

Bénéfices rendus par les arbres de la ville de Liège

Résultats préliminaires

Wissal Selmi, Jacques Teller

Pour plus d'information wissalselmi@yahoo.fr





Cette étude ainsi que ce présent rapport ont été élaborés dans le cadre d'une recherche indépendante menée par Wissal SELMI au sein du laboratoire LEMA dirigé par Jacques Teller.

Cette recherche s'inscrit dans la continuité du travail de thèse mené à Strasbourg en 2014 ayant pour objectif d'évaluer les bénéfices rendus par les arbres dans le milieu urbain et les traiter sous l'angle du changement climatique, un enjeu majeur actuel.

Pour s'adapter et/ou atténuer les effets du changement climatique, les villes peuvent déployer des outils high-tech comme elles peuvent compter sur leurs composantes low-tech, notamment les arbres. Ce rapport aborde l'arbre urbain comme un allié contre le changement climatique.

Ce travail a pu être mené à bien grâce au soutien de plusieurs personnes/organismes. Je remercie:

- Jacques Teller pour son accueil au sein du LEMA et de son intérêt porté à ce sujet.
- L'université de Liège d'avoir facilité la mise en place d'une convention de volontariat pour la collecte de données de terrain participative.
- Les bénévoles, les stagiaires et les jobistes d'avoir contribué à la collecte et la saisie de données: Francis Leclerc, Michel Burghartz, Quentin Guidosse, Louise Schneider, Ramaramanana Fenosa Nantenaina.
- Toutes les personnes qui nous ont acceptées l'accès à leurs jardins privés.
- David Nowak et toute l'équipe d'i-Tree (USDA/Davey) pour les différentes discussions sur le projet de Liège.
- Marc Binard pour la collecte des données spatiales.
- Cédric Geerts, Alain Monseur et Philippe Lejeune pour le partage des équipements de terrain et les différents échanges...toujours dans la bonne humeur.
- Benjamin Bergmans (ISSEP) et le réseau CELINE, pour la collecte des données de précipitation et atmosphériques.
- Mourad Romdhan et Naoufel Boufaïd pour leur accueil AU sein de l'ISET Nabeul (Tunisie).
- Toute l'équipe du LEMA (UEE-université de Liège), Mohamed El Boujjoufi.





Introduction

Les villes, avec leur forte concentration de population et d'activités anthropiques, sont les plus vulnérables face au changement climatique. Bien qu'elles concentrent de nombreux problèmes comme les îlots de chaleur urbains, les inondations, la pollution atmosphérique, les villes présentent une opportunité pour mettre en place une politique d'adaptation et/ou d'atténuation agissant sur leurs enjeux environnementaux et améliorant le bien-être de la population.

Pour se préparer au changement climatique, les villes peuvent s'appuyer sur la technologie, sur leurs infrastructures urbaines et aussi sur leurs infrastructures vertes et bleues.

Depuis les années 1990, différentes recherches soulignent le rôle des infrastructures vertes et bleues dans la production de bénéfices agissant sur le bien-être de la population et contribuant dans la lutte contre le changement climatique. Les arbres, faisant partie de cette infrastructure, réduisent la pollution atmosphérique, stockent le carbone, atténuent la température de l'air, réduisent l'écoulement des eaux de surfaces, améliorent le développement cognitif, etc.

Ainsi, la création d'espaces verts et la plantation d'arbres ne se limitent plus à des attentes hygiénistes et esthétiques mais elles prennent en compte leurs rôles contre le réchauffement climatique. Dans ce contexte, introduire les bénéfices (services écosystémiques) rendus par la végétation urbaine dans la planification urbaine devient une nécessité afin de proposer des stratégies efficaces de transition écologique et climatique.

Ce rapport synthétise l'étude menée sur les arbres de la ville de Liège visant à évaluer leurs potentiels dans la production de bénéfices dans un contexte de changement climatique. Cette étude se focalise sur l'ensemble des arbres (publics/privés, spontanés/d'ornement) situés à Liège. La méthode de quantification ainsi que quelques résultats sont présentés dans ce rapport.



Méthode de quantification

Le modèle i-Tree Eco intègre à la fois des données dendrométriques et des données numériques (climatologiques et de la qualité de l'air) permettant de caractériser l'état des lieux de la végétation arborée.



Pour évaluer la structure de la végétation arborée de la ville de Liège ainsi que ses bénéfices rendus à la population, nous avons eu recours à une méthodologie permettant de combiner des données de terrain et des données environnementales locales (numériques et spatiales). L'ensemble de ces données ont été par la suite intégrées dans le modèle i-Tree Eco pour calculer différents indicateurs permettant de 1) caractériser la structure actuelle des arbres urbains liégeois et 2) quantifier leurs services écosystémiques.

Le modèle i-Tree Eco est un modèle développé par le « US forest Service », il a été utilisé dans différents contextes géographiques (Espagne, France, Chine, Canada, Suisse, etc.). Ce rapport traite les résultats de la première application du modèle en Belgique.

Pour appliquer le modèle au contexte liégeois et étudier l'impact des arbres sur l'environnement local, les précipitations ainsi que les concentrations horaires annuelles des polluants atmosphériques suivants ont été collectées: le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃), le dioxyde de soufre (SO₂), l'oxyde de carbone (CO) et les particules PM₁₀ et PM_{2.5}. Les données ont été collectées des cinq stations du réseau CELINE (polluants atmosphériques) et des cinq stations de l'ISSEP (les précipitations).

Table 1. Données collectées pour la modélisation

Données	Sources	Objectifs
Données spatiales	Urban atlas 2018 (copernicus) Orthophotoplan 2020 (région wallonne)	Identification des classes d'occupation du sol Identification du couvert arboré Délimitation des espaces végétalisés Génération de l'échantillon des placettes
Données précipitations	ISSEP, 2019	Calcul de la rétention des eaux
Données atmosphériques	Réseau CELINE, 2019	Calcul du dépôt sec des polluants atmosphériques
Données climatologique	Base de données I-Tree, 2019	Ajustement du modèle en fonction des conditions locales
Données dendrométriques	Campagne de terrain, 2019	Caractériser la structure de la végétation arborée locale

Les données environnementales spatiales ont permis de créer un échantillon représentatif de la végétation arborée de la ville constitué de 223 placettes distribuées aléatoirement à l'échelle des espaces végétalisés de la ville de Liège.

Le plan d'échantillonnage a été élaboré en suivant les étapes suivantes: 1) délimiter des espaces végétalisés (publics et privés), 2) les stratifier selon des classes d'occupation du sol, 3) quantifier le couvert arboré dans chaque classe et 4) générer l'échantillon et collecter les données de terrain.

L'emplacement des placettes a été défini en utilisant la fonction «création des points aléatoire» d'Arcgis (génération des coordonnées x et y).

La campagne de collecte de données de terrain a été lancée entre juin 2019 et août 2019. Dans chaque placette de 400 m² de surface, localisée à l'aide du GPS et des photos aériennes, des données générales (date, type du couvert arboré, surface disponible de plantation, couvert arboré et arbustif, etc.) ont été collectées. Par ailleurs, l'ensemble des arbres faisant partie de la placette a été inventorié en mesurant le diamètre à la hauteur de la poitrine (DBH), les hauteurs, la projection de la couronne, le facteur d'exposition à la lumière, le facteur de dépérissement et de feuillage manquant et d'autres mesures dendrométriques. L'ensemble de ces données permettent d'ajuster la modélisation en fonction des caractéristiques de la végétation locale.



Fig 1. Distribution des placettes à l'échelle de la ville de Liège

Fig 2. Collecte de données

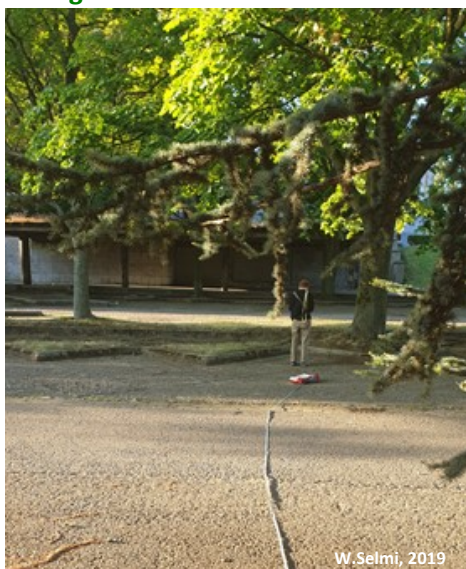


Fig 3. Repérage du centre de la placette





Structure de la végétation arborée de la ville de Liège

La surface totale de la ville de Liège est d'environ 67 km², ses espaces verts et son couvert arboré s'étendent sur 39 km² et 18 km² respectivement. Environ 50 % du couvert arboré de la ville se situe dans les zones forestières suivis par les zones résidentielles (23 %) et les zones de loisirs (15 %). Le pourcentage élevé au niveau des zones résidentielles peut être expliqué par la présence d'une densité remarquable d'arbres au niveau des jardins privés.

14 %

C'est le pourcentage de surface susceptible d'accueillir des nouvelles plantations (13 % au niveau du réseau routier)

Les zones forestières et semi-naturelles renferment environ 49 % du nombre total d'arbres suivies par les zones résidentielles (24 %) et les espaces de loisirs (9 %). Quant aux arbres urbains (en excluant les forêts), leur nombre est de 395 000 et sont principalement situés dans les zones résidentielles (47 %) et les espaces de loisirs (18 %).

Fig 3 et 4. Exemples de deux placettes en zone résidentielle (jardins privés)



L'espèce la plus commune est le chêne sessile (12%) suivi par le bouleau verruqueux (11 %) et le hêtre commun (10%). Ces pourcentages s'expliquent par la prise en compte de tous les types d'espaces boisés en ville (y compris la végétation spontanée). Travailler sur l'ensemble de la végétation arborée de la ville permet d'avoir une vision d'ensemble et prendre en considération la connectivité fonctionnelle et écologique de la strate arborée.

Concernant les arbres urbains (hors zones forestières), les espèces les plus dominantes sont l'érable sycomore (12%), le Platane commun (6%) et le bouleau verruqueux (5%).

Pendant la campagne d'échantillonnage environ 111 espèces ont été recensées à Liège avec environ 12 espèces/ha et une diversité spécifique de 3,4 qui est considérée comme élevée.

Bien qu'ils soient des indicateurs pertinents pour évaluer d'une manière descriptive la végétation arborée locale, la composition en espèces et la diversité spécifique ne peuvent pas fournir une information complète sur sa résilience. Cette dernière doit être étudiée à travers la diversité génétique et fonctionnelle.

Les pourcentages de composition ainsi que l'indice de diversité spécifique montrent un potentiel intéressant en termes de résistance. En revanche, la classification en groupe fonctionnel montre que les groupes dominants sont 2A (18 %), 1A (16%) et 3B (15 %) (2A (17 %) et 3B (15 %) pour les arbres urbains). Cette classification souligne aussi la présence de la classe 3B qui présente une intolérance aux inondations qui peuvent confronter des difficultés d'adaptation face au climat futur. Cette information est utile car elle peut pousser à favoriser les classes faiblement représentées dans les projets de plantations afin d'augmenter la diversité et par conséquent la résilience. Cette classification peut être très utile en l'appliquant à différents niveaux (rue, quartier, etc.).

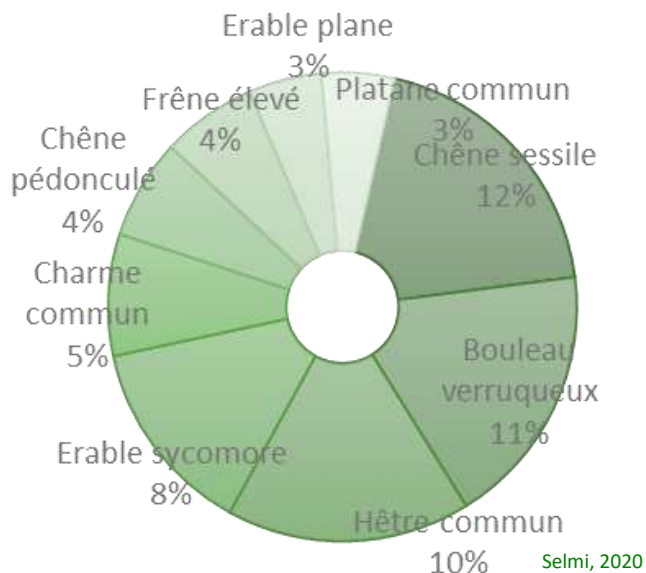


Fig 5. Les espèces rencontrées les plus communes Selmi, 2020

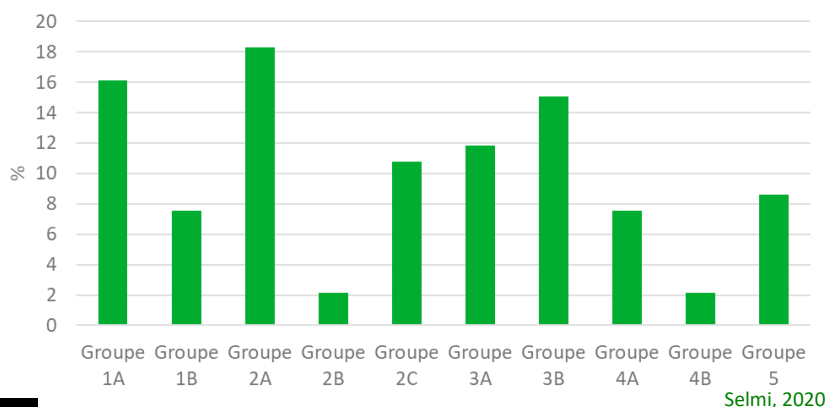


Fig 6. Distribution des espèces rencontrées selon les groupes fonctionnels Selmi, 2020

La diversité fonctionnelle

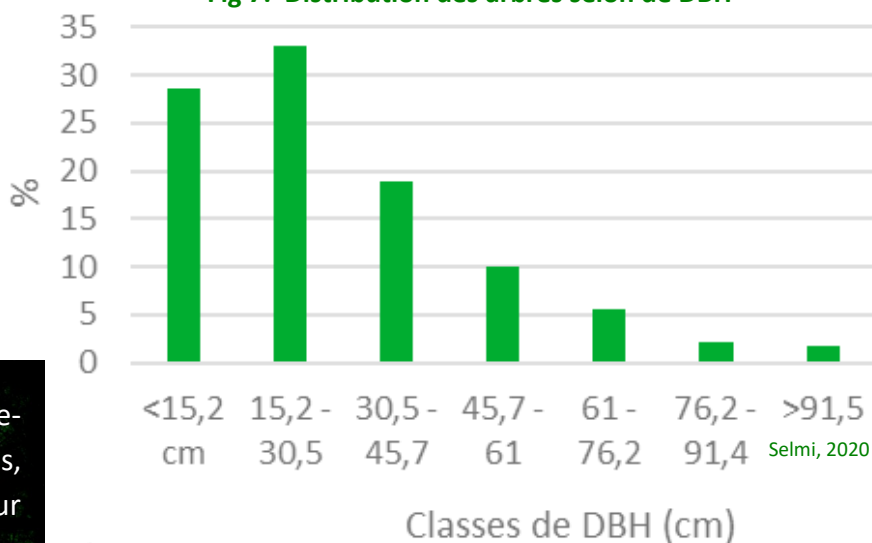
Diversité des traits fonctionnels, soit les caractéristiques morphologiques, physiologiques ou phénologiques d'un organisme ayant un effet sur sa performance individuelle, et déterminant ainsi sa réponse à un ou plusieurs facteurs environnementaux. Elle peut être reliée à la notion de résilience des écosystèmes (Cameron et Paquette, 2012).

Environ 33 % des arbres liégeois ont un diamètre à la hauteur de la poitrine (DBH) compris entre 15 cm et 30 cm. Les arbres dont le DBH est inférieur à 15 cm représentent 29 % de la population totale tandis que 4 % la population ont un DBH supérieur à 76 cm. La structure d'âge de la végétation arborée locale est déterminante pour sa résilience.

Le graphique montre qu'elle est diversifiée mais pointe le faible pourcentage des grands arbres qui sont des réservoirs en termes de services écosystémiques.

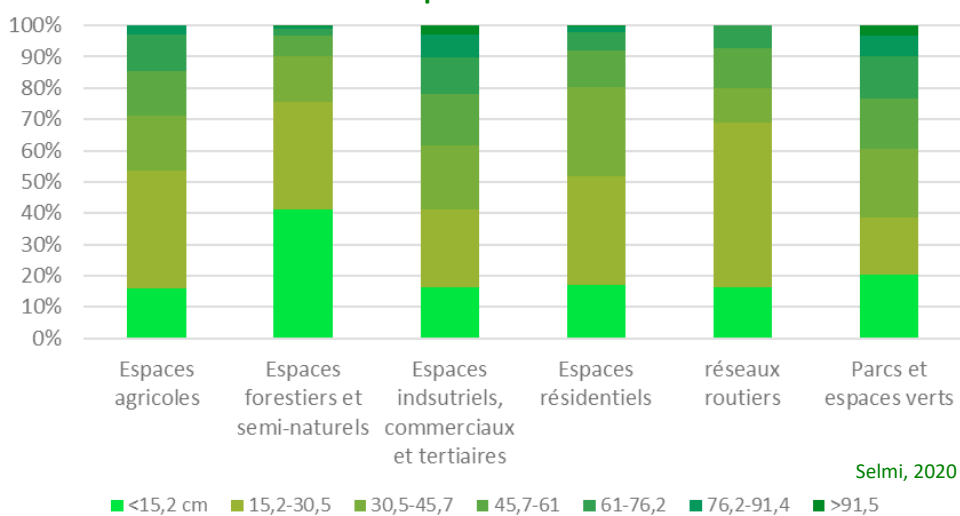
Des actions de gestion doivent être entreprises pour maintenir les arbres matures, pour optimiser les bénéfices rendus et pour planter de jeunes arbres afin de diversifier le patrimoine et remplacer les arbres matures à long-terme.

Fig 7. Distribution des arbres selon de DBH



Un surplus de plantation peut être envisagé pour prendre en compte le risque de mortalité (Rogers et al., 2015)

Fig 8. Distribution des classes de DBH selon les classes d'occupation du sol



Les grands arbres sont principalement situés dans les espaces industriels et les parcs tandis que les arbres ayant un petit DBH se trouvent dans les zones forestières. Cette variation peut être expliquée par l'accès au lumière qui peut être plus favorisé dans les espaces ouverts que les espaces forestiers.



Fig 9 et Fig 10. Arbres de différentes tailles rencontrés pendant la collecte de données



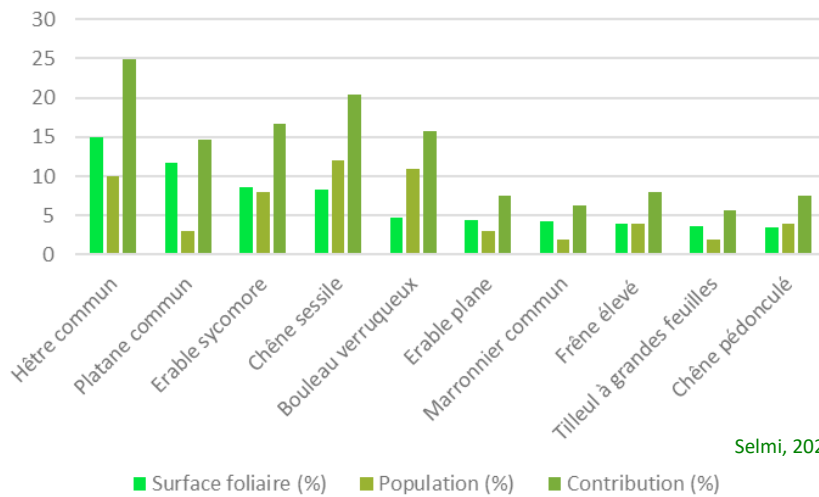
La surface foliaire des arbres liégeois s'étend sur 148 km². Elle est de l'ordre de 50 km² au niveau des zones forestières, 39 km² en zones résidentielles et uniquement 6 km² en zones routières.



La surface foliaire joue un rôle prédominant dans la production des services écosystémiques.

A Liège, le hêtre commun, le platane commun et l'érable sycomore sont les espèces les plus dominantes en ce qui concerne la surface foliaire (15 %, 12 % et 9 % respectivement) bien qu'elles ne soient pas parmi le top 3 des espèces abondantes. Les espèces qui contribuent le plus à la production des services écosystémiques sont le hêtre commun (25 %), le chêne sessile (20 %) et l'érable sycomore (17%). Une valeur de contribution importante n'implique pas de favoriser ces espèces dans le futur mais montre leur dominance dans la structure actuelle.

Fig 11. Distribution des espèces selon la surface foliaire, la population et leur contribution



Selmi, 2020

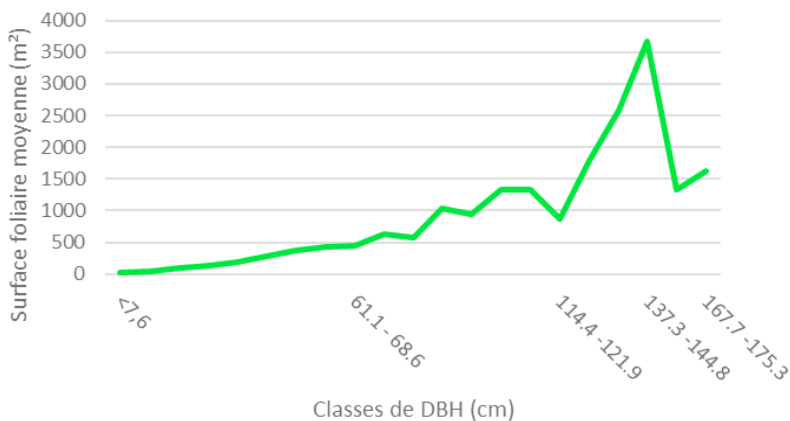


Fig 12. Surface foliaire par classe de DBH

Selmi, 2020

Les résultats de l'étude montrent aussi que les arbres ayant un diamètre compris entre 83 et 91 cm ont une surface foliaire, et par conséquent, une interface d'échange, 25 fois plus grande que les arbres ayant un diamètre compris entre 8 et 15 cm. Ceci confirme le rôle important des arbres de grande taille et la nécessité de les protéger.



W.Selmi, 2019

La mauvaise qualité de l'air est un problème majeur des villes, elle impacte non seulement la santé publique mais aussi l'infrastructure bâtie. En 2016, l'agence européenne pour l'environnement (AEE) a estimé à 9380 le nombre de décès liés à la pollution atmosphérique en Belgique¹

Les arbres de la ville de Liège éliminent environ 0,002 t/an de CO₂, 26 t/an de NO₂, 75 t/an d'O₃, 2 t/an de SO₂, 8 t/an de PM_{2,5} et 69 t/an de PM₁₀ (voir la figure la réduction par unité de couvert arboré).

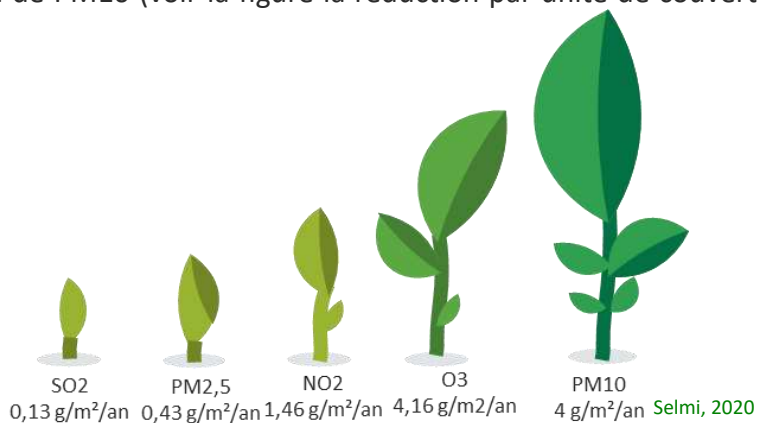


Fig 13. Elimination des polluants par unité de couvert arboré

La réduction de la pollution atmosphérique est importante pendant la saison estivale (entre avril et septembre). A cette période, l'activité des stomates est optimale à cause de l'allongement de l'ensoleillement et le développement de la surface foliaire.

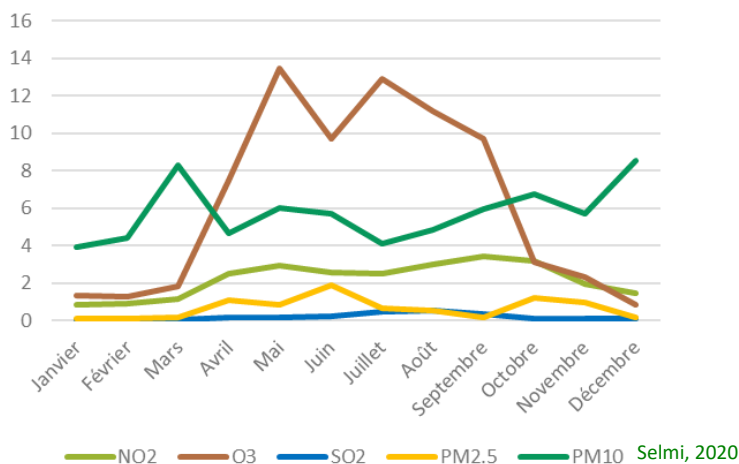


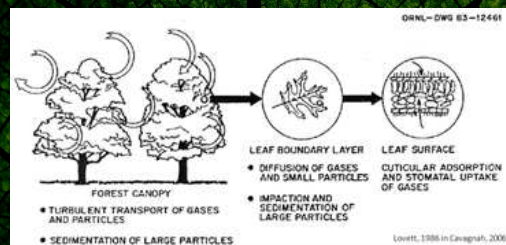
Fig 14. Elimination mensuelle des polluants atmosphériques

Arbres liégeois et qualité de l'air

Quels mécanismes?

L'arbre contribue directement et indirectement à réduire la pollution atmosphérique:

1/ Directement (via le dépôt sec) par l'absorption des polluants gazeux et par l'interception des particules fines



2/Indirectement par la réduction de la température, par conséquent la réduction du taux de l'ozone et par la diminution de la consommation énergétique des bâtiments entraînant une diminution des émissions atmosphériques.

Bien que les conifères éliminent plus de polluants atmosphériques que les feuillus, ils sont peu résistants à la pollution qui peut affecter leur croissance (Letter et Jager, 2019).

A Rome, une étude a montré que les conifères réduisent cinq fois plus des PM_{2,5} que les feuillus (Pace et Grote, 2020). Une autre étude a montré que les conifères sont moins performants dans la réduction de l'ozone que les feuillus (Manes et al., 2012).

Il semble pertinent de créer des mélanges pour augmenter la performance de la végétation arborée.



Arbres liégeois et microclimat

Bien que le changement climatique soit un enjeu global, il est important de s'informer du rôle des arbres urbains dans le stockage et la séquestration du carbone car ils peuvent être considérés comme des solutions locales pour des problèmes globaux.

Les arbres de la ville de Liège stockent environ 318 000 t de carbone (82 000 kg/ha) et ont séquestré (net) 7845 tC/an (2000 kg/an/ha).

Le hêtre commun (49 360 tC), le platane commun (38 351 tC) et l'érable sycomore (36 021 tC) sont les espèces qui stockent le plus de carbone.

Pour la séquestration nette, les espèces les plus performantes sont le chêne sessile (925 tC/an), le hêtre commun (877 tC/an) et le platane commun (743 tC/an).

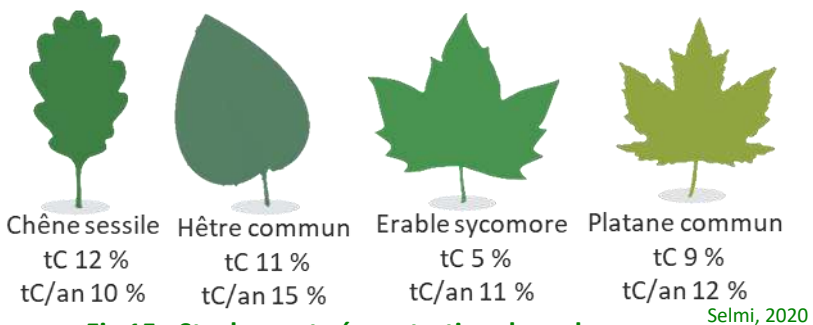


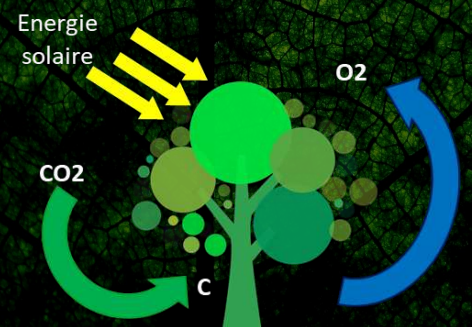
Fig 15. Stockage et séquestration de carbone

Le stockage et la séquestration de carbone dépendent principalement de la densité des arbres et de leur caractéristique foliaire. Le platane commun présente uniquement 3 % de la population mais contribue respectivement à 9 % et 12 % des totaux du stockage et de la séquestration nette.

L'arbre urbain croît plus vite qu'un arbre dans le milieu forestier car il y a plus de température et de lumière. Mais, l'arbre urbain est soumis à des différentes contraintes qui réduit sa durée de vie.

Quels mécanismes?

Avec la photosynthèse, l'arbre séquestre le carbone atmosphérique et le stocke pour produire une nouvelle biomasse végétale (Lessard et Boulfroy, 2008). La séquestration du carbone augmente avec la croissance de l'arbre. Quand l'arbre arrive au stade de sénescence, il commence à émettre le carbone. Le taux de séquestration net correspond à la différence entre le taux de séquestration brut et le taux de carbone émis lors de la décomposition.



Pour optimiser la séquestration du carbone, la sélection des espèces à planter doit dépendre de leur adaptation aux conditions locales. Dans le cas contraire, les arbres présentent des symptômes de stress empêchant leur croissance et favorisant une sénescence précoce (McPhearson et Simpson, 1999).



W.Selmi, 2020

Arbres liégeois et eau pluviale

L'inondation par ruissellement intervient suite à un événement pluvieux intense ou un cumul d'eau de pluie sur plusieurs jours. Elle se caractérise par un écoulement d'eau en surface sans être évacué par le réseau hydrographique et le réseau d'égouts.

Les villes sont exposées au risque d'inondation par ruissellement à cause de la dominance des surfaces imperméables qui empêchent l'infiltration des eaux. La ville de Liège a un taux d'imperméabilisation de 24 %, similaire à Charleroi et juste après Herstal (26%)¹. Cette eau de ruissellement peut aussi transporter des toxines, des déchets et des métaux lourds vers le réseau hydrographique, entraînant sa pollution (Rogers et al., 2015).

Le risque d'inondation tend à s'aggraver à cause des effets du changement climatique attendu (épisodes pluvieux intenses). Les projections climatiques en Belgique montrent que les événements pluvieux intenses et les orages deviendront plus fréquents et plus violents d'ici 2100².

Les arbres liégeois ont permis de retenir environ 561 000 m³/an d'eau de ruissellement. Le hêtre commun (83 900 m³/an), le platane commun (65 300 m³/an) et l'érable sycomore (48 300 m³/an) sont les espèces qui retiennent le plus les eaux de ruissellement.

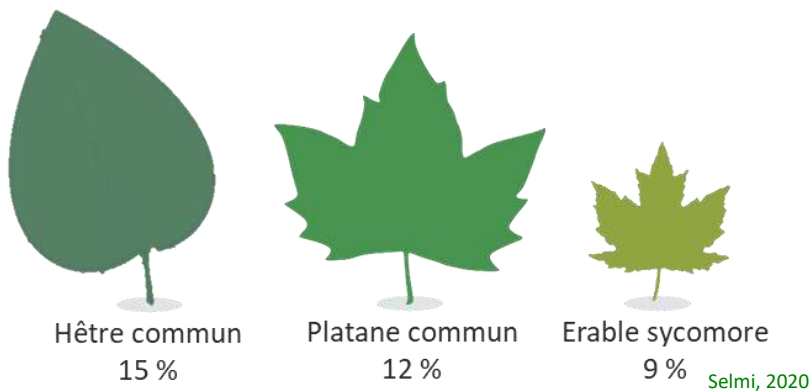
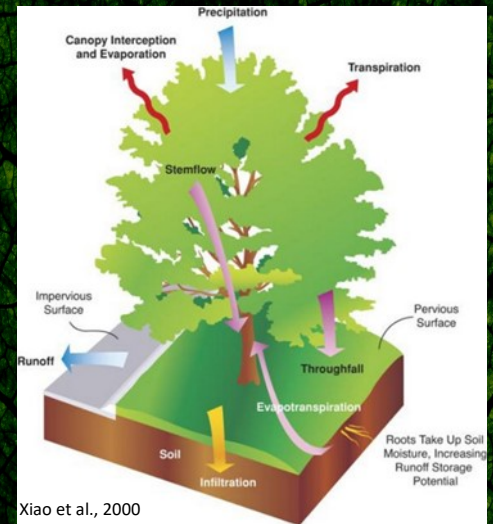


Fig 15. Contribution des arbres à la rétention des eaux de ruissellement

Quels mécanismes?



L'arbre intercepte la pluie. Il en retient une partie dans ses feuilles et son écorce. Elle sera rejetée sous forme de vapeur dans l'atmosphère par évapotranspiration et/ou libérée dans le sol par les racines.

Les feuilles tombées aident à retenir l'humidité et à réguler la température du sol. Ils permettent aussi l'infiltration d'eau dans le sol.

Les racines absorbent l'eau qui sera rejetée dans l'atmosphère par transpiration³.

4 %

C'est la contribution des arbres situés en proximité des réseaux routiers. Principalement lié à l'imperméabilisation de la surface (uniquement 8 % de la surface totale est couverte d'arbres).

¹<http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicator sheets/SOLS%20Focus%201.html#>
²<https://climat.be/changements-climatiques/changements-observees/precipitations>
³<https://www.keepeastingreen.com/how-do-trees-retain-stormwater-runoff/>

Conclusion

Cette étude fournit un état de lieux instantané de la structure et des bénéfices rendus par les arbres de la ville de Liège. Elle se base sur un échantillon de 223 placettes distribués aléatoirement à l'échelle de la ville et garantissant la représentativité du patrimoine arboré liégeois. L'approche est globale dans un contexte de changement climatique qui peut affecter toutes les composantes du milieu urbain et qui peut être atténué et/ou cadré par tous les éléments de l'infrastructure verte (public/privé, végétation spontanée/végétation d'ornement, strate arborée/strate arbustive, etc.). Les résultats de cette étude peuvent aider à informer les gestionnaires et les décideurs autour de la gestion durable du patrimoine arboré. Pour fournir une vision plus exhaustive, un inventaire complet est privilégié en ciblant le type de ressource à évaluer (publique/privée, arbres d'ornement, etc.). Ce rapport présente les analyses préliminaires de la recherche avec l'idée de chiffrer l'impact des arbres. Des analyses plus approfondies sont nécessaires pour fournir un cadre plus complet.

Cette étude montre que les arbres agissent significativement sur le bien-être de la population en produisant des services écosystémiques. Ils sont aussi des acteurs dans l'adaptation et/ou dans l'atténuation des effets du changement climatique (régulation du climat, réduction de la température et des eaux de ruissellement). D'autres services comme la régulation de la température seront abordés ultérieurement. Le rapport souligne que près de 80 % des arbres sont publics et 20 % sont privés mais montre aussi que les arbres situés dans les jardins privés en zone résidentielle contribuent significativement dans la production des services écosystémiques. Ceci implique d'informer les citoyens sur le potentiel de leurs arbres et de les accompagner dans la gestion durable de leur ressources.

L'étude de la structure des arbres à Liège montre qu'ils sont relativement en bonne santé et relativement diversifiés. En revanche, une vulnérabilité locale est à noter en se basant sur la diversité fonctionnelle. Dans ce contexte, des stratégies de diversification (en composition, en strate, en fonctionnalité) doivent être mises en place pour protéger la ressource actuelle et la rendre plus résiliente. Par ailleurs, la gestion des arbres doit à la fois protéger les arbres matures existants pour maintenir le taux actuel de production de services écosystémiques et faire de nouvelles plantations qui soient adaptées au changement climatique futur pour assurer la production des bénéfices aux générations futures.

Cette étude fournit suffisamment de données pour aborder les arbres sous différents angles (santé publique, inégalités, îlots de chaleur urbains, gouvernance, etc.). Des recherches plus poussées seront très probablement envisagées.

