux appliqués aux productions d'OMR du territoire ([voir paragraphe 1.6](#))

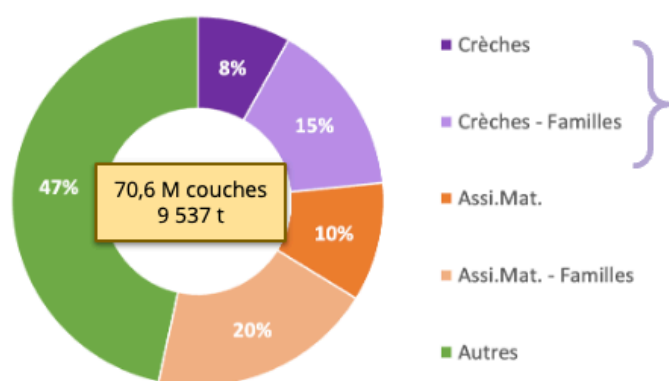
La grande majorité de ces couches (82%) est produite hors des établissements de garde (crèches et assistance maternelle). Les 439 crèches recensées au sein de la Métropole ont une capacité de **9 950 berceaux**, et accueillent 29% des enfants du territoire. Parmi ces crèches, **76% sont privées** (en nombre d'établissements) et **24% sont publiques**. Bien qu'une réelle différence existe entre le nombre d'établissements privés et publics, le nombre d'enfants accueillis est équivalent dans le privé et dans le public sont très proches, les crèches publiques ayant, en moyenne, une capacité d'accueil plus conséquente.

L'ensemble des couches produites par les enfants placés en crèche correspond à **16,5 millions de couches par an**, et environ **2 200 tonnes de déchets**, soit 23% du gisement total. Cependant, **la majorité des couches utilisées pour les enfants placés en crèches sont produites hors de la crèche (65%)**.

Ces résultats démontrent l'importance de déployer la **collecte des couches pour enfant au-delà des établissements d'accueil uniquement**. En effet, la **collecte de l'ensemble des couches consommées par un enfant placé en crèche représentera des volumes non négligeables** dans une étape de déploiement des filières.

Par ailleurs, les résultats montrent également que la montée en échelle de ces filières nécessitera de trouver des moyens de toucher également les familles n'ayant pas d'enfants en crèche. C'est la raison pour laquelle les scénarios développés dans le cadre de cette étude font appel à des points d'apport volontaires.

Production totale de couches sur le territoire de Bordeaux Métropole



Production de couches en crèches

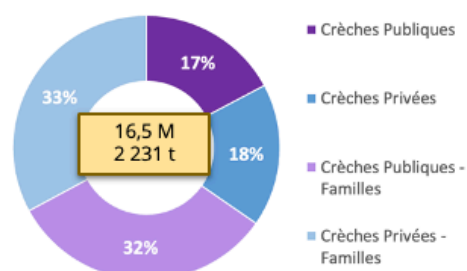


FIGURE 18. Résultats de la quantification des couches pour enfants

2.4. Demande en déchets verts et production du compost

Afin de vérifier en première approche la faisabilité du compostage des couches et des matières fécales, une **estimation de la quantité de déchets verts (DV)** nécessaire et du compost produit a été réalisée sur la base des modèles de compostages décrits dans la [section 1.7](#). Pour réaliser cette analyse, les besoins en DV ont été comparés au flux annuel entrant dans la principale plateforme de compostage de la métropole, la Grande Jaugue, celle-ci ayant traité, en 2022, 42 000 tonnes de DV³².

Les résultats sont illustrés par la [figure 19](#) ci-dessous.

³² Bordeaux Métropole (2023), Déchets 2022, RAPPORT ANNUEL D'ACTIVITÉ sur le prix et la qualité du Service public de prévention et de gestion des déchets ménagers et assimilés.

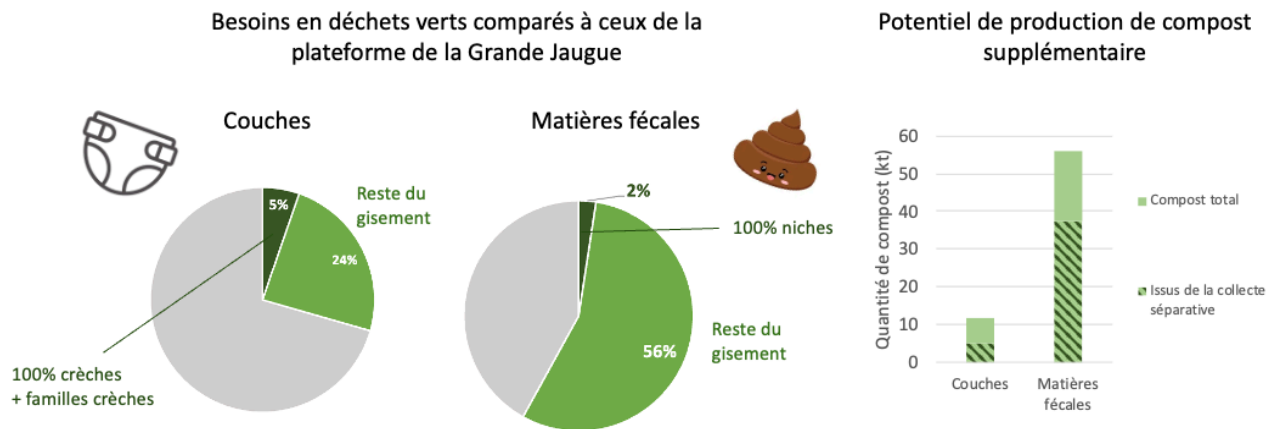


FIGURE 19. Production de compost à partir des couches et matières fécales séparées à la source et demande en déchets verts des filières de compostage

La quantité de DV qui serait nécessaire au compostage des couches et des matières fécales représenterait **37 kt, soit 88% du flux annuel de DV reçu sur la plateforme de compostage de la Grande Jaugue** : 29% pour le compostage des couches et 58% pour le compostage des matières fécales. Ainsi, la ressource en DV n'est pas limitante, **même dans les cas où l'intégralité des gisements existants de couches et matières fécales sur le territoire serait compostée.**

En outre, étant donné les tonnages, cela ne compromet pas les objectifs de réduction des DV produits sur le territoire. Des scénarios de déploiement massifs de la collecte séparative ont été examinés :

- si toutes les couches des crèches et des familles des enfants en crèche étaient collectées, seul 5% du flux annuel de DV serait mobilisé.
- si toutes les niches de gisement étudiées pour la collecte séparative des urines et matières fécales étaient équipées, seuls 2% des DV seraient mobilisés.

La quantité de compost produite est évaluée en tenant compte des déchets verts ajoutés en intrant. Une partie du compost ainsi comptabilisée est en réalité déjà produite, par le compostage de déchets verts seuls. **La quantité maximale de compost produite avec la séparation à la source correspondrait à 11 800 tonnes pour les couches** (dont 5,1 kt de compost supplémentaire) **et 55 800 tonnes pour les matières fécales** (dont 37,3 kt de compost supplémentaire).

3. Limites méthodologiques

Si la méthodologie utilisée a permis d'obtenir une évaluation des gisements cohérente avec les données d'entrée en stations d'épuration, garantissant une certaine robustesse à l'échelle globale, certaines limites ont néanmoins pu être observées.

3.1. Sensibilité aux hypothèses de concentration

Concernant l'approche globale, une grande sensibilité aux hypothèses de concentration en N et P des urines et matières fécales a été observée. En effet, de légères variations de ces valeurs entraînent d'importantes variations sur la quantité finale. Dans les perspectives d'amélioration de la méthode, et en lien avec le projet de recherche TANGO³³, la quantification des gisements de matières séparées à la source s'oriente vers un modèle "alimentation-excrétion", qui est basé sur les flux journaliers de nutriments (dépendant directement de l'alimentation de la population) plutôt que sur le volume d'urine. En lien avec les projets de recherche, les données utilisées correspondent aux modèles les plus récents, et constituent un premier pas vers cette méthodologie.

3.2. Nombre d'hypothèses nécessaires

Dans l'approche par niches, les données et résultats issus de la littérature pour quantifier avec rigueur le gisement disponible dans chaque niche sont peu nombreux. Si la connaissance des interlocuteurs de terrain peut parfois être mobilisée, ceux-ci n'ont eux-mêmes que très rarement étudié les fréquentations des sanitaires et le nombre précis de passages. **La méthodologie par niche nécessite donc la formulation d'un grand nombre d'hypothèses quant aux pratiques des utilisateurs** qui reposent essentiellement sur une représentation empirique des différents lieux. La méthode permet néanmoins de rendre ces hypothèses explicites, et de les modifier au besoin, lieu par lieu, selon les informations recueillies. Si elle représente un ordre de grandeur en première approche, elle nécessitera une étude plus approfondie si l'objectif est le dimensionnement de filières.

3.3. Non exhaustivité des niches

Au regard du nombre conséquent d'ERP potentiels sur le territoire, et des considérations évoquées (manque de données relatives à chaque niche), le nombre de niches étudiées reste limité, à comparer avec le gisement estimé hors du domicile par l'approche globale.

3.4. Approche simplifiée pour la quantification des matières fécales

La quantification des matières fécales à l'échelle territoriale est un exercice inédit qui s'est ici basé sur une approche simplifiée. Dans notre étude, les matières fécales ont été considérées comme directement proportionnelles au volume d'urine produit, et ce peu importe le lieu de production. Il est évident que cela ne traduit pas la complexité de la réalité, en particulier pour l'approche par niche dans laquelle une réflexion pourrait être faite par rapport à l'implantation d'urinoirs seuls, ou de cabines de toilettes.

³³<https://www.leesu.fr/ocapi/les-projets/tango-transition-de-lassainissement-urbain-vers-une-nouvelle-gestion-de-la-matiere-organique/>

PARTIE 3. Usages et opportunités de valorisation

L'**inventaire des usages d'engrais et d'amendements sur les sols** a été réalisé en parallèle de la quantification du gisement afin d'identifier les possibilités de substitution des fertilisants industriels par des produits issus de processus de séparation des urines, des matières fécales et/ou des couches compostables.

Deux types d'usages des potentiels produits ont été distingués :

- Un usage en **fertilisation**, qui correspond à l'apport de nutriments sous forme minérale à une dose annuelle afin de piloter la croissance des plantes au plus proches de leurs besoins (dose par hectare). Les deux éléments majeurs étudiés dans cette approche sont l'azote (N) et le phosphore (P)., Concernant l'azote, **nous distinguerons l'azote minéral de l'azote organique, les urino-fertilisants ont vocation à remplacer l'azote ammoniacal (minéral)**. La demande en fertilisant N sera donc exprimée en quantité de N minéral utilisée.
Concernant l'élément P, la convention en agriculture est de calculer la dose d'apport en équivalent P_2O_5 par hectare. Dans le cadre de cette étude, nous utiliserons cette convention pour caractériser les doses appliquées, mais nous convertirons les résultats pour présenter l'élément "P" seul, afin de pouvoir les comparer directement au gisement évalué dans la partie précédente³⁴.
- Un usage en **amendement**, qui correspond à l'apport de matière organique au sol afin d'améliorer sa fertilité à long terme (amélioration des propriétés mécaniques, physiques, chimiques et biologiques du sol). Au vu de la diversité des produits amendants existants et afin de simplifier l'étude, nous ferons ici l'hypothèse que tous les composts ont des propriétés amendantes similaires. Dans l'expression des besoins du territoire, l'unité "équivalent compost" (en tonnes) a été retenue.

³⁴ Pour effectuer la conversion, 1 kg de P_2O_5 = 0,43 kg de P

1. Méthode de quantification des opportunités de valorisation

1.1. Méthodologie générale

La méthode de quantification des usages consiste à **recenser les potentiels utilisateurs agricoles** (via l'assolement) **et non-agricoles** (via différentes sources d'informations) **sur le territoire**. L'**unité de référence** pour ce recensement est la **surface des exploitations ou des équipements, en hectare**. Dans un second temps, un besoin en intrants (fertilisants et/ou amendants) est établi, sur la base de données bibliographiques ou de retours d'entretiens, et exprimé par unité de surface.

1.2. Méthodologie de détermination de l'assolement

L'assolement est déterminé en **compilant les données du Registre Parcellaire Graphique (RPG)** à la maille communale. Cette méthodologie permet de déterminer la surface allouée à chaque culture dans chaque commune du territoire. **Lorsque la commune est soumise au secret statistique, une méthodologie de déduction de l'information communale à partir de la donnée connue à une échelle plus large est mise en œuvre.**

Concernant la vigne, la donnée n'est pas systématiquement remontée dans le RPG, et les surfaces considérées proviennent donc du casier viticole informatisé (CVI)³⁵. Par ailleurs, une caractérisation des activités agricoles (*type, surface, nombre d'exploitation, ...*) à l'échelle de Bordeaux Métropole réalisée par la Chambre d'Agriculture a pu être consultée pour la réalisation de l'étude³⁶.

1.3. Méthodologie pour l'identification des usages non agricoles

Quatre usages non agricoles ont été considérés au cours de l'étude. Contrairement aux usages agricoles, seules les surfaces situées **à l'intérieur du périmètre de Bordeaux Métropole** ont été retenues. Pour chacun de ces usages, une méthodologie différente a été appliquée.

- Les **terrains de sports** et les **golfs** : requête spatiale à partir des données d'OpenStreetMap. Seuls les terrains de sport ayant une surface enherbée ont été retenus.
- Les **espaces verts** : base de données de la Métropole³⁷
- Les engrais des **particuliers** : estimation de la quantité d'engrais vendus, sur la base du chiffre d'affaires national de la filière et de la population présente sur le territoire.

³⁵ Cette méthodologie de détermination de l'assolement est la même que celle utilisée par Solagro pour déterminer l'indice de fréquence de traitement des cultures dans la carte Adonis :

<https://solagro.org/nos-domaines-d-intervention/agroecologie/carte-pesticides-adonis>

³⁶ Chambre d'agriculture de la Gironde (2022), Diagnostic Agricole 2021-2022, Bordeaux Métropole, Rapport, 160p.

³⁷Bordeaux Métropole (2024), Espace naturel ouvert au public, base de données ec_parcs_s, [disponible ici](#), consulté en août 2024

1.4. Méthodologie de détermination des besoins en nutriments et en compost

Pour chacun des usages identifiés, un ratio de besoins en nutriments et/ou en compost par unité de surface a été identifié, soit sur la base de l'expertise issue de projets passés, soit sur la base **d'enquêtes réalisées au niveau national** (notamment, enquêtes de *Pratiques Culturelles*, dites "Enquête PK", concernant les grandes cultures, la vigne, et les prairies), **soit au cours d'entretiens avec des représentants du monde agricole**. Les entretiens ont permis soit de définir les valeurs de fertilisation moyenne à utiliser par type d'usage, soit de valider celles proposées issues de la littérature.

Les ratios ainsi obtenus sont présentés dans la [figure](#) ci-dessous :

	Fertilisation			Amendement	Sources
	kgNtot/ha	kg Nmin/ha	kgP2O5/ha	t compost / ha	
Vigne	30	7,5	10	1,2	(CA) ; (h)
Grande culture*	168	149	41	x	(1) ; (CA) ; (c)
Prairie	59	20	5	x	(2) ; (c)
Maraîchage	150	75	50	30	(CA)
Vergers	30	15	10	1,2	(3) ; (h)
Horticulture	100	100	33	30	(4) ; (h)
Golfs	78	78	30	x	(4)
Terrains de sport	184	184	67	x	(4)
Espaces verts	x	x	x	0,26	(5)

Sources :

(CA) Entretien Chambre Agriculture ;
 (1) Enquête PK Grande Culture³⁸ ;
 (2) Enquête PK Prairie³⁹ ;
 (3) CA Tarn-et-Garonne⁴⁰ ;
 (4) TEVALU⁴¹ ;
 (5) Bordeaux Métropole

Notes : (c) Valeurs moyennes calculées pour l'assolement du territoire étudié ;

(h) Hypothèses Solagro⁴² ;

* Grandes cultures considérées : Blé, Maïs, Orge, Soja, Tournesol, Orge, Féverole, Colza, Triticale

Tableau 10. Synthèse des doses de fertilisation retenues par type d'usage agricole.

³⁸ Ministère de l'Agriculture (SSP) [Producteur], Pratiques culturelles sur les grandes cultures - 2017 [Fichiers de données], Centre d'Accès Sécurisé aux Données (CASD) [Diffuseur], <http://doi.org/10.34724/CASD.56.3033.V1>

³⁹ Ministère de l'Agriculture (SSP) [Producteur], Pratiques culturelles en prairie - 2017 [Fichiers de données], Centre d'Accès Sécurisé aux Données (CASD) [Diffuseur], <http://doi.org/10.34724/CASD.63.5206.V1>

⁴⁰ Chambre d'Agriculture de Tarn-et-Garonne (2019), Fertilisation raisonnée en arboriculture fruitière, [disponible ici](#)

⁴¹ Lienart 2022, op. cit.

⁴² Principales hypothèses : Vigne, maraîchage, vergers : Nmin/Ntot = 0,5 ; Vignes : le compost est utilisé au renouvellement des parcelles tous les 25 ans en moyenne. Utilisation de compost Verger = Vigne ; Utilisation compost horticulture = maraîchage

Pour les engrais des particuliers, sur la base du travail réalisé dans TeValU, les valeurs suivantes ont été retenues :

- 1,8 € d'engrais par habitant par an
- 9 gN/€
- 11 gP2O5/€
- 12 gK2O/€

2. Résultats de la quantification des opportunités de valorisation

2.1. Caractéristiques des utilisateurs

La **Surface Agricole Utile** (SAU) sur le périmètre de 30 km est évaluée à **106 435 hectares**, dont la répartition entre les différents usages est représentée sur la [figure](#) suivante.

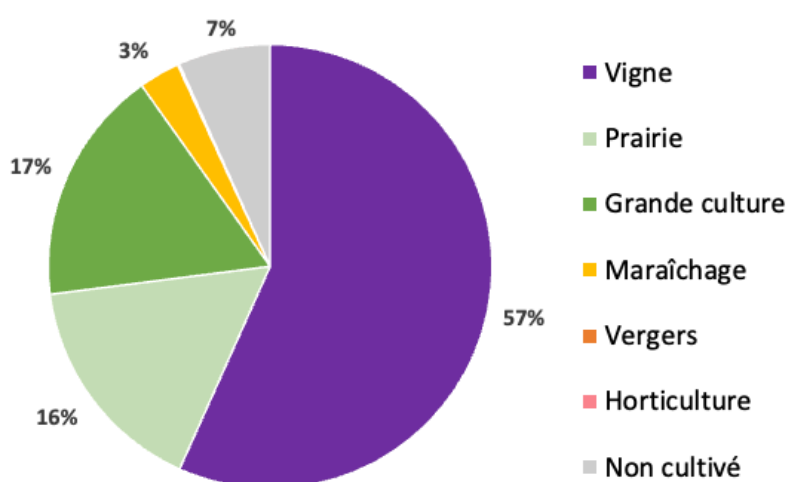


FIGURE 20. Assolement du territoire étudié pour la valorisation agricole

La **culture majoritaire en surface est la vigne**, avec environ 60 000 hectares principalement situés à l'est de la métropole. Viennent **ensuite les prairies**, représentant environ 18 000 hectares également situés à l'est, **puis la grande culture** représentant 17 000 hectares principalement située au sud-ouest de la métropole. Le maraîchage, qui se situe également plutôt au sud-ouest, ne représente que 3% de la SAU, soit environ 3 200 hectares.

Les usages non agricoles (264 identifiés) représentent environ 3 400 hectares au sein de périmètre de Bordeaux Métropole (voir [tableau](#) ci-dessous) :

	Nombre	Surface totale (ha)
Espaces verts	137	2 705
Terrains de sport	119	92
Golfs	8	623

Tableau 11. Synthèse des utilisateurs non agricoles

2.2. Besoins en éléments fertilisants

La **quantité annuelle d'azote minéral utilisée s'élève à 3 705 tonnes par an** (voir la [figure](#) ci-dessous), dont la quasi-totalité (98%) est partagée entre quatre principaux utilisateurs :

- vignes,
- prairies,
- grandes cultures
- maraîchage.

La **majorité de ces besoins** (73%) est destinée à la grande culture alors que celle-ci ne représente que 17% de la SAU, et **seulement 10% sont destinées à la vigne** (qui représente, 57% de la SAU).,

La **demande totale en phosphore représente 718 tonnes par an** (ou 1645 tonnes de P_2O_5), dont **83% est destinée à la grande culture et à la vigne**.

Les prairies, bénéficiant du retour au sol par les fumiers des animaux en pâture, ont de faibles besoins en azote comme en phosphore comparativement à leur surface. Ayant des rotations courtes et des exports de nutriments importants, le maraîchage nécessite, au contraire, de quantités relativement importantes, en particulier en P, comparativement à sa surface.

Les besoins des vergers et de l'horticulture sont très faibles. Parmi les utilisateurs non agricoles, **la principale demande en azote vient des golfs, avec environ 50 tonnes par an** (voir [figure](#) n°21 ci-dessous).

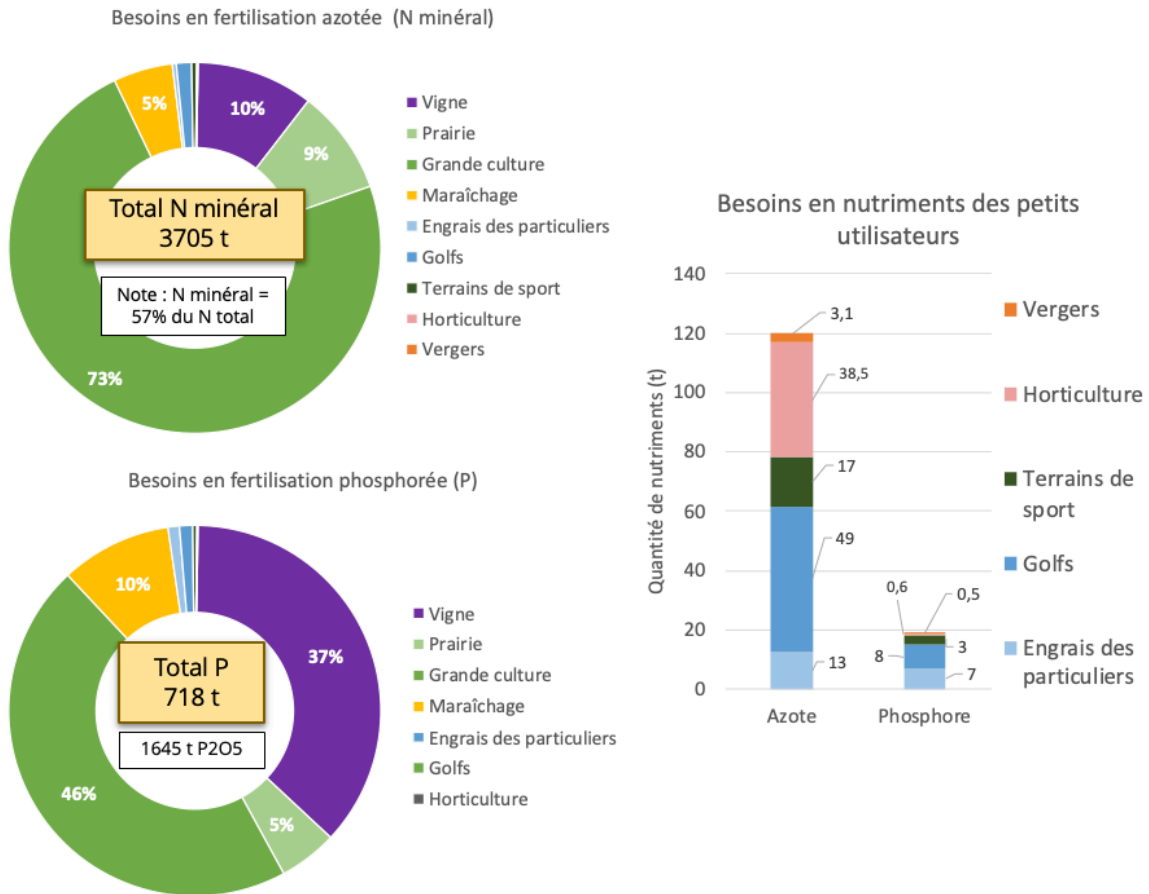


FIGURE 21. Demande en éléments fertilisants des usages agricoles et non agricoles

La demande en éléments N et P est représentée spatialement sur les [figures](#) n°22 et n°23 . **Les zones plutôt spécialisées dans la culture céréalière au sud-ouest concentrent l'essentiel du besoin en azote, tandis que les zones spécialisées en viticulture à l'est et au nord concentrent les besoins en phosphore.**

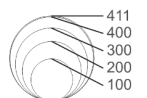
LÉGENDE

Besoin total en N (t/an)

- 0 - 17
- 17 - 49
- 49 - 129
- 129 - 276
- 276 - 411

Répartition du besoin selon les cultures

- Vigne
- Prairie
- Grande culture
- Maraîchage
- Autres



Sources :
RPG 2021, Casier Viticole 2021, RA 2010,
Agreste 2017, Agreste 2006, Solagro

Réalisation :
Solagro - avril 2024

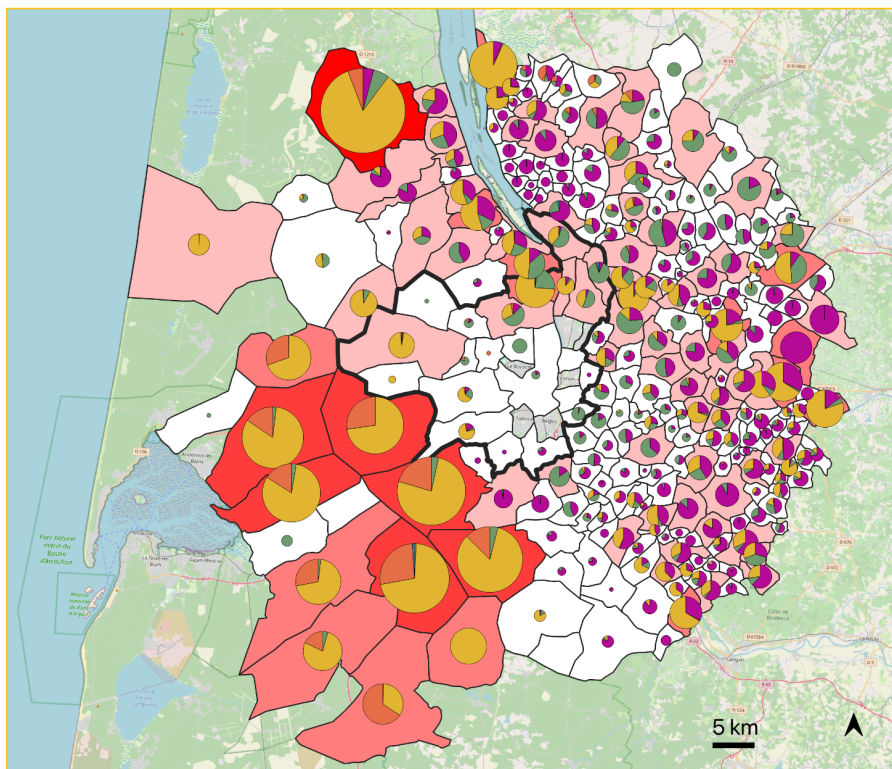


FIGURE 22. Besoin en azote - représentation spatiale du besoin en nutriments par type de culture

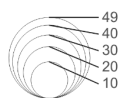
LÉGENDE

Besoin P (t/an)

- 0 - 3
- 3 - 8
- 8 - 18
- 18 - 33
- 33 - 49

Répartition du besoin selon les cultures (t/an)

- Vigne
- Prairie
- Grande culture
- Maraîchage
- Autres



Sources :
RPG 2021, Casier Viticole 2021, RA 2010,
Agreste 2017, Agreste 2006, Solagro

Réalisation :
Solagro - avril 2024

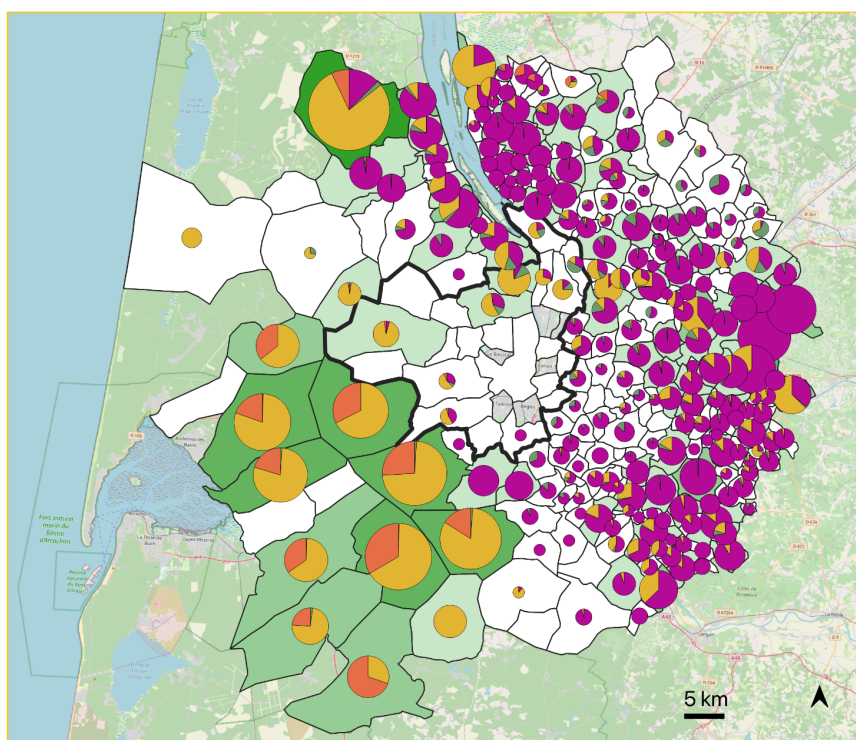


FIGURE 23. Besoin en phosphore - représentation spatiale du besoin en nutriments par type de culture

2.3. Besoins en amendement

Les utilisateurs principaux de compost sont les **vignes et le maraîchage** ([figure](#) ci-dessous).

Le besoin en compost pour les vignes est estimé à environ **72 400 tonnes par an dont 1 100 tonnes dans le périmètre de Bordeaux Métropole**, avec des doses d'apport à la parcelle assez faible.

Pour le maraîchage le besoin estimé s'élève à 95 200 tonnes par an dont **4 800 tonnes au sein du périmètre de Bordeaux Métropole**, avec des doses d'apport annuelles importantes.

En comparaison, la **demande des autres utilisateurs étudiés s'élève à 1 900 tonnes par an**, dont **700 tonnes sont destinées aux espaces verts** sur le territoire de Bordeaux Métropole. Le reste étant principalement pour le vergers, et pour des exploitations d'horticulture dans un rayon de 30 km.

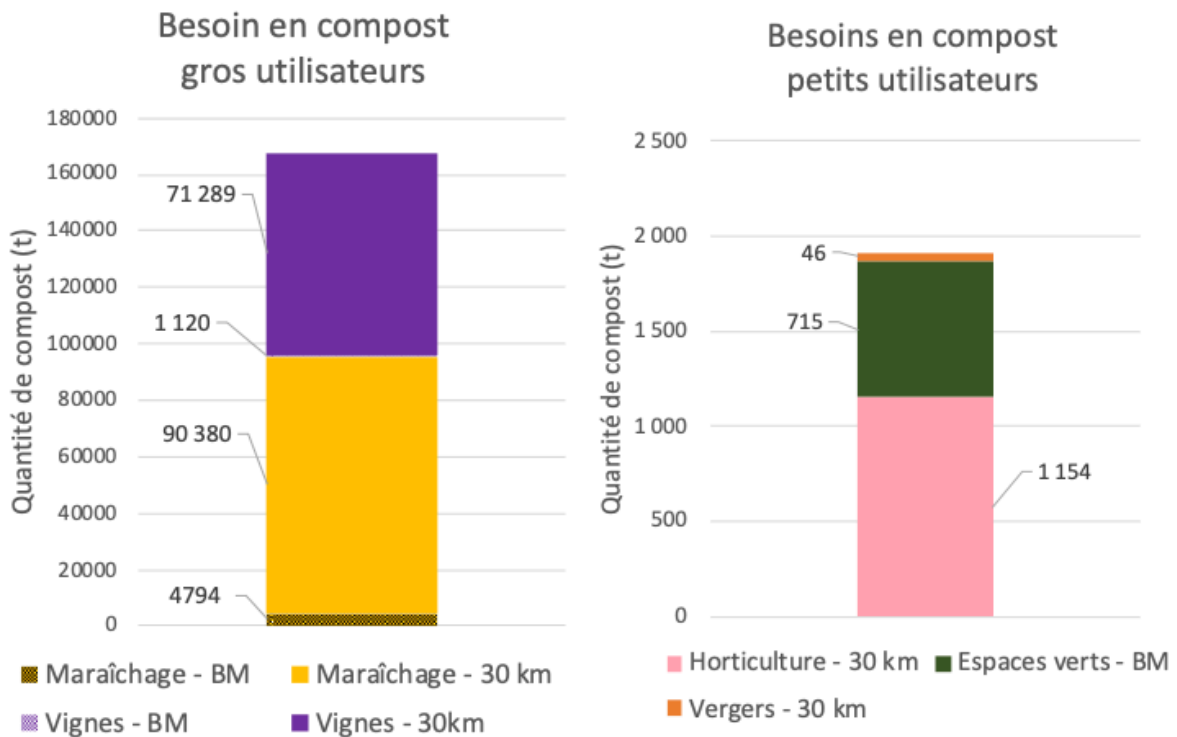


FIGURE 24. Estimation des besoins en matière amendante.
BM = périmètre de Bordeaux Métropole.

2.4. Comparaison entre le besoin et le gisement

L'analyse des besoins agricoles montre qu'à l'échelle des territoires considérés, les nutriments contenus dans les urines et matières fécales sont du même ordre de grandeur que ceux utilisés en agriculture. En effet, alors qu'environ 3 700 tonnes d'azote minéral sont utilisées chaque année dans un rayon de 30km, la même quantité est produite par les excréta des habitants de la métropole. Pour que la comparaison soit plus pertinente, il conviendrait néanmoins de tenir compte de l'efficacité des engrais issus des excréta comparée à celle des engrais minéraux ("équivalent engrais"), et non pas se contenter d'une comparaison terme à terme. Les premières études en la matière ont tendance à montrer que l'azote des urines est bien assimilé par les grandes cultures (Martin, 2021)⁴³, en particulier la fraction minérale. Par simplification, nous proposons donc ici d'approximer l'équivalent engrais des fertilisants issus de la collecte séparative à la partie minérale des excréta⁴⁴. Avec cette hypothèse, c'est environ 71% du besoin agricole qui pourrait être couvert au maximum, comme le montre la figure 25 ci-dessous. A noter que le potentiel de substitution est exprimé ici uniquement sur la partie minérale de l'azote (qui correspond elle-même à 57% de l'azote utilisé sur le territoire). Néanmoins le reste, c'est à dire, environ 2 800 tonnes d'azote organique, est par définition déjà apporté par des matières issues du recyclage.

En ce qui concerne la substitution de phosphore et la production de compost, la prise en compte de l'efficacité des engrais est moins prégnante, et nous proposons ici une simple comparaison terme à terme, illustrée par la figure 25. Ainsi, environ 50% du P et 40% du compost utilisé dans un rayon de 30 km pourraient, au maximum, provenir des excréta des habitants de la métropole.

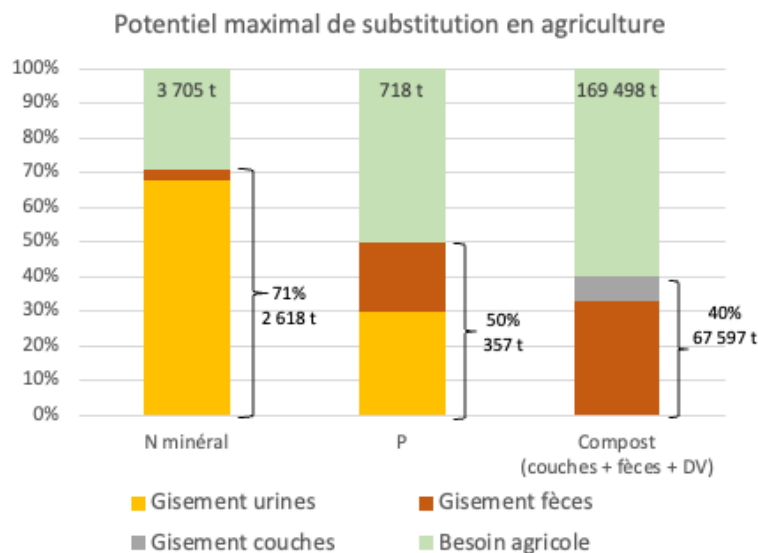


FIGURE 25. Substitution potentielle maximale des fertilisants et amendements par les gisements d'excreta et couches

⁴³ Martin, T. M. P., Esculier, F., Levavasseur, F., & Houot, S. (2020). Human urine-based fertilizers: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 0(0), 1–47. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1838214>

⁴⁴ Pour l'exercice, nous avons considéré, en cohérence avec la littérature, que la fraction minérale du N correspond à 80% du N des urines (Martin et al. 2020) et 20% du N des fèces (Jönsson et al. 2005) : Jönsson, H., Baky, A., Jeppsson, U., Hellström, D., & Kärrman, E. (2005). Composition of urine, faeces, greywater and biowaste for utilisation in the URWARE model.

Cette comparaison permet de tirer les enseignements clé suivants :

- Les filières de séparation à la source ne seront techniquement pas limitées par les usages possibles en agriculture, y compris dans le contexte bordelais où une majorité de la SAU est occupée par de la vigne, peu gourmande en intrants.
- A l'opposé, l'intensité des pratiques agricoles actuelles fait que la substitution totale des intrants des grandes cultures par des produits issus de la collecte séparative n'est pas envisageable. Comme le montrent l'étude de scénarios réalisée ci-après, la montée en échelle de la collecte séparative pourrait en revanche rapidement pourvoir toute la demande au sein du périmètre de Bordeaux Métropole.

PARTIE 4. Scénarisation

Afin de faciliter la projection des parties prenantes dans des chemins concrets vers la mise en place de projets expérimentaux, **l'étape finale de l'étude a abouti à la modélisation de scénarios de déploiement de filière**, à différentes échelles et selon différentes temporalités.

Dans cet objectif, **plusieurs scénarios dits "martyrs" ont été construits** à partir des résultats précédemment présentés, et tenant compte des projets d'aménagements urbains en cours ou en discussion sur le territoire, des technologies de production des urino-fertilisants disponibles, du système d'assainissement existant, du retour des acteurs sollicités au cours de l'étude, ainsi que des feuilles de routes stratégiques de la métropole. Ces scénarios n'ont pas vocation à être prédictifs ou normatifs, mais constituent une base de réflexion sur laquelle la métropole pourrait se baser pour développer sa propre stratégie.

Ces scénarios sont caractérisés par :

- un site de production et un gisement produit d'urines et matières fécales
- des modalités de collecte (équipements sanitaires, stockage)
- un traitement pour la production d'urino-fertilisant
- une ou plusieurs potentielles valorisations agricoles ou non agricoles

1. Hypothèses de déploiement : 3 scénarios proposés

Le choix des lieux d'équipement, pour chaque scénario, a été fait en tenant compte de plusieurs indicateurs. Des **indicateurs techniques**, tels que les installations déjà présentes, le **taux de fréquentation du lieu**, le **type de public**, la **nature du lieu** (bureau, école, lieu culturel...), etc. Néanmoins, pour garantir une faisabilité opérationnelle coïncidant avec la réalité, **la facilité d'évolution des équipements a également été prise en compte**, selon une méthode de hiérarchisation de la faisabilité présentée dans la [figure](#) ci-dessous :

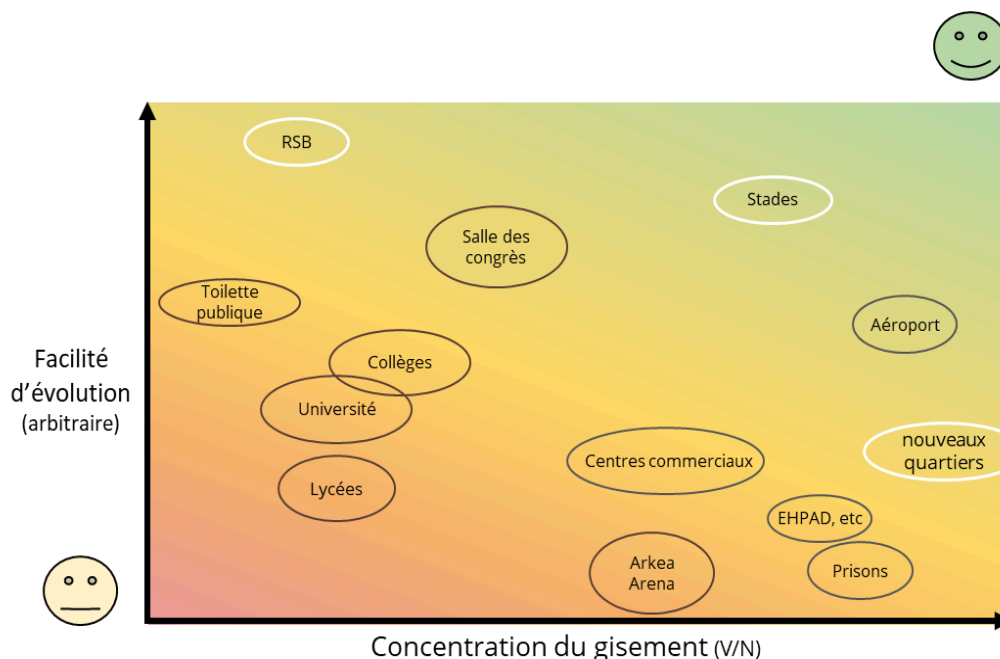


FIGURE 26. Illustration de la prise en compte de la faisabilité opérationnelle vs. de la disponibilité du gisement pour l'élaboration de scénarios

Cette faisabilité a été appréciée selon 1) **la concentration du gisement** qui serait mobilisable sur ledit site : c'est-à-dire le volume produit par rapport au nombre de bâtiment; ainsi que 2) **la possibilité opérationnelle d'une mise en place** de nouveaux équipements.

Ce dernier point a été apprécié via différents entretiens menés, et au regard des retours d'expériences nationales
=> voir dans les documents annexes de l'étude
- DOCUMENT ANNEXE N°5

Trois scénarios ont été étudiés pour représenter trois échelles de temps de mise en place :

- la mise en place d'un site pour expérimenter la séparation à la source
- le déploiement sur un projet de plus grande ampleur tel qu'un nouveau quartier
- la massification avec une dispersion des sites équipés sur le territoire afin de quantifier l'impact sur le système d'assainissement.

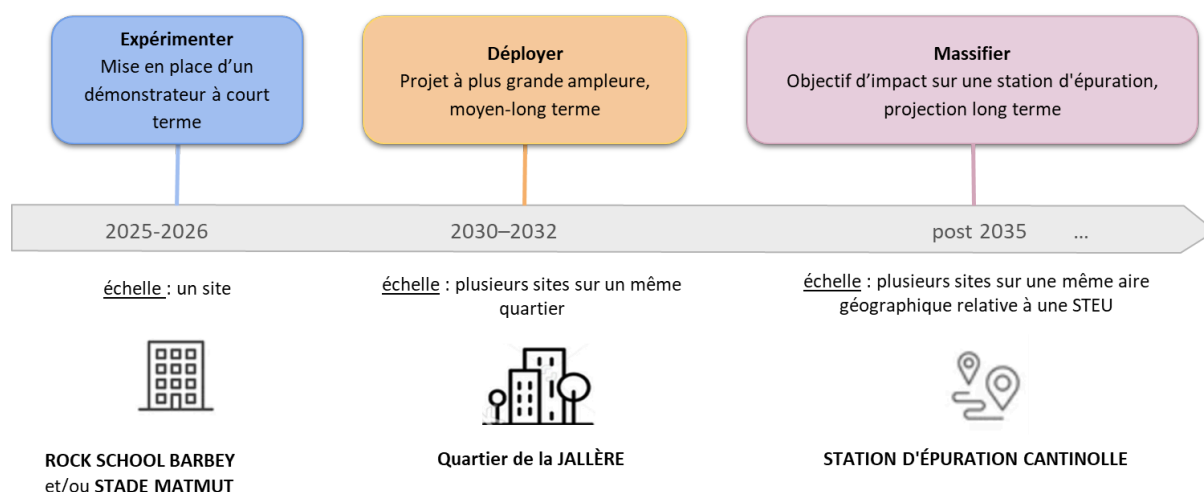


FIGURE 27. Description des trois scénarios étudiés

2. Méthode d'évaluation

Pour chaque scénario, la scénarisation a pour objectif de quantifier :

- les gisements d'excreta sur le site
- les flux collectés selon les équipements mis en place
- les flux d'eau consommés et par comparaison avec une situation de référence les flux économisés. Cette situation de référence consiste toujours au remplacement des équipements par des équipements actuels déjà hydroéconomes.
- les surfaces fertilisées selon les différents usages potentiels (espaces verts, maraichage, grande culture ...).
- les flux économiques (coûts d'investissement, coûts d'exploitation, recettes potentielles)

Concernant les scénarios de phase n°1 "expérimenter" et de phase n°2 "déployer", des calculs économiques ont été réalisés (investissement, exploitation et coûts évités). Concernant les scénarios de phase n°2 "déployer" et de phase n°3 "massifier", l'impact sur la station d'épuration a également été quantifié en terme de diminution de consommation énergétique pour l'aération.

2.1. Méthodologie de calcul pour les excréta

La liste des données utilisées pour cette partie se trouve dans les documents annexes de l'étude
- DOCUMENT ANNEXE N°9

2.1.1. Les équipements hydroéconomiques

Les toilettes conventionnelles ont des doubles chasses d'eau de 3L et 6L. La **consommation d'eau moyenne par chasse est estimée à 3,75 L/chasse selon le guide Eau de la certification Haute Qualité Environnemental des bâtiments (HQE)**. Cela correspond à un ratio de 3 petites chasses pour 1 grande chasse.

V chasse urinoir eau	2-4 L	L/chasse	constructeurs
V chasse urinoir sec et toilette sèche	0	L/chasse	par définition
V chasse toilette à eau (Save! ou classique)	3,75	L/chasse	HQE - toilettes de 3/6L avec 3 petites chasses pour 1 grande chasse
V chasse Eco Flush	1,13	L/chasse	Données constructeur : 0,3 / 2,5 L ⁴⁵

Tableau 12. Volume des chasses des différents dispositifs de collecte

Si les urinoirs et les toilettes sèches capturent **100% des urines**, les toilettes séparatives à eau du [type Save!](#) permettent de collecter au mieux **80% des urines** grâce au piège à urine. Néanmoins, la fente sur la paroi verticale n'est pas infaillible. De la même manière, ce piège à urine laisse passer une partie de la chasse d'eau estimée à 250 mL par chasse⁴⁶. Ainsi l'urine est diluée par une partie de l'eau de chasse. Le mélange urine et eau de chasse est appelé "eaux jaunes".

2.1.2. Les gisements

Les hypothèses utilisées pour la quantification des usages (Partie 1) ont été utilisées pour estimer pour scénarios 2 et 3. Pour estimer le nombre d'emplois sur les projets d'aménagement, une **valeur de 10 m²/employé a été considérée**.

Pour les scénarios 2 et 3, la population résidente a été estimée en considérant le nombre de logements équipés et un occupation moyenne de 2,17 personnes par logement (taille moyenne des foyers français⁴⁷). Une **valeur de 10 m²/employé a été considérée** pour le scénario 3.

Pour plus de précisions, se référer au [point méthode 1. de la partie 2.](#)

⁴⁵ [Brochure EcoFlush](#)

⁴⁶ retour d'expérience EAWAG - communication personnelle.

⁴⁷ Données INSEE 2021 : Taille des ménages - France - TABLEAU DE BORD DE L'ÉCONOMIE FRANÇAISE

2.1.3. Les usages

Les hypothèses utilisées pour la quantification des usages (Partie 3) ont été utilisées pour estimer pour chaque scénario : **les surfaces fertilisées, le nombre d'exploitations correspondantes**, ou le pourcentage des besoins couverts pour une exploitation.

La page "usages" du **DOCUMENT ANNEXE N°9** récapitule l'ensemble des informations utilisées.

2.1.4. Les impacts sur l'assainissement

Le calcul de l'impact sur l'assainissement a été réalisé à partir du modèle développé par Besson et al. 2015⁴⁸, en considérant les rejets moyens mesurés en azote et phosphore. Les besoins d'aération ont été calculés en se basant sur la demande en oxygène pour la dégradation de la matière organique biodégradable (DCO) et la demande en oxygène pour la nitrification. La consommation de DCO pour la pré-dénitrification a aussi été considérée.

Les consommations énergétiques d'aération se basent ensuite sur une efficacité de transfert d'oxygène basée sur une insufflation fines bulles. **Ce modèle a été développé pour des boues activées mais est ici appliqué de manière indifférenciée pour les stations d'épuration en biofiltres ou boues activées.**

2.1.5. Le bilan économique

Investissement équipements

Le coût des équipements diffère largement selon les équipements choisis. Pour chacun des scénarios envisagés, les équipements prévus n'étant pas les mêmes, un volet "investissement" a été prévu dans chacune des fiches scénario.

Se référer au documents annexes "SCÉNARIO" n°6, n°7 et n°8

Coûts de collecte

Les coûts de la collecte des excréta (enlèvement et transport jusqu'au site de traitement) varient selon les territoires. Ici, selon le retour des acteurs locaux, il a été considéré que chaque collecte s'élèverait à 500€ HT (hypothèse majorante) .

S'ajoute à ce coût de collecte, **un coût supplémentaire serait induit par la collecte des cuves de stockage des urines.**

Impact économique sur les stations d'épuration

L'estimation de coûts d'exploitation de la station d'épuration par la baisse de consommation énergétique a été calculée à **partir du bilan financier de Bordeaux Métropole**. A titre informatif, le premier poste de dépense reste les charges liées au personnel (25%).

⁴⁸ Besson, M., Berger, S., Bessière, Y., Paul, E., 2015. Simulation of scenarii with source separated system integrated in the cities for wastewater added value, in: ResearchGate. Presented at the Eau Mègalopoles et changement global.

Les charges d'exploitations pour la consommation énergétique des 6 stations s'élèvent quant à elles à 2,4 millions d'euros pour l'année 2022⁴⁹. Cela représente 6% des charges d'exploitation. La même année, 36 696 MWh⁵⁰ ont été consommés soit un coût moyen de 65€/MWh.

Prix de l'eau

Le prix de l'eau sur la métropole de Bordeaux a été considéré pour les économies engendrées par la diminution de la consommation d'eau : **3,997 €/m³ pour l'année 2024**⁵¹.

Valorisation économique des engrais

Les engrais produits à partir des matières collectées séparément peuvent, selon les scénarios, représenter un revenu économique, soit par des coûts évités d'achat d'engrais, soit par la vente de produits fertilisants transformés.

- Le coût évité des engrais n'est applicable que dans la configuration où l'acteur qui finance la mise en place de la collecte séparative et la transformation des excréta, a un besoin en fertilisation. Ce schéma s'applique à une métropole, qui a besoin de fertilisation notamment pour ses terrains de sports, ou encore certains de ses espaces verts. Sur la base d'entretiens et de produits référencés, **le coût d'achat des engrais a été estimé à 2€/L ou kg, ou 13€/kgN**⁵²
- **La vente de produit n'est possible que pour des produits normés ou homologués** (voir note réglementaire). Pour cette raison, seul le produit Aurin (en passe d'obtenir une autorisation de mise sur la marché en France) a été considéré. Le prix de l'Aurin est de 9€/L, ou 218€/kgN. Ces produits seraient essentiellement à destination d'utilisateurs non professionnels.
- **La valorisation économique des produits par la vente à des agriculteurs est plus difficile à imaginer.** Premièrement, les attentes du monde agricole à l'égard de matières considérées comme des déchets est souvent le principe du 'zéro euro rendu racine'. Dans un second temps, les prix auxquels sont aujourd'hui achetés les engrais agricoles sont très inférieurs à ceux évoqués ci-dessus : le cours moyen est fixé à environ 300€/t d'ammonitrate (concentration à 33% de N), soit **3€/kg ou L de produit ; ou encore 1€/kg de N.**

⁴⁹ Rapport annuel d'activité sur le prix et la qualité des Services publics de l'eau et de l'assainissement, 2022. Bordeaux Métropole téléchargeable ici : Collectivité BORDEAUX Métropole (2022) | Observatoire Sispea (eaufrance.fr)

⁵⁰ Rapport annuel de fonctionnement pour l'année 2022 pour chaque station.

⁵¹ Données métropole pour 2024 : [Nouvelle tarification de l'eau 2024](#) · Régie de L'Eau Bordeaux Métropole

⁵² Prix moyen pour diverses références de produits Triferto

2.2. Méthodologie du scénario couches

Le scénario de collecte séparée de couches compostables **se base sur des taux de collecte dans les différents types de gisement identifiés lors de la quantification**, à savoir :

- Les couches produites en crèches publiques
- Les couches produites en crèche privées
- Les couches produites dans les familles d'enfants allant à la crèche
- Les couches produites chez les assistantes maternelles
- Les couches produites dans les familles d'enfant gardés en assistance maternelle
- Les couches produites dans les familles des enfants gardés au domicile

Le taux de collecte dans chacun de ces gisements est détaillé par commune en fonction des scénarios de déploiement. Ces hypothèses permettent ainsi d'obtenir la quantité (en nombre de couches et en tonnes) de couches collectées, et d'en déduire la quantité de compost correspondante (ainsi que la quantité de déchets verts nécessaires au compostage). Ces valeurs sont déterminées à partir du modèle de compostage des couches décrit précédemment (voir [partie 1.7 de la PARTIE 2](#)).

3. Description des scénarios

Pour rappel, chacun des scénarios présentés ci-après a fait l'objet d'une présentation propre sous forme de PPT simplifié et plus accessible que la présente version rédigée. En ce sens, nous recommandons d'aller visiter les **DOCU ANNEXES n°6, 7 et 8** pour une appropriation simplifiée des contenus.

3.1. Le scénario de déploiement des couches

3.1.1. Présentation du scénario

Le scénario choisi est un **scénario de montée en puissance de la collecte séparative de couches, avec trois temporalités**, présenté dans le [tableau](#) ci-dessous. Ce scénario de déploiement se justifie par la prise en compte de la situation existante, dans laquelle **quatre communes du territoire expérimentent déjà la collecte de couches au sein des crèches publiques**.

Étape	Temporalité	Communes	Taux de collecte	Modalités de collecte
S1	2025	Bordeaux, Saint Médard en Jalles, Bègles, Le Bouscat	100% des crèches publiques 40% des crèches privées 20% des familles des crèches	Collecte via les crèches
S2	2026 2027	Bordeaux, Saint Médard en Jalles, Bègles, Le Bouscat	100% des crèches publiques 60% des crèches privées 80% des familles des crèches	Points d'apport volontaires proches des crèches
S3	2030	Toutes les communes de Bordeaux Métropole	100% des crèches publiques 60% des crèches privées 80% des familles des crèches 10% des autres familles	Points d'apports volontaires répartis sur tout le territoire

Tableau 13. Synthèse des trois horizons temporels du scénario de collecte séparative des couches compostables

Dans un premier temps, **cette collecte serait étendue aux crèches privées** avec une sensibilisation des familles d'enfants allant à la crèche. Dans ce modèle, **les couches restent collectées au sein des crèches**.

Dans un second temps, le nombre de crèches privées augmenterait, et les familles des enfants allant en crèche seraient largement sollicitées, ce qui **nécessiterait l'implantation**

de points d'apports volontaires à proximité des crèches afin de faciliter l'adhésion et les aspects logistiques. Un point de vigilance a néanmoins été relevé par Mundao, car ces points d'apport volontaires ne pourraient pas -à l'heure actuelle- être situés dans l'enceinte même des crèches, pour des raisons réglementaires.

Enfin, la dernière étape du déploiement serait de **généraliser ces pratiques à l'ensemble des communes de la métropole**, et de sensibiliser les familles des **enfants n'allant pas à la crèche**, en initiant le déploiement de **points de collectes répartis sur tout le territoire**.

3.1.2. Résultats

Ces scénarios illustrent que **la majorité des gisements se situent dans les familles**, a fortiori dans les familles des enfants n'étant pas inscrits en crèche. Ils montrent qu'**une politique de déploiement massif de la collecte en crèche et de sensibilisation des familles** pourrait permettre de collecter une part non négligeable du gisement total, **de l'ordre de 22% à horizon 2030**.

Dès la phase intermédiaire de déploiement, à horizon 2026-2027, **une quantité annuelle de compost d'environ 1 200 tonnes pourrait être produite**. Cette quantité de compost pourrait, par exemple, couvrir environ 1000 hectares de vignes, soit couvrir la totalité des besoins des vignes dans le périmètre de la métropole. **Elle pourrait également couvrir l'intégralité des besoins en compost pour l'entretien des espaces verts**.

En maraîchage, il couvrirait environ 24% des besoins d'exploitation de la métropole. Ces résultats montrent que, même en collectant une part limitée du gisement, le compost produit répondrait à une part non négligeable des besoins en amendement de la métropole.

Dans une projection où la composition des ordures ménagères restait similaire à celle actuelle, alors la réduction des déchets permise par cette collecte séparée resterait en revanche peu sensible (réduction de 0,2% à 1% des OMR).

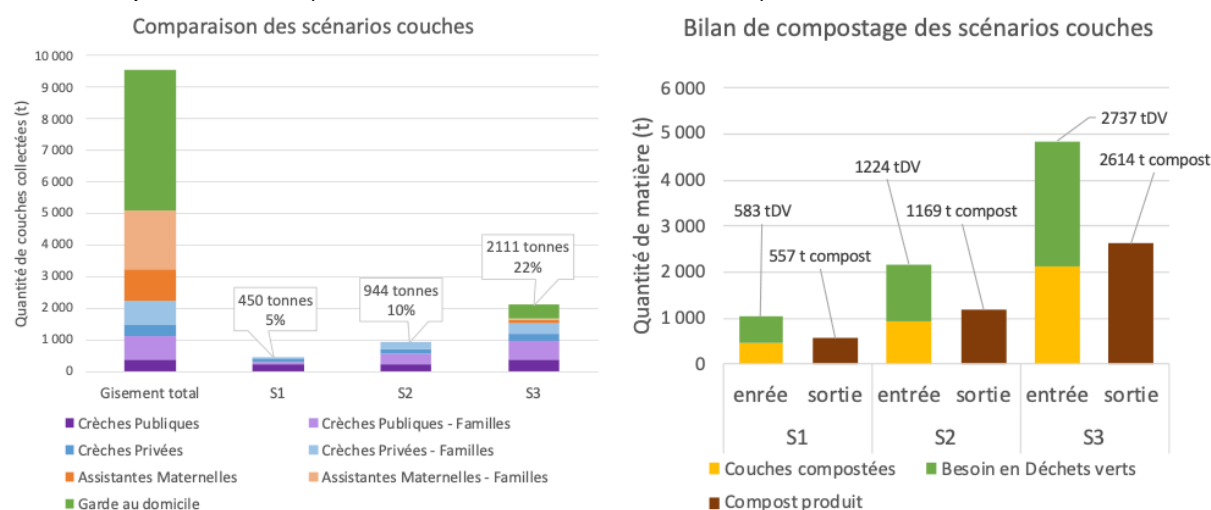


FIGURE 28. Résultats de la modélisation des scénarios de collecte de couches compostables

3.2. Le scénario à l'échelle 1 - La Rock School Barbey

Dans ce scénario, un bâtiment/lieu unique serait équipé de toilettes sèches à séparation, et/ou d'urinoirs. Leur collecte et gestion se ferait via une délégation de service public ou via appel à des prestataires locaux.

3.2.1. Présentation du scénario

La [Rock School Barbey](#) (RSB) est une salle de concert doublée d'une école de musique située sur la Ville de Bordeaux.

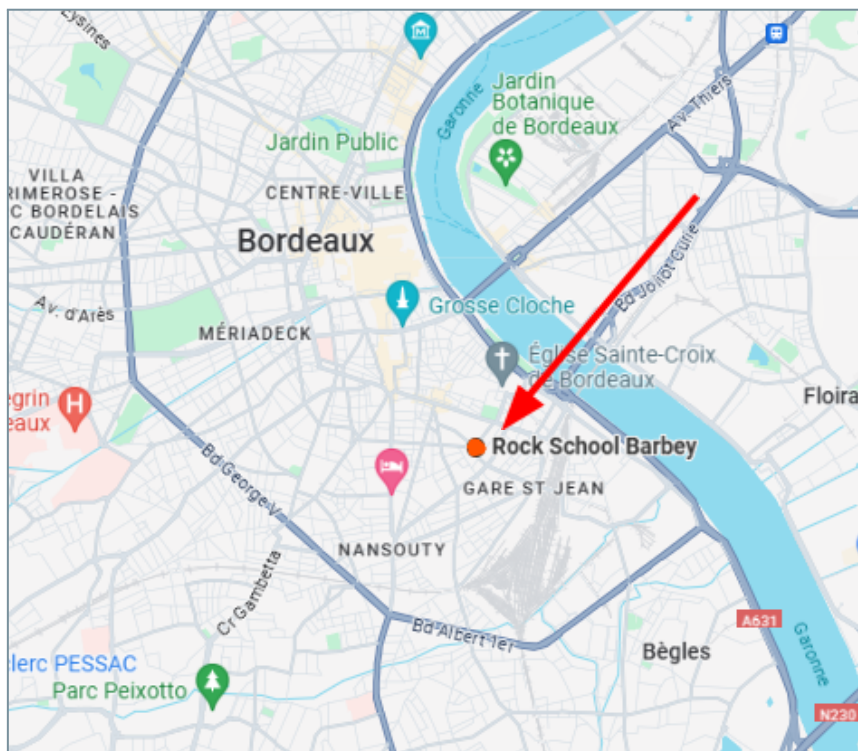


FIGURE 29. Localisation de la Rock School Barbey
OpenStreet Map

Depuis de nombreuses années, les équipes de la RSB travaillent à **un projet d'extension et de réhabilitation des espaces**, aujourd'hui vétustes. La Métropole, via sa direction Maîtrise d'ouvrage et patrimoines culturels s'étant emparé de cette nécessité, une refonte complète de la salle de spectacle et des espaces de travail sera lancée courant 2025.

Le programme de rénovation a pour objectif d'obtenir l'agrément de deux Labels. Pour cela, de fortes ambitions sont portées (confort thermique pour les occupants, faibles émissions et consommations globales au sein du bâtiment, utilisation de matériaux recyclés, réduction des consommations d'eau, toiture végétalisée... etc) dont celle d'intégrer l'installation de sanitaires sans eau.

3.2.2. Equipements

Aujourd'hui, la RSB est équipée de **6 sanitaires** pour la salle de spectacle et d'un urinoir (hors service depuis plusieurs mois) pour une **jauge de 670 personnes**, et pour environ 120 événements organisés par an environ. Par ailleurs, 3 000 élèves fréquentent annuellement l'école de musique. Cela représente **42 000 personnes par an sur le site**.

Les **projections** visent à passer à une jauge d'environ **850 personnes**, accompagnée d'une augmentation du nombre d'événements annuels. Cela représenterait **environ 52 000 personnes par an sur le site**, après rénovation. C'est sur ces projections que les prochaines estimations ont été modélisées.

3.2.3. Quantification des flux collectés

La fréquentation des 52 000 personnes pré-mentionnées **induirait la production** sur le site d'environ **12m³/an d'urines**, et **d'une tonne de fèces par an**. Cela représenterait une quantité de **96 kg d'azote par an** (dont 81 kg/an proviendraient des urines, et 14 kg/an des matières fécales). Par ailleurs, **9,3 kg de phosphore par an pourraient être récupérés** (dont 5,5 kg/an via les urines, et 3,7 kg/an via les matières fécales).

Plusieurs hypothèses ont été faites quant aux installations (*100% secs, vs 100% urinoirs secs (x6) + toilettes conventionnelles (x6)*). Selon ces hypothèses, les gisements collectés ne seraient pas les mêmes (cf annexe n°6). La quantification des usages a alors été modélisée dans un scénario où tous les équipements futurs fonctionnent sans eau.

3.2.4. Quantification des usages

La quantification des usages montre que ce gisement reste de faible envergure mais pourrait permettre de fertiliser :



2,6 ha de vergers
Soit env. 10% des besoins de la métropole

ou



0,6 à 1 ha de maraîchage
Soit env. ¼ des besoins moyens d'une exploitation. Soit moins de 1% des besoins en maraîchage sur la métropole.

ou



0,8 ha en horticulture
Soit env. 10% des besoins de la métropole.

3.2.5. Bilan économique

Dans le cadre de ce projet, un cahier des charges a été élaboré, laissant la possibilité pour la future maîtrise d'œuvre de proposer des équipements 100% secs (toilettes sans eau, et urinoirs secs féminins et masculins), ou seulement des urinoirs (masculins et féminins).

Investissements

Les investissements pourraient être estimés à⁵³ :

- **16 500€** dans l'hypothèse 1 où des toilettes à séparation, reliées au tout-à-l'égout pour les fèces seraient installées (9 500€), ainsi que 6 urinoirs secs (7 000€).
- **entre 33 000 et 38 000€** dans l'hypothèse 2 où des toilettes sèches reliées à des composteurs situés au sous-sol seraient installés, ainsi que 6 urinoirs secs (7 000€).

Fonctionnement

	Hypothèse n°1	Hypothèse n°2
Equipements	100% urinoirs secs (6), et toilettes conventionnelles (6) -> seules les urines seraient valorisées	L'ensemble des équipements fonctionnent sans eau (urinoirs et toilettes)
Transformation des urines	Sur un site annexe -> collecte (env. 6m ³ /an = 1 collecte/an)	Sur un site annexe -> collecte (env. 12m ³ /an = 2-3 collectes/an)
Transformation des matières fécales	0.	Sur site via composteurs reliés (env. 1 tonne produite/an)
Economies d'eau pour l'exploitant	Environ 60m ² = env. 230€/an ⁵⁴	Environ 175m ³ /an = env. 700€/an ⁵⁵
Production compost	0.	0,6 tonnes/an
Surcoûts et/ou économies	Pour cette hypothèse, moins d'urines seraient collectées (env. 6m ²), et donc moins d'eau économisée (env. 57m ²). Les économies financières seront donc moins importantes (env. 230€/an), bien que le nombre de prestations de collecte soit, quant à lui, réduit à une seule par an (500€). Au regard de ces estimations, et en envisageant que les gestionnaires entretiennent les équipement eux-mêmes, alors un surcoût de presque 300€/an serait à supporter par l'exploitant.	Pour cette hypothèse en 100% sanitaires secs, davantage d'urines seraient récupérées (12m ²), donc plus d'eau économisée (175m ²), mais plus de prestations de vidanges devraient être mises en place (2 à 3 fois par an). Au regard de ces estimations, et en envisageant que la salle de spectacle auto-entretienne ses installations, alors un surcoût d'au moins 300€/an serait à supporter par l'exploitant.

Tableau 14. Hypothèses coût de fonctionnement scénario 1

⁵³ Coûts unitaires pris en compte : urinoir Homme : entre 350€ et 800€ pièce / Urinoir Femme : entre 500€ et 900€ pièce

⁵⁴ 59*3,997=235,8

⁵⁵ 175*3,997=699,5

Points de vigilances

Il semble probable que pour la première année d'exploitation, la RSB fasse appel à un prestataire pour assurer toute la gestion de la filière (*vidange des cuves, entretien des composteurs, vidange/retournement des composteurs, formation des équipes de nettoyage, ...*). Des coûts supplémentaires seraient alors induits.

L'évolution du projet mènera les équipes de la métropole, de la RSB et de la MAMMO à envisager de quelles façons des soutiens financiers pourraient être mobilisés pour encourager les structures installant de nouveaux équipements tels que ceux mentionnés, ce, sans surcoûts pour les exploitants.

3.3. Le scénario à l'échelle 1 bis : Le stade MATMUT ATLANTIQUE

3.3.1. Présentation du scénario

Comme représenté dans la [figure n°24](#), les stades ressortent comme étant un lieu de captage des excreta -spécifiquement des urines- intéressant à exploiter de par la quantité des flux qui y sont produits. Ils apparaissent également comme étant une potentielle vitrine agissant comme une réelle voie de communication auprès du grand public pour faire découvrir en "pratique" la séparation à la source.

Deux grands stades sont présents sur le territoire d'étude : le stade Chaban-Delmas, et le stade Matmut Atlantique. Bien que le stade Chaban Delmas soit **davantage fréquenté**, il n'a pas été retenu dans les scénarios d'équipement, notamment car une partie des installations de sanitaires ont été réhabilitées très récemment. Il semblait alors peu probable que des nouvelles dépenses soient validées sur cette ligne budgétaire à court terme. Le choix s'est alors porté sur le stade MATMUT ATLANTIQUE, qui n'est alors **pas le plus représentatif en terme de fréquentation car cette dernière est faible** (notamment à cause de la relégation de l'équipe de football bordelais), mais qui porte cependant un intérêt à la séparation à la source et aux sanitaires fonctionnant sans eau.

3.3.2. Equipements

Ce stade est d'une capacité de **42 566 places** et accueille **environ 350 000 personnes par an** sur environ **23 évènements par an**. 423 toilettes sont installées sur le site, dont 287 destinées au public, auxquelles s'ajoutent 402 urinoirs masculins dont 332 pour le public.

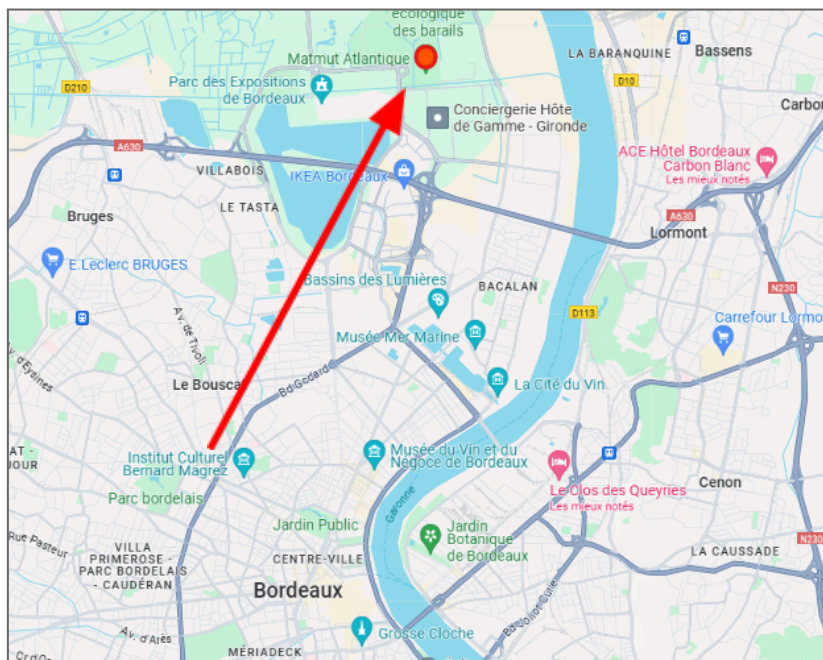
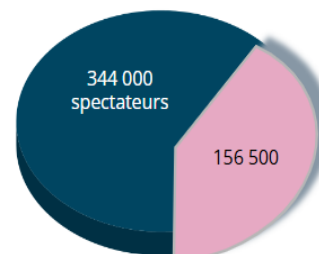


FIGURE 30. Localisation du site du scénario 1 bis
OpenStreetMap

3.3.3. Hypothèse

Le scénario étudié consiste à remplacer les 332 urinoirs masculins existants par des urinoirs secs. Pour estimer le volume d'urine collectée par ces urinoirs, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- 1 passage aux toilettes par personne présente
- 65% d'hommes parmi les spectateurs
- 70% des hommes utilisent les urinoirs, les 30% restants utilisent les toilettes



Cette hypothèse tient compte de la présence de **156 520 hommes** et **45,5% du gisement total** des spectateurs annuels.

3.3.4. Quantification des gisements et des flux collectés

Le [tableau](#) ci-dessous synthétise les résultats de la quantification des gisements:

	Gisement total		Gisement collecté
	Urine "pure"	Matières fécales	Urine collectée via l'hypothèse
Volume / Masse	75 m ³ /an	7-8 t/an	33 m ³ /an
Azote (kg N/an)	500	90	227
Phosphore (kgP/an)	34	23	15,5

Tableau 15. Estimation du gisement total et du flux collecté sur le stade MATMUT ATLANTIQUE

3.3.5. Quantification des usages

La quantification des usages montre que ce gisement reste de faible envergure mais pourrait permettre de fertiliser :



1,2 ha de terrain de sport.

Soit entre 1 et 2 terrains de foot ou rugby. Soit 1% des besoins de la métropole. Ainsi le stade MATMUT pourrait être fertilisé avec l'urine produite sur place par ses propres spectateurs.

ou



1,5 ha de maraîchage

Soit 30% des besoins moyens d'une exploitation. Soit 1% des besoins en maraîchage sur la métropole.

ou



2,2 ha en horticulture

Soit 30% des besoins en horticulture sur la métropole.

3.3.6. Bilan économique

Investissement

Le coût d'investissement est à calculer selon l'hypothèse considérée (voir plus de précisions dans le document annexe n°6).

	Remplacement de 100% des urinoirs masculins	Remplacement de 15% des urinoirs masculins
Coût investissement	entre 70k€ et 120k€	entre 30k€ et 40k€

Tableau 16. Hypothèses des coûts d'investissements, scénario 1bis

Exploitation

Au regard du peu d'évènements annuels sur ce site, il a été ici envisagé qu'une gestion externalisée pourrait être mise en place pour la gestion des urines. Ainsi, une collecte par camion citerne aurait lieu après chaque manifestation (25 par an).

Le coût de la collecte s'élèverait alors à 12 500€/an (25 collectes à 500 €HT/collecte), avec une hypothèse majorante du coût unitaire de collecte.

Economies d'eau

Les économies d'eau liées à l'utilisation des urinoirs par 156 500 personnes par an, s'élèveraient 300 à 600 m³ d'eau/an soit 1 200 € à 1 800 € /an.

Pistes d'amélioration économique du scénario

Une modèle économique viable, sans surcoût, pourrait être envisagé si une unité de transformation des urines était installée sur place, permettant la production de fertilisants ou engrais, propres à être utilisés par le stade lui-même, ou pouvant être mis en vente. Ainsi, les coûts évités d'achat de fertilisant s'élèveraient à environ 3 000 €/an⁵⁶.

⁵⁶ En considérant 13€/tkgN, voir méthodologie

3.4. Le scénario à l'échelle 2 - Un nouveau quartier

La phase "échelle 2" vise à travailler sur un projet plus ambitieux que les deux présentés en phase n°1, ce, à l'échelle d'un quartier, ou d'un groupement de bâtiments. **Cette échelle se concentrerait alors sur la valorisation des urines, avec un renvoi des matières fécales au réseau.** La collecte ne concernerait alors que la récupération des produits finis, c'est-à-dire un fertilisant produit grâce à l'installation d'une unité de valorisation installée sur site, ou à proximité.

3.4.1. Présentation du scénario

Le **quartier de la Jallère** est un candidat intéressant du fait de sa temporalité et des ambitions portées. En effet, ce projet n'en est qu'à la phase de conception avec un lancement des premières opérations immobilières pressenti pour 2025-2026.

La zone du projet est située à Bordeaux Lac, au nord de la métropole, sur l'aire d'influence de la station d'épuration Lille-Blanquefort. Le site est d'environ 35 hectares, et comprendrait environ 1 500 logements ainsi que des commerces et services de proximité en pied d'immeubles. A ce stade, sont également envisagés : un groupe scolaire, une crèche et des équipements mutualisés dont un restaurant collectif existant et des bureaux et locaux d'entreprises.

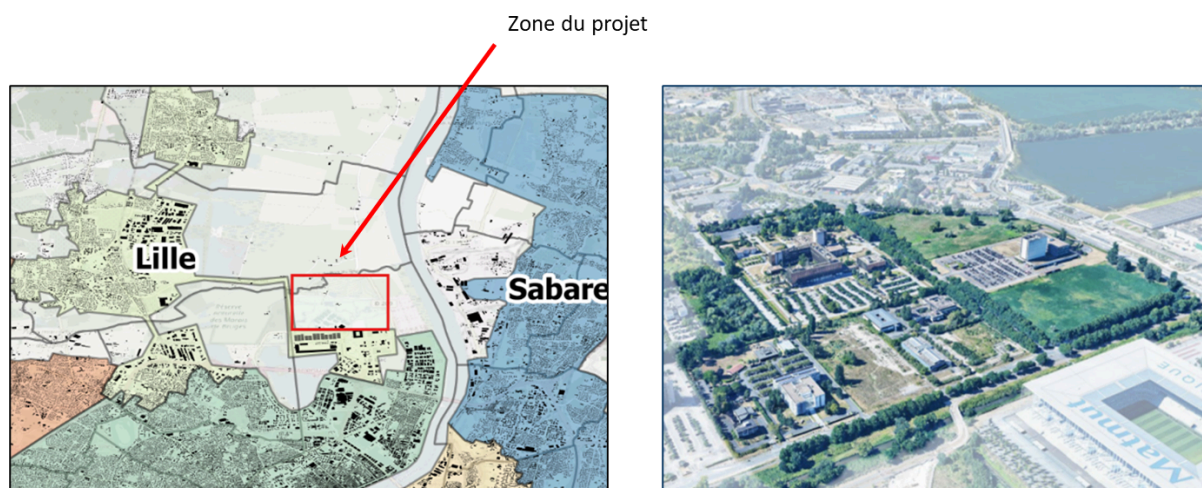


FIGURE 31. Localisation du projet et projection du quartier.

Pour modéliser les gisements et impacts d'un tel scénario, l'étude s'est appuyée sur les retours d'expérience du projet de la ZAC Saint Vincent de Paul à Paris. Cependant l'échelle est ici plus grande, puisque la ZAC Saint-Vincent-de-Paul compte 600 logements contre 1 500 envisagés ici.

3.4.2. Équipements de collecte

Le scénario retenu consisterait à mettre en place sur la totalité du quartier le modèle de toilette **SAVE!**, toilettes séparatives des urines, fonctionnant avec une chasse d'eau de 2,5 à 4L. L'avantage de ce modèle est qu'il n'engendre aucune modification de comportement de la part de l'utilisateur, si ce n'est de s'asseoir pour les hommes. Si cette dernière condition n'est pas respectée, la quantité d'urine collectée sera moindre, mais le fonctionnement du traitement resterait assuré.

3.4.3. Système de traitement

Un réseau d'urine gravitaire permet de collecter et centraliser les urines à un point donné dans le quartier. Le traitement étudié est le système de Vuna Nexus permettant de :

- stabiliser les urines par une étape de nitrification
- traiter les micropolluants par une étape de filtration sur charbon actif
- concentrer les urines par une étape de distillation pour concentrer l'urino-fertilisant en azote et phosphore.

3.4.4. Quantification des gisements et des flux collectés

Le [tableau](#) ci-dessous synthétise les résultats de la quantification des gisements.

Ici, selon les modélisations, **le quartier produirait environ 1150 m³/an d'urine et 120 tonnes de matières fécales par an**. Compte tenu de la dilution par une partie des chasses d'eau, en en retenant une efficacité de 80% de la collecte des urines, **le gisement réel collecté serait de 1 976 m³/an d'eau jaune (urine diluée) par an**.

Aucune économie d'eau n'a été considérée avec les toilettes Save! bien que celles-ci puissent être installées avec des chasses de 2,5 à 4L. Néanmoins, le système VunaNexus permet de récupérer une partie de l'eau présente dans les urines, via une étape de distillation. Cette eau récupérée peut tout à fait être utilisée dans les chasses d'eau si les équipements nécessaires sont prévus. Cette économie d'eau n'a pas été quantifiée. Des blocages réglementaires limitent encore cette possibilité, mais devraient être levés dans le cours de l'année 2025.

Voir dans les documents annexes
DOCU ANNEXE n°3 - Note sur les réglementation
cf "PARTIE 2. L'INTÉRÊT DE LA SÉPARATION À LA SOURCE AU
REGARD DES ÉVOLUTIONS RÉGLEMENTAIRES"

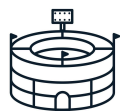
En considérant une concentration dans le produit de 4,2% d'azote (42 g-N/L), serait alors produit **151 m³ par an d'azote**.

	Gisement total		Gisement collecté	Engrais produit
	Urine "pure"	Matières fécales	Urine diluée	
Volume / Masse	1 150 m ³ /an	120 t/an	1 976 m ³ /an	150 m ³ /an
Azote (kg N/an)	7 963	1405	6 370	6 370
Phosphore (kgP/an)	544	363	435	435

Tableau 17. Estimation du gisement total et du flux collecté pour le scénario 2

3.4.5. Quantification des usages

Les **6 370 kg par an d'azote** pourrait permettre de fertiliser :



34 hectares de terrain de sport.

Soit environ 50 terrains de foot ou rugby. Soit 42% des besoins de la métropole.



55 ha de maraîchage

Soit 12 à 15 exploitations. Soit 34% des besoins en maraîchage sur la métropole.

ou



250 ha en vignobles.

Soit 12 à 16 vignobles. Soit 28% des besoins des vignes sur la métropole.



47 ha en grande culture.

Soit 25-50% des besoins d'une exploitation.

3.4.6. Impact sur l'assainissement

L'impact sur l'assainissement a été quantifié en considérant la diminution de la charge azotée et phosphorée entrant dans la station de Lille-Blanquefort.

Pour rappel, cette station fonctionne en boues activées à faible charge avec traitement poussée de l'azote (nitrification et dénitrification). Ainsi les rejets moyens sont de 6 mgN/L d'azote total et 3 mgN-NH₄/L pour l'ammonium. La consommation énergétique est de 0,6 kWh/m³ traité ou 3 kWh/kg DBO₅ éliminé. Ce qui situe cette station d'épuration avec un taux de charge en matière organique de 54% dans la moyenne française (autour de 3,1 kWh/kg DBO₅ éliminé selon Strickler et al., 2018⁵⁷).

Le quartier de la Jallère représente 3% de la population actuellement traitée par la station. La station traite en moyenne 208 t-N/an d'azote total et 23 t-P/an de phosphore total. La séparation à la source sur la quartier de la Jallère permet d'éviter 6 t-N/an et 0,4 t-P/an, soit entre 2 et 3% de la charge entrante.

Le besoin d'oxygène pour la dénitrification diminue de 7% avec la séparation à la source, représentant environ 40% de la demande totale. Ainsi, la demande en oxygène ne baisse que de 2%. A l'échelle de la station d'épuration, cela représente uniquement 0,7% de la consommation totale d'énergie, soit une économie de 18 MWh/an.

⁵⁷ Anne Emmanuelle Stricker, Alain Husson, J.P. Canler, M. Pierre. Consommation énergétique des filières intensives de traitement des eaux résiduaires urbaines. Journées Information Eaux (23^e édition), Oct 2018, Poitiers, France. pp.48-1-48-16. <https://hal.science/hal-01915843>

3.4.7. Bilan économique

Dans le cas d'étude, le nombre de logements serait d'environ deux fois celui de la ZAC SVDP. Les coûts d'investissement de cette ZAC ont donc été multipliés par deux, soit entre **1,5 à 2 millions d'euros** :

- Usine de traitement : 1 millions d'€ = env. 50% du coût total
- Matériel intérieur (toilettes) : 800 k€ = env. 40% du coût total. Cependant des toilettes devront être malgré tout installées dans le projet. On parle donc ici d'investissement mais pas de surcoût.
- Réseau public au sein du quartier : 200 k€ = env. 10%

De la même manière, les **coûts d'exploitation sont d'environ 100 k€/an** incluant l'entretien des canalisations, le renouvellement des pompes, le coût de l'électricité dû au système installé, la maintenance des équipements, le déplacement des équipes techniques... Mais également la main-d'œuvre embouteillage et bidons et l'AMO, prestataires..

La vente d'engrais permet d'enregistrer des recettes. En **considérant un prix de vente de 13 €/kgN**, basé sur le prix moyen des engrais achetés par les directions espaces verts des communes, on peut quantifier à **environ 100k€/an de recettes, ce qui permettrait de couvrir les coûts d'exploitation**. A noter que si le produit résultant étant vendu en tant qu'Aurin au même prix que le fabricant, le revenu généré serait de l'ordre de 1,4 M€/an⁵⁸, bien que cette éventualité soit peu probable.

Les **18 MWh/an d'électricité économisés** pour l'aération sur la station d'épuration **permettent d'économiser 1 150 €/an**.

3.4.8. A noter

Le quartier Carrès-Cantinolle a également été identifié comme un quartier d'intérêt, malgré l'avancée du projet (les premières phases de construction sont déjà lancées, certaines même abouties). Cette opération immobilière a la spécificité d'être très proche de la station d'épuration de Cantinolle. Une collecte des eaux noires (excreta+eau de chasse) par des toilettes sous-vide, reliées directement à un réseau sous-vide permettrait de mettre en place une valorisation directe par digestion anaérobie (et donc transformation en biogaz), équipement qui se trouve déjà sur la station d'épuration. Des traitements supplémentaires pour récupérer l'azote et le phosphore pourraient être ajoutés. Une filière de ce type est mise en place dans le quartier Jenfelder Au⁵⁹ à Hambourg et à Sneek aux Pays-Bas⁶⁰.

⁵⁸ pour un prix de 9€/L ou 218€/kgN

⁵⁹ Augustin, K., Skambraks, A.-K., Li, Z., Giese, T., Rakelmann, U., Meinzingler, F., Schonlau, H., Günner, C., 2014. Towards sustainable sanitation - the HAMBURG WATER Cycle in the settlement Jenfelder Au. Water Science and Technology: Water Supply 14, 13–21. <https://doi.org/10.2166/ws.2013.158> et également : Cycle de l'EAU DE HAMBOURG - L'eau de Hambourg

⁶⁰WaterSchoon - Quartier de Noorderhoek à Sneek - [Accessible ici](#)

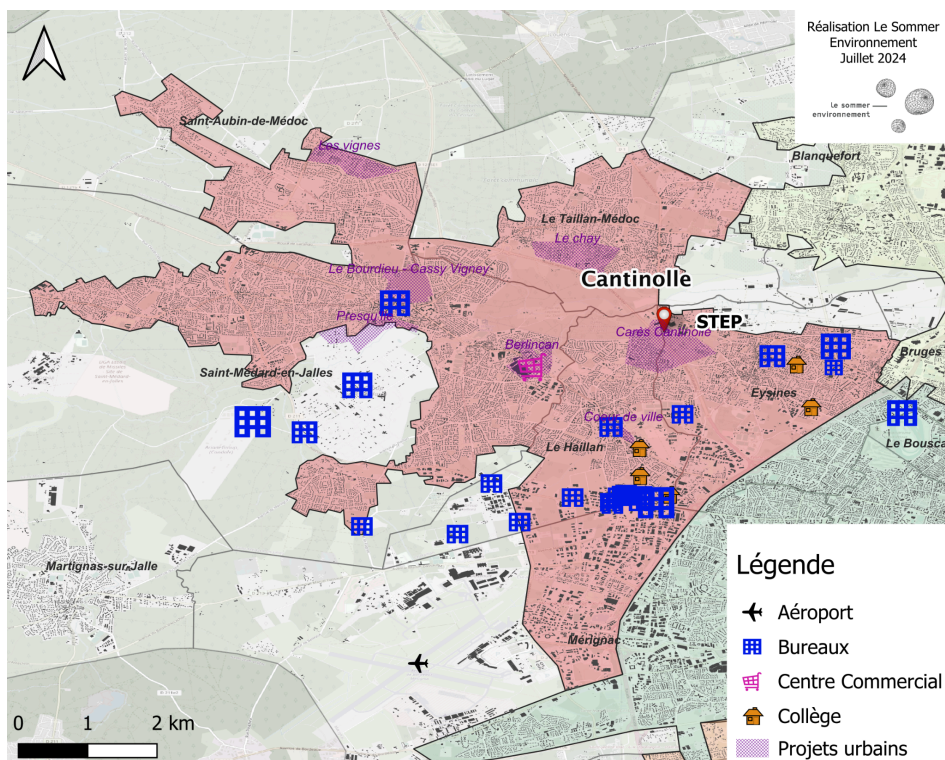
3.5. Le scénario à l'échelle 3 - Massifier de sorte à constater un impact de la séparation à la source sur une STEU

3.5.1. Présentation du scénario

Le scénario 3 se place dans une échelle de temps à horizon 2035 et cherche à évaluer la **massification** de la séparation à la source à l'échelle d'un territoire. Cette **massification entraîne une dispersion des sites** où la séparation à la source est mise en place. La filière de gestion et l'organisation de cette filière reste à imaginer. Dans le cadre de cette étude, seuls les aspects concernant les flux mobilisables, les potentielles économies d'exploitation réalisables sur la station d'épuration, ainsi que la vente potentielle d'engrais ont été quantifiés.

Le choix d'une aire de répartition d'une station d'épuration a été conduit par la nécessité d'**atteindre un taux de séparation significatif à l'échelle de la station choisie, ce, à l'horizon de 2035**. Pour cela, un travail d'identification des grands projets immobiliers d'envergure sur le territoire a été réalisé, ainsi que la cartographie d'une partie des ERP emblématiques sur l'aire de répartition. Au regard de ces critères, le choix s'est porté sur la **station d'épuration Cantinolle** qui, avec une capacité de 85 000 EH et un flux traité de 49 000 EH, est équipée des mêmes systèmes de traitement que les deux plus importantes stations du territoire (Clos de Hilde et Louis Fargue) avec des biofiltres et de la digestion anaérobie des boues. Il serait ainsi possible d'extrapoler les résultats de cette étude pour les deux autres stations.

La station d'épuration de Cantinolle traite la zone au Nord-Ouest de Bordeaux sur les communes d'Eysines, Le Haillan, le Taillan-Médoc, Saint Médard en Jalles et Saint Aubin de Médoc. Elle a la particularité de recevoir également les eaux usées de l'aéroport Mérignac.



NB: Sont représentés ici les sites d'activité tertiaire employant le plus de personnes sur les communes de Saint Médard en Jalles et Mérignac. Tous ces sites de bureaux ne sont pas forcément équipés dans le cadre du scénario.

FIGURE 32. Localisation des sites où la séparation à la source a été quantifiée.

Le scénario de massification a été ainsi envisagé :

- collecte des **urines** sur tous les **nouveaux projets urbains** regroupant environ 4000 logements et habitants et 3600 m² de surface de bureaux et commerces. Les toilettes séparatives à eau Save! ont été envisagées. La [figure](#) ci-dessous récapitule les projets considérés ainsi que l'estimation du nombre de personnes.
- collecte des **urines** sur une partie des **bureaux** (21% des emplois de la zone) avec 50% d'urinoirs secs et 50% de toilettes séparatives à eau Save!
- collecte des **urines** et une partie des **matières fécales** sur **l'aéroport de Mérignac** avec 80% d'urinoirs secs et 20% de toilettes sèches.
- collecte des **urines** et une partie des **matières fécales** sur **les collèges d'Eysines et du Haillan** avec à 50% des urinoirs secs et 50% de toilettes séparatives sèches.
- collecte des **urines** et une partie des **matières fécales** dans la **salle de spectacle du Krakatoa** avec à 50% des urinoirs secs et 50% de toilettes séparatives sèches.
- collecte des **urines** et une partie des **matières fécales** dans le cadre de **rénovation de 300 logements existants** notamment dans les zones pavillonnaires, avec à 50% des toilettes séparatives à eau Save! et à 50% de toilettes sèches.

	Nb logements	Surface activité - commerce (m ²)	Nb habitants	Nb employés
Eysines - Carès Cantinolle ⁶¹	700	1000	1519	100
Le haillan - coeur de ville ⁶²	500	1000	1085	100
Le Taillan-Médoc - Le Chay ⁶³	851	/	1846	0
Saint-Aubin-de-Médoc - Les Vignes ⁶⁴	903	/	1960	0
Saint-Médard-en-Jalles - Berlincan ⁶⁵	400	1000	868	100
Saint-Médard-en-Jalles - Presqu'île du centre ⁶⁶	270	600	585.9	60
Saint-Médard-en-Jalles - Le Bourdieu - Cassy Vigney ⁶⁷	370	/	802.9	0

Tableau 18. Projets immobiliers considérés et l'estimation du nombre d'habitants et d'employés sur chaque secteur.

⁶¹ Eysines – Carès Cantinolle (lafab-bm.fr)

⁶² Le Haillan – Cœur de Ville (lafab-bm.fr)

⁶³ Le Taillan-Médoc – Centre-Ville (lafab-bm.fr)

⁶⁴ Les projets d'aménagements de la Métropole bordelaise. Novembre 2023 (bordeaux-metropole.fr)

⁶⁵ Saint-Médard-en-Jalles – Berlincan (lafab-bm.fr)

⁶⁶ Saint-Médard-en-Jalles – Presqu'île du centre (lafab-bm.fr)

⁶⁷ Saint-Médard-en-Jalles – Le Bourdieu – Cassy Vigney (lafab-bm.fr)

Concernant les activités tertiaires, un recensement des entreprises employant le plus de personne a été effectué à partir de la base de données SIRENE⁶⁸. Cette base de données, bien que **non-exhaustive**, permet de **connaître les tranches d'effectifs par entreprise**. Cette estimation reste grossière car les tranches d'effectifs sont assez larges (*exemple : de 20 à 49 salariés, de 50 à 99, de 100 à 199, ..., de 500 à 999...*).

La localisation des entreprises ayant le plus d'employés sur les communes de Saint Médard en Jalles et Mérignac a ainsi été effectuée. Les résultats sont présentés dans la [figure](#) ci-dessous.

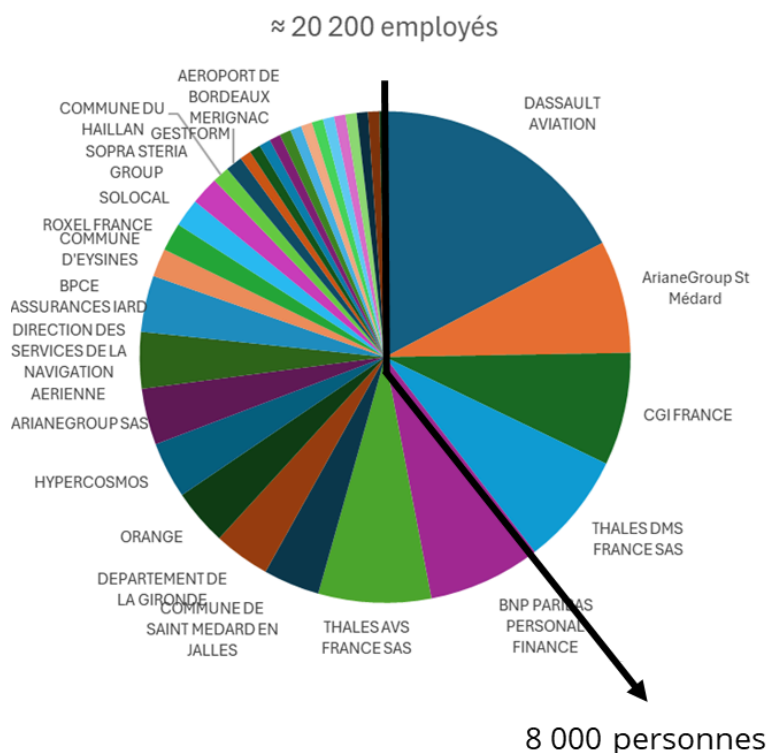


FIGURE 33. Représentation du nombre de salariés pour les plus grosses structures de Saint Médard en Jalles et Mérignac.

On remarque ainsi une forte concentration d'emploi au Nord de l'aéroport Mérignac avec un nombre d'entreprise élevé en lien avec l'aérospatiale.

Le nombre d'entreprises n'est pas spécifié dans le cadre de ce scénario, **mais il faudrait séparer les excréta d'environ 8 000 salariés pour représenter les 21% de taux de séparation au niveau de l'emploi de la zone Cantinolle**. Cela représente en réalité le nombre d'employés des 4 plus grosses structures sur le territoire.

⁶⁸ Sirene.fr

3.5.2. Quantification des gisements et des flux collectés

Selon l'hypothèse, 89% des urines peuvent être récupérées, ainsi que 8% des matières fécales. Ce flux représenterait près de 10 000 m³/an d'eaux jaunes et 61 t/an de matières fécales, soit 43 t/an d'azote et 3 t/an de phosphore.

		Eaux jaunes collectées	Matières fécales collectées	Total
Volume ou masse		9 830 m ³ /an	61 t/an	/
N	t-N/an	42,2	0,7	42,9
P	t-P/an	2,9	0,2	3,1

Tableau 19. Gisement collecté pour le scénario 3

Le taux de capture global de l'azote des excreta est ainsi de 77% et de 57% pour le phosphore.

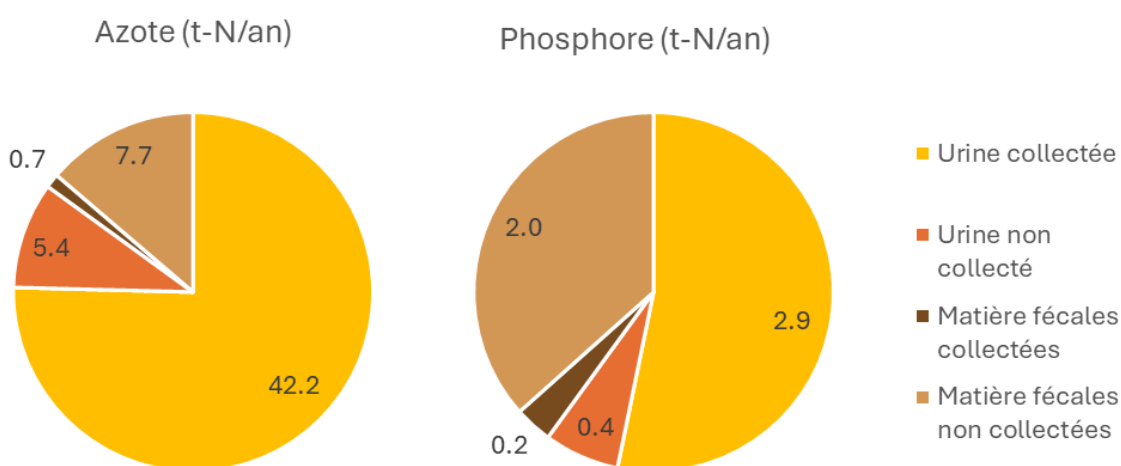


FIGURE 34. Représentation du gisement global en azote et phosphore et de la part récupéré en fonction des équipements de toilettes/urinoirs

On constate que ce sont les **nouveaux projets urbains, et l'aéroport qui seraient les premiers fournisseurs d'azote avec respectivement 40% et 34% du flux total d'azote séparé.**

L'emploi représente 19% du flux d'azote. Les autres niches sont plus restreintes, comparativement. Ce flux d'azote séparé correspond à **13% du flux de N** en entrée de station de Cantinolle.

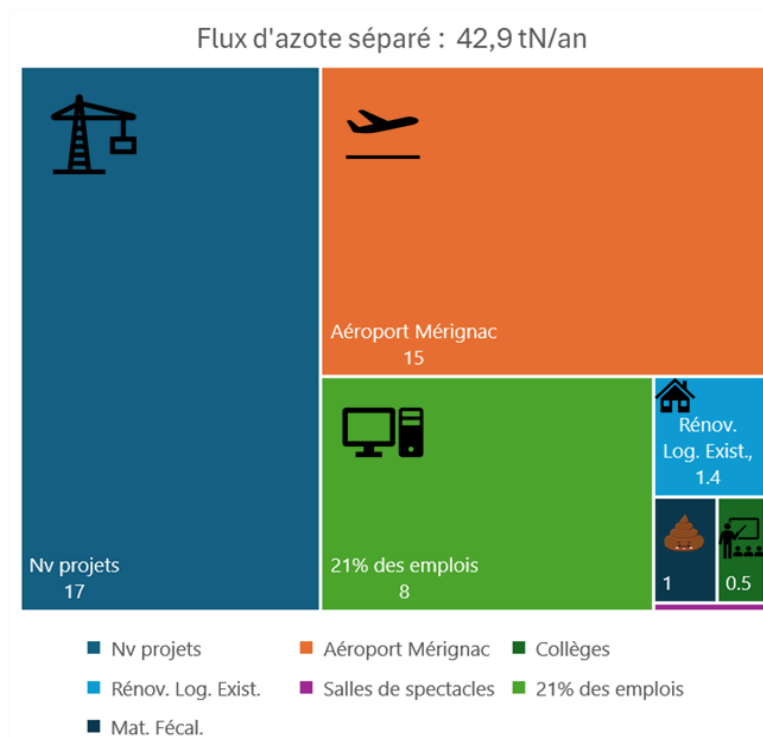


FIGURE 35. Représentation du flux d'azote séparé sur le territoire en fonction des niches, Scénario 3

Du fait des urinoirs secs et des toilettes sèches, **des économies d'eau seront réalisées dans le cadre de ce scénario, qui s'élève à 32 000 m³/an.** A noter que le principal bénéficiaire de ces économies d'eau est l'aéroport de Mérignac (cf [figure](#))

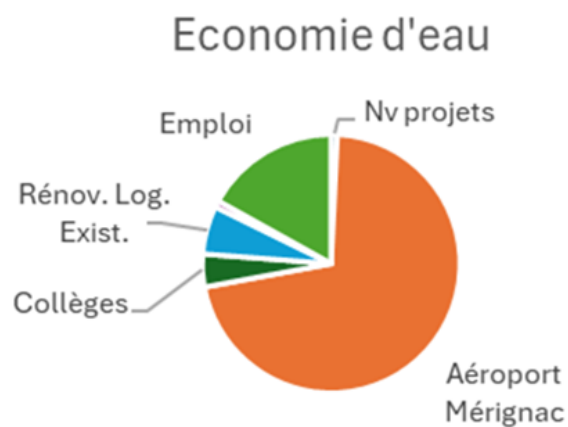


FIGURE 36. Part des économies d'eau pour chaque niche

3.5.3. Quantification des usages

Les **42 tonnes par an d'azote** pourraient permettre de fertiliser :



1 400 ha de vignobles

Soit une soixantaine de vignobles, soit 2,3% des besoins en viticulture dans un rayon de 30km autour des frontières de la métropole bordelaise.



300 ha de maraîchage

Soit une soixantaine d'exploitations, soit 9% des besoins en maraîchage dans un rayon de 30 km autour des frontières de la métropole bordelaise.



250 ha en grande culture

Soit les besoins de deux exploitations. Soit 15% des besoins sur la métropole bordelaise.

La **production de compost** avec les matières fécales d'environ **63 tonnes par an** permettrait de **couvrir 9% des besoins en compost des espaces verts de Bordeaux Métropole**.

3.5.4. Impact sur l'assainissement

La station d'épuration de **Cantinolle** a une capacité de 85 000 EH et traite actuellement 49 000 EH par une **décantation primaire, un traitement de la matière organique par biofiltration et une digestion anaérobie des boues**.

Le traitement de l'azote est partiel avec une nitrification de 83% du flux d'azote NTK pour atteindre 8 mg-N-NH₄⁺/L, la dénitrification est par contre inexistante avec une concentration de 46 mg-N/L d'azote total. Le phosphore est relativement bien traité avec une concentration en sortie de 1,5 mg-P/L.

La **séparation à la source permettrait de réduire de 13% le flux d'azote en entrée et de 9% le phosphore**. En prenant en compte les mêmes concentration de rejets, cette séparation permettrait de réduire de 10% le besoin en aération.

Ce scénario est à horizon 2035, hors la nouvelle directive européenne DERU (Directive Eaux Résiduaires Urbaines) sera entrée en vigueur. **Sur le territoire de la métropole, les modifications impliquées par cette nouvelle directive pourraient être majeures. En effet, toutes les stations de plus de 150 000 EH devront traiter le phosphore jusqu'à 0,5 mgP/L et l'azote total jusqu'à 8 mg-N/L. Si la zone est considérée sensible à l'eutrophisation, la limite de capacité est abaissé à 10 000 EH, avec des concentrations à respecter de 0,7 mg-P/L et 10 mg-N/L.**

En l'état, la station de Cantinolle ne devrait pas être touchée par cette nouvelle directive sauf si la Garonne passe en zone sensible, mais les stations de Louis Fargue et Clos de Hilde devraient s'y conformer. Ainsi dans le cadre de scénario, il a été aussi étudié (scénario DERU 2) l'impact de la séparation à la source dans le cas de rejet plus strict pris à 1 mg-N-NH₄⁺/L, 9,6 mgN/L d'azote total et 1 mgP/L. Une étape de dénitrification est donc nécessaire.

Les résultats sont présentés dans le [tableau](#) ci-dessous. On voit ainsi que l'ajout de dénitrification entre le scénario "concentration actuelle" et "DERU 2" **induit une réduction des besoins en aération**, qui s'explique par la dégradation sans oxygène d'une part de la matière organique lors de cette étape. Ce flux de matière organique n'est donc plus à dégrader en phase aérée. Le **scénario DERU 2** avec séparation à la source permettrait une **réduction de 14% des besoins d'aération** par rapport à la référence actuelle.

La séparation à la source permettrait théoriquement de **réduire les besoins en chlorure ferrique** nécessaire à l'élimination du phosphore. Cependant dans la situation actuelle, le chlorure ferrique est ajouté pour éliminer la matière organique lors de la décantation primaire. L'élimination du phosphore est ainsi un "bonus". Dans le cadre de la DERU 2, un ajout supplémentaire de chlorure ferrique devrait être fait et dans ce cas, la séparation à la source permettrait de réduire cet apport supplémentaire.

Enfin, l'ajout d'une étape de dénitrification nécessite un bassin supplémentaire et donc des investissements supplémentaires. La réduction de volume grâce à la séparation à la source a été calculée à environ 13%. Cette réduction a été calculée en comparant le dimensionnement de station d'épuration en boues activées et non en biofiltres comme expliqué dans la partie [2.1.4](#) de méthodologie.

On remarque ainsi que le pourcentage d'économies de taille ou de consommation énergétique pour l'aération sont dans le même ordre de grandeur que le taux de séparation de l'azote induit par la séparation à la source (13% de séparation de l'azote pour 14% de réduction de besoins d'aération et 13% de réduction de volume).

		Référence		Séparation à la source	
		Concentration actuelle	DERU 2	Concentration actuelle	DERU 2
Consommation annuelle d'électricité aération	<i>MWh/an</i>	1 552	1 470	1 423	1 338
Besoin en chlorure de Fe	<i>kgFe/j</i>	69	114	32	77
Volume bassin	<i>m³</i>		11 588		10 136

Tableau 20. Résultats de l'impact de la séparation à la source en fonction des normes de rejets appliquées soit les concentrations actuelles soit l'extrapolation de la nouvelle DERU.

3.5.5. Bilan économique : coûts évités et recettes

Dans le cadre de ce scénario prospectif, **seuls les coûts évités liés à l'économie d'eau et les économies d'énergie sur la station d'épuration et les recettes des ventes d'engrais ont été comptabilisés :**

- L'économie de **32 000m³ d'eau/an** permet d'économiser **128k€/an** pour les consommateurs.
- La régie de l'eau de Bordeaux Métropole économiserait également via une **légère réduction de la production d'eau potable**, mais cette économie n'a pas été quantifiée.
- Les coûts évités liés à la consommation énergétique de la station sont d'environ 8k à 14k€/an, pour une économie de 129 à 214 MWh/an d'électricité.
- S'ils remplaçaient des produits utilisés pour des usages non-agricoles, les **recettes de l'engrais** pourraient s'élever à **550k€/an (à 9€/tN)**. Néanmoins, le volume produit représente plus de deux fois la demande de la Métropole pour la fertilisation des terrains de sports. Si les engrais sont fournis à des agriculteurs en grande culture, les recettes espérées s'élèveraient plutôt à 42 k€/an. Une solution intermédiaire consistant à substituer l'intégralité des engrais utilisés par la métropole (à 9€/kgN) et vendre le reste aux agriculteurs au prix du marché (1€/kgN) générerait un revenu plus réaliste d'environ 260 k€/an.

Conclusion de l'étude et perspectives

Cette étude est la première étude d'ampleur sur la quantification et l'évaluation de la séparation à la source à l'échelle d'une métropole. Un diagnostic réglementaire, une évaluation générale des gisements et des usages, ainsi que trois propositions de scénarios de déploiement, ont constitué le cœur de l'étude. Les résultats apportent des éléments de réponses à la fois pour le territoire prescripteur, mais également pour la filière d'une façon plus globale.

Grâce à la présente étude, il a été montré que les quantités de nutriments contenus dans les excreta (urines et matières fécales humaines) correspondent, en ordre de grandeur, aux besoins des fertilisants pour les cultures dans un périmètre de 30 km autour de la métropole bordelaise. Le même résultat avait été obtenu dans le cadre du projet de recherche TeValU, prémisses de cette étude, mené sur le territoire toulousain⁶⁹.

Les résultats montrent et confirment non seulement que les filières émergentes n'ont **pas à craindre un manque d'opportunités d'utilisation des produits fertilisants issus de la séparation à la source**, mais également que **ces filières représentent un réel intérêt en termes de substitution d'intrants agricoles**. Par ailleurs, l'analyse quantitative a ici démontré que la production d'urino-fertilisants, ou de composts issus des couches et/ou de matières fécales **ne déséquilibrerait pas les filières de valorisation des autres déchets organiques**, ni même engendrerait **un conflit vis-à-vis des quantités de déchets verts disponibles**.

Cette production de nouvelles matières fertilisantes ou amendements pourrait au contraire s'inscrire en synergie avec les filières et ambitions existantes : ainsi, le recyclage des nutriments issus des excreta, construit en articulation avec les autres politiques publiques en faveur de la transition environnementale et alimentaire (ex: les plans alimentaires territoriaux) représenterait un réel levier de résilience territoriale.

En effet, le retour au sol des nutriments présents dans les excreta permettrait une recircularisation du cycle de l'azote et du phosphore, qui plus est en circuit court. Néanmoins, cette circularité des nutriments issus des excreta ne suffira pas à boucler complètement les cycles, notamment car les surfaces permettant de nourrir l'ensemble des habitants de la métropole sont bien plus importantes que les seuls 30 km considérés dans cette étude. Ce constat vient questionner le besoin important en engrais de synthèse, associé à un modèle de production agricole intensive, source de nombreuses pertes de nutriments vers l'environnement (et donc, de pollutions), ainsi que d'un différentiel important entre les nutriments apportés aux cultures et ceux disponibles dans nos assiettes.

L'analyse de trois scénarios de déploiement, à différentes échelles offre ici aux décideurs et parties prenantes du territoire une description plus opérationnelle de ce que pourrait être la filière de séparation à la source sur le territoire d'étude. Les trois échelles, de la plus restreinte (un seul établissement impliqué), à la plus ambitieuse (quartier impactant la station d'épuration existante), tiennent toutes compte des équipements existants et des

⁶⁹ Solagro et INSA Toulouse (2022), TeValU - Analyse Territoriale de la valorisation des sous-produits de la séparation à la source des eaux usées.

projets urbains du territoire. Chaque scénario a été caractérisé par des flux entrée/sortie, des données économiques (investissement, exploitation, recettes/économies) et des impacts sur la station d'épuration existante.

L'étude a permis d'étayer la faisabilité technique de ces différents scénarios. En effet, de nombreuses solutions techniques existent actuellement pour soutenir les filières que ce soit au niveau des toilettes et/ou urinoirs ou des traitements. L'implantation de ce type de solutions sera donc de plus en plus aisée. La mise en place d'une chaîne logistique à grande échelle (collecte, stockage, transport) reste cependant un défi et source d'incertitudes, car il existe très très peu de retours d'expériences. Par ailleurs, la difficulté de réalisation de l'exercice de modélisations économiques a mis en avant les limites des projections réalisables quant au modèle économique. Plus précisément, à court terme, les coûts de fonctionnement logistique induits par les nouvelles filières peuvent être relativement élevés s'ils sont externalisés. A horizon moyen terme, bien qu'il ressorte que la vente d'engrais puisse être un accélérateur du développement de filières, le prix de vente des engrais produits par ces filières émergentes reste à ce stade encore incertain. Ainsi, il ne permet pas de garantir un équilibre des coûts d'exploitation. Par ailleurs, la montée en échelle de la production de fertilisants entraîne un déplacement des opportunités de valorisation vers des exploitations agricoles plus importantes (grande culture, vigne), qui se fournissent aujourd'hui en engrais minéraux à des prix bien plus faibles que les acteurs non agricoles. Cela, ajouté au fait que les urino-fertilisants peuvent être perçus comme relevant de déchets urbains que les agriculteurs ne souhaitent pas payer (principe du 'zéro euro rendu racine', valable pour les boues de stations d'épuration), montre que le modèle économique à grande échelle reste sujet à de fortes incertitudes.

Les aspects logistiques et les modalités de valorisation des urino-fertilisants sont les deux axes à optimiser pour se rapprocher autant que faire se peut d'un équilibre économique. Il ressort néanmoins des premières études que des dispositifs de soutien financier de la part des instances publiques devront dans tous les cas venir soutenir et impulser la mise en place de filières.

Par ailleurs, l'étude du scénario n°3 montre que pour atteindre des taux de séparation significatifs, il est nécessaire de démultiplier les sites équipés de la séparation à la source, entraînant alors une dispersion géographique, mais aussi un nombre élevé d'acteurs impliqués. La répartition des responsabilités, des coûts et des recettes entre acteurs est encore à définir, tout comme la gouvernance d'un tel système.

Au cours des divers entretiens et ateliers menés dans le cadre de cette étude, il ressort des temps collectifs que le positionnement politique de la métropole serait celui d'imaginer une gestion des filières émergentes par les instances publiques dans un premier temps, puis d'avancer vers une optique partenariats avec des instances privées, incluant même potentiellement les particuliers (comme des sociétés d'économie mixte SEM, des SCIC, etc), voir d'envisager, à plus long terme, des coportages public-privés. En effet, l'eau et les déchets étant des compétences métropolitaines, il semble cohérent d'imaginer dans un premier temps que ces compétences restent entre les mains des mêmes entités. Le frein de ce genre de montage étant la nécessité de faire monter en compétence les agents de la collectivité sur ces thématiques nouvelles.

Il semble nécessaire qu'aujourd'hui des collectivités pionnières s'emparent du sujet pour expérimenter des scénarios de séparation à la source des excréta en vue d'une valorisation, que ce soit au niveau technique, réglementaire ou encore organisationnel. L'émergence des filières de séparation à la source des excréta ne sera permise que par une appropriation du sujet par les collectivités, qui disposent des outils pour actionner les leviers nécessaires à leur mise en place.

Le territoire bordelais est riche en acteurs actifs sur cette thématique, se traduisant par plusieurs projets de démonstration en cours ou en réflexion. Cette motivation partagée avec les acteurs de la collectivité, démontre un alignement des préoccupations qui pourrait se concrétiser au travers d'une stratégie de déploiement que les scénarios développés dans cette étude ont vocation à alimenter.

Enfin, bien que la mise en place de la séparation à la source des excréta puisse sembler être un long chemin à parcourir, tant dans sa mise en place que dans son organisation, une remise en perspective est toutefois nécessaire. Lorsque la mise en place du modèle d'assainissement que l'on considère aujourd'hui comme étant le système "conventionnel" a été réfléchi, les questions étaient les mêmes : à court terme aucun bénéfice, seuls des investissements lourds étaient supportés, aucune structuration existante pour financer les investissements ni même les frais de fonctionnement. Pourtant le système de "l'eau paye l'eau" a été instauré et a finalement permis l'amélioration de l'état des cours d'eau. Les collectivités qui s'engageront pleinement dans la création des filières de valorisation des nutriments par la séparation à la source seront des pionnières.

Recommandation pour les acteurs publics (liste non exhaustive)

Les perspectives de cette étude sont larges, et s'inscrivent dans les missions de planification politique. Il existe aujourd'hui des leviers d'actions pour les collectivités permettant d'initier les premiers pas vers un scénario de transformation à long terme du système d'assainissement. Afin de lever les premiers freins, les recommandations suivantes peuvent être formulées pour accompagner le développement de la séparation à la source :

- Porter un projet de démonstration à une échelle significative, en impulsant une coopération interne des différents services de la métropole (déchets, économie circulaire, commande publique, régie de l'eau, DGTER...)
- Investiguer les potentiels montages juridiques et organisationnels qui permettraient d'assurer un partage des risques, des responsabilités, des coûts et des recettes juste entre les différentes parties prenantes
- Définir le rôle de la métropole dans le déploiement à plus long terme de nouvelles filières, et identifier les moyens d'actions et de soutien (subventions, projets en interne, mise à disposition d'agents, formation des agents sur le sujet, création de cellules/GTT dédiés en interne,...)
- Envisager que les notions d'assainissement circulaire, de valorisation des matières organiques et de circularité des nutriments puissent faire l'objet d'un ajout explicite au sein des schémas directeurs (par exemple, le PCAET), lors de leur prochaine mise à jour.
- Envisager la mise en place de formes de rétribution pour les sites équipés de toilettes alternatives, visant à valoriser l'implication dans la valorisation circulaire et locale des nutriments
- La mise en place d'un Schéma Directeur de l'Assainissement Circulaire : après avoir défini un scénario préférentiel, le décliner en un plan d'action opérationnel
- Prévoir des clauses particulières dans les appels d'offres, commande publique

ANNEXE 1 - Résultats détaillés

Résultats approche globale

	Urines				Fèces				TOTAL					Compostage de Matières fécales	
	Vol	N	P	K	Poids	N	P	K	Matières	N	P	K	Eau chasse	Besoin en DV	Production de Compost
Gisement total	m3/an	t/an	t/an	t/an	kt MB/an	t/an	t/an	t/an	kt/an	t/an	t/an	t/an	m3/an	kt MB/an	kt MB/an
Résidentiel	314 326	2 130	146	367	32,1	376	97	245	346	2506	243	612	5 195 401	15,9	38
Emploi	91 355	619	42	107	9,3	109	28	71	101	728	70	178	1 509 982	4,6	11
Formation	13 074	89	6	15	1,3	16	4	10	14	104	10	25	216 104	0,7	2
Tourisme	14 788	100	7	17	1,5	18	5	12	16	118	11	29	244 428	0,7	2
Autres (activités hors domicile et emplois)	29 008	197	13	34	3,0	35	9	23	32	231	22	56	479 467	1,5	3
TOTAL	462 552	3 134	214	540	47,3	553	143	360	510	3687	357	900	7 645 381	23	56

Résultats approche par niches

		Urines				Matières Fécales				Autres				
		Volume	N	P	K	Quantité	N	P	K	Eau chasse - min	Eau chasse - max	Besoin DV	Production de Compost	Nb établisse ments
Groupe Niches	Type Niches	m3/an	t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	m3/an	m3/an	t MB/an	t MB/an	N
Enseignement Supérieur	Universités	2 118	14	1	2	216	2,5	0,7	1,6	35 007	56 012	107	255	30
	Grandes Ecoles	438	3	0	1	45	0,5	0,1	0,3	7 240	11 585	22	53	4
	Autres Supérieur	1 466	10	1	2	150	1,8	0,5	1,1	24 231	38 769	74	177	30
Primaire et secondaire	Maternelles	631	4	0	1	64	0,8	0,2	0,5	10 428	16 685	32	76	172
	Ecoles Primaires	1 949	13	1	2	199	2,3	0,6	1,5	32 209	51 535	98	235	236
	Collèges	1 946	13	1	2	199	2,3	0,6	1,5	32 169	51 471	98	235	79
	Lycées	2 123	14	1	2	217	2,5	0,7	1,7	35 088	56 140	107	256	79
Gares	Bordeaux St Jean	164	1	0	0	17	0,2	0,1	0,1	2 707	4 331	8	20	1
	Autres gares	1	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	21	33	0	0	13
Aéroport	Aéroport	2267	15	1	3	232	2,7	0,7	1,8	37 476	59 961	115	273	1
Centres commerciaux	Rives d'Arcin	163	1	0	0	17	0,2	0,1	0,1	2 688	4 302	8	20	1
	Mérignac Soleil	149	1	0	0	15	0,2	0,0	0,1	2 464	3 943	8	18	1
	Aushopping Bordeaux Lac	201	1	0	0	21	0,2	0,1	0,2	3 316	5 305	10	24	1
Toilettes publiques	Sanitaires auto	215	1	0	0	22	0,3	0,1	0,2	3 560	5 697	11	26	67
	Urinoirs	33	0	0	0	3	0,0	0,0	0,0	539	863	2	4	10
Evénements	Gros festivals	313	2	0	0	32	0,4	0,1	0,2	5 177	8 283	16	38	2
	Autres events	300	2	0	0	31	0,4	0,1	0,2	4 954	7 927	15	36	114
	Congrès	188	1	0	0	19	0,2	0,1	0,1	3 107	4 972	9	23	35

Etablissements Culturels	Musées	263	2	0	0	27	0,3	0,1	0,2	4 352	6 963	13	32	9
	Stade Matmut	95	1	0	0	10	0,1	0,0	0,1	1 567	2 506	5	11	1
	Autres stades	126	1	0	0	13	0,2	0,0	0,1	2 089	3 342	6	15	3
	Arkea Arena	76	1	0	0	8	0,1	0,0	0,1	1 256	2 010	4	9	1
	Autres salles	205	1	0	0	21	0,2	0,1	0,2	3 393	5 429	10	25	13
	Cinémas	467	3	0	1	48	0,6	0,1	0,4	7 723	12 357	24	56	15
Autres	Prisons	562	4	0	1	57	0,7	0,2	0,4	9 294	14 871	28	68	1
	EHPADS	4 107	28	2	5	420	4,9	1,3	3,2	67 891	108 625	207	495	103
	TS indiv	65	0	0	0	7	0,1	0,0	0,1	1 076	1 722	3	8	49
TOTAL		20 632	140	10	24	2 109	25	6	16	341 024	545 639	1 042	2 488	1 071

Résultats usages

	Echelle	Surface	Ntot	Nmin	P	Compost
		<i>ha</i>	<i>t</i>	<i>t</i>	<i>t</i>	<i>t</i>
Vigne	30km	60 340	1 810	377	263	72 408
Prairie	30km	17 345	1 027	340	37	
Grande culture	30km	18 280	3 071	2 716	330	
Maraîchage	30km	3 172	476	191	69	95 174
Engrais des particuliers	BM		13	13	7	
Golfs	BM	623	49	49	8	
Terrains de sport	BM	92	17	17	3	
Espaces verts	BM	2705	0	0	0	715
Horticulture	30km	38	38	3	1	1154
Vergers	30km	104	3	1	0	46
Pépinières	Gironde	169,8				
TOTAL	Divers	102 870	6 504	3 705	718	169 498

ANNEXE 2 - Méthodologie détaillée

Légende :

Qualité des sources de données

Loc	Donnée locale obtenue par entretien
StatL	Donnée statistique produite localement
StatN	Donnée statistique produite à l'échelle nationale
Stat-Solagro	Donnée statistique à l'échelle régionale ou nationale traitée par Solagro
Site	Donnée obtenue via site internet (hors BDD)
Ratio	Ratio calculé sur base bibliographique
Hyp	Hypothèse
SV	Sans valeur
/	Non applicable

Qualité des hypothèses de quantification - gisement

P	Passage
F	Flux
P/F	Moyenne Flux-Passage
J	Jours
F-EdT	Flux basé sur les statistiques Emploi du temps
Loc	Donnée locale obtenue par entretien

Note : les 3 méthodes impliquent des hypothèses

Méthodologie approche Globale

	Dénombrement population	Calcul Part	Passage / J	Jours Présence	Réfs
Part Domicile	StatN	F-EdT	/	346	1,2,3
Part Emplois	StatN	P	3,7	227	4,5,6
Part Tourisme	StatL	J	/	/	E
Part 'Autres'	StatN	F-EdT	/	346	1,2,3

Méthodologie approche par Niches

	Nombre Établ. ou Événements	Nombre public	Nombre personnel	Ratio personnel/ public	Méthodo	Jours présence public	Jours présence personnel	Taux remplissage	Passage /j public	Passage /j personnel	Temps de présence (min)	Réf
Universités	StatN	StatN	Ratio	0,06	P	104	104	/	1	3	/	6, 7, 8
Grandes Ecoles	StatN	StatN	Ratio	0,06	P	150	150	/	1	3	/	6, 7, 8
Autres Supérieur	StatN	StatN	Ratio	0,06	P	150	150	/	1	3	/	6, 7, 8
Maternelles	StatN	StatN	Ratio	0,08	P	180	180	/	1	3	/	9, 10
Ecoles Primaires	StatN	StatN	Ratio	0,08	P	180	180	/	1	3	/	9, 10
Collèges	StatN	StatN	Ratio	0,10	P	180	180	/	1	3	/	9, 10
Lycées	StatN	StatN	Ratio	0,10	P	180	180	/	1	3	/	9, 10
Bordeaux St Jean	StatN	StatN	StatN	/	P	/	227	/	0,002	3	/	11
Autres gares	StatN	StatN	/	/	P	/	/	/	0,002	/	/	11
Aéroport	/	Loc	Loc	/	P	/	280	/	1,10	3	/	12, 13, E
Rives d'Arcin	/	Site	SV	/	P/F	/	/	/	0,002	/	/	14, 15
Mérignac Soleil	/	Site	SV	/	P/F	/	/	/	0,002	/	/	14, 16
Aushopping (Lac)	/	Site	SV	/	P/F	/	/	/	0,002	/	/	14, 17
Sanitaires auto	Loc	Loc	/	/	Loc	/	/	/	1	/	/	18, E
Urinoirs	StatL	Ratio	/	/	P	/	/	/	1	/	/	18, E
Gros festivals	Loc	Loc	/	/	Loc	/	/	/	**	/	/	E
Autres festivals	Loc	Loc	/	/	Loc	/	/	/	**	/	/	E
Congrès	Loc	Loc	/	/	P	/	/	/	2	/	/	E
Musées	StatN	StatN, Loc	SV	/	P/F	/	/	/	1	/	60	19, 20, E
Stade Matmut	/	Loc	SV	/	P/F	21	/	39%	1	/	150	E
Autres stades	Site	Loc, Site	SV	/	P/F	19	/	37%	1	/	150	21, E
Arkea Arena	/	Loc	SV	/	P/F	99	/	41%	0,5	/	120	E
Autres salles	Site	Site, Hyp	SV	/	P/F	120	/	41%	0,5	/	120	22, E
Cinéma	StatN	Ratio	SV	/	P/F	/	/	10%	0,5	/	120	23, 24
Prisons	Loc	Loc	Loc	/	P	/	/	100%	/	3	/	E
EHPADS	StatN	StatN	SV	/	J	365	/	91%	/	/	/	25
TS indiv	Loc	Loc	/	/	P	365	/	/	/	/	/	E

Crèches	Loc	Loc	SV	/	P	240	/	80%	3	/	/	E
---------	-----	-----	----	---	---	-----	---	-----	---	---	---	---

Liste des références

1. INSEE (2020), Recensement de la population - Population par maille Iris
2. INSEE (2020), Recensement de la population - Nombre de ménages et de logements
3. INSEE (2011), Emploi du temps
4. INSEE (2021), FLORES - Nombre d'emplois par commune
5. INSEE (2023), SIRENE - Nom, localisation et taille des entreprises
6. Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche (2022), Principaux établissements supérieurs
7. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (2023), L'État de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation en France 2023
8. Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche (2022), Atlas régional : les effectifs d'étudiants
9. Ministère de l'éducation nationale (2024), Annuaire de l'Education
10. Ministère de l'éducation nationale (2022), Panorama statistique des personnels de l'enseignement scolaire 2021-2022
11. SNCF Gares & Connections (2023), Fréquentation en gare
12. UAF&FA (2023), Guide des aéroports français 2022 - 2023
13. Özlem et al. (2018), Airport Water Consumption Footprinting
14. Wikipédia (2023), Liste centres commerciaux
15. Klepierre (2023), Centre Rives d'Arcin
16. Klepierre (2023), Mérignac Soleil
17. nhood (2023), Aushopping Bordeaux Lac
18. Ville de Bordeaux (2024), Emplacement des toilettes publiques sur le domaine public.
19. Ministère de la Culture (2024), Muséofile - Répertoire des Musées de France
20. Ministère de la Culture (2023), Muséofile - Fréquentation des musées de France
21. Academic (2010), Capacité des stades
22. Wikimonde (2024), Liste des salles de spectacle
23. Ministère de la Culture (2023), Basilic - Base des lieux et Équipements Culturels
24. CNC (2023), Géographie du Cinéma 2022
25. Observatoire des Territoires (2020), FINESS - Places en EHPAD
26. IGN (2023), Registre Parcellaire Graphique
30. (2021), Casier Viticole Informatisé
27. Agreste (2017), SSP - Agreste - Enquête Pratiques culturelles en grandes cultures 2017
28. Agreste (2006), Pratiques culturelles viticulture en 2006
29. Agreste (2017), PKPrairie : Pratiques culturelles en prairie
- E. Entretiens et échanges mails

ANNEXE 3 - Représentations cartographiques des scénarios de déploiement de la collecte séparée de couches pour enfants

Collecte de couches - Bordeaux Métropole
Maille Communale - Scénario 1

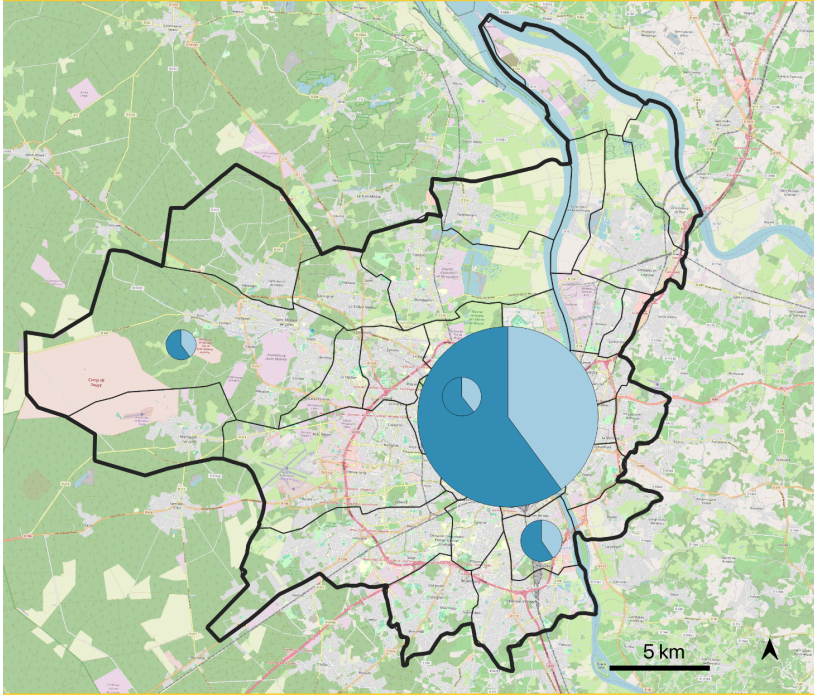
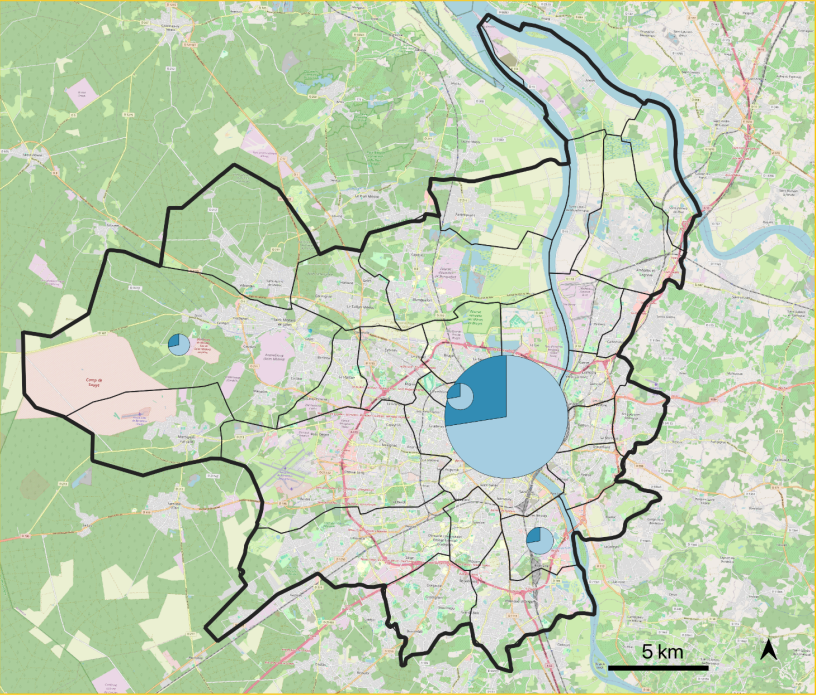
Collecte de couches - Bordeaux Métropole
Maille Communale - Scénario 2

LÉGENDE

Collecte de couches (t/an)

- Crèches
- Crèches - familles
- Assistantes maternelles
- Assistantes maternelles - familles
- Autres

Sources :
INSEE 2020, INSEE 2021, INSEE 2011,
Bordeaux Métropole, Solagro
©
Réalisation :
Solagro - avril 2024

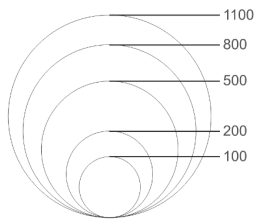


Collecte de couches - Bordeaux Métropole Maille Communale - Scénario 3

LÉGENDE

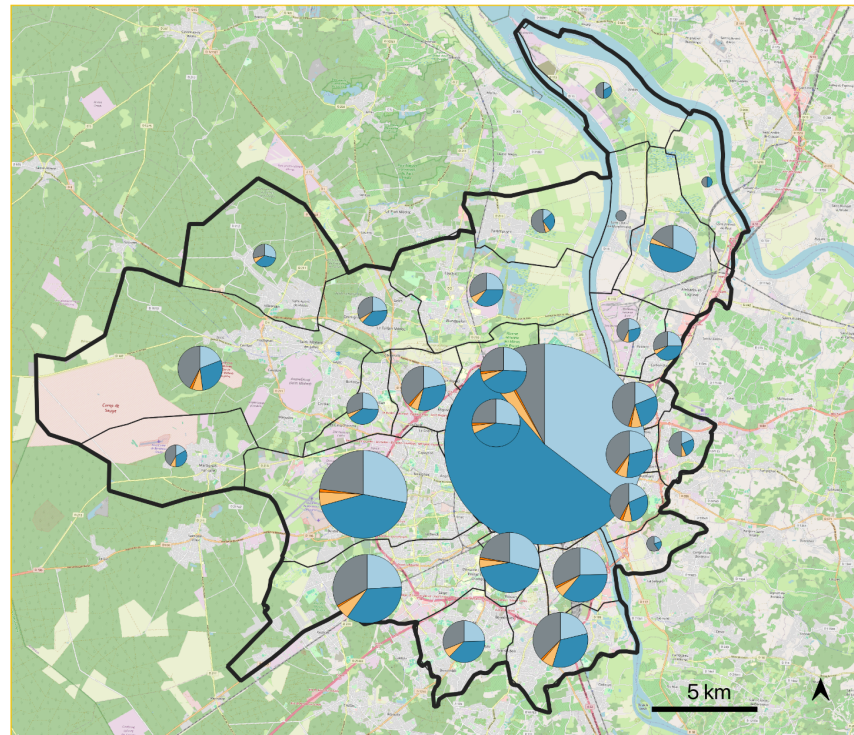
Collecte de couches (t/an)

- Crèches
- Crèches - familles
- Assistantes maternelles
- Assistantes maternelles - familles
- Autres



Sources :
INSEE 2020, INSEE 2021, INSEE 2011,
Bordeaux Métropole, Solagro

Réalisation :
Solagro - avril 2024



ANNEXE 4 : Fiche méthodologie - Approche globale pour les méthodes passage et niche

La méthode passage :

Les lieux de productions ont été distinguées en quatre parties :

Les urines produites à domicile	Les urines produites en emploi/formation	Les urines produites par le tourisme	Les urines " autres "
Calculées en appliquant à la population totale du territoire le ratio d'urines produites à domicile (cf tableau n°4), en fonction de la pyramide des âges et des catégories socioprofessionnelles du territoire (nombre d'indépendants, taux de chômage).	<p>- <u>Pour les emplois</u> :</p> <p>Calcul à partir de la base FLORES, avec l'hypothèse de 3,7⁷⁰ mictions par employé par jour travaillé (méthode 'passages'), sur une base de 227 jours travaillés par an.</p> <p>- <u>Pour la formation</u> :</p> <p>Application du ratio "formation" à la population des tranches d'âge 3-18 ans (hypothèses que tous les enfants et adolescents du territoire sont scolarisés sur le territoire)</p>	Calculées avec la méthode 'jour', appliquée au nombre de nuitées marchandes et non marchandes.	Celles-ci correspondent à toutes les activités hors domicile sur le territoire. Elles sont calculées à partir de la typologie 'autre' de l'emploi du temps (cf tableau n°4).

Les volumes calculés (sauf ceux du tourisme) se basent sur une hypothèse de 346 jours de présence par an, c'est-à-dire que 95% du gisement est considéré comme produit sur le territoire (le reste étant produit en déplacement et séjours hors du territoire).

La méthode par niche :

Le calcul est adapté en fonction de l'âge de la population considérée. Exemple : Dans les écoles, les ratios 'enfants' sont utilisés pour les élèves, et les ratios 'adultes' pour le personnel. Il peut arriver que la méthode 'flux' et la méthode 'passage' soient toutes les deux possibles, mais donnent des résultats différents. Dans ce cas, une moyenne de ces deux méthodes est utilisée. Cette méthode varie selon les données disponibles de chaque niche. Dès que possible, une estimation des gisements issus du personnel a été réalisée. Des données et hypothèses sources pour ces calculs sont présentées à l'[Annexe 2](#) du présent document.

⁷⁰ Ce nombre a été calculé à partir du temps journalier moyen consacré à l'emploi/formation pour les adultes (INSEE, 2012, cf. 'méthode flux')