

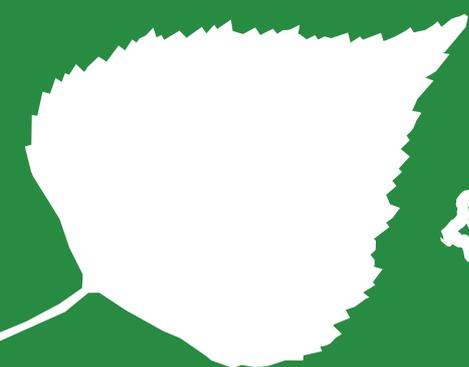
projet

car bone

Recircularisation
des matières
végétales
bruxelloises

Enseignements
de trois années
d'innovations
expérimentales

ULB/LoUlsE
Anderlecht
Saint-Gilles
Uccle
Woluwe-Saint-Pierre
Bruxelles Mobilité





Simon De Muynck

ULB - LoUlsE, Laboratoire Urbanisme, Infrastructures, Ecologies et Paysage et Centre d'écologie urbaine.

Il a conceptualisé le projet, constitué le consortium, co-construit le programme d'expérimentation et rédigé la demande de financement. Il a coordonné le projet à temps partiel avec Xavier Guilmin depuis le laboratoire LoUlsE, assurant principalement un cadre et un appui méthodologiques et scientifiques.



Xavier Guilmin

ULB - LoUlsE, Laboratoire Urbanisme, Infrastructures, Ecologies et Paysage

Il a coordonné le projet à temps partiel avec Simon De Muynck depuis le laboratoire LoUlsE, animé les réunions, proposé des outils participatifs, organisé des séminaires scientifiques et réflexifs et orchestré l'agenda de travail. Il a aussi assuré la gestion administrative et les liens avec le bailleur de fonds Innoviris.



Emma Langevin

Administration communale d'Uccle

Elle a coordonné le projet à temps plein au sein du Service Vert de la Commune d'Uccle. Elle y a mis en place les différents dispositifs d'expérimentation portant sur la valorisation des gros bois, le mulching des gazons, le mésocompost et la gestion circulaire des broyats.



Baptiste Debue

Administration communale d'Uccle

Il a coordonné le projet à temps partiel au sein de la commune d'Uccle (Service Environnement) à partir de septembre 2023 en remplacement d'Emma Langevin. Il a participé à la finalisation de l'expérimentation portant sur le gros bois ainsi qu'à l'écriture du présent rapport.

Martin Goor

Administration communale de Saint-Gilles

Il a coordonné le projet à temps plein au sein du service Espaces Verts de la Commune de Saint-Gilles. Il y a mis en place les différents dispositifs d'expérimentation portant sur le mésocompost, la valorisation du gros en mobilier urbain DIY, la gestion des broyats.



Florence Henry de Generet

Bruxelles Mobilité

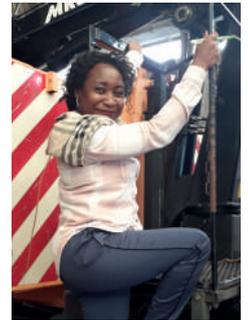
Elle a coordonné le projet à temps plein au sein du service Entretien de Bruxelles Mobilité. Elle y a mis en place différents dispositifs d'expérimentation portant sur la valorisation des gros bois, le mulching des gazons et la gestion circulaire des broyats.



Andreana Mekui Biyogo

Administration communale d'Anderlecht

Elle a coordonné le projet à temps plein au sein du service Cadre de Vie de la Commune d'Anderlecht. Elle y a mis en place les différents dispositifs d'expérimentation portant sur le mulching des gazons, la gestion des feuilles mortes et la valorisation locale des broyats.



Sylvain Regout

Administration communale de Woluwe-Saint-Pierre

Il a coordonné le projet à temps plein au sein du service Développement Durable de la Commune de Woluwe-Saint-Pierre. Il y a mis en place le plus grand nombre de dispositifs d'expérimentation du projet portant sur le mésocompost, les composts décentralisés, le mulching et les feuilles mortes.



Ensemble, ils ont co-produit de 2021 à 2024 les résultats opérationnels et scientifiques de la recherche-action expérimentale Carbone.

Table des matières

Introduction	5
Le projet Carbone – émergence d’une recherche-action	5
Un programme d’innovations expérimentales co-construit avec les administrations concernées	7
Des dispositifs d’innovations expérimentales dans des administrations publiques bruxelloises	9
Enseignements de trois années d’innovations expérimentales	14
1. Gazons	14
1.1 Analyse des expérimentations	14
1.2 Évaluation des effets des expérimentations	24
2. Feuilles mortes	27
2.1 Analyse des expérimentations	27
2.2 Évaluation des effets des expérimentations	33
3. Broyat	35
3.1 Analyse des expérimentations	35
3.2 Évaluation des effets des expérimentations	44
4. Gros bois	47
4.1 Analyse des expérimentations	47
4.2 Évaluation des effets des expérimentations	57
5. Déchets verts mixtes (et alimentaires) - composts décentralisés	59
5.1 Analyse des expérimentations	59
6. Déchets verts mixtes - mésocompost	70
6.1 Analyse des expérimentations	70
6.2 Évaluation des effets des expérimentations	80
Conclusions	83
Remerciements	84
Glossaire	86
Bibliographie	89

Pour citer ce rapport

De Muynck, S., Guilmin, X., Debue, B., Goor, M., Henry de Generet, F., Langevin, E., Mekui Biyogo, A., Regout, S. (2025). « Ecologiser les pratiques de gestion des déchets végétaux à Bruxelles – enseignements de trois années de recherche-action ». Innoviris. Bruxelles.

Financement

Financé la Région de Bruxelles-Capitale via le programme Experimental Platforms 2020 d’InnovIris.

Introduction

Le projet Carbone – émergence d'une recherche-action

Entre 2017 et 2020, un projet ambitieux a vu le jour à Bruxelles : l'**Opération Phosphore** [De Muynck et al. 2018 ; 2019 ; 2020 ; Bortolotti et al. 2019]. Ce projet de recherche-action participative [Chevalier & Buckles 2019] a co-construit un scénario de transformation du système de collecte et traitement des biodéchets (alimentaires et verts) bruxellois qui a largement alimenté la feuille de route régionale sur les biodéchets.

Une des principales conclusions du projet Phosphore était que le système de collecte et traitement des biodéchets bruxellois était caractérisé par une linéarité importante des flux et que leur traitement était polarisé. Cette polarisation s'articulait entre une échelle micro/décentralisée très dynamique et produisant des outputs de qualité mais peu importante en termes de quantités traitées : les près de 200 composts de quartier traitaient seulement 400 tonnes sur près de 200.000 tonnes produites et un système macro/centralisé efficace mais très peu soutenable au plan environnemental : l'incinérateur brûlait près de 90% des déchets alimentaires collectés alors en grande majorité via le sac blanc pour les ménages et le sac rose pour les professionnels.

Le projet Phosphore a également identifié une série d'enjeux plus spécifiques au système de collecte et traitement des déchets verts bruxellois, dont un des principaux concerne la contamination en plastiques des déchets verts¹ des ménages [Kampelmann 2016] et surtout l'export des déchets verts des administrations communales et régionales et les coûts environnementaux et financiers associés [Ecores et al. 2015 ; De Muynck et al. 2017 ; 2018 ; De Muynck, 2018].

Diverses enquêtes complémentaires effectuées par le Centre d'écologie urbaine [De Muynck 2018] ont permis de mieux comprendre le régime sociotechnique [Geels & Schot 2010] des déchets verts.

Sur les trajectoires et la qualité des déchets verts (situation 2020) :

Les déchets verts des ménages (entre 10.000t/an et 15.000t/an) sont collectés en sacs verts et envoyés à Bruxelles-Compost à Forest qui les broie, tamise et revend en partie à des agriculteurs² et des professionnels de jardin. Ce compost de très faible qualité est soupçonné d'être contaminé en microplastiques [Weithmann et al. 2018] ce qui pose des enjeux de santé publique nouveaux [Lithner et al. 2011 ; Wright et Kelly 2017 ; Machado et al. 2018 ; Ebere et al. 2019 ; Zhang et al. 2019] qui n'avaient jamais été révélés jusqu'alors³.

- Les déchets verts "purs" (non contaminés en plastiques) des administrations communales et régionales (Bruxelles Environnement, Bruxelles Mobilité) ne vont quasiment plus à Bruxelles-compost (sauf ceux de Koekelberg et Anderlecht) : ils sont ramassés dans des conteneurs par de grandes entreprises privées (Renewi, Suez, Vanpachtenbeke etc.) et sont exportés en-dehors de la région, dans des lieux encore inconnus, mais très probablement dans des unités industrielles de compostage des Brabants wallon et flamand notamment, semblables à Bruxelles-Compost [De Muynck 2018]. Leurs déchets verts de voirie (feuilles mortes etc.) sont quant à eux collectés comme des déchets tout-venants et majoritairement envoyés à l'incinérateur (Bruxelles-Energie).

1 Les « déchets verts » désignent les déchets végétaux issus de la gestion des espaces boisés (feuilles, branchages, gros bois etc.) et des espaces de pelouses (tonte de gazons, etc.). (Bortolotti et al. 2018:4).

2 Le compost vendu aux agriculteurs périurbains est donc fort probablement contaminé en microplastiques ce qui constitue une problématique importante de santé publique. (Weithmann et al. 2018). « A partir de 2018, les sacs 60L biodégradables/compostables sont à 99,8% matière BASF et 0,2 masterbatch vert BIO : la part de biosourcé est de seulement ±10% - mais il n'y a plus de régénéré dans les sacs (pas d'économie circulaire avec la matière bio). » Communication personnelle de l'ABP (Confidentiel).

3 Les dernières recherches démontrent que les microplastiques peuvent être transportés par des masses d'air jusqu'à près de 100km du point d'origine (Allen et al. 2019).

- Les déchets verts “purs” (non contaminés en plastiques) des centaines de professionnels de jardins actifs en région bruxelloise sont pour partie amenés en camions/camionnettes à Bruxelles-Compost. Les autres professionnels de jardins interrogés déclarent exporter leurs déchets en dehors de la région pour des raisons de coût et de logistique. Ces mêmes professionnels de jardins achètent souvent ensuite le compost produit par Bruxelles-Compost (tout comme certaines communes bruxelloises) et le déversent dans les terres bruxelloises et périphériques [De Muynck 2018].

Sur les coûts associés :

- Les administrations communales paient entre 20.000 euros/an et 70.000 euros/an uniquement pour l’export de leurs déchets verts. A cela, il faut ajouter :
- Les coûts d’achat de copeaux de bois et de terreau, estimés entre 10.000 euros/an et 15.000 euros/an/commune mais aussi ;
- Le transport pour certaines administrations qui conduisent elles-mêmes leurs déchets. La commune d’Anderlecht dépensait à elle-seule plus de 250.000 euros/an pour cette seule étape ;
- Concernant les administrations régionales, les coûts sont encore plus importants puisqu’ils sont liés aux importantes superficies à gérer. Bruxelles Mobilité déclarait en 2020 : « tous les travaux d’entretien et d’aménagement de nos espaces verts sont confiés à des prestataires externes selon la loi des marchés publics. Nous fonctionnons avec un budget d’environ 18.000.000 d’euros/an TVAC ».
- Les professionnels de jardins paient aussi la facture car les droits d’entrée des unités de compostage vers lesquelles ils transportent les déchets verts “purs” issus de leurs pratiques d’entretiens sont facturés 65 euros/tonne, ceci, sans compter les coûts logistiques importants (temps de trajet, salaire, essence)

Partant, le projet Carbone (2021-2024) avait plusieurs objectifs :

1. Environnementaux

- 1.1. Diminuer les trajets en camions ;
- 1.2. Cesser la contamination présumée en micro plastiques de terres belges ;
- 1.3. Enclencher des pratiques régénératives des sols/recréer de la terre.

2. Sociaux

- 2.1. Revaloriser les profils de fonction peu attractifs ;
- 2.2. Créer des nouveaux profils de fonction attractifs.

3. Économiques

- 3.1. Diminuer les dépenses des administrations pour la collecte et le traitement des déchets verts ;
- 3.2. Diminuer les dépenses logistiques des petits professionnels de jardins ;
- 3.3. Activer des activités économiques locales.

4. Gouvernance

- 4.1. Activer des alliances nouvelles entre acteurs internes et externes.

5. Juridiques

- 5.1. Créer des poches juridiques de bien commun.

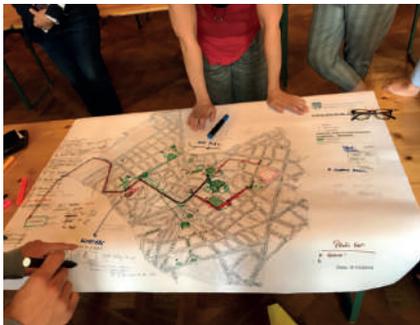
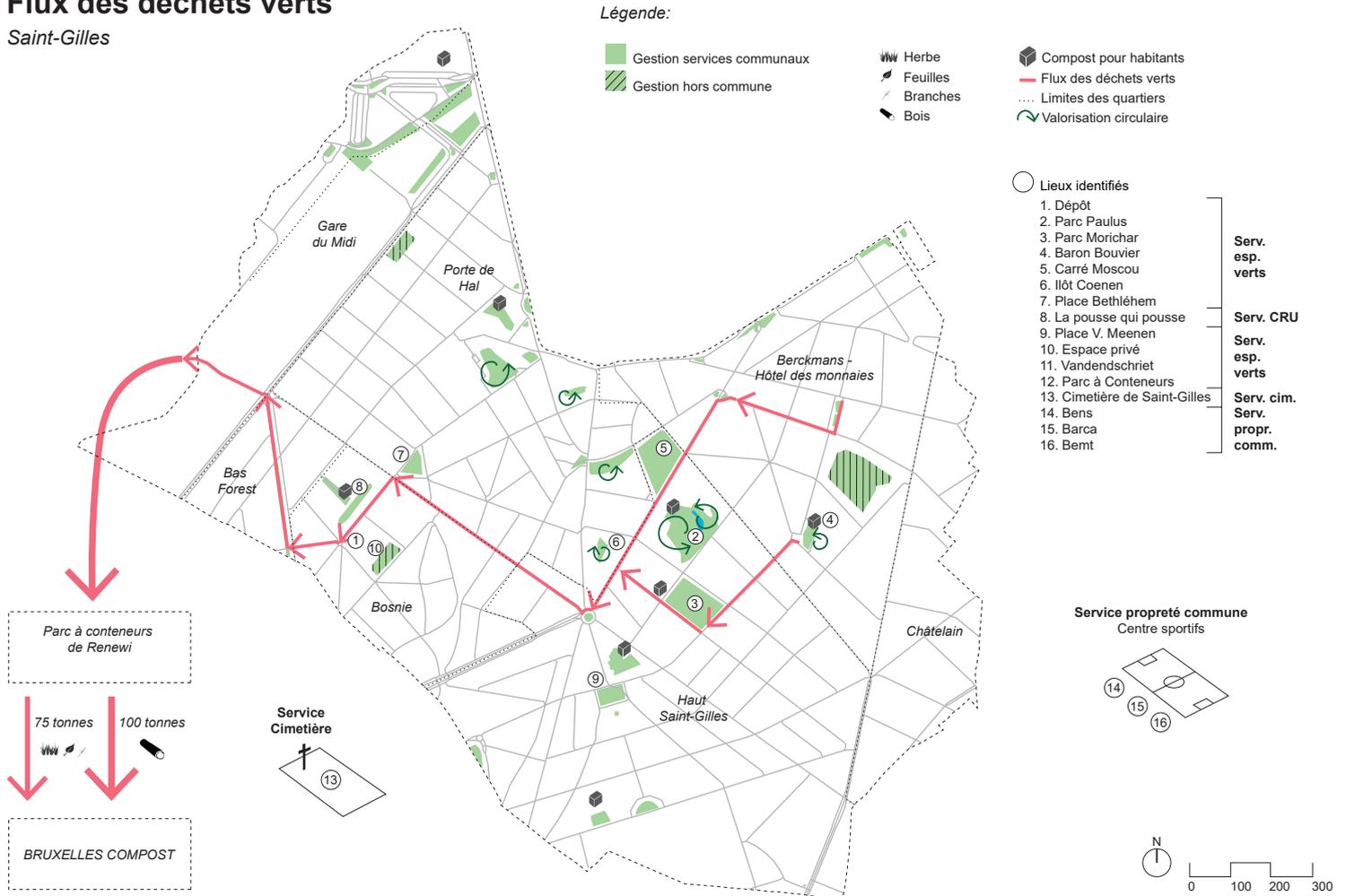
Il s’agissait de tester une série d’innovations expérimentales visant à recirculariser et distribuer les matières végétales issues de l’entretien des espaces publics de Saint-Gilles, Uccle, Woluwe-Saint-Pierre, Anderlecht et Bruxelles-Mobilité, qui étaient jusqu’alors considérées majoritairement comme des déchets.

Un programme d'innovations expérimentales co-construit avec les administrations concernées

Le programme d'innovations expérimentales de Carbone (voir infra) a été co-construit au cours de plusieurs dynamiques de cartographies participatives avec les administrations concernées durant la phase de co-construction du projet, réunissant ouvriers, jardiniers, contremaîtres, responsables stratégiques et de la gestion des espaces verts et parfois des échevin-es concernés.

Flux des déchets verts

Saint-Gilles



Ces dynamiques participatives conceptualisées et animées par un acteur-pont (Folke, Hahn, Olsson et al. 2005 ; Hahn, Olsson, Folke et al. 2006) ont permis d'identifier de manière collective les espaces verts sous gestion de l'administration mais aussi et surtout les premières trajectoires des différents flux de matières vertes identifiées (gazons, feuilles mortes, broyat, gros bois). Elles ont confirmé et révélé de nombreux enjeux: linéarité des flux, incapacité des administrations à estimer les flux annuels de déchets produits et exportés, coûts de traitement et d'export des déchets estimés comme importants mais méconnus des administrations, absence de visibilité sur les exutoires des flux, absence d'installations de traitement adaptées aux flux produits, etc. Chaque administration a donc co-construit un programme d'expérimentations sur base des enjeux qui lui étaient spécifiques.

Par exemple, la commune de Woluwe-Saint-Pierre a opté pour des innovations expérimentales portant sur les gazons et les feuilles mortes car elle les exportait en masse. Anderlecht a également fait un focus sur la recircularisation de ses gazons qui étaient exportés en grandes quantités vers Bruxelles-Compost tandis que le flux de gros bois était surtout un enjeu à Saint-Gilles, Uccle et Bruxelles-Mobilité - qui l'ont donc intégré dans leur programme.

Tableau 1. Dispositifs d'expérimentations retenues par les administrations

	Anderlecht	Uccle	Woluwe-Saint-Pierre	Saint-Gilles	Bruxelles Mobilité
Gazon	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Mulching d'espaces verts 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Mulching du cimetière et d'espaces verts 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Mulching d'espaces verts 		<ul style="list-style-type: none"> ▸ Mulching d'espaces verts linéaires
Feuilles mortes	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Boîtes à carbone ▸ Paillage in situ ▸ Distribution locale 		<ul style="list-style-type: none"> ▸ Paillage in situ 		
Broyat	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Paillage ▸ Distribution locale ▸ Méso compost 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Paillage ▸ Méso compost ▸ Distribution locale 		<ul style="list-style-type: none"> ▸ Paillage ▸ Distribution locale 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Monitoring ▸ Valorisation interne
Gros bois		<ul style="list-style-type: none"> ▸ Mobilier urbain DIY en série 		<ul style="list-style-type: none"> ▸ Mobilier urbain DIY 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Mobilier urbain fonctionnel et artistique ▸ Filière systématisée
Déchets verts mixtes et alimentaires			<ul style="list-style-type: none"> ▸ Composts décentralisés (in situ et en entreprise) 		
Déchets verts mixtes		<ul style="list-style-type: none"> ▸ Méso compost 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Méso compost 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Méso Compost 	



Des dispositifs d'innovations expérimentales dans des administrations publiques bruxelloises

Pour tenter de comprendre les effets de tous les dispositifs d'innovations expérimentales, il nous faut avant tout comprendre ce qu'est une « innovation » et une « expérimentation ».

Le terme « **innovation** » vient du mot latin *innovare* qui signifie « revenir à, renouveler ». *Innovare* se compose du verbe *novare* de racine *novus*, qui veut dire « changer », « nouveau », et du préfixe *in-*, qui indique un mouvement vers l'intérieur. Dans le langage juridique du Moyen Âge, il s'agit donc d'« introduire quelque chose de nouveau dans une chose établie », ce qui fait sens par rapport au travail qui a été mené (Wikipedia).

« **L'expérimentation** » suppose l'intervention délibérée dans le cours des phénomènes, et la manipulation contrôlée de ces phénomènes, notamment en vue de déterminer quels paramètres sont pertinents quant à la production d'un effet donné [Nadeau 1999 ; Soler 2009 ; Dupouy 2011 in : Allamel-Raffin et al. 2019]. La méthode expérimentale a fait l'objet de nombreux travaux dans de nombreux champs disciplinaires.

Le projet Carbone a mis en place un programme **d'innovations expérimentales dans des administrations publiques** [Martin, 2022] ce qui a révélé des enjeux et difficultés spécifiques [Boukamel & Emery, 2018]. Cela a aussi nécessité d'accepter les difficultés rencontrées comme des enjeux consubstantiels à la démarche et d'ajuster les expérimentations en cours de route tout en documentant le processus. En ce sens, la méthode expérimentale se rapproche de la **recherche-action** [Danley & Ellison 1999 ; Catroux 2002 ; Baron 2008] qui a été l'approche assumée du présent projet.

Évaluer les effets des innovations expérimentales : analyse multicritères des lignes de forces



Le cadre d'analyse

Pour tenter de comprendre les effets des dispositifs d'innovations expérimentales mis en place dans Carbone, le consortium Carbone s'est inspiré de trois lignes de force issus de travaux sur les métabolismes territoriaux [Kampelmann & De Muynck, 2018] et les a prolongées. L'intention du projet Carbone étant **d'écologiser les pratiques** de gestion des matières végétales bruxelloises, il fallait tout à la fois réduire les déchets produits (*intensité*), réduire les trajectoires des déchets verts (*structure spatiale*) mais aussi porter une attention particulière à la régénération des sols (*qualité*) et aux coûts des dispositifs (*considérations financières*). Enfin, l'ambition était aussi de normaliser les pratiques dites innovantes (*institutionnalisation*). En ce sens, nos travaux se rapprochent de ce que Christian Arnsperger et Dominique Bourg qualifient de **pratiques perma-circulaires** [Arnsperger et Bourg, 2016]. De notre point de vue, ces cinq lignes de forces sont des conditions nécessaires et indissociables pour tout praticien chercheur qui veut tendre vers des pratiques réellement soutenables au sens plein du terme. Probablement d'autres dimensions devraient-elles à terme être intégrées dans l'analyse (ACV, autres) mais le consortium ne disposait pas des compétences nécessaires pour les mobiliser.

Par exemple, un mésocompost qui permet de réduire fortement la structure spatiale des déchets concernés mais dont le bilan financier est très défavorable serait problématique et difficile à défendre. Une région qui biométhanise ses déchets alimentaires et post-composte son digestat sans investir dans une politique forte de prévention des déchets concernés et collectant ses déchets en sacs plastiques réduit certes sa structure spatiale mais annihile les efforts menés en raison de la croissance des déchets concernés [Grosse, 2010 ; Arnsperger et Bourg, 2016] et de la qualité de l'output produit qui est problématique.

Les lignes de forces, leurs composantes et leurs unités sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 2. Analyse comparative de la situation avant/après la mise en place des dispositifs de gestion circulaire du projet Carbone au regard des 4 lignes de forces retenues

Ligne de force	Composantes	Situation avant / après Carbone (unité de mesure)
Intensité: Mesure et/ou évalue la quantité de déchets et de ressources pour les différents flux de matières végétales	Déchets (maximum collectable théorique): Quantités potentielles de déchets sur base des superficies communales ou nombre d'arbres sous gestion de l'administration	t/an
	Ressources «sol» (déchets évités): Quantités potentielles de déchets évités grâce aux dispositifs, sur base des superficies communales ou nombre d'arbres sous gestion de l'administration (en t/an).	t/an
	Ressources biodiversité (déchets évités) - si applicable: Quantités potentielles de déchets évités par la mise en place de surfaces dédiées à la biodiversité (prairies fleuries, fauche tardive) sur base des superficies communales ou nombre d'arbres sous gestion de l'administration	t/an
Structure spatiale: Mesure et/ou évalue l'étendue territoriale et géographique des filières de collecte et traitement et leur réduction par les dispositifs circulaires Carbone	Distance «tournée de collecte type»: Estimation des km parcourus pour le transport des déchets durant 1 année, depuis les sites de production jusqu'au site de prétraitement du collecteur ou jusqu'au site de traitement final et d'exutoire final dans certains cas	km
	Distance «à vol d'oiseau» (minimum théorique): Estimation minimale théorique de la distance associée à la gestion des déchets depuis leur lieu de production jusqu'à leur lieu d'utilisation/valorisation finale lorsqu'il est connu, et pour la part majoritaire du flux	km
	Echelle territoriale: Echelle territoriale administrative de l'output déchet ou ressource final.	échelle
Qualité: Evalue les qualités intrinsèques des matières végétales en usage «sol» (paillage, amendement) à travers différents indicateurs biologiques, chimiques et physiques, et pour la part majoritaire du flux. Indice global /10, basé sur 11 indicateurs bio-physico-chimiques)	Valorisation sol: physique: vitesse d'infiltration de l'eau. ▶ chimique: potentiel nutritif, apports des éléments (N, P, K, Mg) ▶ physico-chimiques: rapport C/N, progression de la matière organique. ▶ biologique: progression de la biomasse microbienne, effets sur la population de lombric (quantité et diversité)	cote de 1 à 10
Institutionnalisation: L'institutionnalisation correspond au déplacement, à l'intégration puis à la normalisation des éléments de "l'instituant" dans "l'institué" - les administrations qui se voient ainsi modifiées plus ou moins fortement par cette intégration selon les cas (Lourau, 1969). Elle évalue l'appropriation des pratiques circulaires dans les administrations à travers 8 indicateurs (opérationnels, stratégiques et politiques) formant un taux global (%)	Documents et plans stratégiques validés par les instances décisionnaires et approuvant la circularisation des DV	%
	Process internes (2x): plans de gestion, plannings et protocoles de travail liés aux déchets verts circulaires officiels et officieux	%
	Cahiers des charges intégrant des critères de circularité liés aux déchets verts	%
	Achats de machines, outils et infrastructures liés aux déchets verts circulaires	%
	Profils de fonctions liés aux déchets verts circulaires (y compris formations)	%
	Autorisations et/ou permis régionaux liés aux infrastructures de gestion des déchets verts circulaires (PE et/ou PU pour dépôts, abris, sites de compostage et de stockage etc.)	%
Conventions de collaboration intra-/inter-communales, documents permis et autorisations régionaux liés aux déchets verts circulaires.	%	

Précisions méthodologiques

Intensité

Le calcul de productivité de déchets verts par surface ou par arbre est basé sur la médiane de plusieurs méthodologies de quantification issues de différentes études retenues et agrégées par le projet Carbone [Duvigneaud et al., 1977, Bortolotti et al., 2022. Schneider et Le Bozec, 1995; Centre technique horticole de Gembloux, 2006; Vandewalle, 2012; De Muynck, Guilmin et al. 2023; De Muynck, Guilmin et al. 2024; Biomasse Normandie, 2023].

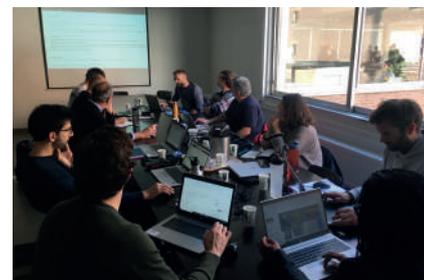
Les surfaces concernées au sein des administrations sur lesquelles ont été appliquées les différentes médianes (gazons) ont été délimitées de manière assez précise également, par cartographies produites par les administrations.

Lorsque l'intensité (broyat, feuilles mortes) s'applique à un nombre d'arbres et non à une surface, l'estimation est moins précise. Le nombre précis et les caractéristiques des arbres qui produisent du broyat ne sont pas spécifiés (de manière générale, il y a un manque d'inventaire des arbres et des interventions associées). Aussi, il est difficile de savoir si ce broyat est bel et bien produit (ou laissé en branchage) et effectivement récupéré par l'administration gestionnaire. Pour les feuilles mortes, il n'est pas possible de connaître avec précision quels arbres sont concernés par la collecte de leurs feuilles ni le taux de collecte.

Structure spatiale

La distance "tournée de collecte" repose sur la modélisation de tournées de collecte type des déchets verts (fréquence de passages théoriques effectués par les services espaces verts des administrations sur des points de collecte définis). Cette modélisation ne s'applique qu'au flux de gazon. La tournée de collecte inclut les distances parcourues jusqu'au site de regroupement du sous-traitant (Bruxelles Mobilité), de prétraitement du collecteur (Uccle) ou de traitement final (Woluwe-Saint-Pierre, Anderlecht). Ces estimations ne prennent pas en compte les aléas de transport (modification du circuit et/ou de la fréquence de tournée) et propose probablement une version optimisée des transports réels potentiellement plus élevés. En situation "après", les expérimentations mulching suppriment certains points de collecte des tournées de collecte type et réduit en conséquence le circuit de collecte et les km parcourus par les collecteurs sous-traitants lorsqu'il y en a. La part des points de collecte supprimés (%) est appliquée au nombre de km de "tournée de collecte", supposant une réduction des km équivalente à la part de points de collecte supprimés (tournée de collecte écourtée).

La distance "à vol d'oiseau" se base sur la mesure des distances entre le lieu de regroupement des déchets des administrations et les sites de traitement finaux. Cette estimation de distance (vecteur A-B tracé avec Google Maps) se base sur les informations relatives aux filières de collecte et de traitement collectées auprès des administrations et leurs opérateurs sous-traitants et vise à produire une estimation de l'étendue géographique du système de gestion associé au flux. Ces informations sont souvent précises pour ce qui concerne les sites de traitement final et plutôt partielles ou supposées quant aux lieux des usages finaux. Lorsque les matières végétales sont restituées aux sols du territoire concerné, on considère alors l'étendue géographique maximale du territoire communal/régional lui-même (les 2 points les plus éloignés du territoire). Lorsque l'export des déchets reste majoritaire sur l'ensemble du flux, la structure spatiale évolue peu et est donc considérée inchangée ou peu réduite.



L'analyse de la structure spatiale introduit et mobilise différentes notions de territorialité des modes de gestion et de traitement des différents flux de matières végétales qui permettent d'en définir l'étendue territoriale. Dans la mesure où la projet Carbone est un projet d'intérêt régional bruxellois, l'analyse de la territorialité des matières végétales ou déchets verts est ici considérée en rapport à la Région de Bruxelles-Capitale et ses communes. Ainsi, **nous distinguons les échelles** :

- "In Situ" signifie que les matières sont gérées, traitées et valorisées directement sur le site où elles sont produites (ex. : dans un parc communal), ou à proximité directe du site (ex. : le broyat produit sur un alignement de grands arbres d'un boulevard est utilisé en paillage dans les parterres d'un parc adjacent).
- "Communale" : les matières végétales sont gérées, traitées et valorisées dans les limites administratives du territoire communal (ex. : les matières végétales produites sur un espace vert communal sont acheminées sur le site du méso compost communal).
- "Supra communale" : les matières sont gérées, traitées et valorisées à l'échelle de plusieurs communes qui s'organisent entre elles à cette fin (ex. : un site de mésocompost d'une commune est partagé avec une seconde commune qui y achemine et y traite ses propres matières et y produit son propre compost)
- "Régionale" : les matières végétales sont gérées, traitées et valorisées dans les limites du territoire régional (ex. : une administration régionale bruxelloise centralise et redistribue son broyat sur ses espaces verts répartis sur le territoire régional)
- "Supra régionale" : les déchets végétaux sont gérés à l'échelle in situ ou communale puis traités et valorisés sur le(s) territoire(s) administratif(s) d'une ou de région(s) différente(s) (ex : région wallonne) voir d'un pays différent - on parlera alors d'échelle supra nationale.

Qualité

Les indices qualité sont basés sur des données d'étude de longue durée du laboratoire d'analyse des sols de la Ville de Paris portant sur les paillages des différentes matières végétales. Le cadre d'évaluation a été élaboré en collaboration avec M. François Nold, ingénieur hors classe, responsable du pôle d'expertise des sols et chef du laboratoire d'agronomie DEVE/SSTVAU/DESV. Ils donnent un indice global basé sur des fourchettes de valeurs auxquelles sont associées une cotation spécifique pour les différents apports pour le sol (bio-physico-chimiques) de la matière végétale lorsqu'elle est utilisée en amendement ou paillage. Le résultat global est sommé et rapporté en une cote sur 10.

Institutionnalisation

L'évaluation est construite autour de 8 indicateurs considérés comme «marqueurs» de l'insertion des pratiques de gestion circulaire dans les administrations concernées (existence plus ou moins marquée de documents stratégiques, process de travail, décisions officielles, investissements spécifiques, modifications des cahiers de charges, autorisations légales...). Les indicateurs sont évalués selon l'échelle d'évaluation suivante : pas rencontré = 0, rencontré mais de façon plutôt insuffisante = 1, rencontré de façon plutôt suffisante = 2, rencontré de façon optimale = 3. Le résultat global est sommé et rapporté en pourcentage. L'évaluation a été effectuée conjointement par les co-chercheurs (ULB/administrations partenaires).

Notons que pour chaque ligne de force, une évaluation qualitative de la fiabilité des données a été fournie : forte = ***, moyenne = **, faible = *.

La genèse du projet, ses enjeux, sa méthode et son cadre d'analyse étant posés, le chapitre suivant décrit les enseignements de trois années d'innovations expérimentales pour chacun des flux de déchets verts concernés et pour chaque administration.

Enseignements de trois années d'innovations expérimentales

1. Gazons

1.1 Analyse des expérimentations

Tableau 3. Synthèse comparative de la situation avant Carbone et après Carbone pour la gestion des gazons.

	Anderlecht	Uccle	Woluwe-Saint-Pierre	Bruxelles Mobilité
La situation avant Carbone (2020)				
Superficies totales d'espaces verts publics du territoire, en hectares (Cartographies communales, 2022 ; Bruxelles Environnement 2022)	207 ha	668 ha	180 ha	2800 ha
Superficies totales d'espaces verts sous gestion de l'administration, en hectares (Bortolotti et al., 2022 ; Bruxelles Mobilité, 2022)	148 ha	70 ha	29 ha	520 ha
Superficies de pelouses sous gestion de l'administration avant Carbone, en hectares	394.092 m² (39 ha)	143.321 m² (14 ha)	98.064 m² (9,8 ha)	780.000 m² (78 ha)
- Dont superficies mulchées avant Carbone, en hectares	234.896 m² (23,5 ha) (60% des pelouses sous gestion)	37.741 m² (3,8 ha) (26 % de pelouses sous gestion)	0 m²	0m²
- Dont superficies tondues avant Carbone, en hectares	87.000 m² (8,7 ha) (22% des pelouses sous gestion)	75.815 m² (7,6 ha) (53 % de pelouses sous gestion)	98.064 m² (9,8 ha)	630.000 m² (63 ha)
- Dont autres (fauchage tardif, prairies fleuries, zones écologiques...) avant Carbone, en hectares	71.970 m² (7,2 ha) (18% des pelouses sous gestion)	29.765 m² (3,0 ha) (21 % des pelouses sous gestion)	sd	150.000 m² (15 ha)
Destinations du flux de tontes (par ordre d'importance) avant Carbone	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Tontes produites et exportées par l'administration vers compostage industriel supra communal (Bruxelles-Compost) ▸ Mulching systématisé dans les grands parcs 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Tontes produites par l'administration et exportées par Bruxelles-Compost pour compostage industriel supra communal ▸ Mulching des grands parcs 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Tontes produites et exportées par l'administration et le collecteur sous-traitant acheminées vers compostage industriel (Renaix) 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Tontes produites et exportées par le sous-traitant vers exutoire final inconnu

	Anderlecht	Uccle	Woluwe-Saint-Pierre	Bruxelles Mobilité
Les expérimentations Carbone (2021-2024)				
Types d'expérimentations et valorisation recherchée	Mulching de la majorité des espaces verts	Mulching des pelouses du cimetière de Verrewinkel et d'autres pelouses communales	Mulching des espaces verts phasé avec priorisation sur les grandes superficies	Mulching des espaces verts arborés et non-arborés
Capacitation et formations mises en place dans le cadre des expérimentations Carbone	Démonstration d'une mulcheuse à Anderlecht, formation à la technique du mulching et maîtrise des machines	Démonstration d'une mulcheuse à Anderlecht puis test d'une mulcheuse au cimetière	Démonstration d'une mulcheuse à Anderlecht puis test d'une mulcheuse sur le site d'expérimentation	Formation à la technique du mulching et maîtrise des machines possibles au niveau du sous-traitant
Outils de gestion mis en place dans le cadre des expérimentations Carbone	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Fiche de collecte des quantités de tontes produites ▸ Registre des sites mulchés ▸ Formulaire d'inscription pour les bénéficiaires de matières végétales ▸ Base de données des demandeurs 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Registre des modes de gestion des pelouses ▸ Plan de gestion des pelouses (techniques et machines à utiliser) 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Registre des sites tondus en mulching ▸ Planification des phases de l'expérimentation 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Bons de commandes, journaux des travaux et états d'avancements propres aux marchés publics.
Machines mobilisées dans le cadre des expérimentations Carbone	Voir: Annexe 1 - Tondeuses mulcheuses mobilisées pour les expérimentations			
Superficies mulchées dans le cadre des expérimentations Carbone, en hectares	8 ha	6,4 ha	1,1 ha	6 ha
Part de la superficie mulchée dans le cadre des expérimentations Carbone par rapport aux superficies totales de pelouses sous gestion communale	20 %	45 %	11,4 %	7,5 %
Accroissement 2020-2024 des superficies mulchées produit par les expérimentations Carbone	+ 25 %	+ 63 %	+ 11,4 %	+ 7,5 %

	Anderlecht	Uccle	Woluwe-Saint-Pierre	Bruxelles Mobilité
La situation en 2024				
Superficies totales des pelouses sous gestion de l'administration en 2024, en hectares	394.092 m ² (39 ha)	143.321 m ² (14 ha)	98.064 m ² (9,8 ha)	780.000 m ² (78 ha)
▸ Dont superficies mulchées en m ² et en ha (et % par rapport aux pelouses sous gestion) en 2024, en hectares	310.500 m ² (31,5 ha) (80 % des pelouses sous gestion)	101.494 m ² (10,1 ha) (70 % des pelouses sous gestion)	11.000 m ² (1,1 ha) (11 % des pelouses sous gestion)	60.000 m ² (6 ha) (7% des pelouses sous gestion)
▸ Dont superficies tondues, en hectares (et % par rapport aux pelouses sous gestion) en 2024	21.112 m ² (2,1ha) (5% des pelouses sous gestion)	12.100 m ² (1,2 ha) (8 % des pelouses sous gestion)	86.000 m ² (8,6 ha) (88 % des pelouses sous gestion)	570.000 m ² (57 ha) (73% des pelouses sous gestion)
▸ Dont autres (fauchage tardif, prairies fleuries, zones écologiques...) en hectares (et % par rapport aux pelouses sous gestion) en 2024	58.000 m ² (5,8 ha) (15% des pelouses sous gestion)	30.000 m ² (3,0 ha) (21 % des pelouses sous gestion)	600 m ² (0,06 ha) (<1% des pelouses sous gestion)	150.000 m ² (15 ha) (19% des pelouses sous gestion)
Destinations du flux de tontes (par ordre d'importance) en 2024	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Mulching ▸ Compostage industriel (Bruxelles-Compost 2023) pour les tontes conventionnelles occasionnelles ▸ Potagers locaux (paillage) 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Mulching ▸ Compostage industriel pour les tontes conventionnelles occasionnelles excédentaires (non-absorbables par le compost communal) ▸ Compostage communal méso pour les tontes conventionnelles subsistantes (occasionnelles) 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Compostage industriel pour les tontes conventionnelles occasionnelles (Renaix, 2023) ▸ Mulching 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Compostage industriel et/ou biométhanisation (selon filières du sous-traitant) pour les tontes conventionnelles occasionnelles ▸ Mulching

Anderlecht

La situation avant Carbone (2020) était relativement circulaire. Les quantités gérées en tonte, mulching et autres étaient alors inconnues mais la quantification effectuée lors du projet Carbone a permis de montrer que 22% des pelouses sous gestion communale étaient tondues et exportées à Bruxelles-Compost, 60% étaient déjà mulchées et 18% faisaient l'objet d'autres types de pratiques écologiques ne générant pas de déchets verts (fauchage tardif, prairies fleuries etc.). Notons que les superficies mulchées l'étaient avec des tondeuses classiques, sans ramassage, qui présentaient encore un potentiel d'amélioration, notamment pour ce qui concerne la qualité et la hauteur de coupes.

L'expérimentation de la commune d'Anderlecht (2021-2024) a porté sur le mulching des espaces verts. Dans un premier temps Andreana Mekui Biyogo a cartographié les espaces verts sous gestion communale qui étaient tondues et mulchés jusqu'alors. Cela a permis d'estimer la production de déchets de tonte du territoire communal. Les espaces verts concernés par l'expérimentation ont été localisés et les machines existantes et acquises dans le cadre de Carbone ont été affectées aux espaces selon leurs caractéristiques propres. Concrètement, les mulcheuses à larges plateaux de coupe (plus de 3 mètres) ont été mobilisées dans les grands espaces verts (parc Astrid, parc de Scherdemael, etc.) et les mulcheuses plus polyvalentes "zero turn" à moyens plateaux (132 cm) ont été utilisées dans des parcs et autres espaces verts de voirie plus étroits et discontinus (square Jean Hayette, Cimetière, accotement, etc.). Notons que les nouvelles machines et les kits mulching acquis l'ont été à la suite de deux séminaires organisés par Anderlecht (voir supra). Le premier séminaire mobilisé tout le consortium Carbone et concernait la démonstration des machines variées (machines d'Anderlecht et machines du fournisseur), suivi d'un retour d'expériences des agents d'Anderlecht qui avaient une

longueur d'avance sur la pratique du mulching depuis des années (voir Annexe2_Séminaire mulching 2021). Le second séminaire-test a été organisé spécialement sur des mulcheuses électriques du fournisseur local, mais cette fois avec la participation des agents d'Anderlecht uniquement. Le test n'a pas été concluant car il s'agissait des prototypes de machines électriques qui ont présenté des défaillances. Le fournisseur a reconnu que le prototype devait encore être amélioré avant sa mise en vente sur le marché.

Dans le cadre de l'expérimentation, plus de 8 ha qui étaient jusqu'alors tondues ont été mulchées, ce qui correspond à 20% des superficies de pelouses sous gestion au total portant le total mulché de 60% en 2020 à 80% des superficies de pelouses sous gestion communale en 2024 (soit un accroissement de 25% de pelouses mulchées sur la période 2020-2024).

En termes de perspective (2024 et après), la commune d'Anderlecht vise à étendre encore les superficies d'espaces verts mulchés pour tendre vers 95% des espaces verts engazonnés sous gestion communale d'ici quelques années. Les 5 kits mulching seront progressivement installés sur les tondeuses classiques existantes et les sites actuellement tondues avec ces machines seront convertis en zones de mulching. Les déchets de tontes subsistants seront valorisés dans le futur mésocompost communal. Ce projet est bien avancé. Le permis d'environnement a été octroyé et le matériel a été commandé et pour partie déjà livré (broyeur multi-végétaux, retourneur d'andain).



Uccle

La situation avant Carbone (2020) considérait les déchets de gazons majoritairement comme des déchets. Seuls deux parcs et un grand espace vert étaient mulchés, ce qui représentait environ 26% des superficies totales de pelouses sous gestion communale. 53% étaient tondues et exportées vers Bruxelles-Compost et le reste (21%) était géré en fauche tardive/zone de développement spontané.

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur le mulching des pelouses du cimetière de Verrewinkel et d'autres espaces verts. Le cimetière de Verrewinkel représente 5 hectares de pelouse dont 3,9 hectares étaient jusqu'alors régulièrement tondues de façon conventionnelle et dont le flux de tonte était exporté en Wallonie dans le compost industriel de Renewi à Braine-L'Alleud.

Un diagnostic des freins a été réalisé courant 2021. La mise en place du mulching dans un cimetière comportait des contraintes propres : les tombes sont des obstacles au déplacement des tondeuses et ce type de lieu exige un rendu esthétique particulier. Les moments de recueil lors des cérémonies diminuent la possibilité pour les équipes de mulcher régulièrement - à Uccle, les équipes du cimetière ont la double casquette des inhumations et de l'entretien des espaces verts ce qui réduit leur temps disponible.

En plus de la participation au séminaire de démonstration des tondeuses mulcheuses avec les autres parties prenantes du consortium Carbone (voir supra) les équipes ont testé la mulcheuse Ferris Stand on SRS Z1 sur le site du cimetière. Cette machine, suffisamment étroite pour passer entre les tombes, a été sélectionnée puis commandée et utilisée lors de la saison de tonte de 2022.

La première saison de mulching, réalisée entre mai et octobre 2022 a convaincu les équipes et usagers, méfiants au départ, du rendu esthétique de la pratique. Toutefois, cette mulcheuse s'est avérée peu efficace sur les allées extérieures plus larges. La Commune a donc fait acquisition d'une seconde mulcheuse (Ferris 2600), plus large, pour compléter et intensifier le mulching dans les zones concernées.



Lors de la saison de mulching effectuée de mai à octobre 2023, la moitié du cimetière a été mulché, soit 19% des superficies totales de pelouses sous gestion communale.

Le reste des pelouses est réparti entre des zones en prairie fleurie et des zones plus "prestigieuses" qui sont encore tondues (ex : pelouses d'honneur). Les déchets de tontes restant sont exportés en Wallonie dans le compost industriel de Renewi à Braine-L'Alleud. Afin d'ancrer la pratique du mulching, l'équipe du cimetière de Verrewinkel a développé un plan de gestion spécifique permettant d'attribuer un type de gestion à chaque type de pelouse.

Dans la continuité de l'expérimentation de 2023, le Service Vert de la commune d'Uccle a poursuivi l'intensification du mulching sur les pelouses en gestion communale dans divers espaces verts.



Plus de 26% des pelouses sous gestion communale sont venues s'ajouter aux superficies mulchées en 2020 pour atteindre un total de 70% des superficies mulchées par rapport aux superficies de pelouses sous gestion communale. Uccle est donc passée de 26% à 70% de mulching des gazons de 2020 à 2024. Environ 21 % sont encore laissés en fauchage tardif ou en développement spontané. Seuls 8% des pelouses sous gestion communale sont encore tondues et exportées. La commune d'Uccle a donc transformé la majorité de ses déchets de gazons en ressources.

En termes de perspectives (2024 et après), la Commune d'Uccle vise l'optimisation du mulching au cimetière de Verrewinkel car la nouvelle mulcheuse adaptée aux allées larges n'était arrivée que tard dans la saison 2023. Théoriquement, les 8% de pelouses tondues et exportées pourront être valorisées dans le mésocompost communal.

Woluwe-Saint-Pierre

La situation avant Carbone (2020) était simple : l'ensemble des surfaces engazonnées étaient tondues de manière conventionnelle essentiellement par la commune et les tontes collectées étaient exportées à minima à l'échelle supra régionale sur un site de compostage industriel (Renewi à Renaix). Les quantités précises tout comme les coûts globaux de gestion étaient inconnus des services communaux.

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur le mulching des espaces verts.

La commune de Woluwe-Saint-Pierre a participé, au même titre que l'ensemble du consortium Carbone, à un séminaire de démonstration de machines suivi d'un retour d'expériences des agents d'Anderlecht qui pratiquent le mulching depuis des années. A la suite de celui-ci, la commune a proposé l'achat d'une tondeuse mulcheuse polyvalente "zero turn" à plateau de taille moyenne (132 cm) avec système de suspension pouvant travailler dans des espaces verts de voiries discontinus et étroits, caractéristiques de Woluwe-Saint-Pierre.

En collaboration avec le service des jardiniers, Symlvain Regout a identifié en 2022 les espaces verts engazonnés qui allaient servir de test pour la première



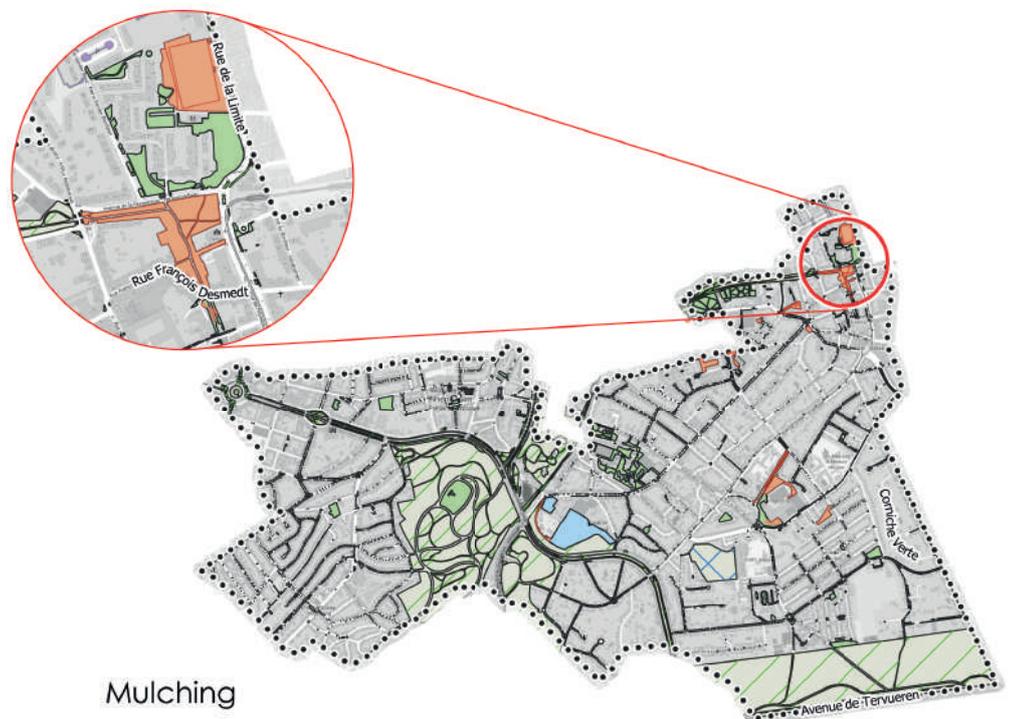
saison. Le parc métro et le terrain de rugby de Stockel ont été sélectionnés en raison de leur ampleur, de leur facilité d'entretien et de leur proximité vis-à-vis du magasin communal qui permettait aux équipes communales de se rendre sur le site directement avec la tondeuse immatriculée, évitant ainsi l'usage plus complexe et chronophage d'une remorque.

La commune a testé la hauteur de coupe de 7 cm qui a été satisfaisante sauf sur le terrain de rugby qui nécessitait, pour des raisons sportives, une coupe plus courte, de 5 cm. Une coupe haute permet de réduire la croissance du gazon et de le rendre plus résilient face au changement climatique (sécheresses etc.).

L'expérimentation a également porté sur plusieurs éléments qui vont au-delà du mulching. Il s'agissait de mulcher pour éviter l'exportation de déchets de tonte mais aussi de réduire l'intensité de l'entretien des espaces verts et de favoriser la biodiversité en implantant des **zones de prairies fleuries/fauches tardives** et en **réduisant le débroussaillage** dans le cadre du plan de gestion différenciée.



La commune a mulché 1,1 ha, ce qui a permis de réduire l'intensité de production de déchets verts de tonte de plus de 11 tonnes en une saison (voir aussi partie "Evaluation des effets des expérimentations - Tableau 1_Gazons/Woluwe-Saint-Pierre). L'expérimentation a donné satisfaction et a permis de démontrer l'absence de différence significative entre le temps d'entretien d'un espace vert en tonte classique par rapport au mulching, ce qui déconstruit une représentation sociale négative du mulching très ancrée dans les communes bruxelloises (voir Annexe3_Résultats atelier réflexif freins à l'innovation).



En termes de perspectives (2024 et après) il a été décidé que le mulching serait étendu à d'autres zones dont les espaces verts en voiries, plus complexes à entretenir. Le nouveau convoi mixte sera donc composé d'une remorque transportant une tondeuse conventionnelle et la tondeuse mulcheuse dans le but d'expérimenter le mulching dans des zones plus éloignées du magasin communal. De manière plus générale, la commune va continuer la dynamique de réduction de l'intensité d'entretien des espaces verts sous gestion communale via la localisation et l'implantation de prairies fleuries et fauches tardives d'une part, et l'extension de zones de mulching d'autre part. À terme, réduire le flux de déchets de tonte produit réduira les apports de tontes dans le mésocompost qui est le flux le plus problématique en termes de nuisances potentielles (odeurs, fermentation/gaz, etc.). Gestion différenciée et circulaire des espaces verts se renforcent donc mutuellement.

Bruxelles Mobilité

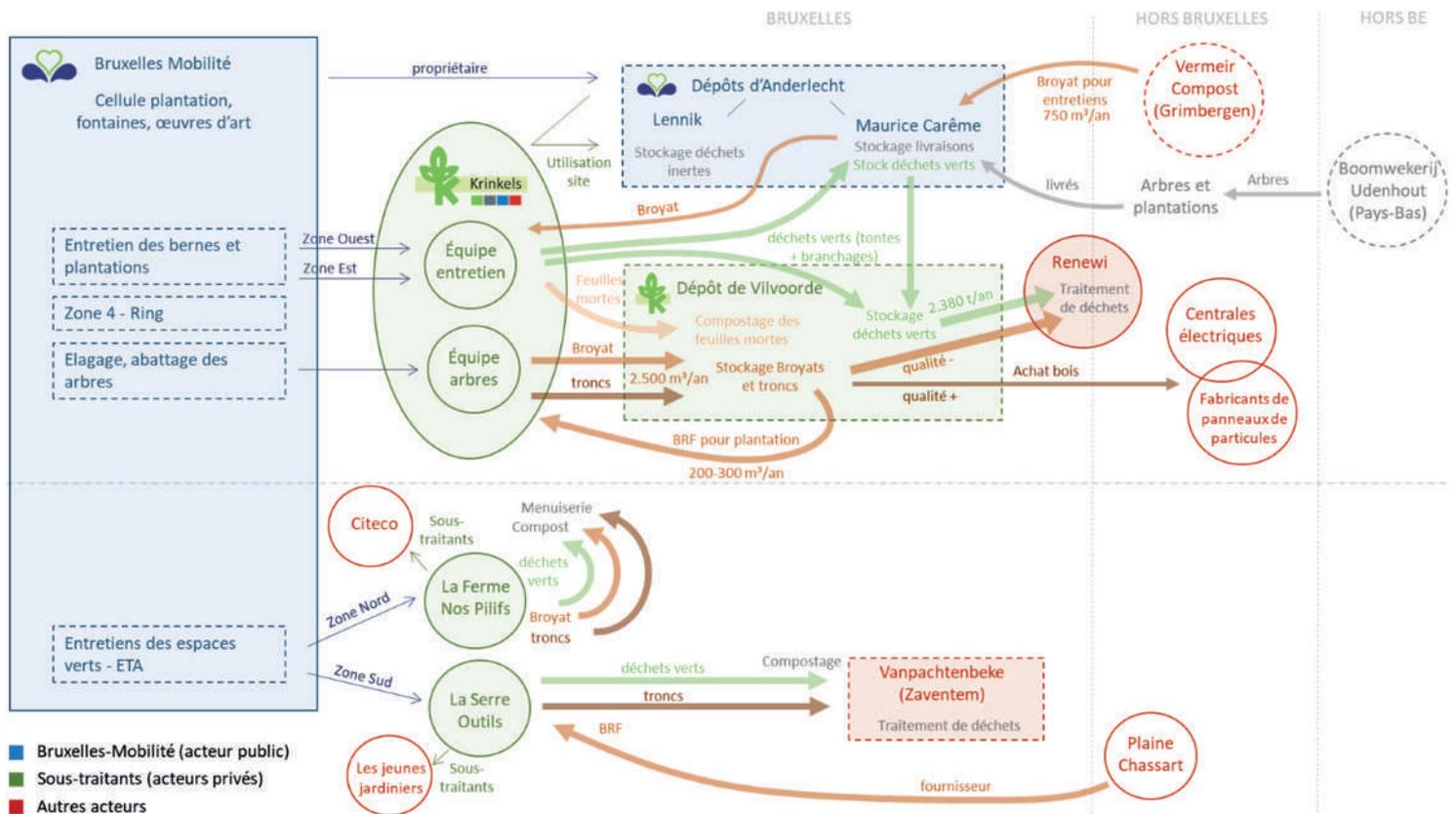
La situation avant Carbone (2020) était mal connue des services techniques de Bruxelles Mobilité. Le projet Carbone a permis de montrer que la totalité des tontes étaient produites et exportées par un sous-traitant vers un exutoire inconnu.

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur le mulching de trois sites cumulant près de 6 ha. Les espaces verts gérés par Bruxelles Mobilité sont des espaces linéaires comprenant énormément de surfaces enherbées tondues de manière uniforme, comportant une faible biodiversité végétale et générant un coût global important. Bruxelles Mobilité sous-traite l'ensemble de l'entretien de ses espaces verts. L'enjeu du projet Carbone était d'expérimenter afin de **modifier le cahier des charges** pour permettre la montée en puissance des pratiques circulaires après Carbone.

L'expérimentation du mulching a porté sur trois sites : le rond-point Gros Tilleul (1,5 ha), l'avenue de Tervuren (3 ha) et les boulevards Industriel, Paepsem et de l'Humanité (1,5 ha). Ces trois voiries présentent des caractéristiques différentes : grande surface enherbée, surfaces linéaires arborées et non arborées. Aucune plainte des usagers n'a été notée durant les deux années d'expérimentation. Ces deux années ont été marquées par des étés caniculaires, il a donc été difficile d'en ressortir des conclusions stables concernant la fréquence nécessaire de tonte mais il est apparu que durant les périodes de pousse intensive, il convenait de tondre toutes les deux semaines plutôt que toutes les trois ou quatre semaines. D'autre part, l'analyse transversale des sites de Bruxelles Mobilité a mis en exergue qu'il n'y avait pas d'intérêt particulier de garder des surfaces de pelouses sur ces espaces linéaires structurants pour le maillage vert de la région. Une partie du travail fut donc axée sur la participation dans la mise en place d'un **plan de gestion écologique** favorisant des prairies fleuries, des zones de fauches, des zones de gestion intégrées des eaux pluviales.

Transversalement, les postes de mulching ont été ajoutés dans les marchés d'entretien publiés fin 2022. Les remises d'offres pour le nouveau marché d'entretien ont montré que le poste mulching présentait un meilleur rapport coûts/bénéfices que le poste de tonte avec ramassage.

En termes de perspectives (2024 et après), l'ajout des postes de mulching dans les cahiers de charges permettra d'imposer le mulching au sous-traitant sur n'importe quel type de site. L'ajout du poste « exportation de la matière issue de l'entretien » (avant l'exportation était comprise dans le prix unitaire du post de tonte) permet un contrôle et une autonomie accrues sur la quantité de matière exportée. L'ancrage du projet Carbone au sein de Bruxelles Mobilité a permis l'adaptation de ses pratiques d'entretien, en particulier la réutilisation de la matière issue des entretiens (des arbres vers le paillage des espaces verts) et la gestion du site de stockage de Bruxelles Mobilité.



Points d'attention et conseils de terrain issus des expérimentations

- Commencer par les grandes surfaces engazonnées permet de réduire rapidement et facilement les quantités de déchets de gazons.
- Immatriculer la tondeuse mulcheuse permet son déplacement et utilisation sans recourir à une camionnette ou une remorque pour son transport.
- Une tondeuse à large plateau de coupe est adaptée aux grandes superficies de gazons.
- Une tondeuse mulcheuse "zero turn" à moyen plateau munie d'un système de suspension et d'un réglage manuel de la hauteur est ergonomique et adaptée aux espaces verts discontinus, étroits et accidentés.
- Pour des espaces verts très étroits, privilégier une mulcheuse à faible largeur de plateau (91 cm).
- Choisir des variétés de gazons à croissance lente permet de contribuer à limiter la fréquence d'entretien.
- Privilégier des hauteurs de coupes hautes (7 cm et plus) permet de ralentir la croissance des gazons et de les rendre plus résilients face aux aléas liés au changement climatique.
- Les zones de fauches tardives et prairies fleuries dans les espaces verts engazonnés permettent de réduire les surfaces d'entretien et le temps de travail associé, en plus de générer des plus-values écologiques.
- Mulcher après de fortes pluies est possible. Le cas échéant, sensibiliser les usagers des espaces verts concernés à propos de la présence d'amas de gazons inévitables et/ou repasser sur la même zones quelques jours après.
- La tonte classique reste pertinente dans divers cas de figures : lors de la première tonte de l'année ou après une interruption de deux semaines ou plus.
- En cas d'absence de moyens pour l'acquisition de tondeuses mulcheuses (entre 10.000 et 25.000 euros), il est possible de munir les tondeuses classiques de kits mulching moins onéreux.
- Dans l'idéal, afin d'éviter le feutrage du gazon à long terme, prévoir une scarification du gazon assortie d'un chaulage tous les 5 ans environ.

Considérations budgétaires :

- L'augmentation présumée (mais pas toujours effective d'ailleurs) de la fréquence de passage en mulching par rapport à celle de la tonte conventionnelle s'équilibrerait par :
- l'absence de coûts liés aux dispositifs de collecte et de traitement nécessaires des tontes de gazon collectées ;
- des rendements meilleurs (ha/h) des mulcheuses et ;
- l'absence d'opération de vidage.
- Sur base des prix du marché observés dans la cadre du projet Carbone (2023), la tonte conventionnelle en bacs présente un coût situé entre 0,025 et 0,030€/m² et l'évacuation des déchets de tonte présente un coût de 25 à 30 €/t. Le mulching a lui un coût situé entre 0,015 et 0,020 €/m², soit environ 0,010€ de différence par m² en faveur de ce dernier.
- Exemple d'Anderlecht : Si on considère une superficie totale de pelouses d'environ 400.000m², les coûts de tonte seraient pour l'entièreté de cette superficie de 10.000€/passage en tonte conventionnelle à 0,025€/m² (valeur basse) contre 6.000€/passage en mulching à 0,015€/m² (valeur basse). Si l'on considère un nombre de 14 passages/an pour la tonte conventionnelle, le coût annuel serait de 140.000€ auxquels s'ajoutent près de 13.000€ (à 30€/t) de frais de collecte et traitement des déchets de tonte*, soit au coût total d'environ 153.000€. Si, pour le mulching, on admet une augmentation nécessaire de 50% de la fréquence de passage par rapport à la tonte conventionnelle, soit 21 passages/an (au lieu de 14), le coût total annuel serait d'environ 126.000€ en mulching, soit une économie de 25.000€. Et si l'on considère que la fréquence n'est pas ou peu modifiée dans les faits, comme le suggère les expériences Carbone (l'adaptation se jouant plutôt sur un changement de perception des résultats de tontes : hauteur, rendu), le coût du mulching pourrait être ramené dans notre exemple dans une fourchette comprise entre 84.000€/an (14 passages/an) et 102.000€/an environ (17 passages/an)** , soit une économie potentielle globale d'environ 50.000 à 70.000€/an par rapport à la tonte conventionnelle pour 400.000m². Sur la même base de calcul, **l'économie à l'hectare serait donc potentiellement de +/- 1250 à 1750€/ha/an avec le mulching**

* sur base de la quantité de tonte calculée pour Anderlecht à partir de la méthodologie de quantification De Muynck, Guilmin et al. 2024

** sur base d'un nombre de passage annuel de respectivement 14 et 17 passage/an.



1.2 Évaluation des effets des expérimentations

Tableau 4. Analyse multicritères des dispositifs de tonte en “mulching”

Gazons	Anderlecht		Uccle		Woluwe-Saint-Pierre		Bruxelles Mobilité		
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	
Analyse comparative multicritères de la situation avant/après la mise en place des dispositifs de gestion circulaire du projet Carbone									
Intensité (***) : Quantité de déchets et de ressources pour les différents flux de matières végétales (selon méthodologie de quantification Carbone : 11,26 t/ha/an)	Déchets (maximum théorique)	97 t/an	23 t/an (-76%)	85 t/an	13,5 t/an (- 83%)	110 t/an	97 t/an (-12%)	710 t/an	640 t/an (-10%)
	Déchets de gazons pour les surfaces engazonnées sous gestion de l'administration (***)	8,7ha tonte conventionnelle x 11,26	2,1ha tonte conventionnelle après mulching x 11,26	7,6ha tonte conventionnelle x 11,26	1,2ha tonte conventionnelle après mulching x 11,26	9,8ha tonte conventionnelle (hors sous-traitance x 11,26	8,6ha tonte conventionnelle après mulching x 11,26	63ha tonte conventionnelle x 11,26	57ha tonte conventionnelle après mulching x 11,26
	Ressources “sol” (déchets évités)	264,6 t/an	354,7 t/an	42,8 t/an	113,7 t/an	0	12,39 t/an	0	67,56 t/an
	Déchets de gazons évités grâce au mulching pour les surfaces engazonnées sous gestion de l'administration. (***)	23,5ha x 11,26	31,5 ha x 11,26	3,8 ha x 11,26	10,1 ha x 11,26		1,1ha x 11,26		6ha x 11,26
	Ressources biodiversité (déchets évités)	81 t/an	65 t/an	33,8 t/an	33,8 t/an	sd	0,62 t/an	168,9 t/an	168,9 t/an
	Déchets de gazons évités par la mise en place de surfaces dédiées à la biodiversité (prairies fleuries, fauche tardive)	7,2ha x 11,26	5,8ha x 11,26	3,0 ha x 11,26	3,0 ha x 11,26		0,055 x 11,26	15ha x 11,26	15ha x 11,26

Gazons		Anderlecht		Uccle		Woluwe-Saint-Pierre		Bruxelles Mobilité	
Structure spatiale (***) : Mesure et/ou évaluée l'étendue territoriale et géographique des filières de collecte et leur réduction par les dispositifs circulaires Carbone	Distance "tournee de collecte type" km parcourus pour le transport des déchets durant 1 année (**) Distance «à vol d'oiseau» sur laquelle s'étend la gestion des manières végétales pour la part majoritaire du flux. (***)	9800km (pour toutes les tontes)	5782km (-41%) (pour toutes les tontes après mulching)	1140km (pour toutes les tontes jusqu'au site de prétraitement du collecteur)	réduction non estimable	3310,80 km (pour toutes les tontes)	2898,10 km (-14%) (pour toutes les tontes de la zone après mulching)	Non estimable (informations sur la gestion des déchets imprécise)	
	Echelle territoriale administrative (***)	Supra régionale	Majoritaire: In situ Minoritaire: Communale	Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: In situ	Majoritaire: In situ Minoritaire: Communale Supra régionale	Supra régionale	Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: In situ	Supra régionale	Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: In situ
	Qualité (**)⁴ ▶ Qualités intrinsèques des matières végétales en usage «sol» (paillage, amendement), pour la part majoritaire du flux ▶ Indice global /10, basé sur 11 indicateurs biophysico-chimiques)	Avant: Compost industriel: 8/10		Après: Mulching de gazons: 9/10					
Institutionnalisation (***) : ▶ 8 indicateurs d'appropriation des pratiques (opérationnels, stratégiques et politiques) ▶ Taux global (%)	13%	67%	0 %	53%	11%	33%	8%	67%	

Remarque: évaluation qualitative de la fiabilité des données: forte = ***, moyenne = **, faible = *

Commentaire général

Les tontes représentent une fraction importante des déchets verts totaux. En situation "avant", le flux est souvent géré entièrement comme un déchet car il est très peu valorisé par les gestionnaires, même informellement (contrairement aux broyats par exemple). Le mulching est donc une technique simple, peu impactante sur le plan opérationnel (logistique peu changée) et relativement accessible au plan budgétaire (investissements mesurés) qui permet de faire évoluer significativement la gestion des déchets végétaux vers davantage de circularité et de valorisation locale. Les effets positifs sont importants sur l'intensité du flux, la structure spatiale et la qualité du sol.

4 L'indice qualité a été construit de manière robuste sur base de l'étude longue durée sur les paillages de la Ville de Paris. Néanmoins l'indice reste théorique et une évaluation réelle des effets sur les sols des administrations ne pouvait être produite dans le temps imparti du projet Carbone. L'évaluation de la fiabilité est donc estimée comme "moyen" pour cette raison. Le même principe s'applique aux autres flux.

Intensité

Le calcul de productivité des déchets de tonte par surface (t/an) est basé sur la médiane de plusieurs méthodologies de quantification agrégées (***) qui sont appliquées aux surfaces concernées, délimitées et mesurées de manière assez précise par les administrations par cartographie (**). La mesure de l'intensité montre l'effet des expérimentations du mulching sur les gazons non-mulchés (tonte conventionnelle) sous gestion de l'administration, soit une réduction des déchets de tonte produits et exportés. Le mulching montre un potentiel de réduction important des quantités de déchets de gazon : - 76 et - 83% pour Anderlecht et Uccle par exemple qui ont développé l'expérimentation sur de grandes surfaces. Plus les superficies augmentent, plus l'impact est positif.

Structure spatiale

Les données d'Anderlecht et Woluwe-Saint-Pierre incluent la destination finale du flux et sont en ce sens les plus proches des km réellement parcourus par les déchets de tontes (**). Pour Uccle, la distance "tournée de collecte" ne prend en compte les km parcourus que jusqu'au centre de pré-traitement du sous-traitant (Forest) et non jusqu'au centre de traitement final (*). En situation "après", les expérimentations mulching (Anderlecht, Woluwe-Saint-Pierre) suppriment certains points de collecte des "tournées de collecte" et les réduisent en proportion (hypothèse (**)). Cette réduction n'a pas été estimée pour Uccle (trop incertaine).

La distance "à vol d'oiseau" se base sur les informations relatives aux filières de collecte et traitement collectées auprès des administrations et leurs opérateurs sous-traitants. Ces informations sont souvent précises quant aux sites de traitement (Anderlecht, Woluwe-Saint-Pierre, Uccle) et plutôt partielles ou supposées sur les usages finaux (épandage local et régional du compost industriel produit, vente sur le marché potentiellement national) (**).

Lorsque les gazons sont mulchés, les tontes sont restituées aux sols communaux. On considère donc en termes d'étendue géographique l'entièreté du territoire communal/régional (Anderlecht, Uccle) (**). Lorsque la tonte conventionnelle reste majoritaire (Woluwe-Saint-Pierre, Bruxelles Mobilité), la structure spatiale évolue peu et est donc considérée comme majoritairement inchangée (*). Pour Bruxelles Mobilité, les données produites sont insuffisamment précises.

L'échelle territoriale évolue en conséquence positivement pour les administrations dont le taux de mulching atteint par l'expérimentation est important. Cette échelle passe de supra régionale à in situ (Anderlecht, Uccle) mais reste identique pour les communes où le taux de mulching atteint par l'expérimentation reste modéré (Woluwe-Saint-Pierre, Bruxelles Mobilité). (**)

Qualité

Les déchets de tonte exportés sont généralement transformés en compost industriel. Le mulching apporte lui un paillage direct du sol en tonte de gazon dont les apports bio-physico-chimiques potentiels pour le sol sont globalement (indice global) plus favorables que ceux d'un compost industriel (**) si les précautions d'usage sont prises (gestion du feutrage, suivi de l'enrichissement et du pH).

Institutionnalisation

Le mulching était déjà partiellement pratiqué (Anderlecht) ou envisagé (Bruxelles Mobilité, Uccle) dans la plupart des administrations du projet Carbone. Globalement (sauf à Anderlecht), la pratique était peu établie ou faisait l'objet de résistances basées sur des représentations sociales qui ont pu être déconstruites par les expérimentations. Les hauts taux d'institutionnalisation atteints à la suite des expérimentations (Anderlecht, Uccle, Bruxelles Mobilité) s'expliquent entre autres par la réalisation d'investissements nouveaux (machines), la modification de cahiers des charges (Bruxelles Mobilité), ainsi qu'au développement d'une certaine planification traduite dans divers documents (plans, note internes, suivi de chantier). A contrario, l'insertion moindre du mulching à Woluwe-Saint-Pierre s'explique entre autres par l'absence de modifications de cahiers des charges de sous-traitance de travaux de tonte et par la faible modification (au niveau des instances officielles) des process de travail (**). Un potentiel d'amélioration subsiste donc encore.

2. Feuilles mortes

2.1 Analyse des expérimentations

Tableau 5. Synthèse comparative de la situation avant Carbone et après Carbone pour la gestion des feuilles mortes

	Anderlecht	Woluwe-Saint-Pierre
La situation avant Carbone (2020)		
Superficies totales d'espaces verts publics du territoire, en hectares (Cartographies communales, 2022)	206 ha	181 ha
Superficies totales d'espaces verts sous gestion de l'administration, en hectares (Bortolotti et al. 2022 ;)	148 ha	29 ha
▸ Dont superficies arborées sous gestion de l'administration	69 ha (voiries et parcs)	11 ha (parcs dont voiries en parties)
Nombre d'arbres de parcs et/ ou de voiries sous gestion de l'administration (fourchette basse)	20.000 arbres de voirie et de parcs	8.000 arbres de voirie
Types de traitement/valorisation du flux avant expérimentation	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Compostage supra-communal à Bruxelles-Compost ▸ Soufflage et paillage minoritaire non systématisé 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Tri sur une plateforme supra régionale puis compostage industriel/centre de dépollution suprarégionaux. ▸ Soufflage et paillage minoritaire non systématisé

Les expérimentations Carbone (2021-2024)

Résultats atteints dans le cadre de l'expérimentation	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Boîtes à carbone: 82t/an (moyenne (2021 – 2023)) ▸ Distribution aux bénéficiaires locaux (2022 – 2023): 32 t/an (moyenne 2022-2023) ▸ Re-circularisation in situ (paillage, sous-massif, enclos): sd ▸ Export : 187 t/an (moyenne 2022-2023) 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Paillage in situ sous les massifs avec ou sans enclos: 24 t/an (moyenne 2022-2023)
Transformation de déchets de feuilles mortes en ressources (en tonnes/an en moyenne) grâce aux expérimentations menées	32 t/an	24 t/an
Part des feuilles mortes traitées comme des ressources grâce aux expérimentations menées, par rapport aux flux de feuilles mortes produit annuellement	5% (32/620 t/an)	10% (24/248 t/an)
Infrastructures, méthodes et sites de traitement	<ul style="list-style-type: none"> ▸ “Boîtes à carbone”: Bruxelles-Compost, incinération (majoritaire) et composts et potagers collectifs (minoritaire) ▸ Distribution aux bénéficiaires locaux: potagers et producteurs locaux (10) ▸ Re-circularisation in situ: parcs (40) ▸ Export: compostage industriel (Bruxelles-Compost et Renewi), incinération (Bruxelles Energie) 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Paillage in situ sous les massifs avec ou sans enclos: 29 zones de parcs, voiries et squares
Infrastructures et sites de gestion	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Stockage intermédiaire de 20 m³ (au Cimetière) 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Non applicable
Modes de gestion: séparation du flux selon qualité (voirie, parc)	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Feuilles des parcs et espaces verts privilégiées pour la redistribution aux bénéficiaires locaux valorisant en paillage. 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Non applicable
Cadres réglementaires et dispositifs administratifs	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Règlement pour la distribution des feuilles mortes aux bénéficiaires locaux (en cours) 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Non applicable
Outils de gestion du dispositif	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Redistribution locale directe ou après centralisation (stock) par la commune: ▸ Formulaire d'inscription pour les bénéficiaires ▸ Base de données des demandeurs (potagers, producteurs, composts de quartier...) ▸ Registre des quantités distribuées 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Non applicable
Machines mobilisées (comprenant matériel déjà existant)	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Aspirateur sur remorque ▸ Camion grappin ▸ Mini chargeur ▸ Camion conteneur ▸ Souffleurs à dos 	<ul style="list-style-type: none"> ▸ Souffleurs à main

Anderlecht

La situation avant Carbone (2020) considérait les feuilles mortes principalement comme des déchets. Les déchets de feuilles mortes étaient collectés dans les espaces boisés et acheminés par les services communaux vers le site régional de Bruxelles-Compost pour compostage industriel. Un soufflage et paillage minoritaire in situ non systématisé était aussi effectué.

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur plusieurs dispositifs de gestion circulaire des feuilles mortes. L'essentiel du dispositif a consisté en l'installation en voirie de 69 “**boîtes à carbone**” de 5 m³ chacune remplies de feuilles mortes de voiries par les citoyens. Les boîtes ont été installées sur base des divers critères: arborisation de la voirie, espacement par rapport aux entrées d'habitations, éloignement par rapport aux poubelles de rues et aux parcs et bâtiments communaux, accessibilité pour les camions et l'aspirateur

communaux mais aussi proximité aux potagers collectifs et composts de quartiers. La communication s'est déroulée sur le site et journal communaux et via des flyers distribués par une demi-dizaine d'agents de la paix communaux. Une carte interactive a été fournie sur le site de la commune figurant l'emplacement des boîtes. Le taux de remplissage a varié de 25% à 100%. Une enquête de satisfaction a montré un taux d'utilisation de 60% et que 75% des répondants se sont déclarés satisfaits des installations. Une fois mises en place par la commune et remplies par les citoyens, les boîtes à carbone ont été vidées au camion grappin par la commune qui a acheminé ensuite les feuilles mortes vers les sites de Bruxelles-Compost et Renewi en vue de leur compostage industriel. Une partie des feuilles mortes des boîtes à carbone situées près des composts de quartiers et potagers collectifs ont été prélevées par ces derniers pour la valorisation in situ. La totalité du flux de feuilles mortes collectées par les 69 boîtes à carbone s'élève à 82 t/an en moyenne.



D'après la commune d'Anderlecht et les citoyens, le dispositif a présenté un certain nombre d'avantages: il a réduit la présence de feuilles mortes au sol et les risques de chute, il a permis aux citoyens de déposer des déchets verts tous les jours lors de la saison d'automne, d'éviter l'usage de sacs plastiques verts composés en partie de produits issus de la pétrochimie et de réduire la contamination des feuilles mortes avec des boues, poussières et déchets de voiries qui déqualifient les feuilles mortes et les redirigent vers des filières de traitement spécifiques (vraisemblablement vers la dépollution/incinération).

Divers mésusages ont en revanche été constatés (voir infra, «points d'attention»).



Par ailleurs, la commune a aussi expérimenté **la collecte des feuilles mortes d'une quarantaine de parcs et espaces verts en vue de leur distribution à divers bénéficiaires**. La collecte s'est déroulée avec des souffleurs et aspirateurs sur remorque, camions conteneurs et mini chargeurs. Une fois collectées, les feuilles ont été acheminées en camions puis entreposées temporairement sur le site de pré-stockage du Cimetière communal avant leur acheminement par le service entretien vers une dizaine de bénéficiaires (potagers collectifs et maraichers du Neerpede). Les quantités distribuées ont été mesurées et s'élèvent à 32 t/an, en moyenne. Les potagers collectifs et maraichers sont en demande de ces matières carbonées qui leur font souvent défaut, comme alternative au broyat.

Notons que cette expérimentation a démarré dans un contexte de connaissance globale faible portant sur les concentrations en contaminants des déchets verts de manière générale. Les premières analyses effectuées par Uccle et Woluwe-Saint-Pierre sur les feuilles mortes de voirie, l'organisation d'un séminaire technique sur les enjeux de retour au sol des déchets verts ainsi que les travaux du projet de recherche ARBRES (Charpentier et al. 2024 ; Van Laer, 2024) démontrant la corrélation entre les mesures de bruit routier, de "black carbon" et la concentration en éléments-traces métalliques dans le matériel végétal ligneux donnent à penser que les feuilles mortes *de voirie*, en cas de retour au sol, peuvent générer des risques de dépassement des seuils de pollution des sols (Région de Bruxelles-Capitale, 2018). Un protocole d'analyse des concentrations en éléments traces métalliques, hydrocarbures et huiles minérales dans les feuilles mortes de voiries et plus largement dans les déchets verts urbains (broyat, branchages, gazons etc.) devrait être mené.

De manière plus anecdotique, la construction de six enclos en châtaignier dans le parc Astrid a permis de maintenir sur place les feuilles mortes qui ont été valorisées in situ en un **paillage** naturel. Ce dispositif n'a pas été quantifié mais sera maintenu et étendu à d'autres parcs. La majorité des autres parcs valorisent in situ les feuilles mortes produites qui sont soufflées sous les massifs.



Cette expérimentation multiforme ne permet pas encore de valoriser la totalité des feuilles mortes produites sur le territoire anderlechtois. Le reliquat est encore exporté vers les sites de compostage industriel de Bruxelles-Compost et/ou Renewi et s'élève à environ 187 tonnes/an (moyenne sur deux ans d'expérimentation).

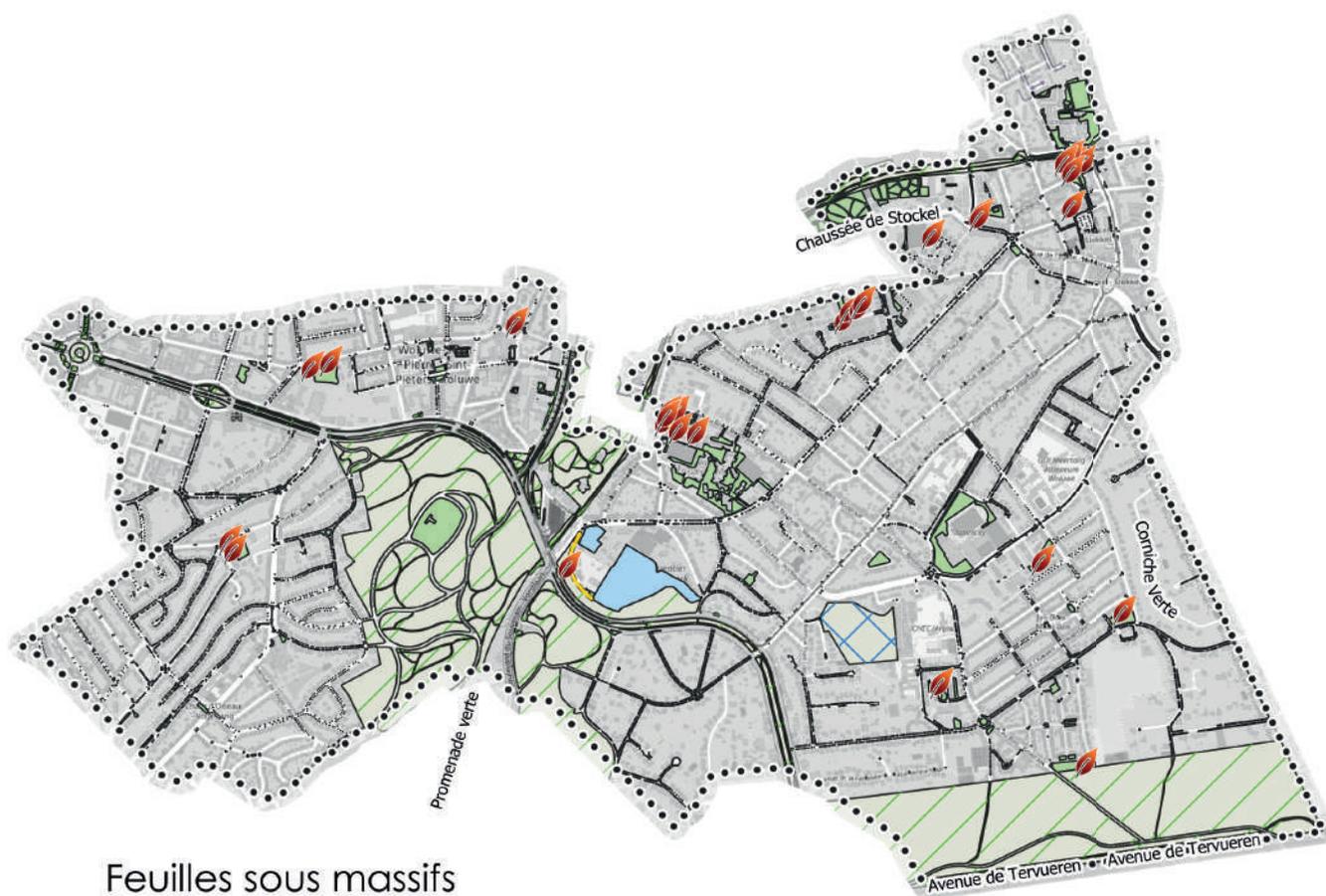
En termes de perspectives (2024 et après), la commune d'Anderlecht envisage de monter en puissance sur les divers dispositifs (nombre de boîtes à carbone, d'enclos destinés à pailler les feuilles mortes). La commune entend aussi valoriser dans son mésocompost en cours de mise en place les 187 tonnes/an encore exportées vers Bruxelles-Compost/Renewi. Ce mésocompost nécessite la formation d'agents en compostage et en circularité des déchets verts dispensée par Bruxelles Environnement qui a déjà été réalisée pour certains agents. A terme, l'analyse des concentrations en ETM, hydrocarbures et huiles minérales des feuilles mortes en général devrait être effectuée.

Woluwe-Saint-Pierre

La situation avant Carbone (2020), voyait la commune circulariser une part minoritaire de feuilles mortes sous forme de paillage principalement dans les parcs. La majorité des feuilles mortes produites étaient mises en tas dans les parcs, collectées en camions grappins, déposées dans des conteneurs par la commune et collectées et exportées par le sous-traitant Soret vers sa plateforme de tri supra régionale (Nivelles). Après enquête, il s'est avéré que le sous-traitant dispatchait ensuite les flux valorisables vers un site de compostage industriel suprarégional (Renewi à Renaix) pour un usage final probablement agricole et horticole en Flandre. Les flux pollués de feuilles mortes collectées à la balayeuse étaient acheminés en centre de dépollution suprarégional (Grimbergen ou Farciennes).

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur la recircularisation des feuilles mortes soufflées sous les massifs des parcs et espaces verts (squares, accotements etc.) pour paillage et décomposition naturelle. En 2021, une partie des feuilles mortes non exportées des parcs et espaces verts étaient déjà valorisées en paillage par certaines équipes. L'objectif de l'expérimentation était de renforcer le paillage sous les massifs déjà existants en l'étendant à 29 zones supplémentaires. Ce dispositif a donné de la crédibilité aux jardiniers qui pratiquaient cette technique avant Carbone.

Au cours de l'expérimentation, dans les espaces verts qui ne disposaient pas de massifs arbustifs, la commune a acheté et posé des enclos en châtaigniers au pied d'arbres gros producteurs de feuilles mortes pour circonscrire ces dernières et les valoriser en paillage par décomposition naturelle.



Feuilles sous massifs

Environ 24 t/an en moyenne ont été valorisées dans le cadre de l'expérimentation qui a duré deux ans et qui se prolongera dans les prochaines années comme une pratique désormais ancrée et pratiquée par tous les jardiniers.

En termes de perspectives (2024 et après), notons que le flux de feuilles mortes produites chaque année par les arbres de Woluwe-Saint-Pierre est estimé à environ 350 tonnes/an. Ce flux est trop important pour être valorisé uniquement avec la technique du paillage, dont l'épaisseur maximale conseillée est de 10 cm. Le reliquat sera donc valorisé à terme dans le mésocompost communal. Toutefois, d'autres zones, avec ou sans enclos, destinées au paillage seront mises en place. Le mulching des feuilles mortes sera aussi testé pour les surfaces engazonnées entourées d'arbres.

Points d'attention et conseils de terrain issus des expérimentations

- Des vols de boîtes à carbone ont été constatés, un système anti-vol de fixation au sol est à l'étude. Certains mésusages (branchages, canettes, sacs blancs) inévitables ont été constatés, la commune a donc accru la sensibilisation dans les lieux concernés.
- L'analyse de la concentration en éléments-traces métalliques et hydrocarbures des feuilles mortes collectées devrait être réalisée, surtout pour les flux valorisés dans les potagers collectifs et composts de quartiers.
- Pailler les feuilles mortes sous les arbres/arbustes sur maximum 10 cm d'épaisseur pour éviter l'étouffement des réseaux racinaires.
- Mulcher les feuilles mortes sèches accélère le processus de paillage.
- Pour éviter le sur-enrichissement en éléments non adaptés à certains massifs, varier les lieux et les modes de paillage (gazons, feuilles mortes, broyat, sols nus etc.)
- Sélectionner les zones de paillage en partenariat avec l'équipe des jardiniers afin d'éviter les zones exposées au grand vent qui pourraient produire un déplacement des feuilles mortes et gérer davantage de travail
- Commencer avec quelques zones de paillage et monter en puissance de manière progressive en adaptant les zones si nécessaires (ex. ajout d'enclos)
- Commencer par les zones disposant de nombreux massifs pour faciliter le paillage et par les espaces verts les plus éloignés du dépôt communal afin de réduire les déplacements de véhicules
- L'estimation des quantités de feuilles potentielles (méthodologie de quantification Carbone) est réalisée sur base de l'inventaire des arbres. De ce fait, elle sera toujours partielle étant donné qu'elle ne peut tenir compte des feuilles mortes issus des jardins et espaces privés tombées sur la voie publique.

Ordre de grandeur budgétaires :

- Les boîtes à carbone coûtent 150 € l'unité. Les boîtes à carbone supposent une logistique (installation, vidage, démontage, remplacement) qui engendre des coûts (achats, logistiques etc.). Leur intérêt repose davantage sur leur potentiel de communication/sensibilisation.
- Le paillage permet d'éviter les coûts de transports de déchets de feuilles mortes et les coûts de reprise (gate fee) des feuilles mortes à Bruxelles-Compost qui est d'environ 55 €/t.
- Les clôtures en châtaigniers coûtent entre 15 euros et 25 €/mètre courant (coûts d'installation non compris)

Tableau 6. Analyse multicritères des dispositifs “feuilles mortes circulaires”

	Anderlecht		Woluwe-Saint-Pierre		
	Avant	Après	Avant	Après	
Analyse comparative multicritères de la situation avant/après la mise en place des dispositifs de gestion circulaire du projet Carbone					
Intensité (**) Quantité de déchets et de ressources pour les différents flux de matières végétales (selon méthodologie de quantification Carbone: 0,031 t/arbre/an)	Déchets (maximum théorique) Déchets de feuilles mortes produites (***) par les arbres de voirie et/ ou de parc du territoire (*),	620 t/an 20.000 arbres X 0,031 (arbres de voiries et de parcs)	588 t/an min. (-5%) 620t – 32t	248 t/an 8000 arbres X 0,031 (arbres de voirie)	224 t/an (-10%) 248t - 24t
	Ressources “sol” (déchets évités) Déchets de feuilles mortes évités grâce au paillage et compostage (mesure visuelle).	sd	32t/an	sd	24t/an
Structure spatiale: Mesure et/ou évalue l’étendue territoriale et géographique des filières de collecte et traitement	Distance “tournée de collecte type” km parcourus pour le transport des déchets durant 1 année	sd	sd	sd	sd
	Distance «à vol d’oiseau» sur laquelle s’étend la gestion des matières végétales pour la part majoritaire du flux. (**)	200 km max. (compost industriel, étendue géographique potentiellement nationale)	200 km max. (compost industriel, étendue géographique potentiellement nationale)	55 km min. (compost industriel, Renaix)	55 km min. (compost industriel, Renaix)
	Echelle territoriale administrative (***)	Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: In situ	Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: In situ Communale	Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: In situ	Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: In situ
Qualité (**) Qualités intrinsèques des matières végétales en usage «sol» (paillage, amendement), pour la part majoritaire du flux Indice global /10, basé sur 11 indicateurs bio-physico-chimiques)	Avant: Compostage industriel 8/10		Après: Compostage industriel 8/10		
Institutionnalisation (***) 8 indicateurs d’appropriation des pratiques (opérationnels, stratégiques et politiques) Taux global (%)	6%	48%	0%	33%	

Remarque: évaluation qualitative de la fiabilité des données: forte = ***, moyenne = **, faible = *

Commentaire général:

Le flux de feuilles mortes constitue un flux important en termes de quantités potentielles circularisables. Elles représentent une part non négligeable des déchets verts produits par les administrations mais leur gestion recouvre de multiples enjeux entremêlés (pollution potentielle relative selon la provenance des feuilles – voiries ou parcs, séparation des lots potentiellement nécessaire selon l'origine, effet des pratiques in situ - saturation...) qui demandent à être mieux étudiés pour mieux définir les pratiques optimales de gestion de ce flux qui devraient être hautement discriminatoire et supposer une logistique adaptée.

Intensité

Le calcul de productivité des déchets de feuilles mortes se base sur la médiane de plusieurs méthodologies de quantification agrégées (***) . Cette médiane est appliquée sur un nombre d'arbres relativement imprécis (*). Pour Woluwe-Saint-Pierre, l'inventaire arbre est incomplet (8.000) et ne comprend pas tous les arbres (seulement ceux de voirie). Pour Anderlecht, le nombre d'arbre total (voirie + parcs) est une estimation (20.000 à 25.000) dont la valeur basse a été retenue. Aussi, le nombre d'arbres concernés par la collecte ainsi que les parts collectées/non-collectées sont incertaines. Les quantités potentielles totales sont dès lors probablement surestimées par la méthode de calcul de l'intensité par rapport à ce qui est effectivement collecté (**).

Structure spatiale

Pour les distances "tournée de collecte type", l'estimation est rendue trop difficile par la complexité de la logistique et des trajets associés à la gestion du flux. Une méthodologie de tracking GPS apparait comme une solution pertinente à mettre en œuvre pour effectuer une telle estimation –qui n'a pas été produite dans le cadre du projet Carbone.

La distance "à vol d'oiseau" se base sur les informations relatives aux filières de collecte et traitement collectées auprès des administrations et leurs opérateurs sous-traitants. Ces informations sont souvent précises quant aux sites de traitement (Anderlecht, Woluwe-Saint-Pierre) et plutôt partielles ou supposées sur les usages finaux (épandage local du compost industriel produit ou vente sur le marché potentiellement national) (**).

La structure spatiale pourrait être fortement réduite par les pratiques expérimentées mais le faible effet de celles-ci sur la diminution des quantités de déchets de feuilles mortes (intensité) produit en conséquence un faible effet sur la structure spatiale qui reste globalement inchangée.

L'échelle territoriale n'évolue pas non plus en conséquence (***) et reste supra régionale.

Qualité

L'intensité faible de la feuille morte en tant que "Ressources sol" apportée par les expérimentations à ce stade ne permet pas d'augmenter la qualité du flux. Celui-ci reste globalement composté de manière industrielle (indice qualité compost de déchets végétaux: 8/10) et ce, quelle que soit son échelle. Une augmentation significative du paillage des feuilles mortes aurait également un effet sur la qualité du flux (indice qualité du paillage de feuilles mortes: 9/10). (***) .

Institutionnalisation

Les pratiques de gestion circulaire des feuilles mortes étaient peu ou n'étaient pas pratiquées avant Carbone et les expérimentations de pratiques circulaires se marquent dans différents actes politiques (plans), administratifs et opérationnels clairs. Néanmoins cette augmentation reste modérée par rapport à d'autres flux, certains éléments d'institutionnalisation nécessitant encore d'être améliorés (process internes formalisant la gestion circulaire, collaboration pour la redistribution locale) (***) .

3. Broyat

3.1 Analyse des expérimentations

Tableau 7. Synthèse comparative de la situation avant Carbone et après Carbone pour la gestion du broyat

	Anderlecht	Uccle	Saint-Gilles	Bruxelles-Mobilité
La situation avant Carbone (2020)				
Superficies totales des espaces verts publics du territoire (Cartographies communales, 2022 ; Bruxelles Environnement 2022)	2.064.733 m² (206,5 ha)	6.679.987 m² (668 ha)	197.000 m² (19 ha)	28.000.000 m² (2800 ha)
Superficies des espaces verts sous gestion de l'administration (Bortolotti et al., 2022 ; Bruxelles Mobilité, 2022)	1.478.140 m² (148 ha)	695.361 m² (70 ha)	197.000 m² (19 ha)	5.200.000 m² (520 ha)
- Dont superficies arborées sous gestion de l'administration	690.000 m² 69 ha (voiries et parcs)	460.242 m² (46 ha)	115.577 m² (11 ha)	4.320.000 m² (43 ha)
Nombre d'arbres sous gestion de l'administration (Inventaire Région)	20.000 arbres (de voiries et de parcs)	14.000 arbres (de voiries) Plusieurs milliers d'arbres de parcs	3.000 arbres (de voiries et de parcs)	39.000 arbres (de voiries)
Nombre d'arbres sous gestion entretenus par an et source de broyat (Données cahiers des charges marché d'entretien, rapport annuels, inventaire)	1.000 arbres max. (essentiellement de voiries)	1.300 grands arbres (moy. annuelle) + 3.000 arbres et arbustes (essentiellement de voiries)	300 arbres* (essentiellement de voiries) *estimation	7.000 arbres min. (de voiries)
Type de traitement/valorisation du flux avant expérimentation	Broyat comme déchet (quantités inconnues) : ▸ Export par le sous-traitant vers l'exutoire à Marche-en-Famenne Broyat comme ressource (quantités inconnues) : ▸ Lors de l'élagage, broyage non systématique. ▸ Broyat produit par l'administration, stocké au site des Papillons puis utilisé de manière locale et/ou partagé à WORMS de manière non réglementaire ▸ Broyat produit et paillé in situ par l'administration	Broyat comme déchet (quantités inconnues) : ▸ Export par le sous-traitant vers exutoires inconnus Broyat comme ressource (quantités inconnues) : ▸ Produit et paillé in situ par l'administration ▸ Stocké puis partagé de manière non réglementaire	Broyat comme déchet (quantités inconnues) : ▸ Part non négligeable du flux de branchages broyable élagué mais non broyé. Flux produit par la commune de Saint-Gilles puis acheminé vers le sous-traitant qui le compostait dans un compostage industriel suprarégional (Braine-L'Alleud). Broyat comme ressource (quantités inconnues) : ▸ Part minoritaire était broyée et valorisée in situ en paillage.	Broyat comme déchet (quantités inconnues) : ▸ Majoritairement produit et exporté par des sous-traitants vers des exutoires inconnus. Usages divers : filières bois-énergie (pellets, plaquettes...) et matériau (panneaux à base de bois) Broyat comme ressource (quantités inconnues) : ▸ Minoritairement utilisé in situ en paillage à l'appréciation du sous-traitant et de manière non systématisée (non intégré dans le cahier des charge).

	Anderlecht	Uccle	Saint-Gilles	Bruxelles-Mobilité
Les expérimentations Carbone (2021-2024)				
Types d'expérimentations et valorisations recherchées	Traitement/valorisation interne (paillage) Broyat partagé (potagers collectifs, compost de quartiers, écoles, crèches, écoles supérieures, ASBL, etc.)	Traitement/valorisation interne (paillage, mésocompost) Broyat partagé (services communaux dont écoles ; projets collectifs : potagers, composts, jardins ; citoyens)	Traitement/valorisation interne (paillage, mésocompost) Broyat partagé (composts de quartiers)	Traitement/valorisation interne (via sous-traitant) : utilisation du broyat des chantiers d'élagage et de taille vers les chantiers d'entretien et d'aménagement (plantations).
Résultats atteints dans le cadre de l'expérimentation	Quantité de broyat produit et capté : 130 t/an (moyenne 2021 – 2023) Dont : Traitement/valorisation interne (paillage déplacé, mésocompost) : 74 t/an Broyat partagé 57 t/an	Quantité de broyat produit et capté : 133 t/an (85% commune et 15% sous-traitant et privés, tous arbres et arbustes confondus. Recensement 2022) Dont : Traitement/valorisation interne (paillage in situ et déplacé, mésocompost) : 46 t/an Broyat partagé (services communaux et écoles, potagers, composts, citoyens...): 87 t /an	Quantité de broyat produit : sd Dont : Traitement/valorisation interne (paillage, mésocompost) : sd Broyat partagé (composts de quartier) : 4,3 t/an	Quantité de broyat produit : +/- 180 t/an de BRF et +/- 130 t/an de broyat. Suppression de la commande de 180 t de broyat de pin. Traitement/valorisation interne (via sous-traitant) du broyat issu des chantiers d'élagage et de taille vers les chantiers d'entretien et d'aménagement (plantations). Poste est prévu dans les marchés d'entretien et d'aménagement pour une réutilisation du BRF et broyat. Nouveau marché public prévoyant que toute la matière issue de l'entretien et de la taille reste propriété de BM.
Satisfaction des besoins	La quasi-totalité du broyat issu de l'entretien des espaces verts communaux est recircularisé localement. Toutes les demandes des bénéficiaires ont été rencontrées.	Les besoins des bénéficiaires internes (services communaux dont écoles) et externes (projets collectifs) sont satisfaits dans la mesure du stock disponible.	100% des besoins des composts collectifs sont satisfaits	Les broyats nécessaires aux chantiers d'entretien (parterres, massifs) sont satisfaits par les broyats captés sur les chantiers de taille et d'élagage
Entités productrices des matières végétales	Service Entretien/espaces verts Sous-traitants	Service Vert Sous-traitants	Service Espaces Verts Sous-traitant chantier abattage et élagage	Sous-traitant

	Anderlecht	Uccle	Saint-Gilles	Bruxelles-Mobilité
Infrastructures, outils et sites de traitement	Stockage intermédiaire 40m ³ en 2022 et 60 m ³ en 2023 (Site Papillon)	Stockage intermédiaire 15 m ³ (Service vert) Stockage intermédiaire mésocompost (Cimetière St-Gilles) 15 m ³	Stockage intermédiaire 10m ³ (garage communal) Stockage intermédiaire 40m ³ (Barca) Mésocompost communal (compostage du broyat)	Stockage final du broyat sur le site de Maurice Carême (propriété de Bruxelles Mobilité): Un box de 750 m ²
Cadres réglementaires et dispositifs administratifs	Règlement pour la distribution du broyat aux bénéficiaires locaux (en cours)	Procédure interne pour les règles de distribution aux services communaux et bénéficiaires externes (approbation Collège) Règlement public pour la distribution du broyat aux bénéficiaires locaux (en cours)	-	Ajout de postes au cahier des charges du marché «taille/élagage/abattage» pour assurer la propriété du broyat à Bruxelles Mobilité et demander la préservation et le stockage du broyat. Ajout de postes au cahier des charge «entretien des espaces verts» pour activer le paillage différencié des parterres et massifs arbustifs avec le broyat produit lors des chantiers de taille/élagage/abattage.
Machines mobilisées Plus d'infos voir Annexe4_Note technique machines broyeurs	12 broyeurs de respectivement: 10 cm (x9), 13 cm, 20 cm et 40 cm	6 broyeurs: 4 cm, 20cm (x4), 40cm	3 broyeurs de respectivement 8cm (2x), 16cm.	Adaptation éventuelle du sous-traitant pour l'équipement et le matériel nécessaire.

Anderlecht

La situation avant Carbone (2020) était bigarée. Le broyat était considéré tout à la fois comme un déchet et une ressource. Dans les deux cas les quantités n'étaient pas connues. Une part du broyat était sous-traitée puis acheminée comme déchet à l'échelle supra régionale (Bois et Travaux, Marche-en-Famenne). La commune utilisait aussi déjà le broyat comme une ressource et ce, pour diverses utilisations. Le broyat produit par l'administration pouvait être stocké au site des Papillons puis utilisé de manière locale et/ou partagé à l'asbl WORMS de manière non réglementaire (voir Annexe5_ Redistribution locale des déchets végétaux ressources_Des cadres juridiques aux formes pratiques) mais aussi parfois paillé in situ par l'administration.

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur la circularité et le partage du broyat issu de l'entretien (sous-traité et internalisé) des espaces verts de la commune. Pour ce faire, Andreana Mekui Biyogo a quantifié le broyat produit par les sous-traitants et les services communaux. A chaque retour de chantier, les quantités de broyat produites ont été enregistrées. Sur environ 25.000 arbres, environ 2.000 arbres sont entretenus chaque année, parmi ceux-ci 1.000 sont producteurs de broyat, les autres concernent des arbustes dont l'entretien produit des petits déchets de taille coupés à la taille-haie/tronçonneuse qui sont exportés non broyés vers Bruxelles-Compost avec les déchets de tonte (voir section mulching). L'entretien de 1.000 arbres producteurs de broyat génère théoriquement 235 t/an, soit 820 m³ (De Muynck, Guilmin et al. 2024). Dans les faits, la totalité des tailles de ces 1.000 arbres n'est pas broyée et une partie du broyat produit reste sur place. Dans le cadre de l'expérimentation, le flux de broyat **produit et capté** s'élève à environ

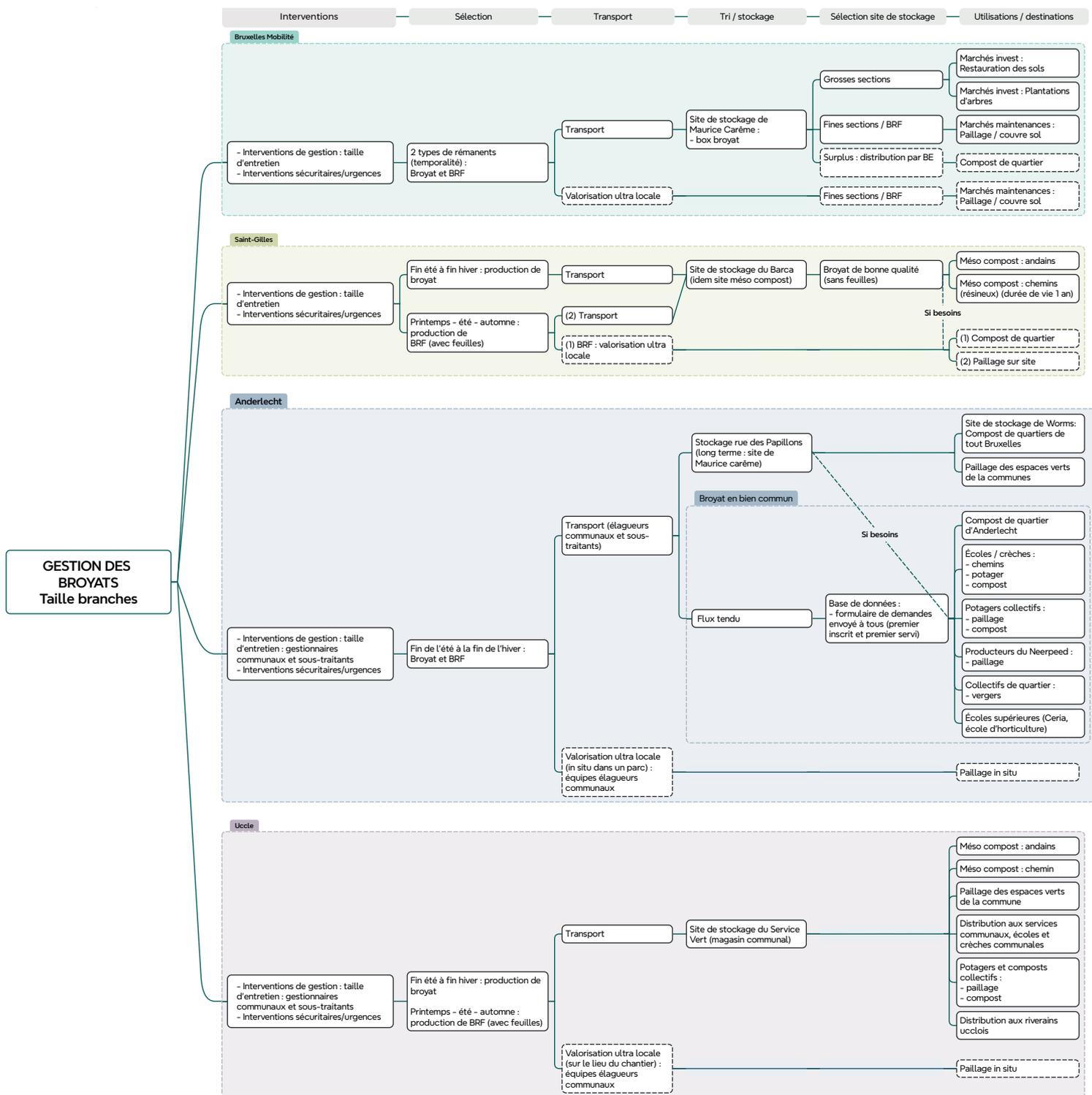


Schéma de gestion du broyat des administrations partenaires

130 tonnes, soit 460 m³/an, dont la moitié est produite par les sous-traitants et l'autre par la commune.

Une fois les quantités en jeu précisées, il a fallu organiser le partage des quantités entre ce qui allait être traité et valorisé en interne et ce qui allait être destiné à la redistribution vers différents bénéficiaires locaux. Les bénéficiaires potentiels ont été inventoriés (écoles, crèches, potagers collectifs, maraîchers, composts de quartiers) puis contactés en vue d'enregistrer les informations-clés et de les sensibiliser au projet (personne de contact, besoin en broyat, adresse de livraison). Les informations recueillies ont été fournies aux sous-traitants qui ont pu ainsi approvisionner à flux tendu les divers bénéficiaires durant trois ans.

La répartition de l'expérimentation se décline comme suit.

- Environ 74 t/an (soit 257 m³/an) qui constituent le stock de broyat de la commune. L'essentiel de ce stock a été traité et valorisé en interne (paillage,

mésocompost). Parfois il a été distribué aux bénéficiaires pour pallier l'absence de la distribution en flux tendu.

- Environ 57 t/an (soit 200 m³/an) de broyat dont la majorité a été distribuée en flux tendu par les sous-traitants (aux écoles, potagers, composts, citoyens). La logique de "premier arrivé, premier servi" a été adoptée. Parfois, le broyat produit par les sous-traitants renfloue le stock communal.
- Ce stock de broyat a donc plutôt réservé aux besoins internes de la commune. Mais il a servi de temps à autre pour pallier l'absence de la distribution en flux tendu. Inversement, il est arrivé parfois que le broyat affecté en flux tendu soit venu renflouer le stock.

Cette expérimentation a nécessité l'achat de divers broyeurs (Annexe 4). Une clause de récupération des tailles de broyat des sous-traitants a été incluse dans les cahiers de charges.



Cette expérimentation (comme celle d'Uccle, voir infra) avait ceci de particulier qu'il a fallu préciser les conditions juridiques et réglementaires nécessaires à la redistribution locale du broyat et des matières végétales au sens plus large. L'Annexe 5 contextualise les principales modalités juridiques à respecter qui font suite à diverses séances de travail autour de scénarios spécifiques d'utilisation des matières végétales par les services gestionnaires et à leur analyse par un bureau d'avocats spécialisé en droit de l'environnement (critères afférents à l'action publique de non-discrimination, d'équité et de transparence et la réglementation européenne liée au don). Conséquemment, Anderlecht a initié la mise en place d'une plateforme en ligne destinée à faciliter les échanges entre les élagueurs et les bénéficiaires et à éviter l'intervention chronophage de la commune dans ces processus de redistribution.

En termes de perspectives (2024 et après). A terme, la commune hébergera la plateforme et bénéficiera d'une exemption de responsabilité quant aux informations qui y sont générées. Les 1.000 arbustes taillés et non broyés seront broyés par les jardiniers communaux avec un broyeur multi végétaux récemment acquis. La plateforme en ligne sera mise en place courant 2024. Il s'agira aussi d'augmenter le nombre d'agents communaux formés à la circularité des déchets verts. La commune poursuivra le projet de nouveau site de stockage mutualisé pour différents flux de déchets verts provenant de l'entretien des espaces verts de divers acteurs (BM, BE, Anderlecht). Enfin, une partie du broyat produit et capté sera valorisé dans le mésocompost communal en cours d'implantation (hors cadre Carbone).

Uccle

La situation avant Carbone (2020) était contrastée. Une partie du broyat était considérée comme un déchet et exportée par un sous-traitant vers des exutoires inconnus. Une autre partie était produite et paillée in situ comme ressource par le Service Vert. Enfin, une dernière part était produite par le Service Vert puis stockée et partagée de manière non réglementaire.

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur l'optimisation du captage du flux, la valorisation locale (paillage, mésocompost) et le partage du broyat à divers bénéficiaires dans le respect des grands principes de l'action publique (non-discrimination, transparence, équité).

La première année a été dédiée au diagnostic des flux produits entrants et sortants. A chaque retour de chantier, les quantités de broyat produites et

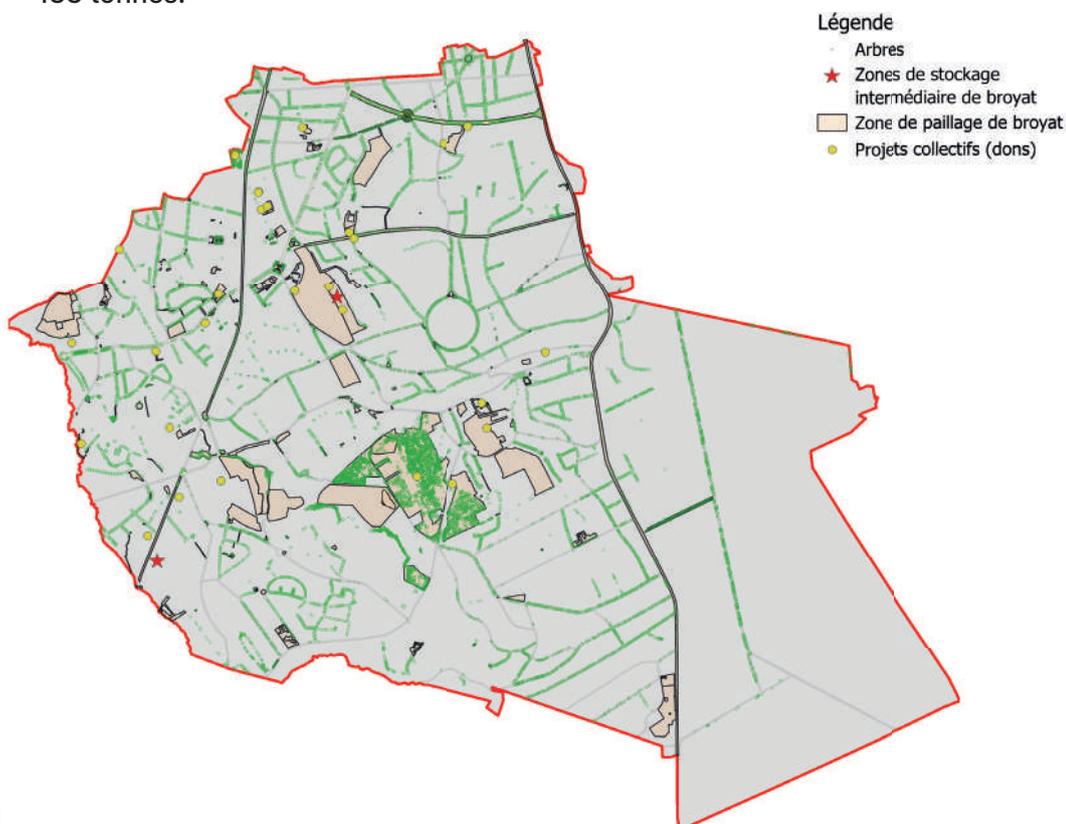
laissées in situ ou amenées au Service Vert ont été enregistrées. Les quantités de broyat distribuées ont aussi été enregistrées.

La répartition totale de l'expérimentation s'est décliné comme suit :

Environ 46 t/an, soit 160 m³/an, a constitué le stock de broyat de la commune utilisé par le Service Vert pour le paillage in situ, déplacé dans des massifs et le mésocompost.

- Environ 87 t/an de broyat, soit 305 m³/an, ont été distribuées par la commune aux écoles, potagers, composts et citoyens.
- La commune d'Uccle a délimité une zone de stockage du broyat au Service Vert et un broyeur multi végétaux a été acheté et installé de façon permanente au Service Vert pour optimiser les flux produits et captés. Les équipes ont été formées à son utilisation pour maximiser le broyage des déchets de taille de haies qui étaient exportés jusqu'alors. Une clause de récupération du bois et du broyat issus de l'entretien effectué par les sous-traitants a aussi été incluse dans le cahier de charges. Enfin, une cartographie SIG de recensement des lieux de paillage du broyat a été développée pour répartir les ressources de manière équitable.

Pour encadrer la redistribution du broyat, un listing précis des bénéficiaires potentiels a été élaboré (écoles et services communaux, potagers collectifs, composts de quartiers). Cette analyse a montré que la demande en broyat était supérieure aux quantités annuelles de broyat produit et capté qui s'élèvent à 133 tonnes.



Le travail d'analyse juridique réalisé (Annexe 5) a permis de clarifier les modalités de l'action publique et la réglementation liée au don. Les pratiques de don qui étaient jusque-là informelles sont désormais formalisées dans un règlement public de distribution du broyat qui respecte lesdites modalités. Le service juridique doit, au moment du présent rapport, encore approuver le document, avant son approbation par le Collège et le Conseil communal.

Une fois ces conditions clarifiées, les équipes du Service Vert ont élaboré une procédure interne de hiérarchisation des bénéficiaires du broyat. Priorité a été donnée aux services vert et communaux (écoles incluses) puis aux projet collectifs (potagers, composts de quartier) et enfin aux citoyens. Cette procédure planifie quatre journées par an, prévues en novembre et en avril, pour la livraison aux projets collectifs afin de réduire la charge de travail des équipes et d'éviter les pics de demandes non maîtrisés.

Une autre partie de l'expérimentation visait à capter une partie du broyat provenant d'élagueurs et opérateurs privés. Cette captation de flux constitue

une aide indirecte octroyée par un pouvoir public à une entreprise privée qui pourrait être considérée comme une distorsion de concurrence. Cette distorsion de concurrence peut être levée si la valeur du service fourni ne dépasse pas 300.000 euros sur trois ans pour les élagueurs/opérateurs concernés. Ces 300.000 euros incluent toute autre aide d'état octroyée aux élagueurs privés/opérateurs concernés. Concrètement, pour lever cette distorsion, l'estimation de la valeur du service doit être effectuée.

En termes de perspectives (2024 et après), l'évaluation juridique portant sur la récupération du broyat auprès d'élagueurs/opérateurs privés devra être poursuivie et mise en place en cas d'acceptation. De même, le règlement public de distribution du broyat devra être approuvé par le service juridique de la commune, le Collège et le Conseil communal, puis mis en œuvre.

Saint-Gilles

La situation avant Carbone (2020) était globalement non satisfaisante. Une part non négligeable mais non quantifiée du flux de branchages résultant de l'élagage et de la taille n'était pas broyée. Ce flux de déchet était produit par la commune de Saint-Gilles puis acheminé vers le sous-traitant qui le broyait lui-même et le compostait dans un compostage industriel suprarégional (Renewi Braine-L'Alleud). Une part minoritaire était broyée et valorisée in situ comme ressource en paillage.

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur le paillage varié de broyat (paillage in situ, mésocompost, canisites) et partage de broyat dans le but de répondre aux besoins de divers bénéficiaires saint-gillois. Initialement, l'expérimentation visait à faire des trois composts de quartiers des points de dépôts transitoires du broyat vers les citoyens et jardins privés. Il s'est avéré que diverses dynamiques non planifiées ont mobilisé la ressource de broyat produit. Martin Goor a assuré le rôle de gestion logistique du broyat en fonction des besoins provenant du terrain. Ainsi, la majorité du broyat produit a servi au recouvrement des sites de mésocomposts du Cimetière de Saint-Gilles et du Barca, le reste ayant été mobilisé pour trois canisites, le paillage des pieds d'arbres et massifs et les trois composts de quartiers.



Courant 2022-2023, les trois composts de quartiers ont été rénovés et agrandis. Ces besoins ont été couverts par des livraisons régulières des équipes.

Désormais 100% du broyat est valorisé sur le territoire communal et répond à des besoins diversifiés. Ces besoins pourront varier suivant les années et la commune devra se montrer souple pour répondre à la demande importante.

En termes de perspectives (2024 et après), il s'agira d'assurer la gestion logistique du broyat pour répondre aux besoins qui émergeront à l'avenir.

Idéalement, ce rôle devrait être assumé par la personne qui sera en charge de la circularité des espaces verts.

Bruxelles Mobilité

La situation avant Carbone (2020) voyait les déchets de broyats de l'administration majoritairement produits et exportés par des sous-traitants vers des exutoires inconnus. Le broyat était destiné à divers usages selon sa qualité: filière bois-énergie (pellets, plaquettes...) ou matériau (panneaux à base de bois). Le reste du broyat produit par le sous-traitant était utilisé in situ comme ressource en paillage à l'appréciation du sous-traitant et de manière non systématisée (non intégrée dans le cahier des charge). Les quantités globales, très importantes en termes de volume, n'étaient pas connues.

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur la valorisation interne du broyat (paillage etc.) qui a nécessité le monitoring de la production, la compréhension de la gestion d'assets différents en interne et la recherche d'un site de stockage appartenant à l'administration afin d'avoir la main mise sur la matière.

Au lancement du projet Carbone, le **monitoring** par cartographie et factures était inexact. Début 2022, Florence Henry de Generet et ses équipes ont mis au point un protocole de quantification adapté à la gestion du broyat de Bruxelles Mobilité. De mai 2022 à janvier 2023, ils ont compté le nombre de camions (et leur capacité en m³) venant d'un site de taille vers le site de stockage. En un an, Bruxelles Mobilité a produit 180 t/an de BRF, soit environ 630 m³, et 130 t/an de broyat, soit environ 450 m³. Ces résultats ont permis de prévoir les superficies et volumes nécessaires pour le site de stockage, y compris en cas de surplus de broyat qui pourrait, pour une gestion optimisée, faire l'objet dans ce cas particulier d'une mise en commun avec celui de Bruxelles Environnement à des fins de redistribution (voir Annexe 5). En parallèle, le lancement de cette expérimentation a nécessité de comprendre les types de broyats produits (BRF et broyat) et leur période de production par rapport à leurs utilisations.

Le premier enjeu de la circularisation du broyat sur les sites de Bruxelles Mobilité est un **enjeu de gouvernance**. Il s'agit de circulariser le broyat provenant d'un marché d'entretien des arbres vers les marchés d'entretien et de plantations d'arbres et les marchés d'entretien et d'investissement de l'ensemble des espaces verts gérés par Bruxelles Mobilités (arbustes, pelouses, etc.). En 2022, Bruxelles Mobilité a commencé à pailler le broyat et le BRF sur les marchés «arbres» et, en 2023, le broyat a été circularisé sur les marchés arbres et les marchés entretiens des espaces verts, ce qui a permis de supprimer la commande de 750 m³ de copeaux de pin.

Bruxelles Mobilité a également recherché un **site de stockage**. Au lancement de Carbone, le broyat et le BRF étaient stockés sur le site de stockage suprarégional (Vilvorde) appartenant au sous-traitant de Bruxelles Mobilité (Krinkels). Vu les importantes quantités de broyat, il était impossible de fonctionner en flux tendu. Afin de gagner en souveraineté à propos de la gestion et l'utilisation du broyat, il était essentiel de trouver un site de stockage appartenant à l'administration. Le stockage final de la matière s'effectue désormais sur le nouveau site depuis septembre 2023.



Transversalement aux actions opérationnelles de la circularisation du broyat, la compréhension des **enjeux juridiques** a été essentielle à la pérennisation de ce changement de pratique. Il s'est agi de faire le lien entre des marchés différents. Depuis 2022, le broyat est la propriété de Bruxelles Mobilité - il était

auparavant évacué par l'entrepreneur. Le broyat n'est plus considéré comme un déchet mais une ressource.

En termes de perspectives (2024 et après) concernant la circularité du broyat :

L'utilisation effective du site de stockage afin d'analyser s'il n'y a pas de blocages opérationnels (le sous-traitant doit adapter sa logistique habituelle).

- La mise en application de l'utilisation du broyat venant du nouveau site de stockage vers les espaces verts de Bruxelles Mobilité ;
- Les ajouts dans l'application de gestion du site de stockage et de l'utilisation du broyat produit ;
- La continuité du monitoring du broyat produit et du broyat utilisé sur une année.



Sur le long terme, l'objectif est d'avoir un scénario de redistribution en cas d'excédent de broyat produit par Bruxelles Mobilité (dépendant des résultats du monitoring). L'objectif est de créer une convention avec Bruxelles Environnement en vue d'une redistribution supra communale du broyat par cet acteur régional (voir Annexe 5).

Points d'attention et conseils de terrain issus des expérimentations

- Le flux de broyat est un flux difficile à estimer et très dépendant de la saisonnalité et des modes d'entretien.
- La période estivale est une période critique à anticiper, notamment pour les composts de quartiers/les mésocomposts, car les besoins en broyat sont importants et les risques de nuisances olfactives sont plus élevés.
- Anticiper les besoins en broyat avant et après la période de nidification (du 1er avril au 15 août).
- Mobiliser un acteur-pont qui assure le lien entre les demandes des bénéficiaires de broyat et les besoins propres de l'administration.
- Prévoir un canal de communication adapté entre le responsable broyat et les bénéficiaires.
- Dans l'idéal, séparer les flux de broyat de branches, de BRF et de broyat de résineux suivant leurs qualités respectives – respectivement : durée de stockage importante, compostable directement et usages en parterres, cheminements etc.
- Modifier les cahiers de charges d'entretien avec des sous-traitants dans le but de récupérer le broyat produit permet d'asseoir aisément la souveraineté sur une ressource très demandée.

Tableau 8. Analyse multicritères des dispositifs “broyat circulaire”

Broyat	Anderlecht		Uccle		Saint Gilles		Bruxelles Mobilité		
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	
<p>Analyse comparative multicritères de la situation avant/après la mise en place des dispositifs de gestion circulaire du projet Carbone</p> <p>Intensité (**): Quantité de déchets et de ressources pour les différents flux de matières végétales (selon méthodologie de quantification Carbone: 0,236 t/arbre/an(***)</p>	<p>Déchets (max. théorique) Déchets «broyables» collectées et traitées en tant que déchets</p>	<p>Part non mesurée: Déchets de taille non-broyés exportés en déchet Broyat produit et emporté par le sous-traitant</p>	<p>Optimisation du broyage des déchets de taille et de la récupération des broyats Réduction non mesurée</p>	<p>Part non mesurée: Déchets de taille non-broyés exportés en déchet Broyat produit et emporté par le sous-traitant</p>	<p>Optimisation du broyage des déchets de taille Réduction non mesurée</p>	<p>Part non mesurée: Déchets de taille non-broyés exportés en déchet Broyat produit et emporté par le sous-traitant</p>	<p>Suppression des déchets broyables communaux Flux de déchets de broyat subsistant via sous-traitance Non-mesurée</p>	<p>Part non mesurée: Broyat produit et emporté par le sous-traitant</p>	<p>Broyat 100% recyclarisé dans les chantiers de l'administration</p>
<p>Ressources “sol” (déchets évités) Broyat paillé ou composté, sur base du nombre d'arbres entretenus/an (*)</p>	<p>236 t/an 1.000 arbres /an X 0,236</p>	<p>236 t/an: 74 t/an (valorisation interne: paillage, mé-socompost) 57 t/an (broyat partagé) Part restante</p>	<p>1000 t/an 3.000 arbres d'alignement + 1300 grands arbres /an X 0,236</p>	<p>1000 t/an: 46 t/an: valorisation interne (paillage, mé-socompost) 87 t/an: broyat partagé Part restante</p>	<p>70t /an 300 arbres X 0,236</p>	<p>70t /an 4,3 t/an: Broyat partagé (composts de quartiers) sd: valorisation interne (paillage, mé-socompost) Part restante</p>	<p>1652 t/an 7.000 arbres d'alignement X 0,236</p>	<p>1652 t/an 180 t/an: BRF 130 t/an: broyat sec Part restante</p>	

Broyat	Anderlecht	Uccle	Saint Gilles	Bruxelles Mobilité				
Structure spatiale: Mesure et/ou évalue l'étendue territoriale et géographique des filières de collecte et traitement	Distance "tourné de collecte type" km parcourus pour le transport des déchets durant 1 année L'estimation est rendue trop difficile par la complexité de la logistique et des trajets associés à la gestion du flux. Une méthodologie de tracking gps apparait comme la meilleure solution pour faire une telle estimation (non produite dans le cadre du projet Carbone).							
	Distance «à vol d'oiseau» sur laquelle s'étend la gestion des matières végétales pour la part majoritaire du flux. (**) Echelle territoriale administrative (***)	100 km min. (Marche-en-Famenne, sous-traitant) Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: Communale	7 km max. (étendue géographique max de la Commune) Majoritaire: Communale Minoritaire: Supra régionale Minoritaire: Supra régionale	15 km min. (Halle, sous-traitant) Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: Communale Minoritaire: Supra régionale	8 km max. (étendue géographique max de la Commune) Majoritaire: Communale Minoritaire: Supra régionale			
	25 km min. (Braine-L'Alleud, com-post industriel) Majoritaire: Communale Minoritaire: Supra régionale	8 km max. (territoire communal, site mé-socompost) Majoritaire: Communale Minoritaire: Supra régionale	200 km min. (étendue géographique potentiellement nationale) Supra régionale	16 km max. (étendue géographique max. RBC) Régionale				
Qualité (**) Qualités intrinsèques des matières végétales en usage «sol» Indice global /10, basé sur 11 indicateurs bio-physico-chimiques)	sd	Paillage: 7,5/10	sd	Paillage: 7,5/10				
Institutionnalisation (***): Évalue l'appropriation des pratiques circulaires dans les administrations à travers 8 indicateurs (opérationnels, stratégiques et politiques) formant un taux global (%)	4%	50%	4%	42%	4%	38%	6%	61%

Remarque: évaluation qualitative de la fiabilité des données: forte = ***, moyenne = **, faible = *

Commentaire général

Les quantités potentielles des broyats produits entre la situation avant et la situation après ne sont pas différentes. Ce sont les pratiques d'optimisation de production (part broyée) d'une part et de récupération du broyat (auprès des sous-traitants) d'autre part qui font évoluer sa nature de déchet (branchages non-broyés) en ressource, aux usages relocalisés (paillage et compostage communal et redistribution de tous les broyats).

La gestion circulaire des broyats et spécifiquement la réappropriation des broyats produits et exportés par les sous-traitants a un effet majeur sur la structure spatiale de ce flux. En effet le broyat est un des flux de matières végétales à la plus haute valeur ajoutée qui trouve de ce fait un marché potentiellement national important (filière énergie, fabrication industrielle ou compost selon qualité), voire international (opérateurs internationaux de traitement des déchets de bois présents sur le marché belge).

Intensité

Pour l'intensité du broyat en tant que "déchets", on note surtout une amélioration des pratiques du gestion du broyat qui diminuent la part de déchets broyables non-broyés jusqu'alors et exportés en tant que déchets. Toutefois l'essentiel des tailles sont broyées et le broyat constitue dans les faits rarement un déchet (les gestionnaires publics comme les sous-traitant en

font usage). On considèrera donc *de facto* dans tous les cas le flux de broyat produit plutôt comme une ressource.

En termes de quantification, ces quantités sont calculées sur base de la médiane de plusieurs méthodologies de quantification agrégées (***) , mais cette médiane ne distingue pas des valeurs spécifiques selon des catégories d'arbres (grandeur, type de développement et d'intervention). Or, les quantités de broyats peuvent fortement varier selon qu'un territoire gère beaucoup d'arbres l'alignement dans de petites voiries ou de grands arbres monumentaux dans des parcs (*).

Cette médiane est ensuite appliquée sur un nombre d'arbres relativement précis (nombre d'arbres entretenus par an) mais non catégorisés (**).

L'estimation des quantités de broyat produites est donc probablement surestimée (**). Il faudrait une connaissance plus précise des quantités gérées par les sous-traitants pour le confirmer.

On peut avancer trois manières d'optimiser le broyat comme "ressource" :

- intégrer des clauses spécifiques aux cahiers des charges élagage/abattage permettant de récupérer et circulariser le broyat généré par les sous-traitants pour ses propres usages (Bruxelles Mobilité, Anderlecht);
- optimiser les pratiques de broyage pour les déchets broyables non-broyés (Uccle, Saint-Gilles);
- capter le broyat produit par des opérateurs tiers (entreprises).

Structure spatiale

L'estimation des distances en km associées à la collecte des broyats est rendue trop difficile par la complexité de la logistique et des trajets associés à la gestion du flux. Ici aussi, une méthodologie de tracking GPS apparait comme une option possible pour effectuer une telle estimation. La circularisation des broyats à une incidence importante positive sur la structure spatiale qui se réduit en conséquence. L'amélioration des cahiers des charges (clauses pour la récupération des broyats) et l'optimisation des pratiques de broyage des tailles permettent de circulariser davantage localement et donc de réduire fortement l'étendue géographique du flux (distance à vol d'oiseau). Cet effet est notable à Bruxelles Mobilité qui circularise l'essentiel des broyats produits sur les chantiers de taille vers ses propres chantiers d'entretiens des espaces verts. L'effet est notable également à Anderlecht qui récupère davantage de volume de broyat auprès de son sous-traitant. Les broyats n'empruntent plus les filières des sous-traitants.

L'évaluation de la structure spatiale permet néanmoins de montrer une évolution importante de l'échelle territoriale de supra régionale vers communale (**).

Qualité

L'indice qualité pour les broyats a été élaboré à partir de la moyenne des indices qualité des trois types de broyats (BRF, feuillus, frais) retenus dans la méthodologie d'évaluation de la qualité (**). Les usages du broyat (essentiellement sous-traités) en situation "avant" étant indéterminés, ceux-ci ne sont pas évalués (sd), sauf pour Saint-Gilles qui pratiquait essentiellement du paillage local avec l'essentiel de ses flux. Exportés, les broyats ou matières broyables sont, selon leur qualité et les filières empruntées, valorisés dans des process industriels (compost, énergie, panneaux). On pourrait donc théoriquement considérer une amélioration de la qualité du flux en usage sol par rapport à ces usages industriels (matériaux, énergie) qui, par essence, ne contribuent en rien à une amélioration de la qualité des sols puisque ne lui restituent rien.

Institutionnalisation

Les pratiques de gestion circulaire des broyats étaient déjà pratiquées avant Carbone mais les expérimentations marquent clairement un gain important d'institutionnalisation de celles-ci dans les administrations. Ceci est principalement le fait de stratégies encadrées et progressivement réglementées de partage du broyat au niveau local, de mise en place d'espaces de stockage et de modification des clauses des cahiers des charges visant la récupération du broyat auprès des sous-traitants (**).

4. Gros bois

4.1 Analyse des expérimentations

Tableau 9. Synthèse comparative de la situation avant Carbone et après Carbone pour la gestion des gros bois

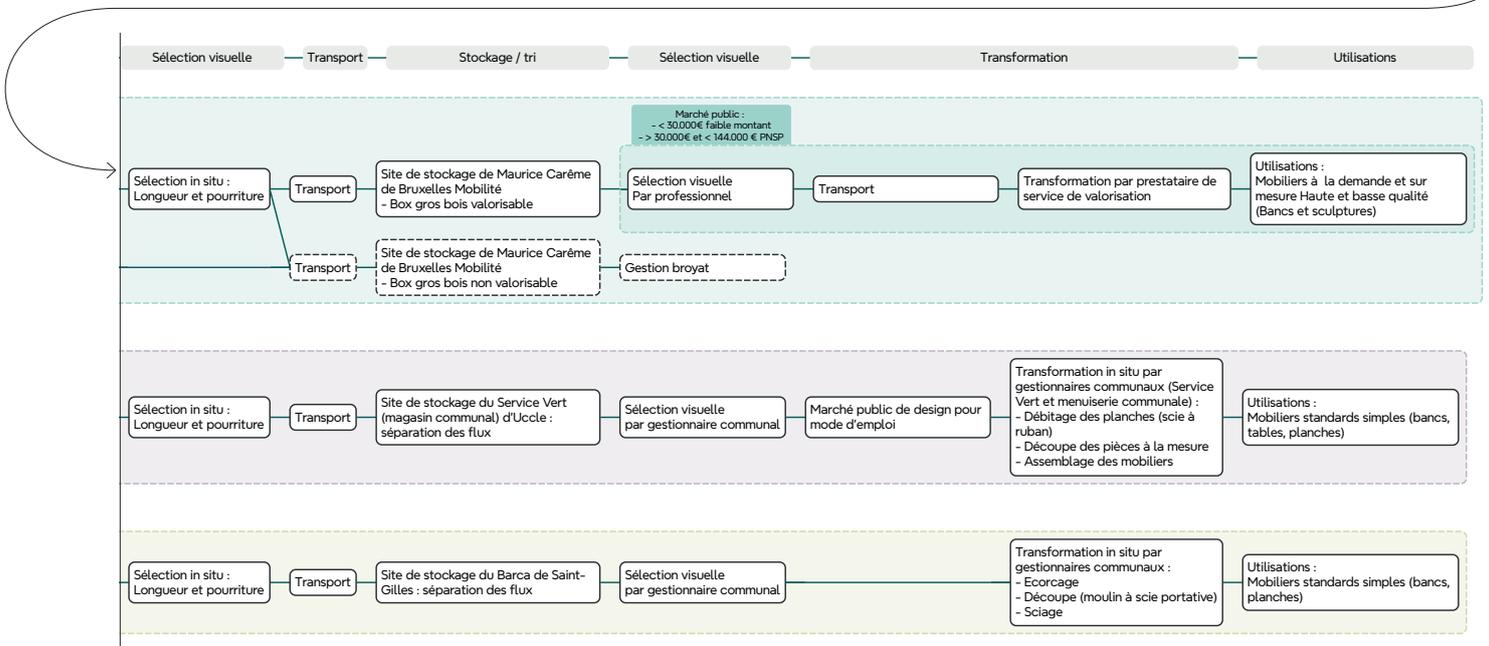
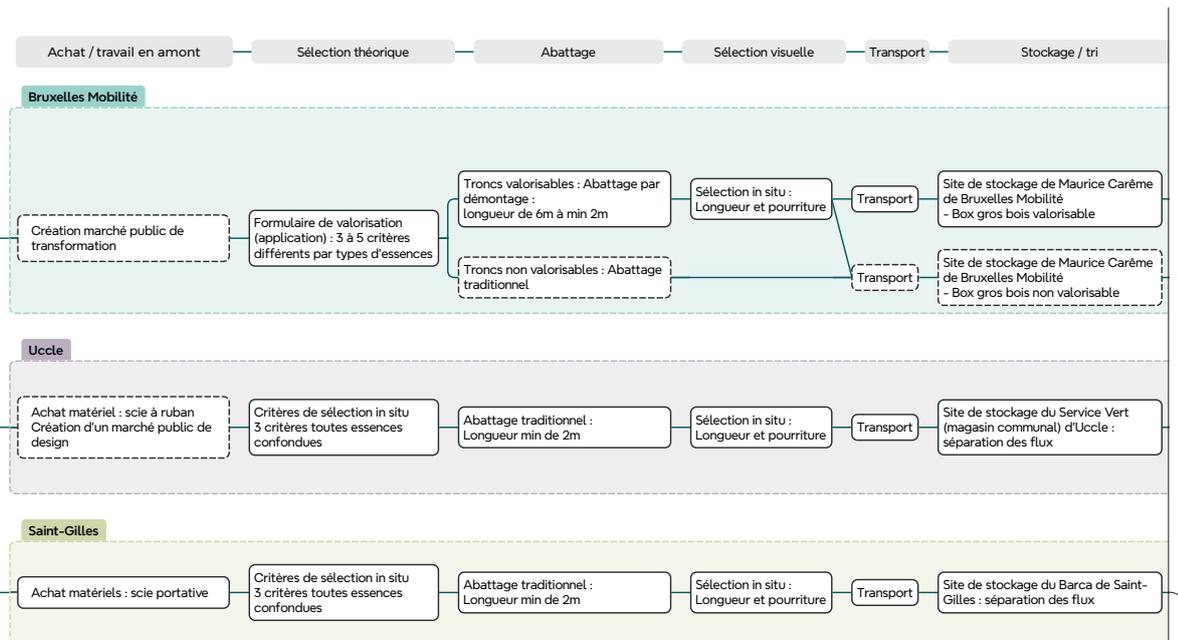
	Uccle	Saint-Gilles	Bruxelles Mobilité
La situation avant Carbone (2020)			
Superficies totales des espaces verts publics du territoire, en hectares (Cartographies communales, 2022 ; Bruxelles Environnement 2022)	6.679.987 m² (668 ha)	197.000 m² (19 ha)	28.000.000 m² (2.800 ha)
Superficies totales des espaces verts sous gestion de l'administration, en hectares (Bortolotti et al., 2022 ; Bruxelles Mobilité, 2022)	695.361 m² (70 ha)	197.000 m² (19 ha)	5.200.000 m² (520 ha)
Dont superficies arborées sous gestion de l'administration, en hectares	460.242 m² (46 ha)	115.577 m² (11 ha)	4.320.000 m² (43 ha)
Nombre d'arbres sous gestion de l'administration (Inventaire Région)	14.000 arbres (de voiries) Milliers d'arbres de parcs	3.000 arbres (de voiries et de parcs)	39.000 arbres (de voiries)
Nombre d'arbres abattus par an (inventaires administrations)	160 arbres	30 arbres	450 arbres
Sélection avant abattage	Non	Non	Non
Type de traitement/valorisation du flux avant expérimentation :	Grumes valorisables produites par le sous-traitant : exportées vers des filières supra régionales suivant la qualité (compostage, valorisation énergétique, fabrication industrielle de panneaux). Minorité produite par le Service Vert et donnée aux ouvriers pour bois de chauffage. Gros bois non valorisables (incluant les souches) collectés par la commune puis acheminés par le sous-traitant pour broyage et compostage ultérieur, probablement sur le site de traitement industriel de Braine-L'Alleud (env. 170 t).	Grumes des sous-traitants valorisées suivant la qualité en Compostage supra-communal industriel ; production d'énergie et ; fabrication matériau industriel (panneaux). Grumes produites par la commune valorisées en mobilier simple, pourrissement naturel et bois de chauffage marginal.	Gros bois produits gérés par le sous-traitant sur son site de stockage suprarégional (Vilvorde) et valorisés suivant leurs qualités dans diverses filières, supposément : compostage suprarégional ; production d'énergie et ; fabrication de matériaux industriels (panneaux)

	Uccle	Saint-Gilles	Bruxelles Mobilité
Les expérimentations Carbone (2021-2024)			
Types d'expérimentations et valorisations recherchées	Valorisation des gros bois en bois d'œuvre (via accompagnement design) pour la fabrication de mobiliers urbains types et fabrication de prototypes de mobilier en série « DIY » par l'équipe élagage: tables et bancs	Valorisation des gros bois en bois d'œuvre pour la fabrication de planches (usages divers) et mobiliers urbains type « DIY » sur mesure par les équipes de jardiniers: tables et bancs espace public, parcours enfant...	Mobilier urbain sur commande: Valorisation du bois à grande échelle (enjeux juridiques et logistiques) Valorisations ponctuelles: sculptures, production événementielle
Résultats atteints dans le cadre des expérimentations	2 grumes de 2m (min) valorisées en deux tables et deux bancs Réalisation d'un mode d'emploi et de fiches de débits visant la fabrication en série de mobiliers urbains (table et banc) modulables, déplaçables et inclusifs	12 grumes de 2 m valorisées en plus d'une dizaine de mobiliers urbains divers (bancs, tables, parcours pour enfants etc.) (de 2022 à 2024) 100% des arbres valorisables sont transformés en mobilier urbain pour l'espace public communal	10 grumes d'au moins 2m valorisées en dix sculptures et bancs artistiques pour l'espace public. Une dizaine de grumes en test de sélection et séchage à la Sonian Wood Coop.
Infrastructures, outils et sites de traitement	Stockage des grumes au Service Vert Scie à ruban installée au Service Vert	Atelier mobile (support de découpe et caisses de matériel ad hoc) sur le site du Barca ou in situ	Site de stockage finale de Bruxelles Mobilité (Maurice Carême à Anderlecht) avec box de dépôt dédiées: ▸ gros bois valorisable (75 m ²) ▸ gros bois non valorisables (75 m ²)
Mode de gestion du flux	Débitage en section de 2m ou plus sur chantier, puis découpe en planches au Service Vert et découpe des planches à la mesure à la menuiserie communale. Montage des mobiliers au Service Vert.	Débitage en section de 2m sur chantier, puis découpe sur place (1/3) ou transport vers Barca ou garage communal (2/3) pour découpe et mise en œuvre	Débitage suivant critères de valorisation si possible, si non en section de 2m ou plus sur chantier, puis valorisation en mobilier, œuvre d'art ou autre selon projet (via marché public spécifique).
Cadres réglementaires et dispositifs administratifs	Modifications (en cours) aux cahiers des charges des marchés de sous-traitance abattage/débitage pour réappropriation de la propriété des grumes et livraison à la commune.	Modifications aux cahiers des charges des marchés de sous-traitance abattage/débitage pour réappropriation de la propriété des grumes et livraison à la commune	Modifications aux cahiers des charges en 2022 des marchés de sous-traitance abattage/débitage pour réappropriation de la propriété des grumes. Marchés phasés pour la valorisation par un opérateur tiers via marché public: ▸ Court terme: marché faible montant <30.000 € ; ▸ Moyen terme: Marché PNSP entre 30.000 et 144.000 € ; ▸ Long terme: aboutir à un accord-cadre avec l'estimation d'une enveloppe globale
Capacitation et formations	Formation montage et assemblage des mobiliers Formation à l'utilisation de la scie à ruban	Formation au maniement de la tronçonneuse (élagueurs) Formation en menuiserie et soudure (gestionnaire projet)	Si capacités ou compétences nouvelles nécessaires, gérées au niveau des prestataires

	Uccle	Saint-Gilles	Bruxelles Mobilité
Outils de gestion du dispositif	Procédure gestion des grumes depuis abattage jusqu'au placement du mobilier Mode d'emploi de fabrication des mobiliers en série	Pas d'outils de gestion spécifique	Application de gestion : bases de données et outils de commandes pour interventions et reporting des chantiers : Formulaire de valorisation avant abattage pour les équipes de terrain Validation in situ par le prestaire des critères de valorisation après abattage
Critères de sélection avant abattage	Si > 40cm de diamètre et fût de 2m, en bonne santé toutes essences confondues	Si > 40cm de diamètre et bonne santé toutes essences confondues sont (abattage de min 2m)	Critères spécifiques pour les essences majoritaires à Bruxelles (7 essences + résineux)
Critères de sélection après abattage	Qualité structurale et état phytosanitaire général perçus	Qualité structurale et état phytosanitaire général perçus	Qualité structurale et état phytosanitaire général Critères de sélection spécifiques pour les arbres abattus Voir Annexe 6_Critères de sélection pour la valorisation du gros bois

Schéma de gestion du gros bois par les administrations

GESTION DES GROS BOIS Abattage arbres



	Uccle	Saint-Gilles	Bruxelles Mobilité
Machines mobilisées	Scie à ruban mobile Raboteuse/ dégauchisseuse professionnelle (menuiserie communale)	Tronçonneuse forestière (>80cc) Moulin à scie portatif Ecorceur Raboteuse portative (batterie)	Selon les objectifs du marché : Tronçonneuses (forestière et d'élagage) Scie à ruban Raboteuse/ dégauchisseuse professionnelles

Uccle

La situation avant Carbone (2020) présentait un potentiel d'écologisation important. Les grumes valorisables produites par le sous-traitant étaient exportées vers des filières supra régionales suivant leur qualité - supposément valorisées après broyage en compostage, valorisation énergétique et fabrication industrielle de panneaux. Une part minoritaire des grumes produites par le Service Vert était donnée aux ouvriers comme bois de chauffage. Les quantités n'étaient pas estimées par la commune. Les gros bois non valorisables (incluant les souches) étaient collectés par la commune puis acheminés par le sous-traitant pour broyage et compostage ultérieur, probablement sur le site de traitement industriel de Braine-L'Alleud. Les quantités concernées étaient d'environ 170 tonnes.

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur la revalorisation du flux de gros bois en mobilier urbain do-it-yourself (DIY) en série, provenant essentiellement d'arbres abattus (nécessité sanitaire ou sécuritaire) ou tombés naturellement. Ce flux a la particularité d'être peu important en termes volumes et très variable en termes d'essences, de gabarit et de régularité. L'expérimentation a montré que le rachat des grumes valorisables par des professionnels telle que la Sonian Wood Coop (SWC) n'était pas adapté à leur modèle d'affaire qui nécessite des lots en bonne santé, réguliers, et d'une certaine importance en termes de volumes de lots. Stephan Kampelmann, manager général de la SWC, a fourni au consortium Carbone une liste de critères précis permettant d'optimiser le flux de gros bois urbains valorisables (grumes de minimum 2 m de longueur, 40 cm de diamètre, bon état sanitaire, bonne qualité structurale, taille minimale et homogénéité du lot etc.). Par ailleurs, l'option de revaloriser le gros bois en bois de chauffage pour les installations de la commune n'était pas possible non plus car celles-ci fonctionnent au gaz naturel.



Avant le travail de co-construction et de développement des prototypes séries de mobilier urbain et dans l'attente de la livraison de la scie à ruban (livrée en janvier 2023), des mobiliers urbains basiques et non séries ont été conçus à la tronçonneuse pour être utilisés pendant l'été Place Saint-Job (voir photos ci-dessous). Bien qu'appréciés par les habitants, leur durabilité s'est avérée faible car ils ne pouvaient être utilisés plus de deux ans en raison de leur pourrissement. Un questionnaire a été élaboré et envoyé aux professionnels du gros bois afin de centraliser des connaissances concernant les différentes utilisations adaptées par essences de gros bois, les techniques de découpe et de traitement de conservation.

L'expérimentation en tant que telle de la commune d'Uccle s'est donc focalisée sur la fabrication de mobilier urbain en série. L'objectif a été de concevoir du mobilier urbain utile, désirable, répliquable, modulable, déplaçable et inclusif. Il était aussi essentiel que ce mobilier tienne compte du planning,

des machines disponibles et des connaissances du Service Vert d'Uccle et soit adapté aux essences d'arbres disponibles à Uccle (tilleul, érable, hêtre, chênes, et ponctuellement résineux) Pour ce faire, la commune d'Uccle a fait appel à un cabinet de design de services et de produits, Le Laboratoire d'Usages Collaboratifs, accompagné d'un menuisier professionnel (Amorce Studio) ayant une expérience dans la fabrication de mobilier et dont la mission a commencé en avril 2023. Deux prototypes sériés, une table et un banc, ont ainsi émergé de ce travail avec la scie à ruban achetée à cette fin.

Les élagueurs du Service Vert qui seront amenés dans les années à venir à fabriquer le mobilier « en série », ont été impliqués dans l'élaboration du design. Trois workshops ont été organisés tout au long du processus : un atelier de co-création pour générer des idées et discuter des usages et besoins, un atelier de montage des prototypes de banc et de table et un atelier réflexif pour élaborer des pistes d'amélioration des processus et des prototypes. Le design du mobilier a été pensé pour accueillir toutes les corpulences et les personnes âgées et à mobilité réduite. Les prototypes ont aussi été présentés au Conseil Consultatif de la Personne en Situation de Handicap et au Conseil Consultatif Ucclois des Aîné(e)s afin de prendre en compte leurs remarques. Chacun des deux mobiliers dispose désormais d'un mode d'emploi de fabrication, ainsi qu'une fiche de débit reprenant les mesures de chaque pièce. Ces deux outils seront disponibles publiquement et libres de droit. Les mobiliers seront placés dans des parcs et espaces verts de la Commune et seront accompagnés d'une communication institutionnelle.



En termes de perspectives (2024 et après) la commune d'Uccle entend fabriquer du mobilier urbain en série qui comprendra, selon les disponibilités et les besoins, le choix des espaces accueillant les mobiliers et la logistique pour leur installation. Notons qu'actuellement le nombre d'essences de bois transformés dans la menuiserie communale est réduit et que leurs pratiques sont assez restreintes (petites réparations). Gageons que les modes d'emplois et fiches de débits puissent élargir le panel des productions de la menuiserie communale afin de répondre aux demandes du Service Vert et de valoriser localement et noblement ces matériaux.

Saint-Gilles

Avant le projet Carbone (2020), une partie des grumes valorisables des parcs étaient parfois récupérées comme mobilier simple (tabourets, etc.) et les grumes de plus petits gabarits étaient disposées dans des parterres en faveur de leur pourrissement naturel. Plus marginalement, les gros bois étaient donnés aux ouvriers pour valorisation en bois de chauffage. Les grumes produites

par les sous-traitants étaient exportées vers des filières supra régionales - supposément valorisées en compostage, valorisation énergétique, fabrication industrielle de panneaux suivant la qualité. Les quantités n'étaient pas connues ni même estimées par la commune.

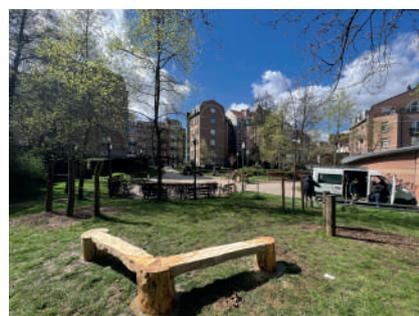
L'expérimentation (2021-2024) a porté sur la revalorisation du flux de gros bois. Se saisissant du potentiel de recircularisation de ce flux, l'expérimentation de la commune de Saint-Gilles a commencé par l'identification des scieries et sociétés de travail du bois aux alentours. Le flux produit ne rencontrait pas les critères des professionnels (voir supra), la commune a donc envisagé la construction autonome de mobilier urbain dans une logique de DIY. Un moulin à scie portatif a été acheté. Dans un premier temps, il a été envisagé de faire réaliser ce travail par la menuiserie communale mais celle-ci est restée peu réceptive à ce changement de pratique – ce qui renvoie aux dynamiques constatées à Uccle. Le Service Vert et ses jardiniers ont pris en main l'expérimentation.



De 2022 à 2024, 12 grumes ont été valorisées par le service espaces verts en mobiliers urbains divers et sur mesure par les équipes de jardiniers: tables et bancs, parcours pour enfants etc. Les arbres abattus concernés l'ont été le cadre d'aménagements de parcs et pour des raisons sécuritaires. Concrètement, les débitages en sections de 2 mètres ont été effectués sur chantier, puis les découpes ont été réalisées sur place (1/3) ou transportées vers le Barca ou le garage communal (2/3) pour découpe et transformation. Le moulin à scie portatif installé sur la tronçonneuse a permis de transformer la grume en la forme de section voulue (planches, madriers, chevrons etc.). Enfin, ces sections ont été écorcées, rabotées, poncées puis traitées pour minéraliser le bois. Le mobilier ainsi créé a été la plupart du temps posé sur des pieds en métal pour assurer sa durabilité.



Ces expérimentations ont nécessité des formations en maniement de la tronçonneuse pour les élagueurs et en menuiserie et soudure (pour le gestionnaire de projet).



Courant 2022, la commune a modifié son cahier des charges pour les marchés de sous-traitance d'abattage et de débitage dans le but d'assurer la souveraineté communale sur les grumes produites.

"Avant la modification du cahier de charges d'abattage et débitage des gros bois, on s'est retrouvé dans une situation où un sous-traitant nous a proposé de nous revendre notre propre bois qu'il avait débité quelques semaines plus tôt dans un parc saint-gillois" Martin Goor.

Les jardiniers ont modifié leurs pratiques avec satisfaction, cette activité comporte une dimension créative et les retours des citoyens et des services communaux sont très positifs. Elle permet donc une revalorisation de la

fonction de jardinier prometteuse dans un contexte de crise de ressources humaines de la fonction (Charpentier et al. 2024).

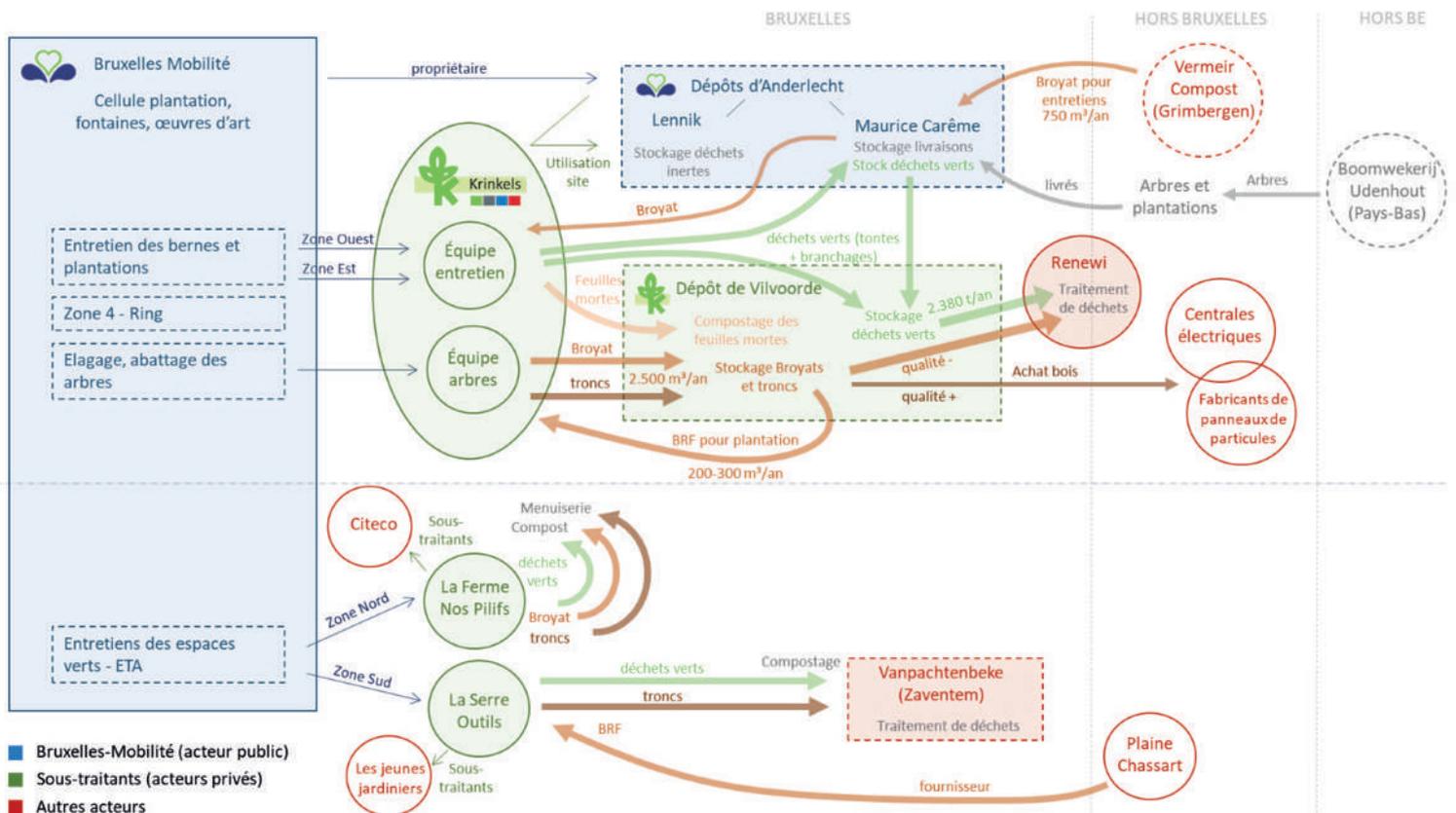
En termes de perspectives (2024 et après), notons qu'après un an de mise en place les premiers signes d'usure du bois apparaissent à la suite des intempéries, les mobiliers devront donc être traités une fois par an a minima. Cette expérimentation est désormais une nouvelle pratique communale qui présente l'avantage d'être adaptative et très réactive au regard des besoins de terrain comme le remplacement des planches de bancs publics, l'ajout de bancs dans des plaines de jeux etc.



« Grâce à cette nouvelle pratique, on a pu créer des bancs en quelques semaines pour la nouvelle plaine de jeux du parc Paul qui, relativement mal pensée, n'en disposait pas, et ce, sans avoir à passer par un nouveau cahier de charges dont la procédure aurait été très longue » Martin Goor.

Bruxelles Mobilité

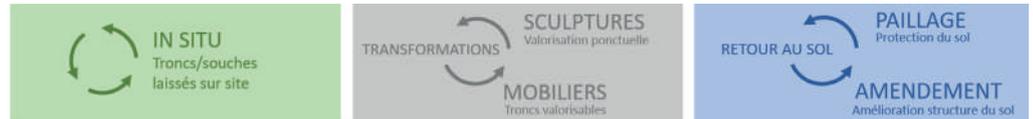
La situation avant Carbone (2020) était la suivante. Les gros bois produits étaient gérés par le sous-traitant sur son site de stockage suprarégional (Vilvorde) et valorisés suivant leurs qualités dans diverses filières - supposément via compostage suprarégional, production d'énergie et fabrication de matériaux industriels (panneaux). Les quantités étaient inconnues.



L'expérimentation (2021-2024) a porté sur deux axes : la valorisation du bois en mobilier urbain fonctionnel et artistique afin de sensibiliser le citoyen et avant tout mettre en place une filière systématisée à grande à grande échelle, ce qui a impliqué des enjeux juridiques, logistiques, opérationnels et de gouvernance.

Le **diagnostic** concernant la gestion et la valorisation du gros bois de Bruxelles Mobilité fut différent que pour les déchets verts et le broyat. Pour la gestion du patrimoine arboré, Bruxelles Mobilité a mis en place une application de gestion nommée fullcrum. Cette application a une double fonction. Une fonction de base de données du patrimoine arboré, et une fonction de gestion quotidienne de chantier (commandes et interventions) avec l'opérateur de travaux. Pour la valorisation du gros bois, le diagnostic a consisté en la compréhension des raisons d'abattages des arbres, des temporalités de gestion, de la quantification et en parallèle la compréhension de la chaîne de valorisation du bois en Belgique (rencontres avec des acteurs circulaires et de design, valorisation en fonction des essences, etc.).

En fonction du type de la qualité des troncs et des essences, différents types de valorisations sont possibles :



Durant le projet Carbone, Bruxelles Mobilité a travaillé sur des transformations ponctuelles lors **d'événements** de sculptures et la transformation du bois valorisable en mobilier (impliquant un changement du système). À l'origine, avant le lancement du projet Carbone, deux hêtres du Square Vergote étaient voués à l'abattage pour cause de maladie. Bruxelles Mobilité a décidé de les transformer en œuvres d'art. L'objectif était de pérenniser ce type de valorisation avec la création d'un événement bisannuel. En octobre 2022, un événement de valorisation de grumes en bancs pour le Square du Centenaire a été organisé. L'événement a permis la sensibilisation des habitants, la réalisation des bancs sur sites par les 6 sculpteurs pendant 5 jours et a fait l'objet d'une communication soutenue (panneaux, rencontres avec les habitants, réseaux sociaux). Le projet Carbone a aussi permis de créer un fiche-type pour l'organisation d'événements similaires (to do, acteurs à contacter, type de marché, budget, planification, autorisations, toutes-boîtes, etc.).

Pendant :



Résultat final :

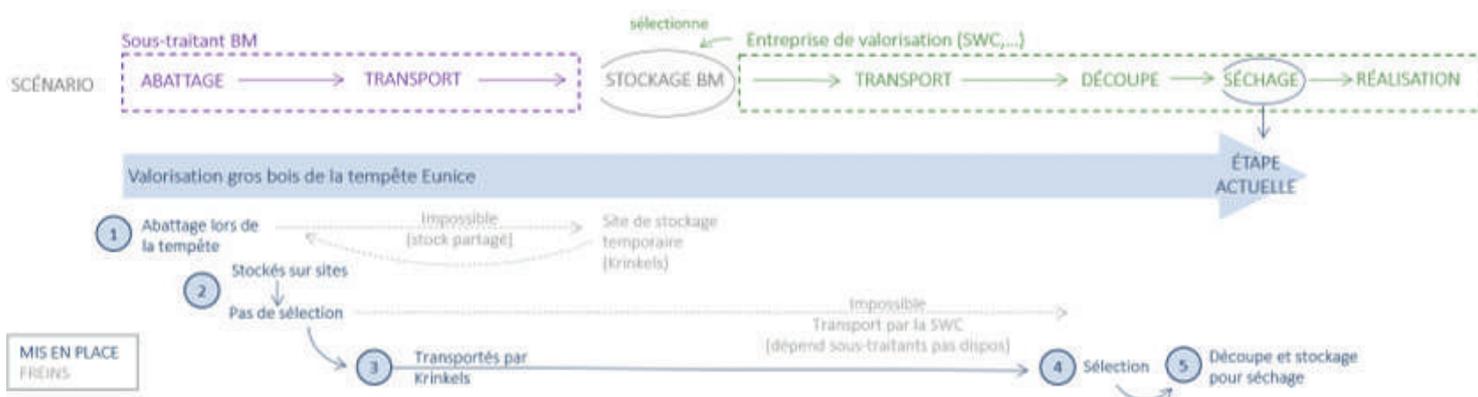


Après un an :



La valorisation du gros bois de la tempête Eunice en février 2022 a permis de documenter les freins au changement de pratique : conditions d'abatage, sélection in situ du bois valorisable, transport et stockage, communication entre les acteurs, conditions pour la réalisation de mobiliers.

Bruxelles Mobilité a travaillé à la **mise en place de critères de sélection** :



Ceux-ci ont été intégrés au formulaire automatisé dans l'application de gestion pour permettre une pré-sélection d'arbres valorisables – le cas échéant longueur de coupe minimum à respecter et transports séparés par l'entrepreneur. La mise en pratique de ces critères de sélection est en cours depuis octobre 2022 et en amélioration. Voir Annexe6_Critères de sélection

L'ajout d'un acteur dans la chaîne complexifiait l'ensemble de la logistique. Au lancement du projet, les arbres étaient stockés sur le site de l'entrepreneur, ce qui est un grand frein pour l'autonomie de l'administration et la logistique avec de nouveaux acteurs de valorisation. En septembre 2023, un **nouveau site** a permis une réorganisation du site de stockage appartenant à Bruxelles Mobilité afin d'optimiser la séparation des flux.

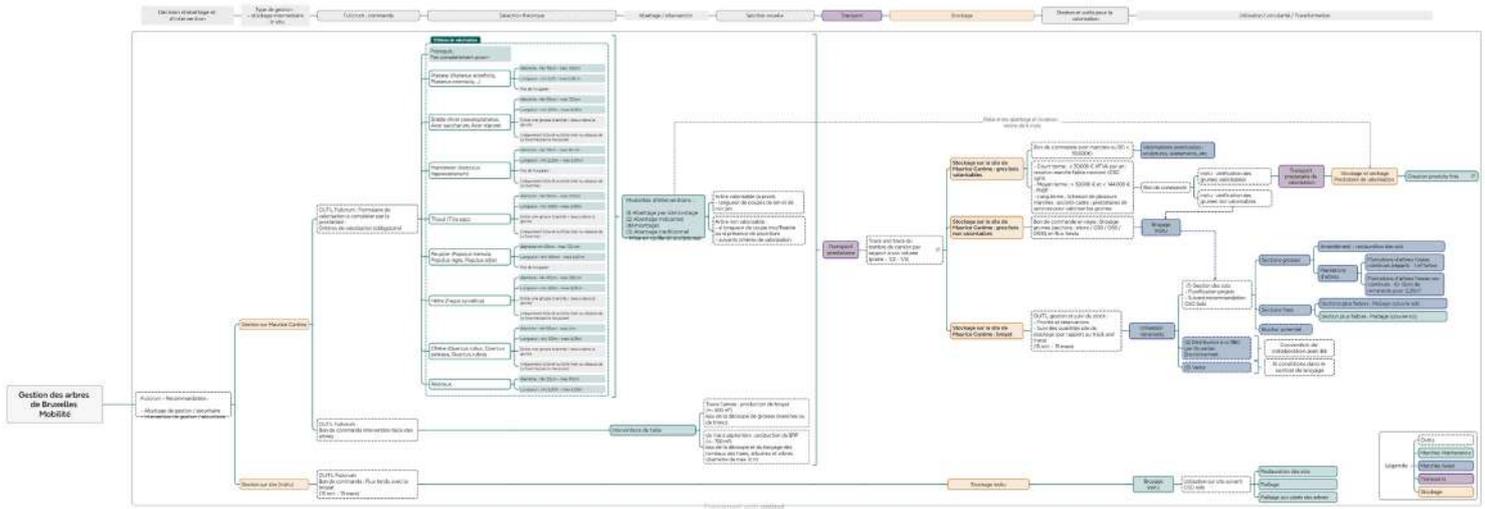


Bruxelles Mobilité a aussi modifié et créé un marché public de valorisation.

Différents types de marchés possibles : marchés de services, marchés de ventes et bons de commandes via le sous-traitant. De nombreux acteurs ont été impliqués : externes (sous-traitants pour l'abatage, valorisation du bois, design de mobiliers, transport) et internes (bureau juridiques, budget, gestionnaires des arbres et pôle stratégie et aménagement de l'espace public). La valorisation du bois devra répondre à des besoins spécifiques avec des essences aléatoires. Le type de service demandé est innovant (marché de service de transformations des grumes de Bruxelles Mobilité en produits finis), il est intéressant de travailler sur diverses temporalités.

Temporalité	Type de marché	Budget
Court terme	Marché de faible montant	< 30.000 €
Moyen terme	Marché à Procédure sans Publicité Préalable	Entre 30.000 € et 144.000 €
Long terme	Accord-cadre	Estimation d'une enveloppe globale

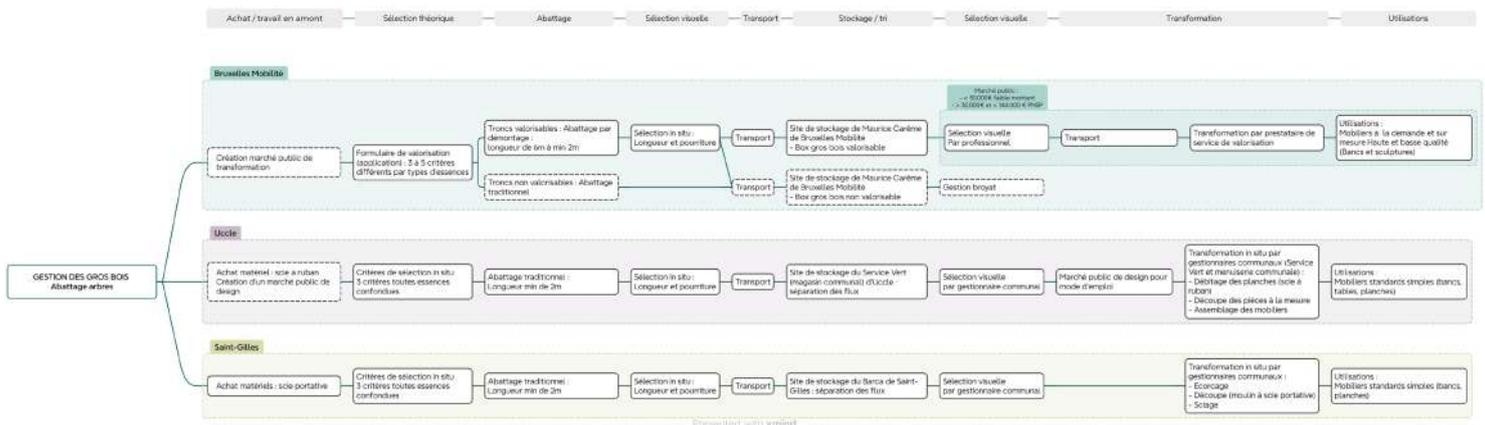
Les expérimentations menées ont permis d'aboutir à un nouveau protocole de gestion des arbres de Bruxelles Mobilité.



Voir aussi annexe 9

En termes de perspectives (2024 et après), Bruxelles Mobilité vise :

- La pérennisation des événements de valorisation du bois en création de sculptures et sensibilisation.
- La pérennisation du protocole de gestion des arbres: application des critères de sélection, nouveau site de stockage de Maurice Carême, tris des gros bois en box valorisables et non valorisables, adaptations pour le sous-traitant au plan opérationnel.
- Le développement du marché public de valorisation.
- La création de mobiliers pour les espaces publics de Bruxelles Mobilité (ou autres administrations publics).



Voir aussi annexe 10

Schéma de gestion des flux de gros bois des différentes administrations partenaires

Points d'attention et conseils de terrain issus des expérimentations

- Les grumes et surtout planches doivent être très sèches avant leur transformation: laisser le bois sécher à l'air libre, à plat, au sec, avec rablettes entre les planches pendant plusieurs mois – de deux à quatre mois suivant le taux d'humidité ambiante.
- Le degré d'hygrométrie du bois à valoriser doit être compris entre 15 et 18%.
- Débitier des sections de 2 mètres permet le transport aisé en camionnettes communales

- Traiter le bois avec des produits minéralisant sans insecticide ni biocide une fois par an minimum.
- Privilégier la pose de pieds en métal sur le mobilier créé pour accroître sa durabilité
- Plusieurs freins au changement de pratique à grande échelle. Garder une vigilance à chaque étape de la chaîne de valeur, depuis l’abattage jusqu’à la valorisation :
 - conditions d’abattage ;
 - sélection théorique et in situ du bois valorisable, transports et stockage ;
 - communication entre les acteurs ;
 - conditions pour la réalisation de mobiliers.
- Il existe de nombreuses possibilités de valoriser le gros bois via des marchés publics en sous-traitance :
 - Marchés à faible montants (< 30.000 m²) permet plus de flexibilités pour tester l’expérimentation, permet de faire du « one shot » ;
 - Marchés PNSPP (Procédure sans Publicité Préalable) : entre 30.000 € et 144.000 €, si besoin d’un budget plus important.
 - Accord-cadre: pour la valorisation, ce marché est idéal car il est adapté au flux et à la temporalité aléatoire du gros bois et aux besoins ponctuels. Il permet également de travailler avec plusieurs entreprises de valorisations différentes, ce qui permet de répondre aux besoins différents (artistiques, grande quantité, etc.). L’accord-cadre peut se faire en marché de vente (vente de la biomasse pour valorisation) ou marché de services (valorisation en mobiliers pour l’administration). La difficulté de l’accord-cadre est qu’il faut une bonne connaissance du marché pour estimer les postes et les prix.

Ordres de grandeurs budgétaires :

Pour Uccle, la scie à ruban mobile a coûté 24.000 € et le marché de design 20.000 €.

Pour Saint-Gilles le moulin à scie portatif a couté 350 €.

4.2 Évaluation des effets des expérimentations

Tableau 10. Analyse multicritères des dispositifs de valorisation “matériau” du gros bois

Gros Bois	Uccle		Saint-Gilles		Bruxelles Mobilité		
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	
Analyse comparative multicritères de la situation avant/après la mise en place des dispositifs de gestion circulaire du projet Carbone							
Intensité (**): Quantité de déchets et de ressources pour les différents flux de matières végétales Selon méthodologie de quantification Carbone pour la part valorisable matériau”, taux de valorisation: 19%)	Déchets (maximum théorique) (*) Déchets de « gros bois » collectés et traités en tant que déchet, estimés durant la période Carbone (*)	160 arbres/an max.	130 arbres/an max.	30 arbres max./an	24 arbres max./an	450 arbres/an	345 arbres/an
	Ressources “matériau” Part potentielle valorisable matériau parmi les arbres débités (abattus ou tombés) (***)	sd	30 arbres/an 160 arbres/an X 19%	sd	6 arbres max./an 30 arbres max/an X 19%	sd	85 arbres/an 450 arbres/an X 19%

Gros Bois		Uccle		Saint-Gilles		Bruxelles Mobilité	
	Ressources "biodiversité" Gros bois valorisés en pourrissement naturel	sd	sd	sd	sd	sd	sd
	Ressources "énergie"	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Structure spatiale: Mesure et/ou évalue l'étendue territoriale et géographique des filières de collecte et traitement	Distance "tournée de collecte type" km parcourus pour le transport des déchets durant 1 année	L'élaboration d'un modèle d'estimation est rendue trop difficile par la complexité de la logistique et des trajets associés à la gestion du flux de gros bois dans la plupart des cas. Une méthodologie de tracking GPS apparaît comme la meilleure solution pour faire une telle estimation (non produite dans le cadre du projet Carbone).					
	Distance «à vol d'oiseau» sur laquelle s'étend la gestion des matières végétales pour la part majoritaire du flux. (**)	200 km min. (étendue géographique potentiellement nationale)	8 km max. (étendue géographique max de la Commune)	25k m min. (Compos-tage industriel Braine-L'Alleud)	8 km max. (espace vert plus éloigné - site de stockage communal)	200 km min. (étendue géographique potentiellement nationale)	16 km max. (étendue géographique Max. RBC)
	Echelle territoriale administrative (***)	Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: Communale	Majoritaire: Communale Minoritaire: Supra régionale	Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: Communale	Communale:	Supra régionale	Régionale
Qualité (**) Qualités intrinsèques des matières végétales en usage «sol» Indice global /10, basé sur 11 indicateurs bio-physico-chimiques)	sd						
Institutionnalisation (***): Évalue l'appropriation des pratiques circulaires dans les administrations à travers 8 indicateurs (opérationnels, stratégiques et politiques) formant un taux global (%)	4%	46%	4%	38%	6%	61%	

Remarque: évaluation qualitative de la fiabilité des données: forte = ***, moyenne = **, faible = *

Commentaire général

L'évaluation du gros bois estime la part des arbres abattus dont les caractéristiques physiques permettent de les considérer comme une matière potentiellement valorisable en matériau (bois d'œuvre). Les arbres urbains (quantité, qualité, irrégularité du débit) permettent difficilement aux communes d'envisager une filière conventionnelle de débitage et sciage. Une telle stratégie est éventuellement possible pour Bruxelles Mobilité qui gère davantage d'arbres et dont les caractéristiques s'y prêtent généralement mieux, tout comme éventuellement pour les communes possédant des domaines arborés plus étendus et propices au débitage.

Intensité

La mesure de l'intensité des gros bois valorisables en tant que matériau est produite sur base d'un taux de valorisation appliqué au nombre d'abattage moyen connu par an. La valeur reste vraisemblablement imprécise (**). Le taux de valorisation est construit sur base de consultation de terrain (services des administrations, Sonian Wood Coop). Ce taux a été estimé à 19% (***) . L'estimation des quantités d'arbres en tant que « déchets » (part des arbres abattus non valorisable matériau) est certainement surestimée (*). En effet, une part inconnue des arbres abattus est dans certains cas utilisée comme ressources (bois de chauffage, pourrissement naturel, mobilier urbain rudimentaire occasionnel...). Le nombre moyen d'arbres abattus/débités par an peut varier fortement en fonction des conditions météorologiques des années

considérées (tempête qui couche plus ou moins d'arbres). Une moyenne sur une période plus longue apporterait une vision plus réaliste (*).

Structure spatiale

Pour les distances "tourné de collecte type", l'estimation est rendue trop difficile par la complexité de la logistique et des trajets associés à la gestion du flux. Une méthodologie de tracking gps ou de reporting de chantier apparait comme une solution à mettre en œuvre pour faire une telle estimation qui n'a pas été produite dans le cadre du projet Carbone.

Pour les distances "à vol d'oiseau", la situation est assez semblable à celle du broyat. La circularisation des gros bois à une incidence importante sur la réduction de la structure spatiale (**). L'amélioration des cahiers des charges (clauses pour la récupération des gros bois ; Bruxelles Mobilité) et l'optimisation des pratiques de débitage et de techniques de construction de mobilier en interne (Saint-Gilles, Uccle), et plus généralement de valorisation locale (poussissement naturel), permettent de valoriser davantage ce flux localement et donc de réduire fortement son étendue géographique.

L'évaluation des distances "à vol d'oiseau" permet aussi de montrer une évolution importante de l'échelle territoriale qui passe de supra régionale à communale (**).

Qualité

non évaluable. Les usages "sol" du gros bois ne sont valables que pour la part laissée en pourrissement naturel mais celle-ci n'a pas pu être évaluée.

Institutionnalisation

Les pratiques de gestion circulaire des gros bois étaient déjà partiellement pratiquées avant Carbone mais les expérimentations marquent clairement un gain important d'institutionnalisation de celles-ci dans les administrations, et en particulier par et pour la part valorisable "matériau". Ceci est principalement le fait de stratégies de débitage en interne, de mise en place d'espaces de stockage permettant une meilleure gestion du flux et de modification des clauses des cahiers des charges pour la récupération des grumes. Ces éléments sont traduits de différentes façons dans les dispositifs administratifs (**).

5. Déchets verts mixtes (et alimentaires) - composts décentralisés

5.1 Analyse des expérimentations

Tableau 11. Synthèse comparative de la situation avant Carbone et après Carbone pour la gestion des déchets verts mixtes et alimentaires dans deux dispositifs de composts décentralisés

	Woluwe-Saint-Pierre Composts en entreprise (déchets de cuisine et de table - DCT)	Woluwe-Saint-Pierre Composts in situ (Déchets végétaux)
La situation avant Carbone (2020)		
Superficie totale d'espaces verts publics du territoire, en hectares (Cartographies communales, 2022)	Pas d'application	1.806.109 m² (181 ha)
Superficie totale des espaces verts sous gestion communale, en hectares (Bortolotti et al. 2022)	Pas d'application	287.132 m² (29 ha)
Superficie totale des parcs en gestion communale, en hectares	Pas d'application	75.554 m² (7,5 ha)
Type de traitement/valorisation du flux des déchets alimentaires avant expérimentation	Déchets alimentaire (de cuisine et de table) des écoles et crèches concernées: absence de tri et incinération supra communale.	Non applicable

**Woluwe-Saint-Pierre
Composts en entreprise (déchets
de cuisine et de table - dct)**

**Woluwe-Saint-Pierre
Composts in situ
(Déchets végétaux)**

Les expérimentations Carbone (2021-2024)

Type de traitement/valorisation du flux des déchets verts avant expérimentation	Gazons: Tonte conventionnelle majoritairement par la commune et exporte à minima à l'échelle supra régionale sur un site de compostage industriel (Renaix). Feuilles mortes valorisables: principalement sous-traitées. Une part de feuilles mortes non quantifiée était recircularisée sous forme de paillage principalement dans les parcs. Majorité collectée et exportée vers plateforme de tri supra arégionale (Nivelles). Dispatching des flux valorisables vers un site de compostage industriel à (Renaix). Flux pollués acheminés en centre de dépollution suprarégional (Grimbergen ou Farciennes). Déchets de branchage: majorité valorisée en paillage et minorité via le don aux potagers et composts collectifs du territoire. Faible part (arbres malades, souches, etc) exportée via sous-traitant (destination et quantités inconnues).	Gazons: Tonte conventionnelle majoritairement par la commune et exporte à minima à l'échelle supra régionale sur un site de compostage industriel (Renaix). Feuilles mortes valorisables: principalement sous-traitées. Une part de feuilles mortes non quantifiée était recircularisée sous forme de paillage principalement dans les parcs. Majorité collectée et exportée vers plateforme de tri supra régionale (Nivelles) Dispatching des flux valorisables vers un site de compostage industriel à (Renaix). Flux pollués acheminés en centre de dépollution suprarégional (Grimbergen ou Farciennes). Déchets de branchage: majorité valorisée en paillage et minorité via le don aux potagers et composts collectifs du territoire. Faible part (arbres malades, souches, etc) exportée via sous-traitant (destination et quantités inconnues).	
Types d'expérimentations	Compostage en bacs des déchets de cuisine et de table (DCT) des établissements communaux (crèches et écoles) et de déchets végétaux (broyat) de la Commune	Compostage in situ en bacs des déchets végétaux du parc et des abords	
Valorisation recherchée	Production de compost de haute qualité	Production de compost	
Résultats atteints dans le cadre de l'expérimentation	Quantités valorisées	DCT: environ 8,5 tonnes (avril 2023 -février 2024) Broyat: environ 3,2 tonnes de broyat Total: 12 t/an	Valorisation des déchets verts: Parc Crousse: 2,3 tonnes (avril - février 2024)
	Quantités produites	4 t/an	1 t/an (in situ)
Capacité de traitement optimisée: t/an/unité	Site actuel: 6 bacs: max. 12 tonnes Site optimisé avec extension: 10 bacs: max. 37 t/an	1 bac de 2,2 m ³ permet de composter environ 2,5 t/an (3 cycles de 4 mois) ⁵ Parc Crousse: 7,5 t./an Jardin des Franciscaines: 10 t./an = 17,5 t/an	
Entités productrices du flux de matières végétales	9 établissements communaux (DCT): 6 crèches et 3 écoles Service des Espaces Verts (broyat)	Service des Espaces Verts (déchets verts mixtes)	
Infrastructures, outils et sites de traitement	Collecte: 1 vélo électrique et remorque (ou véhicule en back up) Traitement: 6 bacs de compostage de 2,2 m ³	Parc Crousse: Collecte: brouettes/ vélo cargo Traitement: 4 bacs de compostage de 2,2 m ³	Jardin des Franciscaines: Collecte: brouettes/voiture + remorque Traitement: 5 bacs de compostage de 2,2 m ³

5 L'estimation se base sur le calcul suivant: coefficient densité DV mixtes (tonne/m³)*volume d'1 bac (2,2 m³)* 3 cycles de 4 mois/an + coefficient densité DV mixtes*1,1 (moitié d'un bac)*3 cycles/an (représente les DV qu'on ajoute à cause du tassement de la matière liée à la décomposition environ 50%)

	Woluwe-Saint-Pierre Composts en entreprise (déchets de cuisine et de table - dct)	Woluwe-Saint-Pierre Composts in situ (Déchets végétaux)
Types de flux entrants	Déchets de cuisine et de tables des crèches et écoles communales Broyats des espaces verts communaux	Parc Crousse: broyats, tontes, feuilles mortes, déchets de taille et de désherbage Jardin des Franciscaïnes: déchets de taille et de désherbage, broyats et une partie des feuilles mortes (excédent de feuilles mortes est exporté)
Mode de gestion du flux	Tri des DCT au sein de l'établissement en conteneurs rigides (28L) Collecte à vélo des établissements communaux Mélange des matières (déchets alimentaires + broyat), retournement mécanisé et suivi du compostage sur le site de traitement Utilisation du compost mûr dans les espaces verts communaux	Séparation manuelle des déchets verts et autres déchets (cannettes, plastics...) et acheminement vers le site de compostage du parc Mélange des matières (équilibre C/N), retournement et suivi du compostage. Utilisation du compost mûr dans le parc
Cadres réglementaires et dispositifs administratifs	Règlements n°1069/2009 et n°142/2011, car les DCT sont considérés comme des sous-produits animaux de catégorie 3 Brudalex, chapitre 9 du titre III (Obligations relatives aux installations de compostage Professionnel - Bruxelles Environnement)	Parc Crousse: Permis d'urbanisme de minime importance pour parc classé aux monuments sites Jardin des Franciscaïnes: Liste de sauvegarde du Registre du patrimoine protégé
Capacitation et formations	Formation de 3 jardiniers: référent de site de compostage en entreprise – Petits et grands producteurs de biodéchets (BE)	Formation interne au compostage des déchets végétaux en bacs
Outils de gestion du dispositif	Affichage consignes de tri dans les cuisines des établissements concernés Séance de présentation du projet (instructions pratiques, consignes et questions-réponses) dans chaque établissement Fiches de suivi (calendrier, collecte, température, stock de broyat, ...) Formulaire des procédures (gestion de site, collecte, traitement, bonnes pratiques)	Affichage mémo compostage (règles d'or et règles d'argent) dans le couvercle des bacs à compost (voir photo WSP_Compost décentralisé 4)

Woluwe-Saint-Pierre

La situation avant Carbone (2020) était la suivante pour les divers flux de déchets verts entrants dans les dispositifs :

- Pour les déchets de gazon, de feuilles mortes et de branchage: voir section précédente - 5.3. Woluwe-Saint-Pierre
- Pour les déchets alimentaires, l'ensemble du flux était exporté à l'échelle supra communale pour incinération.

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur un double dispositif de composts décentralisés.

Sur la mise en place d'une unité de compostage en entreprise

Un compost d'entreprise a été mis en place dans le but de valoriser déchets alimentaires de cuisine et de table d'une dizaine de crèches et écoles communales sur le site du magasin communal dans le quartier Kapelleveld collectés au moyen d'un vélo électrique muni d'une remorque. Pour soutenir ce changement de pratique la commune a décidé de renforcer l'équipe des jardiniers par l'engagement de Slimane Afer dans le cadre d'un contrat article 60.



Il a d'abord fallu prospector les terrains disponibles communaux au regard de critères spécifiques: ombrage, éloignement des habitations, accès à l'eau courante et à vélo et sécurité (des bacs, du stockage du vélo et de la remorque). Après avoir envisagé la conception des bacs en interne il a été décidé d'acheter 10 bacs de 2,2 m³ dans un souci d'efficacité et de durabilité des matériaux. Pour le lancement de l'expérimentation, la commune a décidé de commencer un projet-pilote début 2023 avec une école et une crèche pendant un mois ce qui a permis 1) de familiariser les jardiniers avec la collecte à vélo à remorque ; 2) de préciser le contenu de l'affiche placardée dans les cuisines de l'école et de la crèche concernées qui sert à décrire le projet et les consignes de tri ; 3) de valider l'importance de la présentation du projet et des instructions pratiques liées au personnel des cuisines concernées et ; 4) de modifier l'aménagement du site (ajoute d'un cabanon pour les outils, optimisation de l'accessibilité, ajout d'une cuve d'eau).



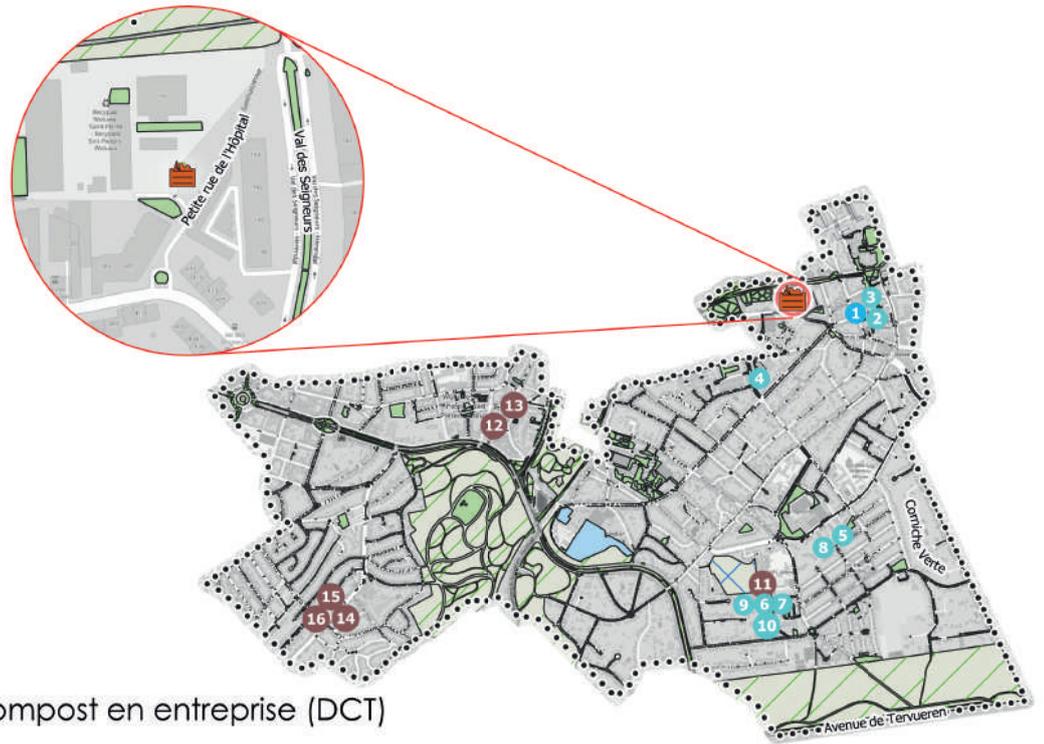
Formulaire 1 - Suivi des quantités : crèches et écoles

Crèche/école	Adresse/Coordonnées	Nom	Date	Nbre de bacs	Volume/poids	Commentaires
Crèche 1 - Les Petits	123 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23	10	120 kg	
Crèche 2 - Les Petits	456 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23	8	96 kg	
Crèche 3 - Les Petits	789 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23	7	84 kg	
Crèche 4 - Les Petits	1011 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23	10	120 kg	
Crèche 5 - Les Petits	1234 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23	3	36 kg	
Crèche 6 - Les Petits	1567 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 7 - Les Petits	1890 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 8 - Les Petits	2123 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 9 - Les Petits	2456 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 10 - Les Petits	2789 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 11 - Les Petits	3012 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 12 - Les Petits	3345 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 13 - Les Petits	3678 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 14 - Les Petits	4011 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 15 - Les Petits	4344 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 16 - Les Petits	4677 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 17 - Les Petits	5010 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 18 - Les Petits	5343 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 19 - Les Petits	5676 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
Crèche 20 - Les Petits	6009 rue de la Paix	Mme Dupont	01/10/23			
				TOTAL	111	1332 kg

Affiche et fiche de suivi sont des outils essentiels

Dans la foulée, la commune a élargi la dynamique à 9 crèches et écoles communales qui ont toutes bénéficié des informations/instructions précitées. L'installation a traité environ 8,5 t en moins d'un an plus environ 3 t de broyat soit 12 t de biodéchets. Les déchets alimentaires ont été collectés une fois par semaine à vélo, à l'exception des établissements produisant plus de 100kg/semaine, collectés deux fois par semaine. En parallèle de la collecte à vélo, une solution de back up a dû être trouvée pour pallier aux événements météorologiques extrêmes et situations imprévues (fortes pluies/chaieurs,

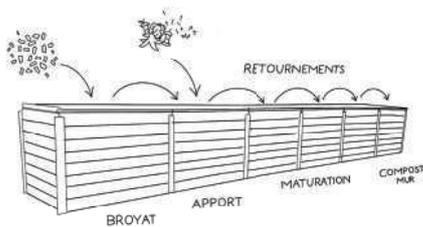
neige, gel, vents violents, retard important dans la tournée, ...). Pour ces cas de figure, la commune mobilise une voiturette électrique.



Compost en entreprise (DCT)

A ce stade, les crèches et écoles concernées sont numérotées de 2 à 10

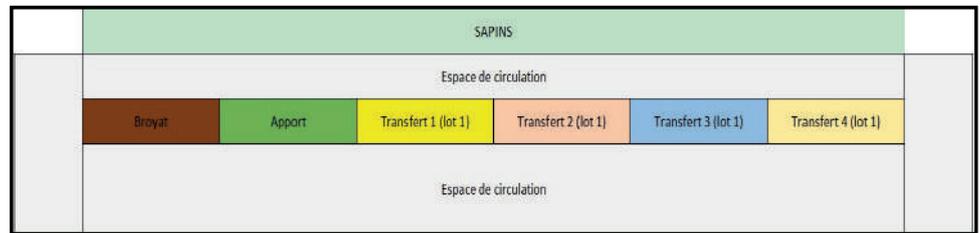
Le retournement était initialement effectué manuellement. Néanmoins, avec la montée en puissance du dispositif, les jardiniers, aidés par les équipes en charge du cimetière, ont finalement opté pour la mécanisation des retournements à l'aide d'une pelle mécanique équipée d'une benne preneuse ce qui a permis de gagner en flexibilité.



Les trois jardiniers responsables du site de compostage ont bénéficié d'une formation interne sur le compostage puis d'une formation certifiante dispensée par Bruxelles Environnement intitulée "Réfèrent de site de compostage en entreprise" qui a été considérée comme une vraie plus-value dans la démarche d'appropriation et de capacitation des jardiniers concernés. Le compost mûr (après 3 à 4 mois) est valorisé dans les espaces verts communaux (jardins des crèches et écoles, parterres, massifs floraux, pieds d'arbres, etc.).

En termes de perspectives (2024 et après), la commune vise à agrandir le site de 6 bacs à 10 bacs afin de collecter l'ensemble des 16 crèches et écoles communales courant de l'été 2024. A terme, près de 20 t de biodéchets seront valorisées chaque année. Une visite du site de traitement de l'ensemble du personnel de cuisine des écoles et crèches concernées est prévue dans le but de consolider la communauté de sens. Il s'agira enfin de stabiliser le dispositif dans son ensemble et de réduire les nuisances olfactives pour les jardiniers lors des retournements (arrosage durant le retournement, adaptation des équipements).

Sur la valorisation des déchets verts sur site à travers deux installations de compostage en bacs, appelés composts in situ.



Après une phase de prospection des sites sur base des critères d'éloignement par rapport au magasin communal, de la motivation des jardiniers et de superficie de l'espace vert qui devait être située entre 0,5 ha et 1 ha, deux espaces verts ont été retenus : Le parc Crousse et le Jardin des Franciscaines.

Durant la phase d'acquisition des 5 et 4 bacs de 2,2 m³ chacun, le projet a été présenté aux jardiniers et les jardiniers volontaires ont été formés à la technique de compostage en bac par Sylvain Regout. Les bacs de compostage décentralisés captent les déchets verts issus de l'entretien des parcs mentionnés ainsi que de leurs abords (voiries mitoyennes, etc.). Les déchets verts ont été collectés à la brouette, en vélo cargo électrique et/ou en voiture avec remorque puis acheminés vers les bacs. Le remplissage s'effectue avec des outils manuels (bennes, fourches) tout comme les retournements qui sont effectués tous les deux mois par une ou deux personnes, en fonction de la vitesse de remplissage des bacs.



Dans le but d'autonomiser les jardiniers dans cette nouvelle pratique, deux fiches mémo reprenant les règles d'or et d'argent ont été rédigées et affichées sur les deux sites. Au cours de l'année de mise en place et d'expérimentation, des visites de suivi ont permis d'améliorer le processus sur divers aspects : achat de tiges aératrices pour réduire la fréquence des retournements, de thermomètres comme outils de sensibilisation à la bonne montée en température et de pinces à déchets pour attraper les déchets urbains dans les fonds des bacs, etc.



La fiche mémo est un outil essentiel



A ce stade (avril 2024), ces deux sites ont permis de composter 3,5 tonnes de déchets végétaux qui sont valorisés dans les parcs concernés (pieds d'arbres, massifs arborés, parterres etc.). Associés à d'autres dispositifs de gestion circulaire des déchets verts (mulching, paillage des feuilles mortes, fascines de branchages, prairies fleuries et fauches tardives), ces unités de compostage in situ ont permis d'assurer une gestion 100% circulaire des déchets verts des parcs concernés aux dimensions comprises entre 0,5 ha et 1 ha.

En termes de perspectives (2024 et après), il s'agira d'assurer la continuité des sites dont le fonctionnement actuel est jugé très satisfaisant. A terme, la commune envisage de dupliquer cette technique de traitement dans d'autres parcs aux superficies similaires, si le mésocompost ne permet pas de capter l'ensemble des flux de déchets verts restants issus des espaces verts de la commune.

Points d'attention et conseils de terrain issus des expérimentations

Pour ce qui concerne les composts en entreprise de déchets de cuisine et de table

- Privilégier les déchets organiques de cuisine et de table issus d'entités communales (crèches/écoles communales, bibliothèques communales, maison communale, ...). Composter les déchets des entreprises nécessite de différencier les déchets produits pour chaque entreprise ce qui n'est pas le cas pour les déchets issus d'entités communales qui ont toutes le même numéro d'entreprise et sont donc administrativement considérées comme une seule entité.
- Démarrer le dispositif par une phase-pilote permet une appropriation graduelle maîtrisée.
- Acheter des bacs plutôt que les concevoir en interne permet de gagner du temps et en qualité d'installation (dispositifs anti-rongeurs, durabilité des matériaux, structure en acier etc.)

- Le personnel de cuisine sensibilisé au tri est un maillon crucial qui garantit la qualité du tri du dispositif (enlèvement des étiquettes des fruits et légumes, découpe grossière des déchets alimentaires, tri dans les bacs). Le turnover au sein des équipes doit être anticipé. La séance d'information est indispensable.
- Le collecteur et référent de site est un maillon essentiel du dispositif dont le profil de fonction est nouveau et exigeant (suivi des consignes de tri, collecte à vélo, manutention, nettoyage des bacs, retournements etc.)
- Mécaniser le retournement à partir d'une installation qui traite 10 t/an. Le retournement mécanisé de 4 bacs prend une heure pour 2-3 ouvriers contre 5 heures pour 4 ouvriers en cas de retournement manuel.
- Former le personnel concerné via la formation de "référent de site de compostage en entreprise".
- Arroser les bacs durant les retournements pour réduire les nuisances olfactives pour les jardiniers concernés.
- Maintenir la propreté aux abords des bacs pour éviter les nuisances et accidents.
- Mobiliser une benne preneuse pour les retournements mais laisser 10 cm de compost dans le fond des bacs à retourner manuellement à la pelle afin d'éviter d'abîmer les grillages anti- rongeurs.
- Prévoir un espace de manutention/circulation de 2 m autour des bacs ;
- Privilégier un nettoyeur haute pression pour les bacs. Le nettoyage doit s'effectuer après chaque collecte.
- Les récipients de collecte dans les écoles et crèches doivent être hermétiques, solides et d'une capacité maximum de 28 l.
- Envisager des partenariats avec le service propreté dont le personnel est davantage accoutumé aux problématiques de nuisances olfactives, de saletés, de manutention.
- En cas de mauvais temps (gel, neige, fortes pluies), prévoir un véhicule motorisé de collecte type camionnette en backup.
- La zone d'emprise des bacs doit être plane à niveau pour ne pas déformer les bacs.
- Respecter la part azote/carbone lors des apports en mélange. Exemple : un seau de déchets alimentaire pour un demi-seau de broyat.

Considérations budgétaires

Investissements machines et équipements techniques

Collecte :

- Vélo : 5.000 euros.
- Remorque : 3.400 euros.
- Accessoires vélo : 550 euros.
- Bacs de collecte : 2.350 euros.

Traitement :

- Bacs de compostage (6 bacs) : 6.000 euros

Matériel et équipement :

- Vêtements de travail : 350 euros.
- Petit outillage : 450 euros /site (1 thermomètre, 1 tige aérateur, 1 pince croco, balance-pèse colis, cadenas).
- Nettoyeur haute pression : 550 euros.

Total : 18.650 euros

Temps de gestion sur site pour deux hommes

- Collecte : 1,5 jour/semaine.
- Mise en bacs : 1,5 jour/semaine.
- Retournements : 1 heure/5 semaines.

Pour ce qui concerne les composts in situ de déchets végétaux

- Assurer l'accessibilité du site en camion.
- Prévoir un espace de manutention/circulation de 2 mètres autour des bacs.
- Si le site de traitement se situe dans un parc fort arboré, les flux de feuilles mortes est trop conséquent pour être composté uniquement dans les bacs et doit donc être valorisé autrement (paillage sous les massifs, mésocompost, mulching de feuilles sèches).

- Si le parc est classé, l'installation nécessite un permis d'urbanisme de minime importance, prévoir l'agrandissement éventuel ultérieur dès la demande initiale.
- Prévoir une zone tampon de minimum 1,5 m entre les bacs à composts et les arbres environnants pour éviter que les fondations en gravier étouffent les racines.
- Dans l'idéal, installer les bacs in situ le long de sentiers de parcs existants pour profiter de la stabilité du sentier et éviter l'accumulation de boue devant les bacs afin de faciliter la manutention.
- Trier les déchets verts et les déchets urbains (plastiques, canettes, cigarettes) sur place avant le remplissage des bacs et durant les retournements.
- Respecter la part de 50% de matières brunes/ligneuses (feuilles mortes, branchages) et vertes/non ligneuses (gazons, déchets de désherbage).
Remarque: les déchets de BRF (taille de haie, ...) respectent déjà cette répartition.
- L'aspect esthétique des bacs favorise leur intégration dans les espaces verts (matériaux en bois, entretien etc.).

Investissements machines et équipements techniques

Traitement :

Parc Crousse :

- Bacs de compostage (4) : 4.000 euros

Jardin des Franciscaines :

- Bacs de compostage (5) : 5.000 euros

Matériel et équipement :

- Petit outillage : 200 euros/site (1 thermomètre, 1 tige aérateur, 1 pince croco, cadenas)

Total : 9.400 euros

Temps de gestion sur site pour deux hommes

Collecte : comparable à la situation avant compostage

- Mise en bacs : variable, environ 20 min./semaine (pour remplir 1 bac d'apport de 2,2 m²)
 - Retournements de 4 bacs : 4 heures/2 mois ⇒ le retournement d'un bac prend environ 45 min. avec 2 ouvriers
- 5.2 Evaluation des effets des expérimentations

Tableau 12. Analyse multicritères des dispositifs de compostage décentralisés

Déchets verts mixtes et alimentaires - Compost décentralisés	Woluwe-Saint-Pierre Compost en entreprise		Woluwe-Saint-Pierre Compost In situ		
	Avant	Après	Avant	Après	
Analyse comparative multicritère de la situation avant/après la mise en place des dispositifs de gestion circulaire du projet Carbone					
Intensité (**): Quantité de déchets et de ressources pour les différents flux de matières végétales (selon méthodologie de quantification Carbone pour le broyat: 0,236 t/arbre/an)	Déchets (maximum collectable théorique) Broyat et matières végétales mixtes collectés et traités en tant que déchets, et de déchets alimentaires des crèches et écoles communales (*)	Broyat: 630 ⁶ t/an + DCT: 20 t/an = 650 t/an	638 t/an	Gazons: 110 t/an + Feuilles mortes: 248 t/an + Broyat: 630 t/an = 987 t/an	983 t/an
	Ressources DCT et broyat traités et valorisés (***)	sd	12 t/an	sd	4 t/an
Structure Spatiale (***): Etendue territoriale et géographique des filières de collecte et traitement	Distance "tourné de collecte type" km parcourus pour le transport des déchets durant 1 année	L'élaboration d'un modèle d'estimation est rendue trop difficile par la complexité de la logistique et des trajets associés à la gestion des différents flux de matières. Une méthodologie de tracking gps apparait comme la meilleure solution pour faire une telle estimation (non produite dans le cadre du projet Carbone).			
	Distance «à vol d'oiseau» sur laquelle s'étend la gestion des matières végétales pour la part majoritaire du flux. (***)	16 km min. (Région Bruxelles)	4 km max. Étendue géographique max. de la Commune	55 km min. (compost industriel, Renaix)	4 km max. Étendue géographique Max. de la Commune
Echelle territoriale administrative (***)	Majoritaire (dct): Régionale Minoritaire (broyat): Communale	Communale	Majoritaire (gazons, FM): Supra régionale Minoritaire (Broyat): Communale	Communale	
Qualité (**) Qualités intrinsèques des matières végétales en usage «sol» Indice global /10, basé sur 11 indicateurs bio-physico-chimiques)	Incinération (avant mai 2023): 0/10	Compost DCT: 8/10	Compost industriel: 8/10	Compost en andain: 8/10	
Institutionnalisation (***): Évalue l'appropriation des pratiques circulaires dans les administrations à travers 8 indicateurs (opérationnels, stratégiques et politiques) formant un taux global (%)	5%	62%	5%	61%	

Remarque: évaluation qualitative de la fiabilité des données: forte = ***, moyenne = **, faible = *

Commentaire général

Les dispositifs de compostages décentralisés ont un effet majeur sur la réduction de la structure spatiale pour les parts de flux qu'ils prennent en charge, en particulier pour les composts dits "in situ" pour lesquels les déchets

6 Sur base de l'hypothèse que 30% des 8000 arbres de voiries sont entretenus chaque année = 2.666 X 0,236 t/ arbre/an = 630 t/an

sont contenus dans un espace très réduit (parc ou espace vert spécifique). Cependant, à ce stade, l'effet sur l'intensité est faible car les quantités traitées sont également relativement modestes (env. 10 t/parc).

Intensité

Compost en entreprise: la mesure de l'intensité de la part broyat dans les "déchets" s'appuie sur la même méthodologie de quantification que pour le flux "broyat" (cf. supra – Broyat). L'imprécision de l'inventaire arbres de la commune (8.000 arbres de voirie soit les principaux "producteurs" de broyat) et, surtout, la méconnaissance du nombre d'arbres entretenus effectivement par la commune ne permet pas de donner une estimation très fiable des quantités de broyats produites (*). La valeur est produite à partir de l'hypothèse que les arbres sont entretenus tous les 3 ans en moyenne, ce qui représente environ 2.700 arbres sur les 8.000 arbres de voiries recensés. La valeur (20 t) pour la part de DCT est quant à elle très fiable car issue des estimations de la commune à partir des diagnostics réalisés pour chaque entités productrice (**). Il s'agit du maximum potentiel produit quand le dispositif capte toutes les entités visées ce qui n'était pas encore le cas lors de l'expérimentation. L'estimation de la quantité traitée (12 t) est également fiable car elle a été observée directement sur le terrain (inputs installation de compostage). (***)

Compost in situ: les valeurs d'intensité pour les 3 flux sont celles produites par ailleurs dans les flux respectifs (Gazons, Feuilles Morte, Broyat) (voir supra), ceci suppose ici aussi une certaine superposition d'incertitudes qui rend probablement la donnée globale assez peu fiable (*). La quantité de déchets traités par le dispositif (4 t) est, elle, assez fiable car a été observée directement sur le terrain (inputs installation de compostage sur site) (**).

Dans les 2 cas les quantités traitées sont peu significatives sur la totalité des flux concernés car les dispositifs sont de petites tailles. Leur montée en puissance (pour les composts en entreprise/DCT) et leur démultiplication (pour les composts in situ) permettraient néanmoins de traiter des volumes non négligeables à terme et, surtout, à fort impact sur la réduction de la structure spatiale.

Structure spatiale

Les distances "tournées de collecte" n'ont pas été estimées car ces dernières sont d'une trop grande complexité, en particulier parce que l'évaluation des distances associées aux systèmes de compostages supposent l'agrégation des estimations des différents flux pris isolément, estimations elles-mêmes non réalisées ou sujettes à discussion dans certains cas (voir supra - structure spatiale des autres flux).

Les distances "à vol d'oiseau" montrent par contre une forte diminution de l'étendue géographique de la gestion des flux (de supra régionale à communale) (***) pour les 2 types de composts décentralisés. Toutefois, si la structure spatiale est fortement réduite pour les parts des flux concernés par le traitement des compostages décentralisés, cette réduction doit être nuancée puisque, à ce stade, la part concernée sur la totalité des déchets potentiels est relativement modeste. Compte tenu de leur fort potentiel de réduction de la structure spatiale des différents flux, ces dispositifs pourraient toutefois concourir à une diminution significative de celle-ci à l'échelle du territoire à la condition d'un développement suffisant ou, mieux, d'une généralisation de la pratique, en particulier pour les composts "in situ" (effet à estimer la cas échéant).

Qualité

Compost en entreprise: Pour le compostage en entreprise et spécifiquement pour la part DCT, on considère une amélioration majeure de la qualité car en situation "avant", les DCT étaient encore largement incinérés (méthanisés à partir de 2023) et, en cela, ne revêtaient aucune qualité particulière pour le sol. Lorsqu'ils sont compostés, ils permettent en revanche de produire un compost de haute qualité bio-physico-chimique, supposé plus qualitatif encore que le compost de déchets végétaux. En l'absence cependant de valeurs spécifiques pour le compost de DCT, l'indice qualité retenu reste néanmoins celui du compost de déchet végétaux (8/10) mais est, par hypothèse, à considérer à la hausse et donc améliorée (**).

Compost in situ: Les déchets mixtes sont essentiellement transformés en compost industriel lorsqu'ils sont exportés. Lorsqu'ils sont compostés par des dispositifs décentralisés, on peut supposer une amélioration sensible de la qualité par rapport au compostage industriel (dégradation moindre de la matière, préservation des d'éléments nutritifs, faible pollution du flux en déchets urbains/microplastiques). Les différents indices de qualité pour le sol utilisés ici ne comportent cependant pas de valeurs spécifiques pour le compost de déchets végétaux par cette technique. L'indice qualité retenu reste donc celui du compost de déchet végétaux (***) mais on peut supposer ici aussi quelques bonifications par le compostage de petite dimension.

Institutionnalisation

Les composts décentralisés ont fait l'objet d'un travail important d'implémentation organisationnel et logistique au sein de la commune de Woluwe-Saint-Pierre (création des sites et des logistiques, formation des agents et entités productrices, intégration stratégique au plan climat, validation politique...), ce qui induit une progression importante du niveau d'institutionnalisation (de 5% à plus de 60% pour les 2 types de compostage), accentuée également par le fait qu'il n'existait pas de dispositifs similaires auparavant en gestion par la Commune (***)

6. Déchets verts mixtes - mésocompost

6.1 Analyse des expérimentations

Tableau 13. Synthèse comparative de la situation avant Carbone et après Carbone pour la gestion des déchets verts mixtes par les mésocomposts communaux

	Uccle	Saint-Gilles	Woluwe-Saint-Pierre
La situation avant Carbone (2020)			
Superficies totales de surfaces d'espaces verts publics du territoire, en hectares (Cartographies communales, 2022)	6.679.987 m² (668 ha)	197.000 m² (19 ha)	1.806.109 m² (180 ha)
Superficies totales de surfaces d'espaces verts sous gestion de l'administration (pelouses + arborés), en hectares (Bortolotti et al. 2022)	695.361 m² (70 ha)	197.000 m² (19 ha)	287.132 m² (29 ha)
Dont superficies totales de surfaces arborées sous gestion de l'administration, en hectares	460.000 m² (46 ha)	115.577 m² (11 ha)	113.115 m² 11 ha (parcs dont voiries en parties)
Dont superficies totales de surfaces de pelouses sous gestion de l'administration, en hectares	143.321 m² (14 ha)	81.463 m² (8 ha)	98.064 m² (9,8 ha)

	Uccle	Saint-Gilles	Woluwe-Saint-Pierre
La situation avant Carbone (2020)			
Type de traitements/valorisations du flux avant les expérimentations	<p>Gazons: Majorité du flux tondu et exporté pour compostage industriel supra communal (Bruxelles-Compost). Le reste mulché et géré en fauche tardive/zone de développement spontané. Feuilles mortes valorisables: totalité collectée par les services communaux et acheminée par Bruxelles-Compost vers son site de traitement supra communal. Feuilles mortes de voirie valorisables acheminées par sous-traitant pour compostage industriel à l'échelle et traitement industriel pour part non valorisable (destination inconnue). Broyat: partie du flux produit par le sous-traitant exportée vers des exutoires inconnus. Une autre partie produite et paillée par le service vert in situ. Une dernière partie produite par le service vert puis stockée et partagée de manière non réglementaire</p>	<p>Gazons: totalité du flux ramassée par la commune et acheminée par la commune vers un centre de tri (Forest) puis acheminée par ce sous-traitant vers son site de compostage industriel (Braine-L'Alleud). Des dépôts marginaux in situ (Barca). Feuilles mortes valorisables: totalité collectée par les services communaux et acheminée par la commune vers un centre de tri (Forest) puis acheminée par ce sous-traitant vers son site de compostage industriel (Braine-L'Alleud). Les feuilles mortes de voirie non valorisables traitées de manière spécifique/incinérées. Branchages: part non négligeable de branchages broyable élagué mais pas broyé. Flux produit par la commune de Saint-Gilles puis acheminé vers le sous-traitant qui le compostait dans un compostage industriel suprarégional (Braine-L'Alleud). Part minoritaire broyée et valorisée in situ en paillage.</p>	<p>Gazons: totalité du flux tondu de manière conventionnelle essentiellement par la commune et tontes collectées exportées à minima à l'échelle supra régionale sur un site de compostage industriel (Renaix). Feuilles mortes valorisables: principalement sous-traitées. Une part de feuilles mortes non quantifiée recircularisée sous forme de paillage principalement dans les parcs. Majorité collectée et exportée vers plateforme de tri supra régionale (Nivelles) Dispatching des flux valorisables vers un site de compostage industriel à (Renaix). Flux pollués acheminés en centre de dépollution suprarégional (Grimbergen ou Farciennes). Déchets de branchage: majorité valorisée en paillage et minorité via le don aux potagers et composts collectifs du territoire. Faible part (arbres malades, souches, etc) exportée via sous-traitant (destination et quantités inconnues).</p>

	Uccle	Saint-Gilles	Woluwe-Saint-Pierre
Les expérimentations Carbone (2021-2024)			
Types d'expérimentation et de valorisation recherchées	Développement de sites de méso-compostage communaux (150 à 850 t/an) pour la gestion et la valorisation des déchets verts issus des espaces verts communaux en compost de qualité		
Affectation au PRAS de l'installation de traitement	Zone de cimetière	Zone verte Zone de sports	Zone d'habitation à prédominance résidentielle
Site et infrastructure de traitement	Cimetière de Saint-Gilles à Uccle	Centre sportif Corneille Barca	Friche (proximité magasin communal, Stockel)
Superficie du site de traitement, en m ²	900 m ²	1200 m ²	2000 m ²
Dont superficie de stockage, en m ²	100 m ²	250 m ²	
Capacité de traitement optimale (limite autorisée par PE), en t/an/site	75 t/an	150 t/an	550 t/an
Résultats des expérimentations	Production de compost de déchets végétaux et première utilisation dans des parterres de plantations de plantes annuelles	Production de compost de déchets végétaux (hiver 2023) et première utilisation dans des parterres	Production de compost de déchets végétaux attendue pour 2024
Volume et quantités annuels de déchets verts mixtes traités par l'expérimentation (2023)	4 andains de 50m ³ x 1 cycle = 200 m ³ soit 70 t	5 andains de 50m ³ x 1 cycle = 250 m ³ Soit 80 t/an	(8 andains de 46 m ³) + (2 andains de 71 m ³) x 3 cycles par an = 1530 m ³ /an Soit 550 t/an (attendu 2024)
Quantités annuelles de compost produit par l'expérimentation (volume traité / 3), en t/an	Environ 25 t/an	Environ 25 t/an	180 t/an (attendu pour 2025)
Quantités annuelles optimales de compost produit par le site d'expérimentation (volume traité /3)	Environ 50 t/an	Environ 50 t/an	Environ 180 t/an
Nombre de cycles par an prévu par le PE*	3 cycles de 4 mois par an	3 cycles de 4 mois par an	3 cycles de 4 mois par an
Nombre de cycles expérimentés pendant Carbone	1 cycle	2 cycles	/

Uccle

La situation avant Carbone (2020) était la suivante pour les divers flux en jeu :

Pour les déchets de gazons : seuls deux parcs et un grand espace vert étaient mulchés, le reste était tondu et acheminé par Bruxelles-Compost, composté de manière industrielle à l'échelle supra communale et géré en fauche tardive/ zone de développement spontané.

Pour les déchets de feuilles mortes valorisables : la totalité des feuilles mortes valorisables étaient collectées par les services communaux et acheminées par le sous-traitant vers son site de traitement supra communal. Les feuilles mortes de voirie étaient collectées depuis le service vert par le sous-traitant puis compostées de manière industrielle pour la part valorisable et traitées de manière industrielle pour la part non valorisable (destination inconnue).

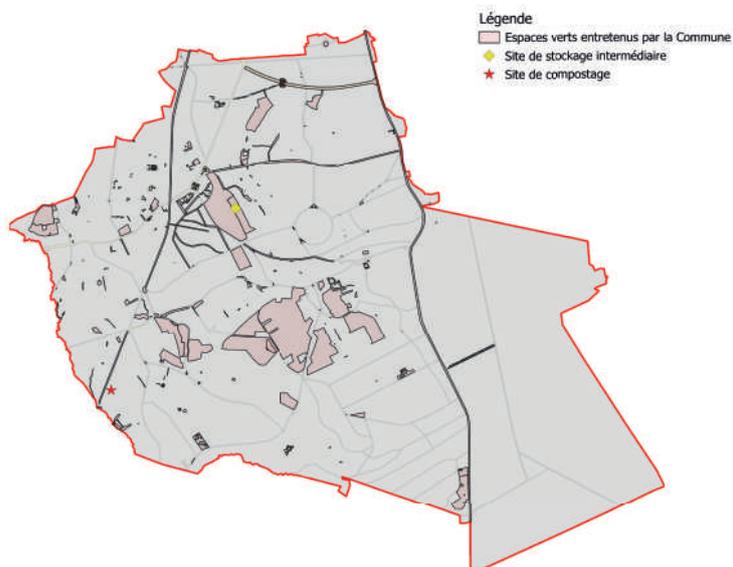
Pour les déchets de branchages : la partie du flux produite par le sous-traitant était exportée vers des exutoires inconnus. Une autre partie était produite et paillée par le service vert in situ. Une dernière partie était produite par le service vert puis stockée et partagée de manière non réglementaire.

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur la mise en place d'un méso-compost au cimetière de Saint-Gilles situé sur le territoire de la commune d'Uccle, avenue du Silence, qui gère des flux de déchets verts mixtes ucclois (trois andains) et saint-gillois (un andain).

Emma Langevin a d'abord prospecté tous les parcs et espaces verts y compris classés et Natura 2000 mais aucune parcelle ne remplissait les critères de surface (500 m² minimum), d'accessibilité, d'absence de zone de captage Vivaqua et d'éloignement des habitations. En parallèle, la recherche de Martin Goor à Saint-Gilles a permis de sélectionner deux sites potentiels, il a donc été décidé de mettre en place le mésocompost ucclais sur le site du Cimetière de Saint-Gilles – 900m² dévolus au mésocompost - l'autre site de Corneille Barca a été choisi par Saint-Gilles pour y développer son mésocompost (voir infra).

Les **visites de sites de compostage** méso bruxellois courant 2021-2022 (Ferme Nos Pilifs, Bruxelles-Ville, Jette) donnaient à penser que ce type d'infrastructure nécessitait une dalle de béton et un système de lagunage mais les devis reçus incluant frais de chantier etc. dépassaient largement les budgets prévus (plus de 400 euros/m² HTVA). Les discussions collectives ont démontré que les mésocomposts nécessitaient un retournement hebdomadaire maximum, il a donc été décidé de **mutualiser les machines** entre Uccle, Saint-Gilles et Woluwe-Saint-Pierre pour réduire le risque financier et l'impact environnemental. Uccle a acheté le chargeur articulé, Saint-Gilles le godet cribleur et Woluwe-Saint-Pierre le retourneur d'andains. Une convention de collaboration détaillant les obligations de chaque commune portant sur les modalités de partage des machines, les assurances et responsabilités etc, a été rédigée. Cette **convention (voir Annexe7_Convention de collaboration compost StG-WSP-Ucc)** a nécessité de nombreux allers-retours entre les coordinateurs de Carbone, les responsables techniques, politiques et surtout juridiques de chaque commune.

Durant l'été 2022, Saint-Gilles et Uccle ont collaboré avec Bruxelles Environnement pour la soumission de leurs permis d'environnement 41-1A, classe 1D (**Annexe8_Octroi Permis Envi Compost_St-Gilles**) qui ont été octroyés fin 2022 moyennant certaines précisions (bruit des machines, fréquence des flux). Début 2024, Bruxelles Environnement a indiqué à la commune d'Uccle que le fait de devenir co-titulaire du permis d'environnement avec Saint-Gilles permettra aux deux communes de ne pas devoir rapporter les quantités entrantes et sortantes de déchets verts sur Brudaweb et de devenir responsables de leur propre compost.



En termes de flux entrants dans le mésocompost, les feuilles mortes de voirie ont fait l'objet d'une attention particulière à Uccle. Emma Langevin (Uccle) et Sylvain Regout (Woluwe-Saint-Pierre) ont construit un protocole visant à identifier les concentrations de HAP, huiles minérales et de certains éléments-traces métalliques dans une quarantaine d'échantillons de feuilles mortes de voiries de plusieurs communes. La majorité des échantillons dépassaient la norme d'assainissement pour les huiles minérales et une minorité dépassait la norme pour les HAP et les ETM. Ceci conduit à penser que les feuilles mortes de voiries ne doivent pas être le flux prioritaire à valoriser dans les mésocomposts. Des travaux ultérieurs visant à identifier les concentrations moyennes, les parts de dépassement de la norme d'assainissement et les effets potentiels de réduction de certains de ces contaminants par le processus de compostage (dilution avec d'autres flux notamment) devraient

être menés. En attendant les conclusions de ces travaux et par principe de précaution, les communes ont décidé de classer ce flux comme non prioritaire pour les mésocomposts.

La mise en place concrète des quatre andains de 50 m² au sol chacun (25×2m) a démarré durant l'été 2022. Concrètement, les équipes de Saint-Gilles ont préparé le site durant une semaine entière en le couvrant de broyat et l'aplanissant au bulldozer. En un mois et demi le site était rempli. Les matières ucloises ont été stockées et mélangées au Service Vert puis acheminées au site de compostage et disposées en andains. Durant les premiers mois, des retournements ont été effectués toutes les deux semaines environ en fonction des plannings respectifs des ouvriers uclois et saint-gillois, dans un esprit de collaboration pragmatique. Dans le cadre de l'expérimentation, le premier cycle de compostage (4 mois) a valorisé 200 m³ (70 t) de matières végétales mixtes ce qui a pu produire 70 m³ (25 t) de compost avant affinage qui a été utilisé fin 2023 sur les sites de plantation de plantes annuelles (squares, ronds-points etc.) et sur le site même de traitement (pieds de haies, massifs floraux, plantations d'arbres etc.). Les pluies automnales ont rendu l'accès au site et la gestion sur site très compliqués notamment car le site d'Uccle n'était pas parfaitement plat et très boueux. Le site a donc été nivelé avec un bulldozer début 2024 mais présente toujours certaines des limites opérationnelles (éloignement par rapport au Service Vert etc.). Cette expérimentation a néanmoins permis d'inscrire la commune d'Uccle dans une démarche de mésocompostage en andains avec retournements réguliers. A terme, une relocalisation rationnelle vers le site du Service Vert est envisagée notamment dans le cadre de son nouveau Masterplan.

Deux jardiniers, deux chefs d'équipe et le coordinateur Carbone ont suivi une formation au compostage de déchets verts en andains et à la circularité des déchets verts sur les espaces verts afin de répondre à l'obligation de formation dans le cadre du Brudalex.



En termes de perspectives (2024 et après), le partage uclo-saint-gillois des machines devra être mis en pratique avec les services de Woluwe-Saint-Pierre. Le site de traitement du mésocompost uclois situé avenue du Silence déménagera peut-être sur le site du Service Vert et un plan d'épandage du compost produit devrait être effectué.

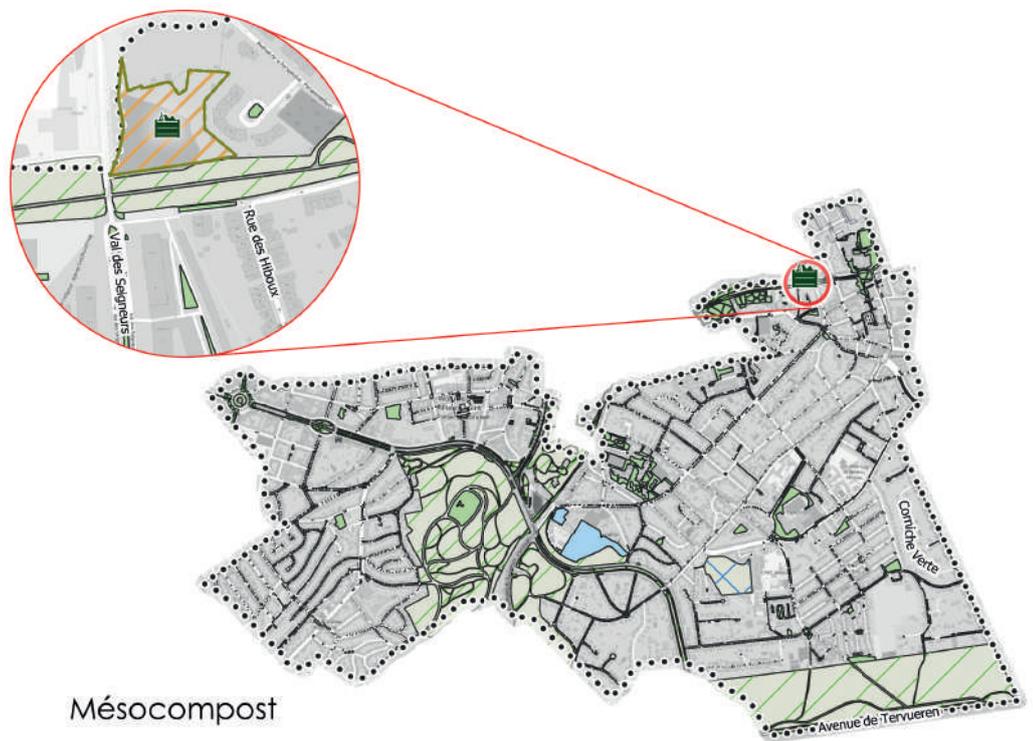
Saint-Gilles

La situation avant Carbone (2020) était la suivante pour les divers flux en jeu.

Pour les déchets de gazons : la totalité des déchets de tontes conventionnelles étaient ramassées par la commune et acheminées par la commune vers le centre de tri d'un collecteur privé à Forest, puis acheminées par celui-ci vers son site de compostage industriel supra régional (Braine-L'Alleud). Des dépôts marginaux de déchets de gazons étaient entreposés sur le site du Barca pour décomposition naturelle ainsi qu'au Cimetière de Saint-Gilles.

Pour les déchets de feuilles mortes valorisables : la totalité du flux était également collecté par les services communaux et acheminée par la commune vers le centre de tri d'un collecteur privé à Forest, puis acheminée par celui-ci vers son site de compostage industriel supra régional (Braine-L'Alleud). Les feuilles mortes de voirie non valorisables étaient gérées par le service propreté et partaient pour traitement spécifique/incinération.

Pour les déchets de branchages : une part non négligeable non quantifiée du flux de branchages broyables était élagué mais n'était pas broyé. Ce flux était produit par la commune de Saint-Gilles puis également acheminé vers le



Mésocompost

sous-traitant pour compostage industriel. Une part minoritaire était broyée et valorisée in situ en paillage.

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur la mise en place d'un mésocompost au centre sportif Corneille Barca géré par la commune de Saint-Gilles mais situé sur le territoire d'Anderlecht. Il s'agit d'un site en friche boisé qui est entretenu quotidiennement par des équipes de jardiniers saint-gillois. Le site de traitement a fait l'objet d'un défrichage et d'un terrassement sur 1200 m² qui ont duré trois semaines. Les 1200 m² couvrent une superficie suffisamment large pour accueillir cinq andains de 25 m de long sur 2 m de large ; des zones confortables pour les manœuvres des camionnettes et remorques qui déposent les matières issues de l'entretien de la totalité des espaces verts sous gestion communale et ; une zone de stockage des matières (matières végétales mixtes, broyat et compost mur). Un espace de 3 m de large a été pensé pour accueillir le retourneur d'andains. En 2022, après avoir réglé l'acquisition et le partage des machines et obtenu le permis (voir supra), les services ont démarré l'expérimentation avec un andain de 25 m³ qui ne nécessitait pas de permis d'environnement afin de familiariser les équipes avec la logistique. Une fois le permis obtenu, l'expérimentation est montée en puissance courant 2023 pour atteindre la mise en andain de 250 m³ (80 t) de matières végétales mixtes par an en 2023. Mi 2023, l'arrivée des machines a permis de retourner ces matières et d'entamer un processus de compostage comprenant des retournements (environ deux par mois). Le site produit actuellement 25 t de compost par an qui sera valorisé sur le territoire saint-gillois. La capacité de traitement annuelle optimale actuelle est d'environ 450 m³ (150 t), ce qui correspond à trois fois la totalité des déchets verts produits par la commune. A terme, une plantation de saules qui drainent le sol et peuvent produire du broyat est envisagée (voir schéma).



De manière générale, le fait que Saint-Gilles ait commencé très tôt son expérimentation a permis de consacrer du temps à la capacitation des équipes (formation interne de base, formation "réfèrent de site de compostage" de

Bruxelles Environnement). L'expérimentation a aussi amélioré l'appropriation de la technique.

En termes de perspectives (2024 et après), le site du Barca présentait également des difficultés d'accès durant des périodes de fortes pluies. Les services ont donc empierré l'accès au site sur un chemin de 3 m de large et 40 cm à 50 cm de gravier. Uccle, Saint-Gilles et Woluwe Saint-Pierre n'ont pas encore effectué de plan d'épandage du compost mûr qui est un outil intéressant pour optimiser l'utilisation et varier les spots de valorisation afin d'éviter des enrichissements trop importants en matière organique qui fragilisent la structure du sol (François Nold, communication personnelle, 2022). La commune d'Anderlecht a mis en place pareil dispositif (hors cadre du projet Carbone).



Photos prises en 2025

Woluwe-Saint-Pierre

La situation avant Carbone (2020) était la suivante pour les divers flux concernés.

Pour les déchets de gazon : l'ensemble des surfaces engazonnées étaient tondues de manière conventionnelle essentiellement par la commune et les tontes collectées étaient exportées à minima à l'échelle supra régionale sur un site de compostage industriel (Renaix). Les quantités tout comme les coûts globaux de gestion étaient inconnus.

Pour les déchets de feuilles mortes valorisables : la valorisation des feuilles mortes était principalement sous-traitée. Une part de feuilles mortes non quantifiée était recircularisée sous forme de paillage principalement dans les parcs. La majorité des feuilles mortes produites étaient mises en tas dans les parcs, collectées en camions grappins puis mises

en conteneurs par la commune et ensuite collectées et exportées par le sous-traitant Ets. Soret vers sa plateforme de tri supra régionale (Nivelles). Après enquête, il s'est avéré que le sous-traitant dispatchait ensuite les flux valorisables vers le site de compostage industriel de Renewi à Renaix (usage probablement essentiellement agricole et horticole local). Les flux pollués de feuilles mortes collectées à la balayeuse étaient acheminés en centre de dépollution à Grimbergen ou Farciennes.

Pour les déchets de branchage : la majorité était déjà valorisée sous forme de paillage et en minorité via le don aux potagers et composts collectifs du territoire. Une faible part (arbres malades, souches, etc) était exportée via le sous-traitant vers une destination et pour des quantités inconnues.

L'expérimentation (2021-2024) a porté sur la mise en place d'un mésocompost.

Après prospection de terrains en 2021, une friche de 5.700 m² utilisée par la commune pour du stockage de matériaux de voirie, située Avenue Albert Dumont dans le quartier Kapelleveld a été retenue. Le site de traitement

couvrira 2.000 m² incluant les zones de stockage de broyat et compost mûr. Une autre partie du site continuera de servir au stockage de matériel du service voirie. En 2022 et 2023, le site a été nettoyé et défriché en partie par les services communaux et il le sera complètement en 2024 via un marché d'aménagement du terrain qui comprendra l'élimination de la présence de renouée du Japon dont la présence est problématique dans le cadre d'une activité de compostage. En 2022, après avoir réglé l'acquisition et le partage des machines (voir supra), la commune n'étant pas propriétaire du terrain, un travail de mise à disposition du terrain a été effectué avec le propriétaire (Alliance Bruxelloise Coopérative, ABC) visant à définir les contours de la nouvelle exploitation du site ainsi que les modalités de collaboration avec le propriétaire. La convention d'occupation a officialisé l'accord du propriétaire, prévu le traitement des déchets verts produits par ABC sur le site (secteur Kappeleveld) et fixé le partage de connaissances sur les techniques de gestion circulaire des déchets verts entre la commune et ABC ainsi que les modalités de sortie. Le site comprend une canalisation de gaz Fluxys en sous-sol. Il a donc fallu rédiger une demande d'autorisation d'exploitation d'un site de compostage à proximité de canalisations qui fixe des conditions de sécurité (zone tampon de 5 m de part et d'autre de la canalisation, entretien de la zone concernée). En 2023, un permis d'urbanisme a été sollicité pour l'abattage d'arbres et un permis d'environnement pour l'exploitation de site de compostage. Ce permis a été octroyé en avril 2024. Dans ce cadre, une étude de modélisation d'acoustique environnementale a été effectuée par un bureau indépendant sur base des mesures réelles prises à Saint-Gilles (Barca) et ce, en plus des compléments sur les aspects de gestion intégrée des eaux pluviales (noues, empièvements drainants etc.) car le site est situé en zone inondable.



- proche d'une route ;
- en dehors de zones d'aléas d'inondation ;
- éloigné des habitations.
- Prévoir des aménagements d'infiltration des eaux de pluie (noues, empierrements drainants et stockants).
- Les trois machines essentielles sont le retourneur d'andains, le chargeur et le cribleur. Le broyeur multi-végétaux est un atout supplémentaire car il permet de broyer plus efficacement les végétaux entrants dans le compost.
- Lors de l'élaboration du plan du site, prévoir des zones de giration adaptées à la taille des véhicules concernés (camionnettes et remorques pour les apports ; chargeurs et retourneurs pour le traitement).
- Prévoir 4 à 6 mois pour l'acquisition des machines et 1 mois pour le premier avis de Bruxelles Environnement sur le permis d'environnement (hors demandes complémentaires).
- Le criblage avec godet cribleur permet un tamisage grossier des impuretés et déchets urbains de 7 à 8 cm mais laisse passer certains déchets urbains (mégots de cigarettes, plastiques etc.) ; en cas de besoin d'un compost fin, finaliser le processus avec un tamis rotatif ou vibrant (largeurs de mailles au choix)
- Prévoir des poubelles de tri sur le site pour trier les déchets urbains criblé (plastiques etc.)
- Prévoir du temps pour le tri manuel des déchets urbains collectés avec les déchets verts et sensibiliser les agents à la nécessité d'un flux pur.
- Une surface d'environ 1000 m² permet de traiter 4 andains de 25 mètres de long traitant entre 150 à 250 t/an de matières suivant le nombre de retournements, ce qui permet de produire entre 50 et 80 t/an de compost. Prévoir un espace de stockage (idéalement couvert) des matières idéalement sur le site (broyat, compost mûr) d'environ 1/10 du site.
- A court terme, un plan d'épandage du compost mûr est un outil efficace pour optimiser les flux et préserver/améliorer la qualité des sols.
- Prévoir une séance d'information pour les riverains.
- En cas de mésocompost partagé entre plusieurs communes, prévoir des moments de retours d'expérience, d'ajustements et amélioration des pratiques, de création de liens.

Considérations budgétaires

Une dalle de béton et un système de lagunage incluant frais de chantier etc. ont été budgétisés à plus de 400 euros/m² HTVA.

Tableau 14. Analyse multicritères des dispositifs de compostage d'échelle "mésos"

Déchets verts mixtes – Méso Compost	Uccle		Saint Gilles		Woluwe-Saint-Pierre	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Analyse comparative multicritère de la situation avant/après la mise en place des dispositifs de gestion circulaire du projet Carbone						
Intensité (**): Quantité de déchets et de ressources pour les différents flux de matières végétales (selon quantification des dispositifs de compostage Carbone)	Déchets (maximum collectable théorique) Déchets de gazons, feuilles mortes et de broyat (*)	Gazons: 85 t + Feuilles mortes: 429 t + Broyat: 1.000 t = 1.514 t/an	Gazons: 93 t + Feuilles mortes: 93 t + Broyat: 70 t = 256 t/an		Gazons: 110t + Feuilles mortes: 248t + Broyat: 629t = 987 t/an	
	Ressources (***) Matières végétales (gazons, feuilles mortes et broyats) valorisées		150 t/an max. (10%)		150 t/an max. (58%)	550 t/an max. (55%)
Structure Spatiale (***): Etendue territoriale et géographique des filières de collecte et traitement	Distance "tourné de collecte type" km parcourus pour le transport des déchets durant 1 année	L'élaboration d'un modèle d'estimation est rendue trop difficile par la complexité de la logistique et des trajets associés à la gestion des différents flux de matières. Une méthodologie de tracking gps apparaît comme la meilleure solution pour faire une telle estimation (non produite dans le cadre du projet Carbone).				
	Distance «à vol d'oiseau» sur laquelle s'étend la gestion des matières végétales pour la part majoritaire du flux. (***)	25km min. (Compostage industriel Braine-L'Alleud)	5 km max. (étendue géographique max de la Commune)	25km min. (Braine-L'Alleud, compost industriel)	8 km max. (territoire communal, site mésocompost)	55km min. (Renaix) 55km min. (Renaix)
	Echelle territoriale administrative (***)	Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: Communale	Majoritaire: Communale Minoritaire: Supra régionale	Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: Communale	Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: Communale	Majoritaire: Supra régionale Minoritaire: Communale
Qualité (**) Qualités intrinsèques des matières végétales en usage «sol» Indice global /10, basé sur 11 indicateurs bio-physico-chimiques)		Compost DV industriel: 8/10		Compost DV en andain.: 8/10		
Institutionnalisation (***): Évalue l'appropriation des pratiques circulaires dans les administrations à travers 8 indicateurs (opérationnels, stratégiques et politiques) formant un taux global (%)		0%	62%	0%	57%	5% 56%

Remarque: évaluation qualitative de la fiabilité des données: forte = ***, moyenne = **, faible = *

Commentaire général

Les dispositifs de méso compostage permettent de traiter des quantités de matières relativement importantes. Comme les composts décentralisés, la structure spatiale se voit fortement réduite mais se lie ici à des quantités significatives. Il y a donc de ce fait un fort impact sur la réduction de l'intensité des flux de déchets.

Intensité

Les valeurs d'intensité pour les 3 flux sont ici aussi celles produites par ailleurs dans les flux respectifs (voir supra Gazons, Feuilles Morte, Broyat). Ceci suppose comme pour le compost décentralisé "in situ" une certaine superposition d'incertitudes (*) qui rend probablement la donnée globale moyennement robuste (**). Les quantités (théoriques maximales) de déchets traités par les dispositifs de méso compostage (150 t/an à Uccle et Saint-Gilles et 550 t/an à Woluwe-Saint-Pierre) sont par contre assez fiables car elles ont fait l'objet d'un travail d'estimation précis (étude de dimensionnement des sites en regard des flux potentiels) et ont été observées directement sur le terrain lors de la première année d'activité (***) .

Dans les 3 cas, les quantités traitées sont significatives au regard de la totalité des flux produits/concernés. Leur montée en puissance permettrait à terme de traiter des volumes importants. Pour Saint-Gilles et Woluwe-Saint-Pierre, la part des matières compostées sur l'ensemble du flux potentiel maximal de déchets est importante (plus de 50% dans les 2 cas). Sachant que d'autres dispositifs traitent également des parts du flux total, les méso composts tels que dimensionnés ont la capacité de rendre les communes très efficaces dans la gestion de l'ensemble de leurs flux. A noter cependant que ce ratio est théorique pour Woluwe-Saint-Pierre (55%) qui, au moment de l'évaluation, n'a pas encore activé son méso compost de manière opérationnelle (le permis d'environnement a été obtenu en avril 2024). Aussi, le plus faible taux donné à Uccle s'explique par le fait que la Commune produit potentiellement une très grande quantité de broyat et de feuilles mortes car elle gère un nombre important d'arbres. Ce ratio devrait donc être relativisé et considéré à la hausse pour se rapprocher des autres communes du projet. Inversement, la Commune de Saint-Gilles, peu pourvue en arbres et surfaces arborées, voit son ratio fort élevé par l'absence de grande quantité de broyat et de feuilles mortes.

Structure spatiale

La structure spatiale se voit logiquement fortement réduite par la relocalisation du traitement de parts importantes des flux totaux que permettent les méso composts (de supra régionale à communale) (***) . Cette réduction est d'autant plus significative qu'elle est à corrélérer aux importantes quantités traitées (intensité). A noter toutefois qu'au moment de l'évaluation, la structure spatiale pour Woluwe-Saint-Pierre n'a pas changé car le site n'était pas encore en activité et les déchets sont encore majoritairement exportés. Considérant un export actuel encore relativement lointain (Renaix), c'est pourtant pour cette commune que le méso compostage engendrera une réduction importante de la structure spatiale (étendue géographique).

Ici aussi l'estimation des distances précises est rendue trop complexe et n'a pas été produite. Une simple lecture des kilomètres associés au seul flux de tonte permet toutefois de mesurer l'importance de la réduction totale potentielle.

Qualité

Les déchets mixtes sont essentiellement transformés en compost industriel lorsqu'ils sont exportés. Lorsqu'ils sont compostés par des dispositifs de méso compostage en andains, on peut supposer de manière robuste une amélioration sensible de la qualité des outputs produits par rapport à ceux issus d'un compostage industriel (dégradation moindre de la matière, maîtrise de l'hygrométrie et des températures, retournements plus précis et fréquents, préservation des éléments nutritifs, faible pollution du flux en déchets urbains/micro plastiques). Les différents indices de qualité pour le sol utilisés ici ne comportent cependant pas de valeurs spécifiques pour le compost de déchets végétaux par cette technique en andains. L'indice qualité retenu reste donc celui du compost de déchet végétaux (***) mais on peut supposer ici aussi quelques bonifications par le compostage en andains (à évaluer).

Institutionnalisation

Les méso composts ont fait l'objet, comme les composts décentralisés, d'un important travail d'implémentation au sein de la commune de Woluwe-Saint-Pierre (création des sites et des logistiques, formation des agents et entités productrices, intégration stratégique au plan climat, validation politique...), ce qui permet d'observer une progression importante du niveau d'institutionnalisation de cette pratique (de 0 % à plus de 60 % dans la plupart des cas), lequel est accentué par le fait qu'il n'existait pas de dispositifs similaires auparavant en gestion par la Commune. (***)

Conclusions

L'expérimentation de dispositifs de gestion circulaire de déchets verts dans plusieurs administrations bruxelloises, au moyen de la recherche-action (Catroux, 2002), a engendré de très nombreux bénéfices environnementaux et sociaux. Au total, sur une année d'expérimentation moyenne, près de 1.000 tonnes de déchets verts ont été recircularisés et sont désormais gérés comme des ressources. L'échelle méso que le projet Phosphore appelait de ses vœux [De Muynck et al., 2020] est donc désormais en place et son institutionnalisation est en plein développement.

Le parti pris de cette recherche a été de documenter le plus précisément possible les événements successifs et les conditions qui ont permis à certaines innovations expérimentales [Martin, 2022] d'advenir et, parfois, d'être appropriées par les acteurs, dans une logique d'approche inductive. Bien sûr, mettre en place un méso compost à Saint-Gilles ne sera jamais la même chose que mettre en place pareil dispositif dans une autre commune bruxelloise ou dans une autre ville en Europe. Nous avons pensé toutefois que documenter de manière détaillée la mise en œuvre des innovations expérimentales de Carbone pourra peut-être inspirer, aider ou accompagner d'autres acteurs, territoires, collectivités dans des dynamiques de changement vertueuses. Diverses analyses complémentaires non documentées ici ont également été produites et feront, nous l'espérons, l'objet de publications ultérieures. Le projet Carbone a pu produire une analyse technico-juridique (voir annexe 5_Redistribution locale des déchets végétaux ressources) qui contextualise les pratiques circulaires de redistribution locale et, partant, débloque des situations structurelles. Les freins à l'innovation [Boukamel et Emery, 2018] perma-circulaire de la gestion des déchets verts dans les administrations bruxelloises ont également été répertoriés (voir Annexe 3_Résultats ateliers réflexifs freins à l'innovation). Le projet Carbone a produit des outils d'aide à l'estimation des lignes de forces de déchets verts qui ont prolongé des travaux précédents [Kampelmann, 2016 ; Kampelmann et De Muynck, 2018 ; De Muynck 2018 ; Bortolotti et al. 2018 ; 2022]. Le cadre d'analyse des lignes de force est structurant et pertinent mais nécessite selon nous un accompagnement par un acteur-pont.

Des conventions de collaborations et de partage de machines inter-communales ont vu le jour, des cahiers de charges ont été modifiés, des infrastructures logistiques et de traitement ont été installées, de nouveaux profils de fonction ont été créés et des profils de fonction peu valorisés jusqu'alors ont été enrichis. Les conséquences en termes de réduction de l'intensité des flux de déchets produits, de l'échelle spatiale, des trajets associés et sur la qualité des sols ont pu, pour la première fois, être estimées. L'incomplétude de l'estimation des effets associés à la gestion circulaire des matières végétales s'explique notamment par le fait que le système de collecte et traitement des déchets verts est très complexe, différencié selon les administrations et évolutif dans le temps. Aussi, les aspects liés aux coûts (investissement, dépenses, recettes) ont été très difficiles à analyser et devraient faire l'objet de travaux approfondis tout comme la pollution en ETM de certains flux spécifiques (feuilles mortes de voiries).

Cette recherche-action, en considérant les espaces verts comme une ressource, a clairement une visée utilitariste dont les effets pervers doivent être mieux connus et déconstruits. Le prolongement de cette recherche par des équipes multi disciplinaires intégrant d'autres disciplines et profils (naturalistes, économistes urbains, historiens etc.) nous semble pertinent, dans le but d'accompagner la transition du système de gestion des biodéchets bruxellois en cours depuis plusieurs années maintenant [De Muynck et al. 2018 ; 2019 ; 2020] vers des trajectoires de plus en plus enrichies à mesure des champs disciplinaires et valeurs associées traversés.

Remerciements

Pour l'ULB :

Les administrations partenaires du projet Carbone et leurs coordinatrices et coordinateurs en charge: Andréana Mekui Byogo (Anderlecht), Florence Henry De Generet (Bruxelles Mobilité), Emma Langevin et Baptiste Debue (Uccle), Sylvain Regout (Woluwe-Saint-Pierre), Martin Goor (Saint-Gilles). Mais aussi : Geoffrey Grulois, Andréa Bortolotti, Cécile Stas et Sébastien Dejardin, le service du KTO et en particulier Thaïs Pons, Nadia Casabella Alvarez, Francisco Davila, Isabelle Wargnies, Caroline et Sermin, Arthur Battesti, les chercheuses et chercheurs de LoUlsE et toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de Carbone

Pour Bruxelles Mobilité :

Antoine Laurent, Eric Flamée, la Direction Maintenance et la Direction Communication de Bruxelles Mobilité, l'entreprise Krinkels pour leur intérêt et leur implication tout au long du projet, Ter Consult pour leur expertise, Wood stories, le collectif S dont Joachim Louis pour les sculptures et leurs connaissances techniques et Bruxelles Environnement pour les échanges constructifs.

Pour la Commune d'Anderlecht :

Philip Krikilion, Werner Gillijns, Pascal Giffroid, Alan Neuzy, Stijn D'Hollander, Bastien Anthoons, Romain De Waele, Dany De Brabander, Anthony De Brabander, Frédéric Devleeschauwer, Christophe Thiebaut, Dominique Pottiez, Cédric Kamdjou, Grégory Morvan, Grégory Fontaine, Nicolas Nowé, Kevin De Bleekere, Émilie Wetzels, Michel Smekens, Gaëtan Schoonvaere, Erwin Straetmans, Ludovic Montibeller, Gino De Buyser, Ludovic Vanden Bosch, Dirk Seghers, Denis Vander Borght, Olivier Lefèvre, Cindy Rousseau, Christophe Bourgois, Sophie Ronsse, Pieternelle Stuer, Ann Staes, Karl Desmet et tous les ouvriers du service Entretien des espaces verts, le département Cadre de Vie, les services Entretien (Espaces Verts/Propreté), Développement Durable, Cartographie, Juridique, Informatique, Communication et L'Echevinat de la Transition Écologique et de l'Entretien des Espaces Publics.

Pour la Commune Saint-Gilles :

Catherine Morenville, Alexis Gerardy, Catherine Avakian, Christophe De Blicke, Elie Heuze, Misa Ilic, Gyursel Simeonov, Christophe Fetler, Marc Gillain, Mathieu Dupire, Martine Emungu, Remy Van Hassel, Patricia Vandyck, Dimitri Dethioux, Bashar Maroobkhel, Cédric Bernardi, Sandrine Snyers, Frédérique Versaen et tous les agents du service des Espaces verts, de la Voirie et du Garage communal qui ont travaillé de près ou de loin sur le projet.

Pour la Commune d'Uccle :

De manière générale les services Vert, Décès, Affaires Juridiques, Centrale des Marchés, Propreté, Environnement, l'équipe de la menuiserie et l'Echevinat de l'Environnement et des Espaces verts. Et plus particulièrement : Fabien Chanteux, Antonio Limanni, Maëlle de Brouwer, Guillaume Briel, Thomas Gielen, Laura Van Lanckere, Jacques Lefebvre, David Smedt, Catherine Van Geel, Matthieu De Boose.

Pour la Commune de Woluwe-Saint-Pierre :

Les services Espaces Verts, Environnement et Développement Durable, Voirie, Cartographie et Inspection, Juridique, Marché Public, les Départements Gestion Urbaine et Espace Public et L'Echevinat de l'Environnement. Et plus particulièrement : Bénédicte Pauly, Stéphane Knockaert, Caroline Lhoir, Arnaud Demortier, Muriel Champenois, Vincent De Vadder, Cédric Visse, Katia De Poorter, Stéphane Vandorpe, Olivier Klein, Géraldine Gillis, Les directions et le personnel des cuisines des crèches et écoles communales.

Ainsi que : Innovlris et en particulier Xavier Hulloven, Thomas Vangeebergen, Gaëlle Hubert pour leur accompagnement tout au long des 3 ans, François Nold du laboratoire d'analyse de sols de la Ville de Paris pour son aide précieuse et la mise à disposition de données d'étude, Saïd El Fadili de Bruxelles Environnement pour son soutien inconditionnel, Sabine Barles de l'Université Paris 1, Thomas Drouet De La Thibauderie, Jean-Marie Salvino d'Eco Circulaire, Adélaïde Ragot du Centre d'écologie urbaine, Stefan Kampelman de la Sonian Wood Coop, les étudiants du groupe PID2 de Master 2 Gestion de l'Environnement 2022 – 2023, Sylvain Mathieu de Henrion Landscapers, Gilles Lacroix de Ter Concult, Perrine Carton et Olivier Parent de chez IPALLE, Bruno de la Ferme Nos Pilifs, Johnny De Crem de la Ville de Bruxelles, Marc Verhofstede (Humus, Zulte), Patrick Goblet du service Espaces Verts de la Commune de Jette, Philippe Robinet (Bruxelles-Compost), Pauline Bertin, Brieuc de Thier, Elwenn Éon, Aline Orban et Noémie Van Waveren (groupe PID2 Master 2 Gestion de l'Environnement ULB), Brulocalis et plus particulièrement Elodie d'Halluweyn, Pascale Alaïme, Nicolas Scherrier, Corentin Tassignon et le service Autorisations de Bruxelles Environnement, Guillaume Possoz de SPHERE Avocats.

Et enfin toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réussite du projet Carbone.

Glossaire

Andain : bande continue de fourrage, de paille ou d'autres matériaux déposés au sol. Il peut s'agir de fourrage après le passage d'une faucheuse ou d'un andaineur, de paille après le passage de la moissonneuse, de déchets organiques destinés à être compostés, de branchages, d'andain de neige, etc. Pour traiter les déchets verts, on réalise des andains de **matières organiques pour les composter**. La disposition en andains facilite le passage de la machine destinée à remuer et homogénéiser les matières en vue d'obtenir une fermentation régulière sur l'ensemble du profil.

La forme idéale de l'andain dépend du système de compostage choisi. Grâce au processus de broyage, les matières devraient prendre une structure définie en fonction de la forme de l'andain ; cette structure détermine dans une large mesure l'aptitude aux échanges gazeux ainsi que la hauteur de l'andain qui en dépend. On compte, en règle générale, trois formes d'andain différentes :

- andain en couches ;
- andain en triangle ;
- andain trapézoïdal ou plat.

L'andain dépend de la présence de substances nutritives et de la teneur en humidité et en oxygène. L'expérience montre que l'andain devient vraiment actif, lorsqu'au début du compostage, le rapport carbone/azote (*rapport C/N*) se situe entre 30 et 40. (Wikipédia)

“Boîtes à Carbone” : Les Boîtes à Carbone (BàC) sont des cages métalliques ou des enclos en châtaigniers destinées à recevoir des feuilles mortes en automne de manière temporaire (en voiries) ou permanente (dans les parcs).

BRF (bois raméal fragmenté) : est une catégorie particulière de broyat de branches, constitué de bois vert (contenant encore beaucoup de sève) de petit diamètre, découpé en copeaux de quelques cm³. C'est un broyat « à durée limitée » car il se dégrade assez rapidement. Quand il est sec, ce n'est plus du BRF mais du broyat “simple”. Tout broyat n'est donc pas forcément du BRF. (source : Ademe Paca).

Broyat : résidu du broyage mécanique (par broyeur de végétaux) des branches et branchages issus des opérations d'entretien et débitage des arbustes et arbres.

Broyat circulaire et partagé : dispositif technique, organisationnel et logistique qui permet à un gestionnaire d'espace vert (public dans le cas du projet Carbone) de redistribuer sur un territoire restreint (sa commune par exemple) et vers des bénéficiaires locaux identifiés (associations, potagers de quartier) sa ressource en broyat issu de l'entretien de ses espaces verts.

Compostage : Processus de dégradation biologique aérobie de la matière organique (EU, Reg 142/2011) initié par la décomposition et la stabilisation de substrats organiques dans des conditions thermophiles et aérobies contrôlées (Colon et al., 2010). Le compostage peut être activé par des processus naturels, ou mécaniques et contrôlés (température, flux d'air et humidité) dans des unités fermées. Le compost est le produit obtenu par compostage des matières premières organiques (EU, Reg 142/2011). Le compost peut être appliqué comme engrais, amendement organique ou en milieu de culture, pour l'amélioration des propriétés physiques du sol et augmentant la rétention d'eau et la fourniture de nutriments essentiels (Colon et al., 2010). [Bruxelles Environnement, 2016]

Compost décentralisé : une unité de compost peut être considérée décentralisée lorsqu'elle prend en charge à une échelle plus petite et plus proche de leur source des déchets qui, sinon, sont habituellement pris en charge et traités par des unités de traitement de plus grande taille (compost industriel, centre de biométhanisation) et à une autre échelle du territoire (régionale ou supra régionale).

Compost in situ : installation de compostage de déchets végétaux de petite taille, préférentiellement en bacs (ou silos), permettant de traiter jusqu'à 10

tonnes de déchets par an environ. L'installation de compostage est dédiée dans ce cas à une zone ou espace vert précis afin d'en traiter spécifiquement le flux qui y est produit.

Compost en entreprise: dispositif de traitement des déchets verts et de déchets alimentaires (de cuisines ou de table ou non). "À Bruxelles, le Brudalex 2.0 ouvre la possibilité aux entreprises et aux professionnels (Horeca, entreprises privées, ASBL, écoles, communes, hôpitaux, bureaux publics - avec ou sans cantines...) de composter leurs propres biodéchets (déchets de cuisine et de table, déchets verts) sans permis d'environnement, dans le cadre du « compostage en entreprise », à la condition que tous les critères suivants soient respectés :

- Le volume des aires de stockage et de dépôt des matières organiques (broyat, biodéchets en décomposition et compost mûr) n'excède pas 25 m³ à tout moment et le site de compostage en entreprise est placé sur le terrain de l'entreprise.
- Le compost n'est utilisé que pour un usage propre (débouché interne) et sous la responsabilité de l'entreprise concernée. Le compost ne peut être ni donné, ni vendu. Il ne peut donc pas être donné aux employés de l'entreprise concernée ;
- Seuls les biodéchets de l'entreprise sont compostés. La collecte pour un tiers n'est pas possible. Il est interdit de transférer des déchets organiques (ou du compost du groupement d'entreprises) depuis ou vers d'autres sites de compostage de quartier/d'entreprises ;
- Pour protéger les cours d'eau non navigables et les étangs, le site de compostage en entreprise ne peut pas être placé à moins de 4 mètres d'un cours d'eau non navigable classé, sans autorisation écrite de son gestionnaire.
- Le gestionnaire du site doit avoir suivi une formation obligatoire (formation « référent de site »).
- *Lorsque l'une des conditions du compostage en entreprise n'est pas ou plus rencontrée (par exemple si l'entreprise veut vendre ou donner son compost), il est alors nécessaire de solliciter un permis d'environnement. Deux types de permis existent, soit pour le compostage de petite capacité (jusqu'à 1000 tonnes/an), soit pour le compostage de grande capacité (plus de 1000 tonnes/an)" [Bruxelles Environnement, 2023].*

Compost industriel: procédé de transformation de matières organiques fermentescibles en présence d'oxygène, d'eau et de microorganismes dans un compost utilisable comme fertilisant et stabilisant du sol. Le processus de compostage industriel inclut un auto-échauffement de la matière au-delà de la température ambiante causé par l'activité microbienne. Le test de biodégradation des matériaux d'emballage en conditions de compostage industriel est réalisé selon la norme EN 13432 à une température de travail de 58 +/- 2°C. Les exigences de dégradation de l'emballage sous ces conditions sont la désintégration du matériau dans un délai maximal de 12 semaines et l'obtention de la biodégradation ultime supérieure ou égale à 90 % du matériel d'essai en maximum 6 mois (en absolu ou en relatif par rapport aux matériaux de référence). En plus, le matériau d'emballage doit satisfaire aux exigences en termes de composition et d'écotoxicité [Conseil National de l'Emballage, France, 2022]

Déchet: selon la directive déchets européenne (Article 3, 1°) et l'ordonnance déchets régionale bruxelloise (A article 3, 2°), le déchet est « toute substance ou tout objet dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire »

Déchets alimentaires: déchets organiques alimentaires et certains sous-produits animaux transformés ou non, déchets alimentaires ou de cuisine issus des ménages, des restaurants, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, et déchets comparables provenant des usines de transformation de denrées alimentaires (Ordonnance Déchets, 14 juin 2012). Les biodéchets alimentaires peuvent être déclinés en deux sous-groupes :

- les restes organiques compostables: épluchures de fruits et légumes, fanes de fruits et légumes crus, marc de café, thé etc. Aussi appelés biodéchets végétaux et non préparés – (BVNP) ;

- les restes organiques non compostables : retours d'assiette, restes de nourriture cuite, pain, viande, poissons et autres animaux compris, sauces, huiles, os ; aussi appelés Biodéchets Contenant des Protéines Animales (BCPA).

Déchets verts : déchets biodégradables issus de la gestion des espaces boisés comme les feuilles, branchages, etc. (EB) ou de la gestion des espaces de pelouses : tonte de gazons, etc. (EP).

Empierrement drainant et stockant : La composition d'un empierrement drainant et stockant peut se constituer comme suit : 30 cm de fondation (20/60) et 20 cm de finition (0/40)

Feuilles mortes circulaires (paillage sous les massifs et feuilles de voiries) : mode de gestion des feuilles mortes qui consiste à les valoriser localement par différentes techniques telles que le paillage sur place ou sur des sites proches, les enclos à feuilles mortes, le compostage in situ ou le mésocompostage en andain. Ces pratiques concernent préférentiellement les feuilles des parcs et éventuellement de certains espaces de voirie. Par celles-ci, les feuilles mortes (ou certaines fractions spécifiques) ne sont plus traitées en tant que déchets dans les filières de compostage industriel et sont restituées aux sols locaux.

Godet : élément mécanique en acier fixé à l'extrémité du bras d'une pelle mécanique, sur la chaîne d'une drague à godets ou sur d'autres engins de chantier tels qu'une chargeuse, une tractopelle ou une grue. Le godet est le contenant qui permet de charger des matériaux par enfoncement dans le sol ou dans un stock (ex. : gravats), et de les déverser dans le rayon de rotation de la pelle mécanique, soit au sol pour reprise ultérieure, soit dans une benne. (Wikipédia)

Gros bois : est considéré comme gros bois dans le présent projet et rapport toutes les sections de tronc d'arbre qui, parmi les grands arbres abattus ou tombés, comportent a priori un certain potentiel de valorisation matériau. L'examen qualitatif des arbres au moment du débitage ou en amont de celui-ci arbitre sa finalité effective (matériau ou autre).

Mésocompost : unité de traitement des déchets végétaux par compostage dont la capacité de traitement (entre 75 et 550 t / an pour les unités du projet Carbone) est située entre celle des composts domestiques ou de quartier et celle des composts industriels. La technique de mise en andain (voir aussi "Andain") se prête particulièrement à ce dimensionnement. La notion "mésocompost" s'applique également à la dimension territoriale du compostage, soit une échelle communale ou éventuellement supra-communale éventuellement, située entre l'échelle domestique, du quartier ou de l'entreprise et l'échelle régionale ou supra régionale.

Mulching : technique de tonte sans ramassage de l'herbe. La tondeuse mulcheuse coupe la partie haute de l'herbe en petits fragments qui se redéposent uniformément sur la pelouse, pour former un mulch ou paillis. Cette tonte avec broyages multiples de l'herbe passe presque inaperçue, puisque l'herbe hachée s'insinue entre les brins de la pelouse, où elle finit par se décomposer. L'herbe broyée sert alors d'engrais naturel au gazon. (Wikipedia)

Tonte conventionnelle ou classique : technique de tonte avec récupération directe en bac par la tondeuse des résidus de la tonte.

Bibliographie

- Allamel-Raffin, Catherine, DUPOUY, Stéphanie et GANGLOFF, Jean-Luc, 2019. « Introduction. Philosopher sur l'expérimentation scientifique : bilan et perspectives », *Philosophia Scientiæ*, 23-2 | 2019, 5-18.
- Allen, S. Allen D, Phoenix V.R., Le Roux, G., Jiménez P.D., Simonneau, A., Binet S., Galop D. 2019. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience*. Vol. 12. May 2019: 339–344. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5>
- Arnsperger Christian, BOURG Dominique, 2016. « Vers une économie authentiquement circulaire. Réflexions sur les fondements d'un indicateur de circularité », *Revue de l'OFCE*, 2016/1 (N° 145), p. 91-125. DOI: 10.3917/reof.145.0091. URL: <https://www.cairn.info/revue-de-l-ofce-2016-1-page-91.htm>
- Alter, Norbert (2010). *L'innovation ordinaire*. Paris: L'Harmattan.
- Baron, X. (2008). Quels dialogues entre chercheurs et consultants ? *Savoirs*, 16(1), 11-52. <https://doi.org/10.3917/savo.016.0011>
- Bortolotti, A., Kampelmann, S. et De Muynck, S. Aragone, A. et Athanassiadis, A. 2018. « Potentiel de biodéchets collectables en région de Bruxelles-capitale », *ULB- LoUisE pour Bruxelles Environnement*.
- Bortolotti, A., Kampelmann, S., De Muynck, S., Papangelou, A. and Zeller, V. (2019). Conditions and concepts for interdisciplinary urban metabolism research—the case of an inter-project collaboration on biowaste. *Flux*, 2, 112–127.
- Boukamel Owen, Emery Yves, « Les freins culturels à l'innovation dans l'administration publique : spécificités helvétiques », *Gestion et management public*, 2018/2 (Volume 6 / n° 4), p. 25-43. DOI: 10.3917/gmp.064.0025. URL: <https://www.cairn.info/revue-gestion-et-management-public-2018-2-page-25.htm>
- Catroux, M. (2002). « Introduction à la recherche-action : modalités d'une démarche théorique centrée sur la pratique », *Recherche et pratiques pédagogiques en langues de spécialité*, Vol. XXI N° 3 | 2002, 8-20. <https://doi.org/10.4000/apliut.4276>
- Chevalier J.M., & Buckles, D.J. (2019). *Participatory Action Research. Theory and Methods for Engaged Inquiry*. London: Routledge.
- Danley K.S, Ellison M.L. (1999). *A Handbook for Participatory Action Researchers. Implementation Science and Practice Advances Research Center Publications.. Boston: Boston University Center for Psychiatric Rehabilitation*
- De Munck Mireille: « Comparaison entre tonte mulching et tonte avec ramassage des déchets » . Centre technique horticole de Gembloux, avril 2006
- De Muynck, S. 2018. Vers une approche territoriale des matières végétales de Bruxelles. Conférence-Formation Gestion écologique urbaine - Espaces verts circulaires (Bruxelles Environnement).
- De Muynck, S., Kampelmann, S., Davila, F, et al . 2019. « Opération Phosphore. Rapport scientifique # 2: la stratégie de changement de système ». 2018-2019. Innoviris Co-create.
- De Muynck, S., Davila, F, Kampelmann, S. et al. 2018. « Opération Phosphore. Rapport scientifique # 1. ». 2017-2018. Innoviris Co-create.
- De Muynck, S. Kampelmann, S. Dávila, F. Amaz, A. Dennemont L. et Savino J.-M. (2020). « Opération Phosphore: le système de collecte et de traitement des biodéchets bruxellois en 2025 ». Bruxelles: Innoviris Co-create.
- Dupouy, Stéphanie [2011], *L'expérimentation*, dans: *Philosophie des sciences humaines*, édité par Fl. Hulak & Ch. Girard, Paris: Vrin, 213–241.
- Duvigneaud, P. and Denaeyer-De Smet, S. (1977) 'L'Ecosystème urbs: l'écosystème urbain Bruxellois', in Duvigneaud, P. and Kestemont, P. (eds) *Productivité Biologique en Belgique*. Paris-Gembloux: Editions Duculot, pp. 581-599
- Ebere, E.C., Verla, A.W., Verla E.N., 2019. Uptake of Microplastics by Plant: a Reason to Worry or to be Happy? *World Scientific News* 131 (2019) 256-267.
- Ecores sprl, ICEDD, BATir (ULB) 2015. « Métabolisme de la Région de Bruxelles-Capitale: identification des flux, acteurs et activités économiques

- sur le territoire et pistes de réflexion pour l'optimisation des ressources». Rapport final juillet 2015. 305p. http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/RAP_20150715_Metabolisme_RBC_rapport_compile.pdf
- Folke, C. Hahn, T., Olsson, P., Norberg, J., (2005). Adaptive governance of social-ecological systems, *Annual Review of Environment and Resources*, 30: 441-473. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144511>
 - Geels, F.W., et Schot, J.W. (2010). « The Dynamics of Transitions: A Socio-Technical Perspective ». January 2010. Routledge
 - Grosse, François, 2010. Is Recycling "Part of the Solution"? The Role of Recycling in an Expanding, Society and a World of Finite Resources, *SAPIENS*, 3(1).
 - Hahn T, Olsson P, Folke C, Johansson K. (2006). Trust-building, knowledge generation and organizational innovations: the role of a bridging organization for adaptive co-management of a wetland landscape around Kristianstad, Sweden. *Human Ecology* 34, 573-592. <https://doi.org/10.1007/s10745-006-9035-z>
 - Kampelmann, S. (2016). Mesurer l'économie circulaire à l'échelle territoriale. *OFCE*, (1), 161-184. <https://doi.org/10.3917/reof.145.0161>
 - Kampelmann Stephan, DE MUYNCK Simon, 2018. « Les implications d'une circularisation des métabolismes territoriaux – une revue de la littérature », *Pour*, 2018/4 (N° 236), p. 153-173. DOI: 10.3917/pour.236.0151. <https://www.cairn.info/revue-pour-2018-4-page-153.htm>
 - Lithner, D., Larsson, A., Dave G. 2011. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of the Total Environment* 409 (2011) 3309–332
 - Lourau, R. (1969). L'instituant contre l'institué. Essais d'analyse institutionnelle. Editions anthropos, Paris.
 - Machado A. et al. 2018. Impacts of Microplastics on the Soil Biophysical Environment. *Environmental Science and Technology*. DOI: 10.1021/acs.est.8b02212
 - Martin, Alice, 2022. "Design en collectivité: la collaboration au cœur de la fabrique des politiques publiques à la Région Occitanie". Thèse de doctorat, Université de Nîmes. .
 - Nadeau, Robert [1999], *Vocabulaire technique et analytique de l'épistémologie*, Paris: Presses Universitaires de France.
 - Schneider, Le Bozec. La production des déchets végétaux des espaces verts publics: résultats d'une enquête nationale auprès des villes françaises. Cemagref Editions, pp.114, 1995, Coll. Etudes du Cemagref, série Equipements pour l'eau et l'environnement, n° 22, 2-85362-422-6. hal-02576366
 - Soler, Léna [2009], *Introduction à l'épistémologie*, Paris: Ellipses.
 - Thou, Milène Et Vincent, Pascal. (2018). Comprendre, repérer et accompagner l'innovation sociale et territoriale: Guide pour renouveler son approche du développement local. Lyon: Chronique sociale.
 - Vandewalle F. La gestion des déchets verts des parcs et jardins, Outils et méthodes pour optimiser la capacité d'absorption par le site d'origine. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome, Agro Paris Tech
 - Weithmann et al. 2018. Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment, *Science Advances* 4(4)
 - Wright, S., Kelly, F. 2017. Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environmental Science & Technology* • May 2017. DOI: 10.1021/acs.est.7b00423
 - Zhang S. Wang, J. Liu, X. Qu, F., Wang, X., Wang, X. Li, Y. Sun, Y. 2019. Microplastics in the environment: A review of analytical methods, distribution, and biological effects *Trends in Analytical Chemistry* 111 (2019) 62e72.

- Biomasse Normandie, 2023 : Encyclopédie du bois-énergie <https://www.biomasse-normandie.fr/encyclopedie/masse-volumique-reelle-densite>
- Bortolotti, A., Langevin, E., Mekui Biyogo, A., Regout, S. (2022). Protocole de quantification de bioproduktivité des espaces verts des administrations du projet Carbone. 4p.
- Bruxelles Environnement, 2023. Guide du compostage en entreprise. Info fiche déchet. https://environnement.brussels/sites/default/files/NOTE_20230118_GuideCompostage_FR.pdf
- Bruxelles Environnement (2022). Espaces verts et biodiversité: état des lieux. <https://environnement.brussels/citoyen/outils-et-donnees/etat-des-lieux-de-lenvironnement/espaces-verts-et-biodiversite-etat-des-lieux>
- Bruxelles Mobilité (2022). Cahier des charges du marché entretien des pelouses.
- Patrimoine.brussels, 2024. Bruxelles Urbanisme et Patrimoine Direction des Monuments et des Sites. Registre du patrimoine immobilier protégé dans la Région de Bruxelles-Capitale - <https://patrimoine.brussels/liens/registre/registre-du-patrimoine-protege-en-region-de-bruxelles-capitale-liste>
- Parlement Européen et le Conseil de l'Union Européenne, 2009. Règlement (Ce) No 1069/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et abrogeant le règlement (CE) no 1774/2002 (règlement relatif aux sous-produits animaux) https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/r1069-2009_consol_fr13852013.pdf
- Parlement Européen et le Conseil de l'Union Européenne, 2011. Règlement (Ue) No 142/2011 de la Commission du 25 février 2011du 25 février 2011 portant application du règlement (CE) no 1069/2009 du Parlement européen et du Conseil établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et portant application de la directive 97/78/CE du Conseil en ce qui concerne certains échantillons et articles exemptés des contrôles vétérinaires effectués aux frontières en vertu de cette directive, http://vautours.lpo.fr/equarrissage/Reglement-UE-142-2011_de-la-commission.pdf
- Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale (2022). Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 23 juin 2022 modifiant l'arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 1er décembre 2016 relatif à la gestion des déchets et des dispositions connexes https://etaamb.openjustice.be/fr/arrete-du-gouvernement-de-la-region-de-bruxellescapit_n2022015098.html
- Région de Bruxelles-Capitale, (2018). Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale déterminant les normes d'intervention et les normes d'assainissement. 29 MARS 2018 http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2018032942&table_name=loi

Le projet Carbone est un projet de recherche-action (Innoviris/Experimental Platforms) qui a expérimenté et implémenté d'avril 2021 à mars 2024 différentes techniques et nouvelles pratiques visant la (re-)circularisation des flux de déchets végétaux (feuilles, tontes, branchages, gros bois) produits par les administrations bruxelloises partenaires du projet : Anderlecht, Saint-Gilles, Uccle, Woluwe-Saint-Pierre et Bruxelles Mobilité. Coordonné depuis le LoUlsE Lab (ULB), l'objectif de Carbone, héritier du projet Phosphore (Innoviris/Co-create 2016), a été de favoriser une réappropriation par les acteurs du projet de la collecte et du traitement de leurs déchets végétaux en vue d'une écologisation de leurs pratiques. Comment ? En faisant évoluer les systèmes mobilisés habituellement pour la gestion des déchets végétaux (collecte et traitement externalisés) vers une circularité et une maîtrise interne élevées (moins d'export de déchets, plus de valorisation locale). Le présent rapport décrit les expérimentations menées, fait la synthèse des résultats des nouvelles pratiques adoptées et propose une analyse multicritères des effets des expérimentations sur le système socio-technique de la gestion des déchets verts à Bruxelles avec l'intention de mener une réflexion systémique sur la gestion des ressources en matières végétales et sur la qualité de l'écosystème urbain de la Région de Bruxelles-Capitale.



LOUIS
LABORATORY
URBANISM
INFRASTRUCTURE
ECOLOGIES

ULB Faculté
d'Architecture
La Cambre Horta



St Gilles Gillis 



BRUXELLES MOBILITÉ
SERVICE PUBLIC RÉGIONAL DE BRUXELLES