



HAL
open science

Le développement de l’outil Sésame en Occitanie

Margot Lutun

► **To cite this version:**

Margot Lutun. Le développement de l’outil Sésame en Occitanie. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04772750

HAL Id: dumas-04772750

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04772750v1>

Submitted on 8 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

L'Institut Agro Rennes-Angers

Site d'Angers Site de Rennes

<p>Année universitaire : 2023-2024</p> <p>Spécialité :</p> <p>Agronomie</p> <p>Spécialisation (et option éventuelle) :</p> <p>Ingénierie des espaces végétalisés urbains</p>	<p>Mémoire de fin d'études</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> d'ingénieur de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)</p> <p><input type="checkbox"/> de master de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)</p> <p><input type="checkbox"/> de l'Institut Agro Montpellier (étudiant arrivé en M2)</p> <p><input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)</p>
--	--

Le développement de l'outil Sésame en Occitanie

Par : Margot LUTUN



(source : autrice)

Soutenu à Angers le 05/09/2024

Devant le jury composé de :

Président : VIDAL-BEAUDET Laure

Maître de stage : SABOT Christophe

Enseignant référent : LE CORFF Josiane

Autres membres du jury

CHRETIEN Luc, Cerema Grand Est

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle de l'Institut Agro Rennes-Angers

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation «Patrimoine-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France» disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier l'Institut Agro Rennes-Angers que j'ai connu sous le nom d'Agrocampus Ouest. Ce rapport n'aurait pas été le même sans les expériences académiques, professionnelles et personnelles qu'il m'a été donné de vivre pendant ces quatre années.

Je remercie également le Cerema pour son accueil chaleureux à Toulouse. Un grand merci à Christophe Sabot pour son accompagnement tout au long de ce stage. Toute ma gratitude à Sébastien et Pascale pour la relecture très attentive de ce rapport. Une douce pensée au reste de l'équipe, Antoine, Rollin, Laure, Renaud, Franco, Emma, Aurélien et évidemment Théo, qui ont fait en sorte que je garde un excellent souvenir de cette expérience toulousaine.

Je tiens aussi à remercier Josiane Le Corff pour ses précieux conseils sur la construction de ce rapport.

Enfin, une immense sympathie pour mes ami.es et famille qui m'ont accompagné tout au long de mes études, qui touchent maintenant à leur fin.

Table des matières

Glossaire et liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux.....	
Listes des annexes.....	
Avant-propos.....	
Introduction.....	1
I. Origine et enjeux de l'étude.....	2
A. Changement climatique et milieu urbain : le végétal, une solution possible	2
1. La ville, un espace sous pression.....	2
2. Les bienfaits du végétal en ville	2
3. L'impact positif des espaces végétalisés urbains sur la santé humaine.....	3
B. La notion de services écosystémiques	3
1. Une notion anthropocentrée du végétal	3
2. Les services écosystémiques rendus par le végétal en ville	4
3. Le bien-être de l'arbre, une priorité pour optimiser les services écosystémiques.....	4
C. Adapter les plantations en ville en fonction du contexte : l'outil Sésame.....	5
1. Un outil déjà efficace à Metz et en cours de développement sur d'autres territoires .5	
2. Un fonctionnement pour les utilisateurs et utilisatrices en quatre étapes.....	6
3. Un bouquet d'espèces diversifiées et adaptées aux enjeux.....	11
II. Méthodes	12
A. Présentation de Sésame aux territoires	12
1. Sésame : un outil à l'échelle territoriale	12
2. Présentation aux collectivités.....	12
3. Identification d'un réseau d'acteurs.....	13
4. La proposition technique et financière.....	15
B. Création d'une palette végétale adaptée au climat actuel et futur de Toulouse Métropole	15
1. Contexte géographique et climatique de Toulouse Métropole	15
2. Les données existantes	17
3. Le choix des essences retenues	20
C. Étude des services écosystémiques de chaque essence	22
1. Principe général	22
2. Étude du service de stabilisation des pentes	24

III.	Résultats.....	25
A.	Un réseau d’acteurs sensibilisés	25
B.	Une palette végétale adaptée à Toulouse Métropole	26
C.	Étude du service écosystémique “stabilisation des pentes”.....	26
IV.	Discussion.....	28
A.	Un outil en cours de développement.....	28
1.	Nécessité d’avoir une validation de la palette végétale	28
2.	Des données à collecter.....	28
3.	Attribution du type paysager de chaque espèce.....	28
4.	L’approvisionnement en pépinière : un enjeu au cœur de Sésame	29
5.	Besoin de tester l’outil sur des espaces types	29
B.	Complémentarité avec les autres outils existants	29
C.	Des questions méthodologiques	30
D.	Démarches administratives.....	31
E.	L’arbre : un objet dans la ville	31
	Conclusion	33
	Bibliographie.....	34
	Sitographie	37
	Annexes.....	38

Glossaire et liste des abréviations

ABF : Architectes et Bâtiments de France

ARB : Agence Régionale de la Biodiversité

AFAHC : Association Française des Arbres et des Haies Champêtres

CAUE : Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement

CBNPMP : Conservatoire Botanique National des Pyrénées et Midi-Pyrénées

Cerema : Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

COPIL : Comité de Pilotage

COTECH : Comité Technique

COV : Composés Organiques Volatiles

Dreal : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EEE : Espèce Exotique Envahissante

ICU : Îlot de Chaleur Urbain

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

OFB : Office Française de la Biodiversité

PCAET : Plan Climat-Air-Énergie Territorial

PLU : Plan Local d'Urbanisme

PLUi : Plan Local d'Urbanisme intercommunal

PTF : Proposition Technique et Financière

SE : Service Écosystémique

Sésame : Services ÉcoSystémiques rendus par les Arbres, Modulés selon l'Essence

ZR : Zone de Rusticité

Liste des figures

Figure 1 : Les cinq principaux climats présents en France métropolitaine (source : Météo France)	6
Figure 2 : Représentation de l'utilisation de l'outil Sésame (source : autrice)	6
Figure 3 : Présentation des différents types paysagers de Sésame Metz (source : Méthodologie de Sésame Metz, conception graphique de Nadia Aubry Cerema)	7
Figure 4 : Représentation des acteurs utiles aux développements de l'outil Sésame à Toulouse Métropole (source : autrice).....	14
Figure 5 : Type de climats en Occitanie (Source : Oreo à partir de "les types de climats, une construction spatiale")	15
Figure 6 : Moyenne des températures maximales, minimales et de l'ensoleillement à Toulouse (source : Météo France)	16
Figure 7 : Carte de répartition en Europe des arbres climaciques du zonobiome tempéré modal (source : eVeg).....	19
Figure 8 : Carte de répartition en Europe des arbres climaciques des zonobiomes tempérés chauds (source : eVeg).....	19
Figure 9 : Présence mondiale de <i>Photinia serrulata</i> (source : INPN)	20
Figure 10 : Présence mondiale de <i>Taxodium distichum</i> (source : INPN).....	20
Figure 11 : Graphique et tableau représentant la diversité de la palette végétale en nombre d'espèces à travers les strates et la provenance des végétaux	26

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résumé des collectivités contactées pour développer l'outil Sésame sur leur territoire ...	13
Tableau 2 : Récapitulatif des critères retenus dans le choix des espèces sur la base de données Floriscope	18
Tableau 3 : Détails de la note pour le service écosystémique "stabilisation des pentes" pour <i>Lagerstroemia indica</i>	27
Tableau 4 : Détails de la note pour le service écosystémique "stabilisation des pentes" pour <i>Rosa arvensis</i>	27
Tableau 5 : Détails de la note pour le service écosystémique "stabilisation des pentes" pour <i>Carya ovata</i>	27

Listes des annexes

Annexe I : captures d'écran de la page web de Sésame Metz (source : sesame-outil.cerema.fr)	38
Annexe II : Fiche espèce du Néflier Commun (source : sesame-outil.cerema.fr)	40
Annexe III : Analogues climatiques de la ville de Toulouse entre 2041 et 2060 pour le scénario SSP3-7.0 (source : https://ccexplorer.eu/)	41
Annexe IV : Extrait du guide Plantons Local en Occitanie (source : Agence Régionale de la Biodiversité Occitanie)	41
Annexe V : Palette végétale pour la déclinaison de Sésame à Toulouse (source : autrice)	48

Avant-propos

Le Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (Cerema) est un établissement public placé sous la tutelle du ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. Sa mission est d'accompagner les territoires sur les questions d'adaptation et d'atténuation au changement climatique.

Dans le cadre de mon stage de fin d'étude réalisé du 11 mars au 23 août 2024, j'ai intégré la Direction Territoriale Occitanie au sein du groupe Transition des Territoires. J'ai pu y commencer le développement de l'outil Sésame en Occitanie. J'ai aussi participé à d'autres activités du groupe telles que des projets de végétalisation de cours d'école, des rencontres avec d'autres institutions publiques et l'organisation d'un séminaire de deux jours sur l'urbanisme favorable à la santé.

Introduction

"La nature est éternellement jeune, belle et généreuse. Elle possède le secret du bonheur, et nul n'a su le lui ravir", écrivait George Sand. En effet, la nature se distingue par sa capacité unique à se renouveler, à rester vigoureuse et à persister à travers les âges. Alors que l'Homme vieillit et se transforme, la nature, elle, conserve une jeunesse perpétuelle, rythmée par des cycles immuables tels que les saisons qui reviennent inlassablement, les plantes qui fleurissent et les rivières qui continuent de couler.

Pourtant, cette nature autrefois intouchable est aujourd'hui en grand danger. La biodiversité s'effondre, le changement climatique s'intensifie, et les ressources se raréfient (IPCC, 2023). La destruction et l'artificialisation des milieux naturels représentent la plus grande menace pour la biodiversité, faisant de l'urbanisation un enjeu central de notre époque (IPBES, 2019). Dans ce contexte, les végétaux en milieu urbain apparaissent comme un levier essentiel pour atténuer et s'adapter aux changements climatiques (Obrist et al., 2012).

Face à ces défis, les collectivités territoriales s'efforcent de rafraîchir les villes et d'améliorer le cadre de vie des citoyennes et citoyens en planifiant des plantations durables en milieu urbain. Pour soutenir ces efforts, le Cerema a développé un outil d'aide à la décision : Sésame. Cet outil, dont l'acronyme signifie "Services ÉcoSystémiques rendus par les Arbres, Modulés selon l'Essence", permet de sélectionner de manière cohérente les espèces végétales à intégrer en ville en fonction des Services Écosystémiques (SE) qu'elles peuvent offrir. Conçu à Metz, Sésame représente une innovation précieuse pour penser l'avenir des espaces urbains.

Ainsi, ce rapport explore la question centrale : comment développer de façon durable et cohérente Sésame, cet outil d'aide à la décision pour l'intégration du végétal en ville, en tenant compte des particularités territoriales, des défis climatiques, des types de paysages, et des services écosystémiques souhaités ?

Le rapport détaille tout d'abord l'origine de l'étude avec un état des lieux du végétal en milieu urbain, une définition des SE, et une présentation approfondie de l'outil Sésame. Ensuite, la méthodologie, incluant le choix du territoire et l'analyse des SE sélectionnés, sera expliquée. Enfin, les résultats obtenus seront discutés afin de replacer le végétal au cœur des villes de manière durable.

I. Origine et enjeux de l'étude

A. Changement climatique et milieu urbain : le végétal, une solution possible

1. La ville, un espace sous pression

A partir de la révolution industrielle commencée au XVIII^e siècle, les personnes ont migré dans les villes (Rioux, 2014). En 2007, pour la première fois dans l'histoire, plus de la moitié de la population mondiale vit en ville, une proportion qui devrait atteindre 60% d'ici 2030 (Véron, 2007). En France, 51 millions de personnes vivent en ville, soit près de 80% de la population, selon les chiffres de 2020 de l'INSEE. La densité des villes peut causer une surcharge environnementale qui affecte à la fois le bien-être mental et physique des habitantes et habitants. Cette surcharge se manifeste par un stress accru, des troubles psychiatriques et une altération des rythmes naturels. Les effets du changement climatique sur les villes exacerbent les défis déjà existants, rendant les conditions encore plus difficiles (Bourdeau-Lepage, 2023). De plus, le réchauffement climatique aggrave les conditions thermiques en ville, augmentant la fréquence et l'intensité des vagues de chaleur (Munck, 2013). Ce phénomène de surchauffe urbaine est également associé à un effet d'îlots de chaleur urbain (ICU). L'ICU est un écart de température constaté entre le milieu urbain et les zones rurales pendant la nuit. Il se caractérise par un dôme d'air plus chaud localement qui couvre la ville. Il s'agit d'une manifestation climatique directe de l'extension des zones bâties et des rejets de pollution atmosphérique (Cantat, 2004). Avec toutes ces conditions difficiles, la biodiversité urbaine est en déclin (Obrist et al., 2012).

Ces phénomènes du changement climatique sont décuplés par la forme urbaine et ses contraintes. Des solutions de rafraîchissement des villes existent et le végétal n'est pas la seule. L'ADEME (Agence de la transition écologique) propose trois types de solutions pour rafraîchir les villes : les solutions vertes, les solutions grises et les solutions douces. Les solutions grises regroupent les solutions techniques liées aux infrastructures urbaines comme les revêtements et les bâtiments. Elles contribuent au rafraîchissement urbain avec par exemple les façades double-peau qui aident à réduire la chaleur. Les solutions douces concernent les comportements et la gestion urbaine. Elles consistent à limiter les apports de chaleurs liés aux activités humaines et à adapter les comportements pour limiter la vulnérabilité (ADEME, 2021). Enfin, il existe des solutions vertes. Elles impliquent des éléments naturels tels que la végétation et l'eau dans le but de rafraîchir les villes. Les solutions vertes sont des solutions fondées sur la nature qui incluent l'intégration de la végétation dans la planification urbaine rendant le cadre de vie plus sain et résilient (Bourdeau-Lepage, 2023). L'irrigation des surfaces végétalisées est essentielle pour maximiser les effets de refroidissement par évapotranspiration avec une gestion durable des eaux pluviales. Sans eau, l'efficacité des espaces verts pour rafraîchir la ville est réduite, surtout lors de périodes de sécheresse (Munck, 2013).

2. Les bienfaits du végétal en ville

La présence de végétal en milieu urbain apporte des bienfaits à l'échelle de la ville. Les principaux bienfaits du végétal en ville sont la régulation thermique (Laille et al., 2013) et la qualité de l'air grâce aux îlots de fraîcheur que l'arbre procure (Mestayer & Brunet, 2015). Grâce à la photosynthèse, l'arbre capte les particules polluantes. La nuit, grâce au phénomène de respiration, il libère de l'oxygène (Mestayer & Brunet, 2015).

De plus, la pollution sonore est particulièrement préoccupante en milieu urbain. L'exposition régulière au bruit a des effets néfastes sur la santé et est la deuxième cause de morbidité en Europe après la pollution de l'air (Piotrowski et al., 2021). La végétalisation des villes ne permet pas de réduire significativement les niveaux sonores issus des transports en ville. Mais le feuillage et les branches absorbent et atténuent le bruit, ce qui peut avoir un impact positif. Un ajout de végétation limite la réverbération du lieu (Defrance et al., 2018).

Par ailleurs, les espaces végétalisés en ville favorisent la biodiversité en offrant des habitats pour diverses espèces végétales et animales. Ils permettent aussi de créer des corridors écologiques qui connectent les différents espaces naturels, ce qui facilite le déplacement des espèces. De plus, les espaces végétalisés urbains contribuent à la régulation des températures, à la gestion des eaux pluviales et à l'amélioration de la qualité de l'air (Arnould et al., 2011).

Enfin, planter du végétal en ville rime souvent avec la désimperméabilisation des sols. Par exemple, la renaturation des sols des écoles impacte positivement l'environnement urbain et la connectivité écologique (Delaunay et al., 2022). De plus, la désimperméabilisation couplée à la végétalisation permet un meilleur écoulement des eaux (Laille et al., 2013).

3. L'impact positif des espaces végétalisés urbains sur la santé humaine

Les espaces végétalisés en ville sont bénéfiques sur la santé mentale et physique des citadines et citadins. La présence de verdure réduit le stress, l'anxiété et les symptômes de dépression (Meyer-Grandbastien et al., 2021). De plus, la présence de biodiversité contribue à améliorer l'humeur, les performances cognitives et à favoriser les interactions sociales (Zhang & Qian, 2024). Effectivement, les espaces verts en milieu urbain sont des lieux d'interactions sociales qui contribuent à réduire le sentiment de solitude souvent ressenti dans les grandes villes (Obrist et al., 2012). Cette conséquence positive est particulièrement observée chez les personnes âgées, les personnes en situation de handicap et les personnes en situation de précarité (Haq, 2011). Les parcs et jardins sont aussi des lieux où l'on pratique des activités physiques et sportives qui sont à la fois bénéfiques pour la santé physique mais aussi mentale et sociale (Wang et al., 2024).

Pour que chacune et chacun puissent voir et avoir accès à du végétal en ville, il est préconisé de respecter la règle des 3-30-300 : chaque habitante ou habitant doit voir 3 arbres depuis son domicile, son quartier doit contenir 30% de canopée et il ou elle doit résider à 300 mètres d'un parc ou jardin. En respectant ces seuils, des avantages significatifs pour la santé physique et sociale des individus sont observés (Zheng et al., 2024).

Ces recherches soulignent l'importance des espaces de nature en ville pour le bien-être global des citadines et citadins et mettent en lumière les multiples avantages que ces environnements offrent pour la santé mentale, physique et sociale.

B. La notion de services écosystémiques

1. Une notion anthropocentrée du végétal

Les SE peuvent être définis comme des "biens et services que les Hommes peuvent tirer des écosystèmes, directement ou indirectement, pour assurer leur bien-être" (Millennium Ecosystem Assessment (Program), 2005). En ville, le principe des SE vise à réconcilier, grâce

à l'affect, les humains avec la nature (Brunet, 2017). L'idée de services rendus par la nature aux humains est apparue dans les années 1970 (Westman, 1977). L'objectif était de mettre en lumière les dégradations des écosystèmes par les activités anthropiques. L'importance est la diversité des services rendus ainsi que l'impossibilité ou le coût très élevé du remplacement de ces services (Barnaud et al., 2011).

2. Les services écosystémiques rendus par le végétal en ville

Les SE rendus par le végétal en ville sont classés en quatre catégories :

- Les services d'approvisionnement : Les services d'approvisionnement regroupent tous les biens produits par les écosystèmes. Il peut s'agir de nourriture, de bois de chauffage, de fibres textiles ou de médicaments par exemple (Lotfi et al., 2017).
- Les services de régulation : Les services de régulation participent à la régulation des conditions environnementales tels que le climat, les maladies et les inondations (Lotfi et al., 2017).
- Les services culturels : Les services culturels correspondent aux bénéfiques qui sont inspirés par la nature. Il s'agit des loisirs, de l'inspiration artistique ou religieuse que prodigue la nature et des innovations scientifiques inspirés du biomimétisme (Lotfi et al., 2017).
- Les services de support : Les services de support regroupent toutes les propriétés des écosystèmes qui permettent de réaliser les trois catégories précédentes de services. Il s'agit par exemple du recyclage des nutriments, de la pollinisation ou de la formation des sols (Lotfi et al., 2017).

Ces SE sont développées dans les parties suivantes avec la présentation de l'outil Sésame.

3. Le bien-être de l'arbre, une priorité pour optimiser les services écosystémiques

La production de qualité de SE dépend aussi des conditions de plantation et de vie des individus et pas seulement du type d'espèce plantée. La densité des arbres influe directement sur l'effet de refroidissement qu'apportent les végétaux en milieu urbain. Une plantation dense peut offrir une meilleure couverture végétale, réduisant ainsi la température ambiante. De même, l'orientation des arbres et arbustes par rapport au soleil et aux vents dominants est cruciale. Les arbres bien orientés peuvent maximiser l'ombre et améliorer la circulation de l'air ce qui contribue à une baisse plus efficace de la température ambiante (Potes et al., 2012). La densité de plantation et l'orientation des arbres ne dépendent pas de l'espèce mais des conditions dans lesquelles les essences sont plantées.

De plus, pour augmenter la résilience du couvert arboré, il est essentiel de diversifier les espèces plantées. Cela permet de maintenir des plantations urbaines de façon pérenne et de maximiser les SE qu'elles assurent (Paquette, 2016).

Pour assurer une bonne survie des végétaux plantés en milieu urbain, un espacement adéquat est nécessaire pour éviter la surpopulation qui pourrait nuire à la croissance des arbres. Même si les sujets doivent tout de même être suffisamment rapprochés pour assurer une couverture végétale continue (Potes et al., 2012).

Enfin, les plantations en milieu urbain se heurtent aux défis de la ville. Les gestionnaires sont confrontés aux contraintes liées à l'espace, à des conflits d'usage et aux impacts des activités humaines sur la santé des arbres. Il est souvent difficile de concilier le développement urbain

avec la préservation de la végétation déjà existante (Castagneyrol et al., 2024). Pourtant, il faut d'abord préserver le patrimoine arboré et arbustif existant avant de vouloir remplacer des sujets.

C. Adapter les plantations en ville en fonction du contexte : l'outil Sésame

1. Un outil déjà efficace à Metz et en cours de développement sur d'autres territoires

L'origine du projet a émergé d'un intérêt commun de la ville de Metz, de l'Eurométropole de Metz et du Cerema concernant la fixation et l'absorption des polluants de l'air, en 2017. De fil en aiguille, le projet a fini par s'intéresser à d'autres services écosystémiques. Le fil rouge a été de différencier les espèces végétales en fonction de leur capacité à rendre différents services écosystémiques. En 2019, la première version de Sésame répertoriant 85 espèces a été publiée. Puis en 2020, la deuxième version du projet est sortie avec cette fois-ci une étude sur plus de 250 espèces. Une application a été développée permettant un accès en ligne, que les collectivités et les particuliers peuvent utiliser librement. Fort de son expérience à Metz, les directions territoriales du Cerema proposent progressivement aux collectivités des prestations (payantes) pour développer Sésame sur d'autres territoires, comme Paris, Bordeaux, Libourne, Angoulême, Lyon, Angers ou dans les Bouches-du-Rhône.

L'outil Sésame répond à plusieurs objectifs. Dans un premier temps, Sésame vise à comparer et capitaliser les données déjà existantes sur de nombreuses espèces pour permettre de déterminer les services écosystémiques rendus par les essences en milieu urbain et leurs contraintes. De plus, Sésame a pour but de proposer un outil d'aide à la décision pour la plantation d'arbres et la conception d'espaces verts en ville avec un large choix d'essences selon différentes hypothèses d'espaces à aménager. Il contribue ainsi à promouvoir l'utilisation du végétal en ville et à favoriser la diversité des espèces plantées, le tout, en proposant des essences adaptées au changement climatique et au milieu urbain.



Figure 1 : Les cinq principaux climats présents en France métropolitaine (source : Météo France)

On pourrait se poser la question d'un développement national de l'outil Sésame. Pourquoi est-il plus pertinent de faire des déclinaisons par territoire ? Tout d'abord, les conditions pédoclimatiques actuelles et futures varient grandement d'un territoire à l'autre (Figure 1). De même, la biodiversité n'est pas la même sur tout le territoire métropolitain français. Les parasites des végétaux sévissant sur le territoire varient d'une région à l'autre. Comme l'outil se veut utilisable par des collectivités, il est aussi essentiel que les espèces présentes dans la base de données répondent à la fois aux préconisations des Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) et Plans Locaux d'Urbanisme intercommunaux (PLUi) et aux habitudes des services de la collectivité. De plus, les marchés déjà en cours et les disponibilités en pépinière sont variables. Par ailleurs, Sésame est un outil qui permet d'aménager plusieurs types de paysages. Or, les typologies paysagères peuvent

varier d'un territoire à l'autre. Par exemple, un territoire marin aura dans sa déclinaison de l'outil un type paysager "littoral" alors qu'un territoire montagnard pourrait avoir une typologie de "chemin de randonnée". Les essences patrimoniales qui se rattachent à chaque type paysager varient également d'un territoire à l'autre. Enfin, comme l'outil est utilisé en milieu urbain, il est important de prendre en compte les préconisations existantes sur des espaces patrimoniaux, telles que celles des Architectes et Bâtiments de France (ABF), qui elles aussi sont variables d'une collectivité à une autre.

2. Un fonctionnement pour les utilisateurs et utilisatrices en quatre étapes

L'outil web de Sésame est disponible sur le site du Cerema. Il se veut simple d'utilisation et accessible pour tous les publics. L'outil est conçu pour être utilisé dans le cadre d'espaces urbains à aménager. L'utilisatrice ou l'utilisateur sélectionne les caractéristiques du lieu en fonction de l'espace à aménager, les services écosystémiques prioritairement souhaités et les contraintes présentes comme représentée sur la Figure 2. Sésame fournit alors les dix meilleurs arbres, les six meilleurs arbustes et les deux meilleures grimpantes à planter sur cet espace. Dans les parties suivantes, nous allons voir en détail les différentes étapes de conception de l'outil.

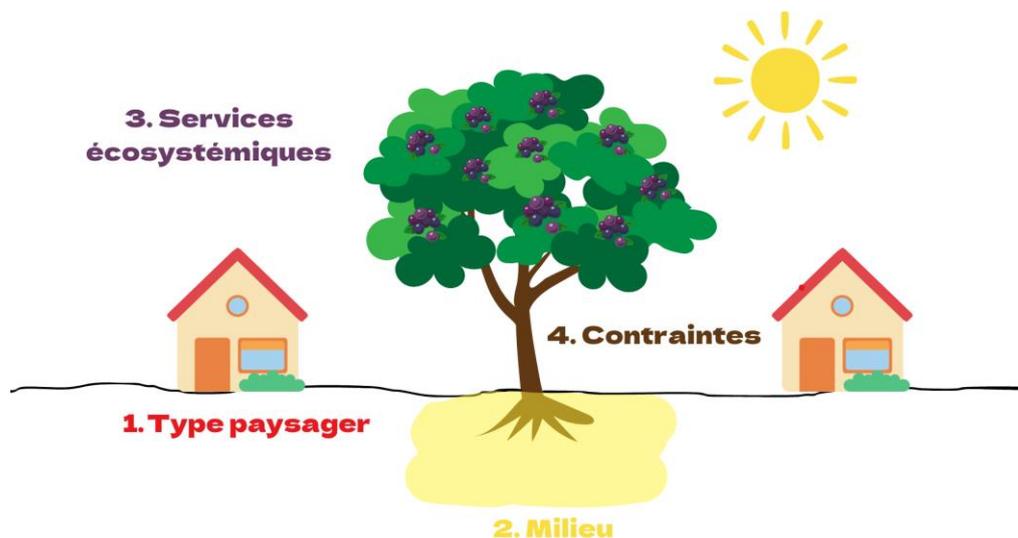


Figure 2 : Représentation de l'utilisation de l'outil Sésame (source : autrice)

2.1 Choisir le type de paysage

La première étape dans un aménagement paysager est de déterminer le type de paysage de l'espace. La version messine de Sésame propose seize typologies paysagères différentes. Elles ont été classées en quatre grandes familles au regard de leurs usages, des services paysagers attendus et des contraintes à prendre en compte (Figure 3). Il est important de préciser qu'ici, l'exemple pris est celui de Metz. Ainsi, comme "espace d'identité locale", on trouve la typologie paysagère "usoir". L'usoir est une terminologie de Lorraine et Champagne-Ardennes, qui désigne l'espace du domaine public entre la chaussée et le bâti. Les autres déclinaisons en cours proposent des adaptations ou de nouveaux types paysagers représentatifs des caractéristiques locales.



Figure 3 : Présentation des différents types paysagers de Sésame Metz (source : Méthodologie de Sésame Metz, conception graphique de Nadia Aubry Cerema)

Sur l'application web (Annexe I), l'utilisateur ou l'utilisatrice choisit un type de paysage parmi les différentes propositions. Une courte explication de chaque espace est présente pour l'aider à faire son choix.

2.2 Préciser le milieu

La deuxième étape consiste à préciser le milieu concerné par l'espace à aménager. Pour cela, l'utilisatrice ou l'utilisateur doit commencer par renseigner le type de sol. Deux critères sont pris en compte : l'humidité du sol et son pH. Pour l'humidité, l'application offre trois choix : sec, frais et humide. De même, le pH peut être acide, neutre ou basique. Si le type de sol n'est pas connu, une case "je ne sais pas" est présente.

Le milieu est aussi caractérisé par la luminosité de l'espace. Un gradient allant de "ombre" à "ensoleillé" permet de renseigner ce paramètre.

Enfin, l'utilisatrice ou l'utilisateur peut sélectionner des "résiliences" pour l'espace. Il est conseillé d'en choisir trois ou moins pour une utilisation optimale de l'outil. Les résiliences correspondent aux fortes contraintes auxquelles les végétaux vont avoir à faire face. L'outil en propose neuf : tolérer les sols calcaires, les sols pauvres, les sels de déneigement, les fortes chaleurs, les fortes sécheresses, les courtes inondations, les fortes gelées, les sols compacts ou les vents forts.

2.3 Choisir les services écosystémiques à privilégier

La particularité de Sésame est de considérer les aménagements paysagers en fonction des services écosystémiques qu'ils peuvent apporter. L'application en propose un large choix : adaptation au climat urbain, régulation des polluants particuliers, régulation des polluants gazeux, régulation du microclimat, régulation de l'érosion de surface, stabilisation des pentes, support de biodiversité, régulation du ruissellement, rôle paysager et approvisionnement pour l'Homme. L'utilisatrice ou l'utilisateur choisit une note allant de 1 à 10 pour chaque SE proposé. Pour une utilisation optimale de l'outil, il est conseillé de se référer à cette grille de notation :

- De 9 à 10 : service recherché en priorité pour l'aménagement de l'espace. Il est conseillé de ne pousser qu'un seul service écosystémique à cette note.
- De 7 à 8 : service très important pour l'aménagement de l'espace.
- De 4 à 6 : service pouvant être recherché pour l'aménagement de l'espace, mais à titre secondaire.
- De 0 à 3 : service qui n'est pas attendu pour l'aménagement de l'espace.

Il est important de souligner, qu'en raison de la crise de la biodiversité en cours, le service écosystémique "support de biodiversité" ne peut pas voir sa note descendre en dessous de 4.

Les prochains paragraphes vont présenter en détails chaque SE proposé par l'outil Sésame.

2.3.1 Adaptation au climat urbain

Ce premier service écosystémique n'en est pas vraiment un. Il est surtout présent ici pour favoriser les espèces résistantes au climat urbain. En ville, les conditions sont rudes pour les végétaux. Ils manquent de sol, sont souvent exposés à de fortes chaleurs et à des périodes de sécheresse. Cet indicateur permet de favoriser des essences résistantes à ces conditions. Il peut être utilisé dans le cas d'aménagements dans des centres urbains denses souvent enclins aux îlots de chaleur urbains par exemple.

2.3.2 Régulation de la qualité de l'air

La végétation en ville influence la qualité de l'air pour les habitantes et habitants. Les plantes absorbent des polluants gazeux via les stomates et les adsorbent, c'est-à-dire fixent les polluants sur la surface des feuilles. De plus, la végétation urbaine consomme du CO₂ via la photosynthèse, ce qui peut avoir un impact positif en réduisant le niveau de gaz dans l'atmosphère (Mestayer & Brunet, 2015). Même si l'impact de la végétation en milieu urbain est principalement positif, il est essentiel de souligner qu'il existe des points négatifs de l'arbre en ville sur la qualité de l'air. Certains arbres émettent des composés organiques volatils (COV) qui peuvent contribuer à la formation de l'ozone (Nowak & Van den Bosch, 2019).

Pour l'instant l'outil Sésame prend seulement en compte les bienfaits des végétaux sur la qualité de l'air en permettant de sélectionner les espèces à grande surface foliaire et persistante. Mais, la question des COV est prévue d'être étudiée par la suite.

2.3.4 Régulation du micro-climat

Les arbres et arbustes sont souvent plantés en milieu urbain pour rafraîchir les villes. La végétation permet de baisser la température en climat urbain de 2 à 5°C si elle n'est pas en état de stress hydrique (CSTB, 2012). En effet, l'ombre apportée et l'évapotranspiration génèrent un climat plus agréable pour les habitantes et habitants. La rugosité des feuilles est aussi prise en compte, ainsi qu'un indice de transpiration estivale. Ces caractéristiques permettent de limiter les ICU ou les phénomènes de surchauffe urbaine. Comme les autres services, mais particulièrement pour celui-ci, il est essentiel que l'arbre soit en bonne santé avec un apport en eau qui correspond à ses besoins, surtout lors de ses premières années de vie.

2.3.5 Régulation de l'érosion de surface et stabilisation des pentes

Ces deux SE sont présentés de façon distincte dans l'application. Néanmoins, ils sont établis avec les mêmes données bibliographiques, d'où cette présentation commune. Les végétaux ont des propriétés de stabilisation des pentes grâce à leur système racinaire (Nilaweera & Nutalaya, 1999). Ce phénomène se produit de deux façons. Le premier agit par renforcement mécanique du sol. Les racines se lient aux particules du sol et limitent les mouvements d'eau et de sol. Le deuxième fonctionne par production de composés organiques liants. Ils sont consommés par des micro-organismes du sol et rejettent d'autres composés liants. Le nombre d'agrégats stables dans le sol est augmenté. Ces deux services écosystémiques sont les seuls de Sésame qui ne s'intéressent pas à la partie aérienne des végétaux. Un arbuste avec un bon système racinaire, c'est-à-dire avec des racines profondes, denses et obliques, peut parfaitement remplir ce critère. Enfin, il est essentiel aussi de souligner que les notes attribuées aux essences concernant la régulation de l'érosion et la stabilisation des pentes dépendent étroitement de l'environnement dans lequel le végétal est planté et de ces conditions d'entretien.

2.3.6 Support de biodiversité

Le support de biodiversité n'est pas un SE au sens propre. Néanmoins, son bénéfice participe indirectement aux humains. De plus, participer à un apport de biodiversité permet de favoriser d'autres SE et de rendre les territoires plus résilients. Ce service englobe différents aspects de la biodiversité. Tout d'abord, il note la capacité des essences à accueillir de la faune (oiseaux, insectes, chiroptères...). Il note aussi la capacité de l'arbre à accueillir des sites de nidification. Enfin, le critère évalue aussi la source de nourriture pour les granivores (qui se nourrissent de grains), frugivores (qui se nourrissent de fruits mûrs), phytophages (qui se nourrissent de matière végétale), xylophages (qui se nourrissent de bois) et pollinisateurs. Il est important de souligner que la gestion de l'espace impacte grandement sa capacité à accueillir de la biodiversité. Par exemple, la fauche tardive ou le maintien de bois mort au sol impacte positivement la présence de biodiversité (David, 2023). Néanmoins, ces composantes ne sont, pour l'instant, pas étudiées dans l'outil Sésame car ce ne sont pas des critères qui varient selon les essences présentes.

2.3.7 Régulation du ruissellement

Les végétaux permettent une régulation du ruissellement sur plusieurs aspects. Tout d'abord, la canopée peut intercepter l'eau de pluie lors d'averses et protéger les cyclistes et piétons. Ce phénomène est qualifié d'interception. Même si la canopée est très dense et peut capter beaucoup d'eau, une partie rejoint tout de même le sol. Les végétaux peuvent aussi faciliter l'infiltration via leurs systèmes racinaires (Rey et al., 2004). Les espèces avec un système racinaire dense apportent davantage de porosité au sol et permettent une meilleure infiltration de l'eau. Enfin, les végétaux sont de grands consommateurs d'eau, notamment grâce au phénomène de transpiration. Les espèces consommant de grandes quantités d'eau peuvent paraître intéressantes pour réguler le ruissellement de l'eau de pluie. En effet, plus un arbre ou arbuste consomme de l'eau de pluie, plus il transpire et moins la surface au sol sera saturée lors d'événements pluvieux importants. Même si ce SE est important en ville, il ne faut pas pour autant proposer seulement des espèces grandes consommatrices en eau. Il reste quand même plutôt préférable, dans le contexte climatique actuel et particulièrement en Occitanie qui est un territoire sec et chaud, de choisir des espèces qui peuvent transpirer abondamment, tout en tolérant les sols secs.

2.3.8 Rôle paysager

Les végétaux apportent un rôle paysager en milieu urbain. Ils permettent de structurer ou d'animer l'espace, d'apporter du confort ou de donner une dimension symbolique grâce à leur esthétique (Silva, 1997). Ce SE repose sur deux axes. Le premier concerne directement l'essence et ses rôles dans l'espace public. Le second, étudie la compatibilité entre l'espace et l'espèce. Par exemple, les espèces produisant des fruits toxiques seront immédiatement enlevées des propositions dans le cadre d'un aménagement dans une cour d'école.

2.3.9 Approvisionnement pour l'Homme

Le SE d'approvisionnement pour l'Homme a été ajouté à partir de la deuxième version de Sésame Metz. Dans cette déclinaison, seules les espèces produisant des fruits charnus ou des fruits à coques consommables directement sans transformation, intéressants d'un point de vue gustatif pour l'Homme ont été prises en compte. Si les espèces étudiées ont des fruits qui ne sont pas gustatifs pour l'Homme, alors elles ne remplissent pas ce critère, mais seront valorisées à travers le service écosystémique "support de biodiversité". Dans les villes, les arbres fruitiers sont souvent cantonnés aux vergers. Cette séparation peut s'expliquer de manière culturelle. De plus, les plantes à fruits peuvent présenter certaines contraintes. On peut penser à l'aspect salissant des fruits, leur toxicité ou leur possible chute sur la voie publique. Et pourtant, favoriser ce SE dans la ville permet d'introduire ou de réintroduire des espèces fruitières traditionnelles locales, de proposer un accès gratuit à des fruits ou de favoriser la pédagogie autour d'ateliers participatifs.

L'outil Sésame et sa méthodologie associée sont en perpétuelle évolution au fur et à mesure des déclinaisons. Et dans la version méditerranéenne de Sésame, les espèces produisant des feuilles qui peuvent être utilisées en infusion ont été ajoutées. L'idée a été proposée lors des COPIL du projet. Il est donc tout à fait possible que ce caractère soit utilisé dans d'autres versions de l'outil. Et même d'y ajouter d'autres services d'approvisionnement tels que l'exploitation du bois pour l'énergie ou l'utilisation des racines pour des applications médicinales (Osseni et al., 2020).

2.4 Préciser les contraintes du projet

Même si le végétal en ville apporte de nombreux bénéfices, ils peuvent parfois être source de contraintes. Avoir la possibilité de sélectionner des végétaux qui ne présentent pas ces indésirabilités permet de montrer qu'il existe des végétaux adaptés pour chaque type de projet.

2.4.1 Les contraintes sanitaires et physiques

Dans un milieu anthropisé, le végétal présente des contraintes indésirables pour les humains. En plus des conditions de plantations et d'entretiens, les arbres, arbustes et plantes grimpantes posent des problématiques sanitaires et physiques. Elles sont répertoriées dans l'outil. Les utilisatrices et utilisateurs ont le choix entre onze contraintes proposées : risque allergique, racines superficielles ou puissantes susceptibles de causer des dommages, branches cassantes, risque de chablis, fructification pouvant entraîner des dommages, grande envergure, dépôt de miellat, fruits malodorants, fruits toxiques, caractères épineux ou grande hauteur. Pour une utilisation optimale de l'outil, il est conseillé de ne sélectionner que deux à trois contraintes indésirables dans le projet d'aménagement, sachant que certaines contraintes sont automatiquement sélectionnées pour certains types de paysages. Par exemple, la contrainte "fruits toxiques" est directement prise en compte si le projet porte sur un type paysager "cour d'école".

Enfin, un onglet sur l'application permet de décider d'éliminer les espèces qui présentent de graves problèmes sanitaires, susceptibles de mettre en cause la réussite de l'aménagement paysager. A l'aide d'un curseur, les personnes utilisant l'application Sésame peuvent varier le degré d'importance du critère entre "espèces résistantes", "espèces plutôt résistantes" et "toutes les espèces".

2.4.2 L'origine des végétaux

Enfin, la dernière étape, qui est une contrainte car c'est un critère d'exclusion, est de choisir l'origine géographique des végétaux. Les espèces locales peuvent être favorisées dans le panel proposé. C'est très pertinent, par exemple dans le cas d'aménagement péri-urbains. Si l'utilisatrice ou l'utilisateur le souhaite, les espèces locales peuvent aussi être exigées, par exemple sur des trames vertes ou bleues.

3. Un bouquet d'espèces diversifiées et adaptées aux enjeux

Après avoir paramétré toutes les informations précédentes, l'application propose les dix meilleurs arbres, les six meilleurs arbustes et les deux meilleures plantes grimpantes. Pour chaque essence, on obtient une fiche détaillée comme celle présentée en annexe II. Dans cette fiche on retrouve toutes les caractéristiques précédentes : le milieu dans lequel l'espèce peut être plantée, ses caractéristiques morphologiques, sa note pour chaque SE, ses tolérances, ses contraintes, les types de paysages adaptés et ses rôles paysagers.

II. Méthodes

A. Présentation de Sésame aux territoires

1. Sésame : un outil à l'échelle territoriale

Après discussion avec des agents du Cerema ayant développé Sésame sur différents territoires, il a été plus facile et clair d'appréhender au mieux le développement de l'outil en Occitanie. Tout d'abord, l'outil se développe à l'échelle d'une collectivité. Comme Toulouse Métropole avait déjà sollicité le Cerema dans le passé pour la déclinaison de l'outil Sésame sur son territoire, nous avons continué de prospecter sur ce territoire.

Toulouse Métropole s'étend sur 460 km² et regroupe 37 communes, soit plus de 806 000 habitants. Nous avons repris contact avec eux au cours de ce stage pour commencer le déploiement de Sésame en Occitanie sur ce territoire. La métropole de Toulouse est adhérente au Cerema, ce qui facilite les contrats entre les deux instances. Par ailleurs, la ville de Toulouse, qui est incluse dans la métropole, s'est engagée dans un "plan 100 000 arbres". L'objectif est de planter 100 000 arbres nets d'ici 2030 sur son territoire. Avoir un outil d'aide à la décision les aiderait dans la bonne réalisation de ce projet.

Pour toutes ces raisons, nous avons décidé de commencer les démarches pour développer l'outil Sésame sur le territoire de Toulouse Métropole, tout en continuant de le présenter à d'autres territoires qui seraient susceptibles d'être intéressés par la suite. Comme la déclinaison de l'outil nécessite un travail important, la direction territoriale Occitanie du Cerema préfère se concentrer sur un territoire à la fois.

2. Présentation aux collectivités

Toulouse Métropole a signé le 22 avril 2024 une convention de partenariat avec le Cerema dans le cadre du Contrat de Ville de Toulouse Métropole 2024 – 2030. Le développement de la nature en ville dans le cadre des projets de rénovation urbaine est l'une des thématiques retenues dans le cadre de cette convention. C'est dans ce cadre qu'une rencontre a été organisée avec le responsable de mission "Plan 100 000 arbres" et la chargée de mission transition écologique de la Direction de la Politique de la ville. Cette première rencontre a eu lieu le 14 juin 2024 et a permis de présenter l'outil Sésame, son intérêt et la méthodologie suivie pour le développer à l'échelle d'un territoire. La Métropole a directement vu l'intérêt du développement de l'outil.

En parallèle, nous avons commencé à démarcher d'autres collectivités, ayant déjà montré un intérêt pour les sujets de la nature en ville et de l'arbre en particulier, dans l'objectif de développer Sésame sur leur territoire dans un second temps. Si le territoire de Toulouse Métropole reste la priorité, il est toujours bon d'anticiper et de commencer à semer l'idée Sésame auprès d'autres collectivités de l'Occitanie.

Pour résumer, voici représenté dans le Tableau 1, les départements, métropoles et villes qui ont été contactées :

Tableau 1 : Résumé des collectivités contactées pour développer l'outil Sésame sur leur territoire

Collectivité	Informations	Relation par rapport aux autres territoires
Toulouse Métropole	Métropole de plus de 800 000 habitantes et habitants répartis en 37 communes.	Appartient au département de la Haute-Garonne.
Blagnac	Commune située au nord de Toulouse et appartenant à Toulouse Métropole. La ville compte 26 000 habitantes et habitants répartis sur 16.88 km ² .	Appartient à Toulouse Métropole.
Conseil départemental de la Haute-Garonne	Le département de la Haute-Garonne s'étend sur 6 309 km ² avec 1.3 millions d'habitantes et d'habitants regroupés en 586 communes.	Inclut Toulouse Métropole.
Conseil départemental des Pyrénées Orientales	Le département des Pyrénées Orientales s'étend sur 4 116 km ² avec 487 301 habitantes et habitants regroupés en 226 communes.	

3. Identification d'un réseau d'acteurs

Le déploiement de Sésame à l'échelle d'un territoire nécessite qu'une gouvernance de projet soit mise en place. Elle s'organise autour d'un COPIL (comité de pilotage) et d'un COTECH (comité technique).

La collectivité partenaire du développement de Sésame choisit les personnes qui seront autour de la table lors de ces comités. Le Cerema lui fait des propositions d'organismes qui pourraient apporter des connaissances notamment techniques, botaniques ou paysagères.

Après des recherches sur les actrices et acteurs qui existent sur le territoire Occitan, voici sur la Figure 4 l'organisation du réseau des acteurs regroupés par catégories.

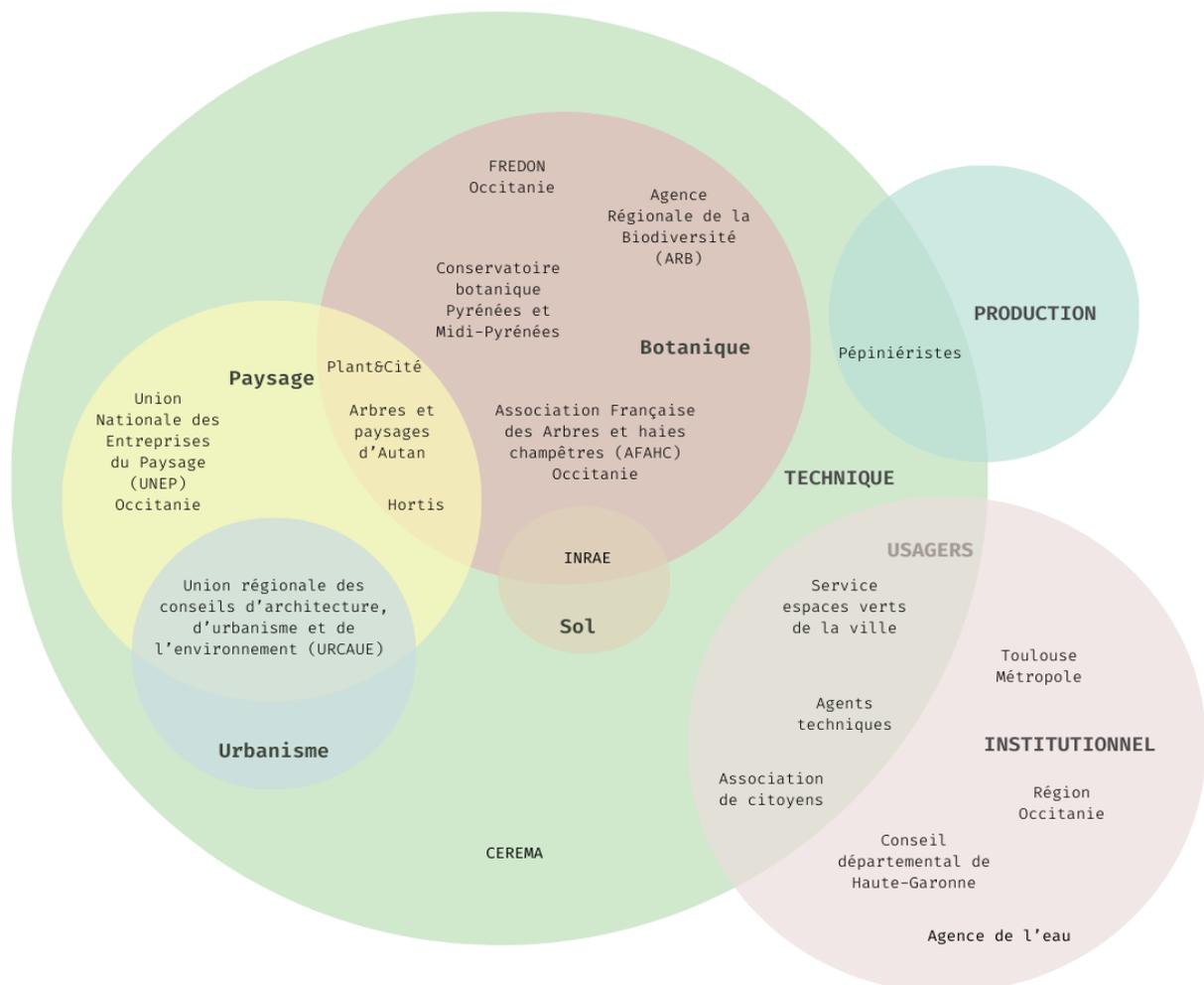


Figure 4 : Représentation des acteurs utiles aux développements de l'outil Sésame à Toulouse Métropole (source : autrice)

Parmi ces organismes identifiés, nous avons pu nous entretenir avec :

- Toulouse Métropole
- Le conseil départemental de Haute-Garonne
- L'Agence de l'eau
- Fredon Occitanie
- L'Agence Régionale de la Biodiversité (ARB)
- Le Conservatoire Botanique Nationale des Pyrénées et des Midi-Pyrénées
- Plante & Cité
- Arbres et paysages d'Autan
- L'Association Française des Arbres et des Haies Champêtres (AFAHC) Occitanie
- Hortis
- ADEME
- Région Occitanie
- Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (Dreal)
- Office Française de la Biodiversité (OFB)

Et les contacts à venir sont avec :

- Union régionale des Conseils d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement (CAUE)
- Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation, l'Environnement (INRAE)

4. La proposition technique et financière

Enfin, pour valider le projet il faut créer un contrat entre le Cerema et la métropole de Toulouse. Il prend la forme d'une Proposition Technique et Financière (PTF) qui établit le contexte, le besoin et le contenu de la prestation, son coût, sa durée et ses livrables. Ce type de prestation s'établit pour une durée d'un an et demi à deux ans.

B. Création d'une palette végétale adaptée au climat actuel et futur de Toulouse Métropole

La première étape d'un point de vue technique pour développer Sésame en Occitanie est de créer une palette végétale adaptée au territoire, à son climat d'aujourd'hui et de demain. Généralement, chaque déclinaison compte une palette végétale de plus de 200 espèces. La moitié sont des espèces indigènes et l'autre moitié, des espèces exotiques. La méthodologie suivie pour créer la palette a d'abord été de sélectionner des essences qui sont déjà plantées sur le territoire. Pour cela, des documents locaux qui proposent et étudient des arbres, arbustes et grimpantes ont été étudiés. Ensuite, sont venues compléter la base, des plantes trouvées grâce à d'autres bases de données moins spécifiques au territoire. Puis, pour savoir si les espèces proposées sont adaptées au climat actuel et futur du territoire, l'aire de répartition de chaque plante a été étudiée. Enfin, comme l'outil Sésame est en faveur de la biodiversité, le caractère invasif des espèces a été étudié.

1. Contexte géographique et climatique de Toulouse Métropole

Toulouse métropole a un climat de type Bassin du Sud-Ouest (Figure 5). Il est principalement caractérisé par une moyenne annuelle de température élevée et un nombre important de jours chauds (Figure 6). A l'inverse, le nombre de jours avec un gel inférieur à -5°C sont peu nombreux. Les précipitations sont plus fréquentes en hiver qu'en été. Mais en hiver, l'intensité des précipitations est plus faible qu'en été. Pendant la période hivernale, les précipitations sont océaniques, alors que pendant la saison estivale, les précipitations orageuses viennent de l'Espagne et du golfe de Gascogne (AREC Occitanie, 2022).

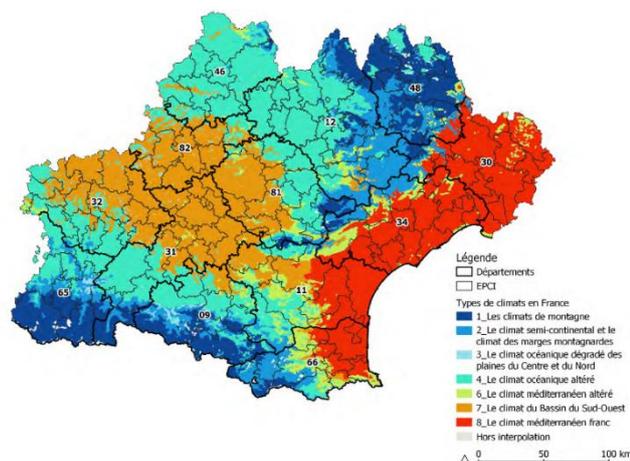


Figure 5 : Type de climats en Occitanie (Source : Oreo à partir de "les types de climats, une construction spatiale")

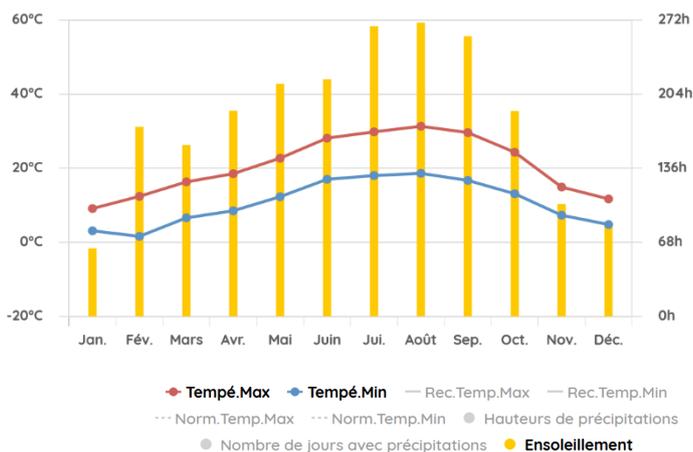


Figure 6 : Moyenne des températures maximales, minimales et de l'ensoleillement à Toulouse (source : Météo France)

Pour prévoir une palette végétale adaptée au territoire, il faut également prendre en compte le climat futur. J'ai choisi d'étudier le scénario à l'horizon 2050, dans le cas où l'on se trouverait dans une France à +2,7°C. Les valeurs de référence ont été prises sur la période 1976-2005. Dans un souci de clarté, les données citées par la suite sont les valeurs médianes. D'un point de vue chaleur et sécheresse, le climat va se dégrader à Toulouse. Les températures seront plus chaudes pendant toutes les saisons avec une augmentation de 2°C en hiver, 1,5°C au printemps, 2,3°C en été et 2,4°C en automne. Le nombre de jours avec un

risque significatif de feu de végétation va passer de 6 à 14. Et le nombre de jours par saison avec sols secs tendra aussi à augmenter, passant de 11 à 13 jours en hiver, de 11 à 16 jours au printemps, de 68 à 78 jours en été et de 65 à 74 jours en automne. Enfin, le nombre de jours annuels très chauds, soit avec une température supérieure à 35°C, va passer de 2 à 9 jours par an. Concernant les précipitations, le cumul en mm sur chaque saison va augmenter en hiver et au printemps, mais il va diminuer en été et à l'automne. Le nombre de jours par saison avec précipitations évolue de la même manière. Le nombre annuel de gel devrait baisser en passant de 25 jours à 12 jours (Météo France, 2024).

Pour compléter le propos, l'outil Climate Change Explorer (Annexe III) permet de voir le climat futur d'une ville en fonction du scénario du GIEC choisi. Pour Toulouse, si on choisit un scénario tendanciel (scénario SSP3-7.0 du GIEC), on se rend compte qu'entre 2041 et 2060, le climat toulousain sera proche :

- Du climat de Dalby, de Tamworth et de Dubbo en Australie entre 1970 et 2000
- Du climat de Constantine et de Souk Ahras en Algérie entre 1970 et 2000
- Du climat de Castelo Branco et de Évora au Portugal entre 1970 et 2000

Donc, le climat toulousain va se rapprocher de celui des villes australiennes et des villes du pourtour méditerranéen dans les prochaines dizaines d'années. Ces données serviront par la suite à trouver des espèces qui poussent déjà dans ces types de climat.

Même si la santé et la durée de vie des arbres en milieu urbain est plus faible qu'en milieu rural, les arbres peuvent vivre plusieurs dizaines d'années en ville (Roman & Scatena, 2011). C'est pourquoi, il faut veiller à ce que les essences proposées puissent vivre dans les conditions actuelles et futures.

2. Les données existantes

2.1 Les documents concernant le territoire de Toulouse Métropole

Pour créer la palette végétale, il a d'abord fallu regarder les propositions d'arbres, arbustes et plantes grimpantes déjà recommandées sur le territoire de Toulouse. Le but principal de l'outil est qu'il soit utilisé. Quoi de mieux que de commencer en proposant des espèces qui ont déjà l'habitude d'être plantées par les collectivités et les particuliers sur le territoire ? Pour créer la base de données initiale, quatre documents ont été étudiés.

2.1.1 Le guide Plantons Local en Occitanie

Le premier document est le guide "Plantons Local en Occitanie" (Annexe IV), publié par l'ARB Occitanie en mai 2023. Le guide offre à la fois des explications sur l'importance de planter des essences locales, des bonnes pratiques à mettre en place pour planter des espèces locales et des propositions de palettes végétales. Selon l'ARB, le choix de planter local favorise la biodiversité, accueille et favorise la mobilité des espèces, conforte l'identité du territoire, organise la résilience face au changement climatique et permet un entretien limité. Les palettes végétales proposées comportent des plantes de la strate arborée, arbustive, herbacée et des plantes grimpantes. Les espèces sont présentées sous forme de tableau. Comme information, nous pouvons retrouver l'aire biogéographique associée et des paramètres qui peuvent servir de critère de sélection comme la luminosité nécessaire, le type de sol où l'espèce peut s'épanouir, le type de feuillage, la période de floraison et la température tolérée. Cette ressource a permis de sélectionner dans un premier temps toutes les espèces de la strate arborée, de la strate arbustive et les plantes grimpantes associées à l'aire biogéographique Sud-Ouest, à laquelle appartient la métropole toulousaine.

2.1.2 Le Plan Local d'Urbanisme intercommunal

En 2019, le PLUi a été publié avec un volet habitat qui comporte une proposition de palette végétale. Le document présente aussi des bonnes pratiques de plantations et tend à prioriser les espèces locales. Les essences présentées sont supposées pouvoir assumer un réchauffement climatique de quelques degrés et sont rustiques. L'outil Sésame va également dans ce sens car le but est de créer une palette adaptée aux conditions climatiques actuelles et futures. Enfin, pareillement à Plantons Local en Occitanie, le guide indique des caractéristiques morphologiques des espèces ainsi que les besoins à son bon développement.

2.1.3 Le plan 100 000 arbres à Toulouse

Dans le cadre du Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET), la ville de Toulouse s'est engagée à planter 100 000 arbres entre 2020 et 2030. Le projet mixe tous types de plantations, allant de l'arbre d'alignement aux forêts urbaines en passant par des bosquets. Pour mener à bien ce projet, la ville de Toulouse a élaboré une palette végétale. Contrairement aux documents précédents, la palette présente une grande majorité d'espèces exotiques, principalement en provenance de Californie.

2.1.4 Des fleurs sur mon mur

Enfin, la dernière ressource toulousaine provient de l'opération "des fleurs sur mon mur". Il s'agit d'une démarche participative qui invite les toulousaines et toulousains à s'impliquer dans la végétalisation urbaine. La ville propose de végétaliser des pieds d'arbres, des barrières de la ville, des petits espaces verts publics et des pieds de façade. C'est cette dernière qui nous intéresse. En effet, la ville propose un large choix de plantes grimpantes, avec, comme le plus souvent, les caractéristiques morphologiques et les conditions biotiques dans lesquelles l'espèce s'épanouira. Ce document permet de compléter la base de données initiale de Sésame grâce à sa proposition de plantes grimpantes.

2.2 Les ressources en ligne

Comme expliqué précédemment, le climat toulousain va s'apparenter dans les prochaines années au climat du pourtour méditerranéen de la fin du XXe siècle. Pour compléter la base de données, le document répertoriant les principales essences présentes à Barcelone a été étudié (Barcelona Metropolis, 2023). De plus, la ville subit déjà des périodes de sécheresse et des vagues de chaleur importantes. Il est essentiel pour Toulouse Métropole de s'inspirer de villes qui subissent déjà des conséquences du changement climatique pour proposer des essences adaptées.

Plus largement, il existe d'autres bases de données en ligne qui sont plus générales. Dans le cas de ce projet, Floriscope¹ et Tela Botanica² ont été les principales. Elles ont été, dans un premier temps, utilisées pour compléter la palette végétale proposée pour Toulouse Métropole. Puis, par la suite, elles ont servi à indiquer les critères morphologiques et les conditions de culture des espèces. Pour trouver des arbres, arbustes et plantes grimpantes adaptées au climat toulousain, la méthode suivie a été de se rendre sur les bases de données en ligne et de cocher des critères de sélection adéquate. Pour Floriscope, les critères choisis qui sont représentés dans le Tableau 2 ont été :

Tableau 2 : Récapitulatif des critères retenus dans le choix des espèces sur la base de données Floriscope

Strate	Catégorie horticole	Humidité du sol
<ul style="list-style-type: none">- Arborée 1ère grandeur (h>20m)- Arborée 2ème grandeur (13h<20m)- Arborée 3ème grandeur (6<h<13m)- Arbustive haute"- Grimpante	<ul style="list-style-type: none">- Conifères- Gymnospermes (hors conifères)- Ligneux- Rosiers	<ul style="list-style-type: none">- Sec- Très sec- Frais- Humide

¹ floriscope.io

² tela-botanica.org

En préambule des espèces choisies grâce à eVeg de Tela Botanica, il faut savoir que la végétation climacique appartient à une unité écologique très vaste appelé biome, dont les conditions édaphiques c'est-à-dire les caractéristiques abiotiques du sol tel que le drainage, la texture et les propriétés physico-chimiques sont à leur apogée. Les zonobiomes sont des zones climatiques correspondant aux plus grandes unités de végétation

Sur la base eVeg, les données regardées ont été :

- Les arbres climaciques du zonobiome tempéré modale (Figure 7)



Figure 7 : Carte de répartition en Europe des arbres climaciques du zonobiome tempéré modal (source : eVeg)

- Les arbres climaciques des zonobiomes tempérés chauds (Figure 8)



Figure 8 : Carte de répartition en Europe des arbres climaciques des zonobiomes tempérés chauds (source : eVeg)

Les données spécifiques à Toulouse et les données en ligne, qui se sont souvent recoupées, ont permis de constituer une première liste composée de plus de 250 espèces. Ces espèces ont ensuite été étudiées plus en profondeur pour savoir si elles étaient bien adaptées au climat toulousain actuel et futur. Cette étude se poursuit dans les parties suivantes.

3. Le choix des essences retenues

Après avoir collecté les essences, il a fallu déterminer lesquelles étaient adaptées au climat toulousain. Pour cela, deux critères sont entrés en jeu. Le premier est l'aire de répartition des essences. Comme les essences vont être plantées dans un milieu urbain, chaud et sec, il a fallu trouver des espèces qui répondent à ces conditions. Pour en juger, l'aire de répartition a été regardée. Dans un second temps, le caractère exotique de chaque essence a été étudié pour ne pas proposer d'espèces qui ont un risque invasif.

3.1 Des espèces adaptées au climat : le critère de l'aire de répartition

Pour juger de l'adaptation de l'espèce au climat actuel et futur de Toulouse, l'aire de répartition présente sur le site internet de l'inventaire national du patrimoine naturel³ a été regardée pour chaque essence. Si l'espèce est déjà présente en France et principalement dans des pays au Sud de la France, alors elle est retenue. Mais si la présence dans le monde est trop faible, l'espèce n'est pas retenue. Cela ne veut pas forcément dire qu'elle ne serait pas adaptée à Toulouse. C'est simplement, qu'il y a un risque qu'elle ne le soit pas. Une essence présente partout dans le monde a plus de chance d'être aussi adaptée au territoire de Toulouse Métropole qu'une essence peu présente.



Figure 9 : Présence mondiale de *Photinia serrulata* (source : INPN)

La Figure 9 montre une faible présence mondiale de *Photinia serrulata*. La plante qui était préconisée dans le PLUi n'a pas été retenue.

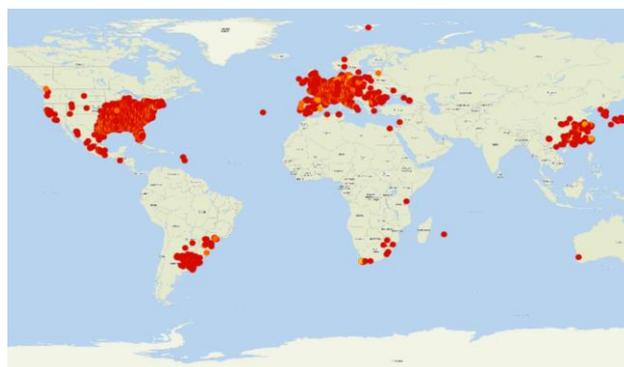


Figure 10 : Présence mondiale de *Taxodium distichum* (source : INPN)

³ inpn.mnhn.fr

Alors que le *Taxodium distichum* (Figure 10) est présent en nombre sur tous les continents. On considère qu'il est adapté au climat occitan.

L'aire de répartition de chaque espèce a été regardée et a permis d'affiner la base de données pour Sésame Toulouse.

3.2 La notion d'espèces exotiques envahissantes

3.2.1 Les espèces exotiques envahissantes et le danger pour la biodiversité

“Une espèce exotique envahissante dans un territoire est une espèce animale ou végétale exotique, c'est-à-dire non indigène sur ce territoire, dont l'introduction par l'homme, volontaire ou fortuite, y menace les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences écologiques, économiques et sanitaires négatives” (Muller et al., 2023). L'introduction d'espèces exotiques envahissantes (EEE) représente la cinquième cause de l'effondrement de la biodiversité (IPBES, 2019). L'Europe est particulièrement touchée avec une augmentation du nombre d'EEE de 76% depuis les années 1970 (Sundseth, 2016). Il est important de prendre en compte cette donnée lorsque l'on propose une palette végétale qui contient des espèces exotiques. La politique générale de Sésame est de favoriser la biodiversité. Le critère biodiversité est notamment d'une note minimum de 4 pour favoriser le critère “support de biodiversité” dans tous les aménagements. Donc, les EEE ne ressortent pas parmi les espèces résultant de l'application.

3.2.2 Vérification du caractère envahissant et indigène de chaque espèce

Le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP) auquel appartient le territoire de Toulouse a publié en 2021 une liste des EEE Occitane (Cottaz & Dao, 2021). Pour chaque plante, le caractère exotique envahissant a été regardé. Le CBNPMP classe les espèces exotiques envahissantes en deux niveaux :

- Les taxons potentiellement envahissants (suivant la stratégie régionale relative aux plantes exotiques envahissantes d'Occitanie)
- Les taxons exotiques envahissants

Toutes les espèces qui présentent un risque envahissant ont été enlevées de la palette végétale.

3.2.3 Questionnement sur la pertinence quant à la prise en compte des EEE

Pour rappel, les EEE peuvent, à l'heure actuelle, figurer dans la base de données sur certaines déclinaisons, mais ne ressortiront pas lors des recommandations d'espèces. Elles peuvent donc avoir une fiche espèce qui indique le caractère envahissant de l'espèce. La raison pour laquelle les EEE sont toutefois maintenus dans la base est que certaines espèces sont symboliques du territoire malgré leur caractère d'EEE. Par exemple à Lyon, le févier d'Amérique est une espèce patrimoniale de la ville et très utilisé par les services des espaces verts. Or, elle est classée comme espèce invasive par les Conservatoires Botaniques Nationaux. Les COPIL ont pour l'instant décidé de la garder dans la base de données et discutent au cas par cas sur la possibilité de la proposer lors des aménagements.

C. Étude des services écosystémiques de chaque essence

1. Principe général

Chaque essence a une note pour chacun des SE présentés dans la partie I.C. Les notes sont établies grâce aux critères morphologiques de la plante. Il faut également renseigner les milieux idéals de plantations, les contraintes et les tolérances de chaque essence. Pour cela, il faut rechercher dans la littérature les informations nécessaires. La majorité des critères étudiés sont identiques d'un territoire à l'autre. Il est donc possible de récupérer les données sur d'autres déclinaisons déjà existantes. Mais certaines informations recueillies pour la définition du SE "support de biodiversité" ou l'adaptation au climat local sont spécifiques au territoire. Cela veut dire que même les espèces déjà étudiées sur d'autres déclinaisons de Sésame nécessitent de collecter des données spécifiques.

Pour l'instant, la direction territoriale Occitanie propose d'étudier les SE déjà présents sur les autres déclinaisons de Sésame. Bien entendu, chaque COPIL peut supprimer des services, ou proposer d'en rajouter.

Dans la méthodologie générale, les informations nécessaires pour permettre ensuite la notation des SE sont :

Identification :

- Nom scientifique
- Nom vernaculaire
- Famille
- Strate arborée ou arbustive ou grimpante

Morphologie de la plante :

Forme :

- Description générale, huppier, floraison
- Hauteur de l'arbre maximum en mètre
- Largeur de la couronne de l'arbre en mètre
- Forme de l'arbre

Floraison :

- Période de floraison

Feuillage :

- Persistance, forme, taille et couleur des feuilles
- Densité du feuillage
- Taille minimale et maximale des feuilles en centimètre
- Forme des feuilles
- Rugosité des feuilles
- Persistance des feuilles
- Si la plante est un conifère ou une plante feuillue

Tronc :

- Rugosité du tronc à maturité
- Diamètre du tronc à un mètre

Racines :

- Description du système racinaire
- Profondeur maximale des racines en mètre
- Obliquité des racines
- Densité de masse racinaire
- Longueur spécifique des racines
- Étendue latérale des racines

Conditions idéales :

Eau :

- Indice de la transpiration estivale
- Consommation d'eau

Type de sol à privilégier :

- Acide, neutre et/ou basique
- Humide, mésophile et/ou sec

Luminosité :

- Ombre, mi-ombre et/ou soleil

Tolérance :

- Tolère ou non les sols pauvres
- Tolère ou non les sols calcaires
- A des capacités spéciales d'adaptation ou non face à la présence de sel dans le sol
- Tolère ou non les inondations de courtes durées
- Zone de rusticité : ZR 6 et moins, ZR 7 ou 8, ou ZR 9 et plus
- A des capacités spéciales d'adaptation ou non aux sols compacts
- Supporte ou non les fortes chaleurs
- A des capacités spéciales de résistance ou non aux vents
- Supporte ou non les fortes sécheresses

Intérêt pour la biodiversité :

- Nombre d'espèce d'insectes associé
- Intérêt lié au fruit
- Intérêt lié au nectar
- Intérêt lié aux feuilles et rameaux
- Capacité à générer des habitats
- Capacité à générer des cavités
- Capacité à accueillir des populations de lichen diversifiés

Rôle paysager :

- Est-ce que le végétal structure l'espace, anime l'espace, apporte du confort et/ou a un rôle symbolique ?

Données d'approvisionnement :

- Fruits secs ou charnus toxiques pour l'Homme
- Absences de fruits
- Fruits secs ou charnus comestibles pour l'Homme
- Espèce fruitière reconnue
- Période de récolte pour les essences concernées

Contraintes :

- Risque allergique et risque de chenilles processionnaires
- Racines superficielles et/ou puissantes susceptibles de causer des dommages
- Branches cassantes
- Espèces sensibles au chablis
- Fructification pouvant entraîner des dommages
- Dépôt de miellat
- Fruits malodorants
- Fruits toxiques
- Caractère épineux
- Arbre de grande hauteur
- Arbre de grande envergure

Données d'adaptation au climat :

- Adaptation aux spécificités du climat urbain
- Adaptation au changement climatique

Toutes les informations récoltées permettent de calculer les notes de chaque SE.

Par soucis de concision, le SE "stabilisation des pentes" sera le seul critère présenté en profondeur par la suite.

2. Étude du service de stabilisation des pentes

2.1 Méthodologie Sésame

D'après la méthodologie Sésame de Metz, la profondeur maximum, l'obliquité et la densité du système racinaire sont les critères utilisés pour quantifier le service de "stabilisation des pentes" (Chrétien, 2023). Les végétaux idéals sont ceux qui ont des racines profondes qui traversent les surfaces de glissement potentiel. Ce trait à lui seul est nécessaire et suffisant pour stabiliser les pentes. D'autres critères sont étudiés pour caractériser la stabilisation des pentes mais leur poids est moins important. Il s'agit de l'obliquité des racines et de leur densité.

Pour un souci d'homogénéité avec les autres services, la note proposée est entre 0 et 10. Les caractères attribués sont sous forme de booléen : 1 si le caractère est présent ou 0 sinon.

- Système racinaire profond (Profond)
- Système racinaire à fortes racines obliques (Oblique)
- Système racinaire dense (Dense)

La formule est la suivante : $6 \times \text{Profond} + 2 \times \text{Oblique} + 2 \times \text{Dense}$

2.2 Bases de données utilisées pour le service écosystémique “stabilisation des pentes”

Au-delà des données qui étaient déjà présentes sur les autres déclinaisons de Sésame et pour compléter celles des espèces spécifiques à Sésame Occitanie, les bases de données utilisées ont été :

- Les catalogues de la pépinière Ebben⁴
- Les catalogues de la pépinière Bruns⁵
- Les catalogues de la pépinière Van den Berk⁶
- Le site Citree⁷
- Le site PFAF⁸
- Le site Hortipedia⁹

III. Résultats

A. Un réseau d'acteurs sensibilisés

Après les différentes présentations de l'outil Sésame, les partenaires les plus intéressés pour travailler sur le développement de l'outil sont :

- Fredon Occitanie pour les connaissances botaniques.
- CBNPMP pour les connaissances sur la flore, la fonge, la végétation et les habitats naturels.
- Hortis pour les connaissances sur la nature en ville

Le projet se ferait sur le territoire de Toulouse Métropole. Et in fine, la présence de ces potentiels partenaires au COPIL et/ou COTECH du développement de Sésame en Occitanie sera décidée par chaque collectivité qui s'engagera sur une déclinaison de Sésame.

⁴ ebben.nl

⁵ bruns.de

⁶ vdberk.fr

⁷ citree.de

⁸ pfaf.org

⁹ hortipedia.com

B. Une palette végétale adaptée à Toulouse Métropole

Pour chaque espèce, le tableau Excel récapitulatif a été renseigné avec tous les critères d'identification, de morphologie et les conditions idéales présentées en partie II.C.1. Pour des soucis de présentation, la palette végétale est détaillée en Annexe V et ne reprend que le nom botanique, le nombre vernaculaire et la famille des 224 espèces constituant la palette végétale.

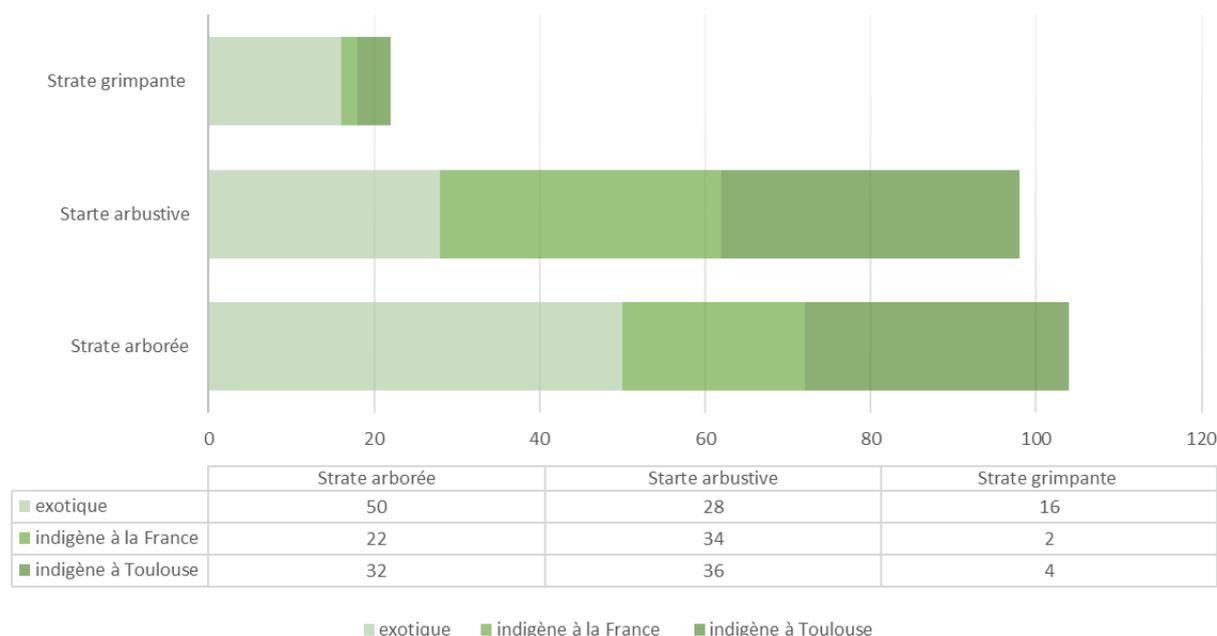


Figure 11 : Graphique et tableau représentant la diversité de la palette végétale en nombre d'espèces à travers les strates et la provenance des végétaux (source : autrice)

Sur la Figure 11 est représentée la diversité de la palette végétale proposée. Le principe est d'avoir une palette équilibrée entre les espèces locales et exotiques pour permettre à la collectivité de faire ses propres choix à partir d'une base de données suffisamment conséquente. Pour la strate arbustive et arborée, la répartition est équilibrée entre les plantes exotiques et indigènes. La strate grimpante est moins représentée car l'outil Sésame ne sort que 2 propositions de plantes grimpantes contre 10 arbres et 6 arbustes.

C. Étude du service écosystémique "stabilisation des pentes"

Pour représenter au mieux la diversité des espèces proposées et dans un souci de concision, trois exemples sont présentés ici pour le SE "stabilisation des pentes". Dans les Tableaux 3, 4 et 5 suivants se trouvent les données trouvées dans la littérature et le booléen associé pour chaque critère et la note finale de l'espèce pour ce SE.

Pour rappel, la formule utilisée est celle expliquée dans la partie II.C.2.1 : $6 \times \text{Profond} + 2 \times \text{Oblique} + 2 \times \text{Dense}$

- Exemple n°1 : *Lagerstroemia indica* L., 1759

Tableau 3 : Détails de la note pour le service écosystémique “stabilisation des pentes” pour *Lagerstroemia indica* (source : autrice)

Caractère étudié	Informations recueillies dans la littérature	Note associée	TOTAL
Profond	Système racinaire superficielle	0	2/10
Oblique	Pas d’information	0	
Dense	Système racinaire fortement ramifié	1	

- Exemple n°2 : *Rosa arvensis* Huds., 1762

Tableau 4 : Détails de la note pour le service écosystémique “stabilisation des pentes” pour *Rosa arvensis* (source : autrice)

Caractère étudié	Informations recueillies dans la littérature	Note associée	TOTAL
Profond	Système racinaire profond	1	10/10
Oblique	Racine pivotante avec racines obliques	1	
Dense	Système racinaire étendu et charnu	1	

- Exemple n°3 : *Carya ovata* (Mill) K.Koch, 1869

Tableau 5 : Détails de la note pour le service écosystémique “stabilisation des pentes” pour *Carya ovata* (source : autrice)

Caractère étudié	Informations recueillies dans la littérature	Note associée	TOTAL
Profond	Système racinaire profond	1	6/10
Oblique	Pas d’information	0	
Dense	Pas d’information	0	

IV. Discussion

A. Un outil en cours de développement

Pour les autres déclinaisons de Sésame, l'outil a pris environ un an et demi à être développé. En six mois de travail, Sésame Toulouse est encore loin d'aboutir.

1. Nécessité d'avoir une validation de la palette végétale

La palette végétale proposée en annexe V est complète, diversifiée et est adaptée aux contraintes du territoire de la Métropole de Toulouse. Mais elle n'a pas encore été validée par les COPIL et COTECH. Pour continuer de travailler sur les critères, il faudrait une validation officielle de la palette. Pour l'instant, comme la PTF n'est pas encore signée par Toulouse Métropole, le projet n'est pas officiellement lancé. Dans le cadre de ce stage, je me devais de continuer à avancer sur le projet en supposant qu'il n'y aurait que des corrections mineures à apporter à la proposition de palette végétale. De plus, comme la palette végétale a été établie en partie avec des plantes déjà préconisées sur le territoire de Toulouse Métropole, le risque d'un remaniement total est faible. Mais cette supposition peut s'avérer fautive et nécessitera de revoir la palette végétale plus en profondeur. Si tel est le cas, des recherches bibliographiques sur l'aire de répartition de l'espèce, sa morphologie et sur ces conditions abiotiques et biotiques idéales seront obsolètes. Dans tous les cas, ces informations seront gardées, stockées et sûrement utiles pour d'autres déclinaisons de Sésame.

2. Des données à collecter

Sésame est un outil très complet qui nécessite de collecter beaucoup d'informations sur chaque espèce proposée comme indiquée dans la partie III.C. Il reste encore de nombreuses données à collecter. Une estimation exacte du temps que cela pourrait prendre est difficile. Mais au vu du temps pris pour commencer à rentrer les données pour les premières catégories dans le tableau Excel récapitulatif, il faudra sûrement encore plusieurs mois pour tout compléter. Ensuite, il sera nécessaire de capitaliser les données recueillies et d'attribuer une note pour chaque SE avec la méthodologie Sésame du Cerema.

3. Attribution du type paysager de chaque espèce

Outre les SE à définir, il faut aussi attribuer pour chaque espèce le type de paysage dans lequel elle peut se trouver (type de paysage décrit dans la partie I.C.2.1). Dans les autres déclinaisons de Sésame, c'est souvent l'agglomération partenaire qui décide de cette attribution. Pour l'instant, comme nous n'avons pas encore eu de COPIL, ni de COTECH avec Toulouse Métropole, nous n'avons pas commencé ce travail de recherche. Si la métropole décide de ne pas s'en charger alors nous commencerons un travail dit de fléchage. Cela signifie que chaque espèce se verra attribuer un ou plusieurs types de paysages en fonction de sa morphologie, de ses habitudes de plantations et de ses contraintes.

4. L’approvisionnement en pépinière : un enjeu au cœur de Sésame

La question de l’approvisionnement en pépinière n’a pas été étudiée pour les autres déclinaisons de Sésame. Parfois des pépiniéristes étaient présents lors de COTECH. Néanmoins, il me semble essentiel de les inclure dès le début du projet. Il serait incohérent de recommander des essences grâce à un outil d’aide à la décision si celles-ci ne sont pas disponibles dans la région, surtout si on parle d’espèce locale. Si des espèces proposées actuellement demandent des conditions de croissance trop complexes ou un trop fort apport en eau jugée compliqué par les pépiniéristes, alors elles pourront être supprimées de la base de données. A l’inverse, si des pépiniéristes proposent des essences adaptées qui ne sont pas dans la base actuelle de Sésame Toulouse, elles pourront être ajoutées. Le dialogue avec les pépiniéristes permet de gagner aussi en connaissances. Lors d’une visite de la pépinière départementale des Pyrénées-Orientales, j’ai constaté que le gérant avait énormément de retour d’expériences des collectivités. Il connaît les espèces qui fonctionnent bien sur son territoire, celles qui fonctionnent moins bien et n’hésite pas à innover dans sa pépinière pour proposer les meilleures variétés. Ce type de retours d’expériences et de connaissances techniques et botaniques est essentiel à avoir dans le développement d’un outil d’aide à la décision pour mettre du végétal en milieu urbain. Avant tout, l’objectif est de développer un outil qui a du sens pour le territoire étudié et qui sera utilisé par le plus grand nombre. Avoir des pépiniéristes qui ont participé à monter le projet permettrait aussi une diffusion de l’outil auprès de leurs partenaires.

La Haute-Garonne ne possède pas de pépinière départementale mais la ville de Toulouse a ses propres serres municipales où 330 000 plantes y sont cultivées chaque année. Les serres fournissent les plantes à la ville de Toulouse. Elles seront sûrement contactées pour participer à l’élaboration de l’outil Sésame sur la métropole de Toulouse même si la ville et la métropole sont deux entités différentes.

5. Besoin de tester l’outil sur des espaces types

Après avoir renseigné les notes des SE de chaque espèce avec ses contraintes et ses tolérances, il faudra impérativement tester l’outil sur différents types d’espaces. Le test peut se faire de plusieurs manières. On peut imaginer par exemple regarder s’il y a un nombre similaire d’espèces associées pour chaque espace. Il est aussi possible de faire tourner l’application avec des exemples d’aménagements qui existent déjà et de comparer la pertinence des choix proposés par Sésame avec les espèces déjà plantées, le tout en s’appuyant sur les connaissances techniques des services espaces verts de la métropole.

Après la phase de test, il y aura peut-être des ajustements. S’il manque des espèces avec un certain SE, il faudra reprendre la phase de recherche pour trouver des essences qui correspondent aux besoins manquants.

B. Complémentarité avec les autres outils existants

Il existe déjà des outils d’aide à la décision pour mettre du végétal sur le territoire occitan. L’important est de discuter, de se mettre d’accord sur des valeurs communes et de promouvoir la complémentarité des outils. C’est ce qui a été convenu avec l’ARB, et son guide Plantons Local en Occitanie. Le guide a dans un premier temps été utilisé pour constituer la palette végétale de Toulouse Métropole. Plantons Local en Occitanie donne aussi les conditions de plantation et une note pour la biodiversité. Dans un souci d’homogénéité et même si les critères d’étude sont différents, il faudra comparer les notes données par l’ARB Occitanie sur la biodiversité et les notes données par Sésame sur le SE “support de biodiversité” pour les

espèces qui apparaissent sur les deux outils. L'ARB Occitanie préconise uniquement des plantes locales, ce qui n'est pas le cas de Sésame. Néanmoins le discours commun avec le Cerema préconise de ne pas introduire d'EEE. De plus, le guide Plantons Local en Occitanie étudie la strate herbacée, ce qui n'est pas le cas de Sésame. Enfin, la particularité de l'outil Sésame est d'étudier les SE des espèces, ce qui n'est pas le cas du guide de l'ARB Occitanie. Les outils sont complémentaires et continueront d'être utilisés et promus pour leurs particularités et leur complémentarité.

Pareillement, il est parfois revenu qu'il existe déjà des bases de données qui regroupent les caractéristiques morphologiques des plantes comme Floriscope de Plante&Cité. Encore une fois, cette base de données traite de la strate herbacée contrairement à Sésame. Mais elle ne prend pas en compte les SE fournies par les végétaux.

Le but du développement de l'outil Sésame n'est pas de sortir un énième outil d'aide à la décision pour mettre du végétal en ville mais de répondre à un vrai besoin des collectivités.

C. Des questions méthodologiques

Au cours de ces travaux, plusieurs questions méthodologiques ont émergé.

Tout d'abord, comme précisé dans la partie II.C.1, le développement d'une déclinaison de Sésame nécessite de collecter beaucoup de données sur chaque espèce étudiée. La récupération des informations est chronophage et fastidieuse. Il est légitime de se demander si toutes les informations recueillies sont essentielles ou s'il ne serait pas possible de réduire le nombre de critères recherchés ou le nombre de SE proposées. La question est déjà en réflexion pour la déclinaison toulousaine de Sésame. Par exemple, lors de l'élaboration de la note du SE "support de biodiversité", sont pris en compte le nombre de fois où l'espèce est recommandée dans un guide local. Cela nécessite dans un premier temps de sélectionner les guides locaux adaptés. Puis de regarder si l'espèce étudiée est recommandée. Or, une espèce qui n'est pas recommandée par un guide local peut très bien être très bénéfique pour la biodiversité. Et inversement, est-ce qu'une espèce recommandée dans un guide local est forcément un atout pour la biodiversité ? C'est le postulat pris par Metz. De plus, les guides locaux recommandent des essences locales. Or l'élaboration de la note de l'espèce pour le SE "support de biodiversité" prend déjà en compte le caractère indigène de l'espèce. Le critère de recommandation dans un guide local semble redondant. Et il est envisagé pour Sésame Toulouse d'enlever ce critère pour l'élaboration de la note finale du SE "support de biodiversité". Ceci sera débattu avec le réseau Sésame qui réunit les directions territoriales du Cerema, afin d'affiner et progressivement homogénéiser la méthodologie.

A l'inverse, comme déjà évoqué dans la partie IV.1.4, l'approvisionnement en pépinière n'a pas été un enjeu au cœur des précédentes déclinaisons de Sésame. Or il semble que cela soit une information importante à rechercher et à ajouter pour Sésame Toulouse.

Enfin, depuis le début de ce rapport, nous considérons le développement de l'outil Sésame sur le territoire de Toulouse Métropole. Les raisons sont surtout la gouvernance et, comme décrit dans la partie II.A.1, les spécificités du territoire. Mais en soit, une collectivité située à 10km de Toulouse Métropole pourrait parfaitement utiliser Sésame Toulouse. Ce qui soulève une question : jusqu'où la palette végétale utilisée par Sésame Toulouse serait pertinente ? Il semblerait que la base puisse être utilisée au moins pour le climat Bassin Sud-Ouest expliqué dans la partie II.B.1. La composante qui pourrait poser un problème est les habitudes des services techniques de la ville, par exemple, si les services responsables des espaces verts plantent une certaine espèce qui n'est pas présente dans la base. A l'heure actuelle, l'étendue de l'utilisation d'une déclinaison de Sésame reste subjective et nécessiterait une étude en profondeur pour apporter plus de précisions.

D. Démarches administratives

Pour l'instant, la PTF avec la métropole de Toulouse est en cours de rédaction. Il a fallu un temps de réflexion pour savoir à quelle échelle développer l'outil et comment construire la méthodologie. L'aide précieuse des agents du Cerema en charge du développement de Sésame sur d'autres territoires a permis de choisir comme territoire de départ la métropole de Toulouse. Un premier rendez-vous de présentation de l'outil a été fait mi-juin. Ensuite, il a fallu le temps de rédiger la PTF en interaction avec la collectivité, tout ça pendant la période creuse de l'été. L'étape de signature et de contractualisation est prévue en septembre. Forcément, le projet d'avoir un contrat officiel avec une métropole en moins de six mois était très ambitieux. Le projet semble quand même en très bonne voie et Toulouse Métropole ne devrait pas tarder à rendre le partenariat avec le Cerema sur le développement de l'outil Sésame officiel. Néanmoins, cette lenteur administrative a engendré une démarche de travail spécifique sur cette déclinaison de Sésame. En effet, n'ayant pas de validation de la palette végétale en amont, il a fallu travailler à l'envers, en quelque sorte, et commencer malgré tout, les recherches bibliographiques sur les critères morphologiques des espèces.

E. L'arbre : un objet dans la ville

Tout au long de ce rapport, l'arbre a été jugé pour ses performances concernant divers SE. Il est compréhensible que des outils d'aide à la décision tel que Sésame servent à planter de façon pérenne et durable des espèces végétales en ville. Mais pourquoi vouloir perpétuellement trouver le meilleur arbre, le meilleur arbuste ou la meilleure grimpante ? N'est-il pas possible de vouloir simplement planter un arbre en ville car c'est un être vivant ? D'un côté, il est essentiel de planter des essences adaptées au milieu et à l'usage des aménagements paysagers. Néanmoins, avons-nous besoin qu'un arbre soit "idéal" ou "parfait" pour qu'il mérite sa place en milieu urbain ? Qu'est qu'un "arbre idéal" ? D'un point de vue anthropocentrique, il s'agirait d'un arbre qui résiste dans le temps, qui ne mérite ni trop d'entretien, ni trop d'irrigation. Et cela car actuellement, la disponibilité en eau est incertaine (Nassopoulos, 2012). Vouloir à tout prix favoriser une notion de performance des espèces végétales pour contrecarrer les conséquences du changement climatique causé par l'Homme semble hypocrite. Il est essentiel que des démarches telles que Sésame soient associées à des mesures de baisse de l'empreinte carbone des villes. Ne mettons pas toute la pression d'un avenir meilleur avec des villes plus fraîches et agréables à vivre sur des êtres vivants qui en plus, subissent les conditions difficiles du milieu urbain. Et en même temps, planter du végétal en ville permet aussi de sensibiliser la population et paraît comme un outil nécessaire pour communiquer sur des sujets comme l'écologie. Par exemple, à Lyon, depuis les années 1990, l'image de l'arbre en ville est utilisée dans la communication politique pour renforcer la pédagogie autour des concepts d'écologie urbaine et de nature en ville (Méliani & Arnould, 2017). C'est le cas de nombreuses autres villes qui promettent des plantations de plusieurs milliers d'arbres sur un mandat. Ces actions sont politiques et ne sont pas forcément synonyme de bien-être du végétal. Et même si dans la forme, des arbres et arbustes sont plantés en ville grâce à ces mesures, la fracture n'est que plus grande quand des lignes de métro avec une empreinte carbone coûteuse sont construites sur le même territoire.

Philippe Descola explique le phénomène de cosmocentrisme comme les systèmes de pensées qui implique que l'individu et ses préoccupations sont secondaires par rapport à l'ensemble du cosmos. Le cosmocentrisme propose une vision où humains et non-humains appartiennent à une même collectivité, remettant en question la séparation traditionnelle entre nature et culture.

Cette approche souligne les analogies perceptibles entre toutes les entités en favorisant une compréhension plus intégrée et respectueuse des relations inter-espèces. Cette méthode de penser incite à adopter des pratiques durables qui respectent les droits et les besoins des non-humains, favorisant ainsi la santé des écosystèmes (Descola, 2005). Actuellement, l'arbre est majoritairement considéré dans une perspective utilitaire, surtout en ce qui concerne la propriété privée et les lois forestières. Le droit français, comme beaucoup d'autres, ne lui reconnaît pas un statut spécifique qui refléterait pleinement son importance écologique et sociale. Or, il serait possible de reconnaître l'arbre comme un élément du patrimoine commun de l'humanité. Cette reconnaissance impliquerait une protection plus forte et plus cohérente, transcendant les lois locales et les régulations sectorielles (Saurat, 2018).

Conclusion

Ce rapport a analysé en détail le développement de l'outil Sésame en Occitanie, en se concentrant particulièrement sur son application à la métropole de Toulouse. L'outil Sésame se distingue par sa capacité à sélectionner les SE les plus pertinents en fonction des caractéristiques spécifiques des espaces urbains à aménager. Toutefois, le déploiement d'un tel outil sur un territoire vaste et diversifié comme l'Occitanie a révélé des défis importants, justifiant ainsi le choix stratégique de concentrer les efforts sur la métropole de Toulouse.

L'élaboration d'une palette végétale adaptée a constitué une étape cruciale dans ce processus. Cette palette, composée d'arbres, d'arbustes et de plantes grimpantes, combine des espèces indigènes et exotiques sélectionnées pour leur capacité à s'adapter aux conditions climatiques actuelles et futures de Toulouse. Une attention particulière a été portée pour éviter les espèces présentant des risques envahissants, afin de préserver la biodiversité du territoire. Pour enrichir cette sélection, des recherches approfondies ont été menées et des documents de recommandations ont été consultés, créant ainsi une base de données robuste et fiable.

Un aspect fondamental de l'outil Sésame est l'évaluation des caractéristiques morphologiques de chaque espèce végétale, permettant d'attribuer des notes spécifiques pour chaque SE fourni. Cette approche permet de choisir des végétaux qui non seulement embellissent les espaces urbains, mais qui contribuent aussi de manière significative à la résilience écologique de la ville, en offrant des services comme la régulation du micro-climat, l'amélioration de la qualité de l'air, et la promotion de la biodiversité.

Cependant, l'utilisation de l'outil Sésame ne se limite pas à un exercice technique. Elle invite également à une réflexion plus large sur la manière dont nous percevons et intégrons la nature dans nos environnements urbains. La sélection des végétaux ne devrait pas être uniquement guidée par des critères de performance optimale. Parfois, une espèce végétale peut avoir une valeur intrinsèque qui va au-delà de ses fonctionnalités écosystémiques. Elle peut contribuer à la diversité, à l'esthétique, ou simplement à la connexion des citadines et citadins avec la nature.

En conclusion, bien que l'outil Sésame soit un atout précieux pour la végétalisation des milieux urbains, il doit être utilisé dans une perspective plus holistique qui reconnaît l'importance de la diversité végétale et la complexité des interactions écologiques en milieu urbain. À travers Sésame, il est possible de réintroduire la nature dans les villes de manière réfléchie, en tenant compte des particularités locales tout en renforçant l'engagement envers un développement urbain durable et respectueux de l'environnement.

Bibliographie

- ADEME. (2021). *Rafraîchir les villes*. Disponible sur : <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4649-rafraichir-les-villes.html>. (Consulté le 12/03/2024)
- AREC Occitanie. (2022). Note méthodologique – Les profils climatiques à l'échelle infrarégionale. Disponible sur : https://www.arec-occitanie.fr/sites/default/files/orceo_note_methodo_infra_climat_v20220914.pdf. (Consulté le 06/08/2024)
- Arnould, P., Le Lay, Y.-F., Dodane, C., & Méliani, I. (2011). La nature en ville : L'improbable biodiversité. *Géographie, économie, société*, 13(1), 45-68. Disponible sur : <https://www.cairn.info/revue-geographie-economie-societe-2011-1-page-45.htm>. (Consulté le 21/08/2024)
- Barcelona Metropolis. (2023, octobre 3). *Green areas, biodiversity and quality of life / Barcelona Metròpolis / Barcelona City Council*. Barcelona Metropolis. Disponible sur : <https://www.barcelona.cat/metropolis/en/contents/green-areas-biodiversity-and-quality-life>. (Consulté le 09/08/2024)
- Barnaud, C., Antona, M., & Marzin, J. (2011). Vers une mise en débat des incertitudes associées à la notion de service écosystémique. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 11 Numéro 1*, Article Volume 11 Numéro 1. Disponible sur : <https://doi.org/10.4000/vertigo.10905>. (Consulté le 21/08/2024)
- Bourdeau-Lepage, L. (2023). Bien-être en ville et changement climatique, la part de la nature. *Bulletin de l'association de géographes français. Géographies*, 99. (Numéro 4), Article Numéro 4. Disponible sur : <https://doi.org/10.4000/bagf.10316>. (Consulté le 21/08/2024)
- Brunet, L. (2017). Les services écosystémiques en ville, ou l'opportunité d'une réconciliation entre les humains et la nature. *Environnement urbain, 11*. Disponible sur : <https://doi.org/10.7202/1050492ar>. (Consulté le 21/08/2024)
- Cantat, O. (2004). L'îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps. *Norois. Environnement, aménagement, société*, 191, Article 191. Disponible sur : <https://doi.org/10.4000/norois.1373>. (Consulté le 21/08/2024)
- Castagneyrol, B., Muller, S., & Paquette, A. (2024). *De l'arbre en ville à la forêt urbaine*. Disponible sur : <https://www.tela-botanica.org/2024/06/de-larbre-en-ville-a-la-foret-urbaine/>. (Consulté le 22/08/2024)
- Chrétien. (2023). *L'arbre, l'essence de la ville. Sésame : Services Écosystémiques rendus par les Arbres, Modulés selon l'Essence. Déclinaison : Metz et plateau lorrain*. Disponible sur : <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/arbre-essence-ville-0>. (Consulté le 15/03/2024)
- Cottaz, C., & Dao, J. (2021). *Liste PEE Occitanie 2021*. Disponible sur : <https://eee-occitanie.org/>. (Consulté le 21/04/2024)
- CSTB. (2012). *Etude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement climatique à l'Echelle de l'Agglomération parisienne*. Disponible sur : https://www.umr-cnrm.fr/IMG/pdf/epicea-rapport-final_v4.pdf. (Consulté le 29/07/2024)
- David, J. (2023). *Étude de la biodiversité des espaces verts gérés par l'UCLouvain sur le campus de Louvain-la-Neuve : types de gestion et réseaux plantes-pollinisateurs*. Disponible sur : <https://dial.uclouvain.be/memoire/ucl/fr/object/thesis%3A40679>. (Consulté le 26/08/2024)
- Defrance, J., Jean, P., & Barrière, N. (2018). Les arbres et les forêts peuvent-ils contribuer à l'amélioration de l'environnement sonore ? *Revue forestière française*, 70(2-3-4), 341-352. Disponible sur : <https://doi.org/10.4267/2042/70006>. (Consulté le 20/08/2024)

- Delaunay, F., Ramos, A., Lagurgue, X., Blanc, S., Machon, N., & Akiki, É. (2022). La renaturation des sols des écoles parisiennes au prisme des services écosystémiques : Élaboration d'un outil d'aide à la décision dans le cadre du programme cours Oasis de la ville de Paris. *Projets de paysage. Revue scientifique sur la conception et l'aménagement de l'espace*, 27, Article 27. Disponible sur : <https://doi.org/10.4000/paysage.31301>. (Consulté le 11/03/2024)
- Descola, P. (2005). Par de-là la nature et la culture. *La Vie des idées*. Disponible sur : <https://laviedesidees.fr/A-qui-appartient-la-nature>. (Consulté le 21/08/2024)
- Haq, S. M. A. (2011). Urban Green Spaces and an Integrative Approach to Sustainable Environment. *Journal of Environmental Protection*, 2(5), Article 5. Disponible sur : <https://doi.org/10.4236/jep.2011.25069>. (Consulté le 20/08/2024)
- IPBES. (2019). *Le rapport de l'évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques*. Disponible sur : <https://www.fondationbiodiversite.fr> (Consulté le 19/07/2024)
- Laille, P., Provendier, D., & Colson, F. (2013). Les bienfaits du végétal en ville. Disponible sur : <https://www.plante-et-cite.fr>. (Consulté le 29/06/2024)
- Lotfi, M., Christiane, W., Pietro Francesca, D., & Wissal, S. (2017). Les services écosystémiques urbains, vers une multifonctionnalité des espaces verts publics : Revue de littérature. *Environnement Urbain / Urban Environment, Volume 11*, Article Volume 11. Disponible sur : <https://journals.openedition.org/eue/1575>. (Consulté le 13/03/2024)
- Méliani, I., & Arnould, P. (2017). *Arbres en otages : L'utilisation à Lyon de l'image de l'arbre en ville par le politique*. Disponible sur : <https://hal.science/hal-01516185>. (Consulté le 24/08/2024)
- Mestayer & Brunet, Y. (2015). *Impact de la végétation urbaine sur la qualité de l'air. Innovations Agronomiques* 45, 35-45. Disponible sur : <https://doi.org/10.15454/1.4622651014844446E12>. (Consulté le 20/08/2024)
- Météo France. (2024). Diagnostic Climatique de Toulouse à l'horizon 2050. Disponible sur : <https://meteofrance.com/climadiag-commune>. (Consulté le 21/08/2024)
- Meyer-Grandbastien, A., Vajou, B., Galopin, G., & Laille, P. (2021). *Effets bénéfiques des espaces de nature en ville sur la santé*. Disponible sur : https://www.plante-et-cite.fr/ressource/fiche/630/effets_benefiques_des_espaces_de_na. (Consulté le 18/05/2024)
- Millennium Ecosystem Assessment (Program) (Éd.). (2005). *Ecosystems and human well-being : Synthesis*. Island Press. Disponible sur : <https://www.wri.org/research/millennium-ecosystem-assessment-ecosystems-and-human-well-being>. (Consulté le 18/05/2024)
- Muller, S., Albert, A., Clergeau, P., Gouletquer, P., Gourvil, J., Kirchner, F., Coz, C. L., Maillard, J.-F., Poulet, N., Sarat, E., Séon-Massin, N., Sibley, J.-P., Soubeyran, Y., Thévenot, J., Théron, F., Touroult, J., & Wizniak, J. (s. d.). *Stratégie nationale relative aux espèces exotiques envahissantes*. Disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/especes-exotiques-envahissantes>. (Consulté le 11/07/2024)
- Munck, C. de. (2013). *Modélisation de la végétation urbaine et stratégies d'adaptation pour l'amélioration du confort climatique et de la demande énergétique en ville* [Phdthesis, Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT]. Disponible sur : <https://theses.hal.science/tel-04299233>. (Consulté le 21/08/2024)
- Nassopoulos, H. (2012). *Les impacts du changement climatique sur les ressources en eaux en Méditerranée* [Phdthesis, Université Paris-Est]. Disponible sur : <https://pastel.hal.science/pastel-00838516>. (Consulté le 25/08/2024)

- Nilaweera, N. S., & Nutalaya, P. (1999). Role of tree roots in slope stabilisation. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 57(4), 337-342. Disponible sur : <https://doi.org/10.1007/s100640050056>. (Consulté le 20/08/2024)
- Nowak, D. J., & Van den Bosch, M. (2019). Les effets des arbres et de la forêt sur la qualité de l'air et la santé humaine dans et autour des zones urbaines. *Santé Publique*, 51(HS1), 153-161. Disponible sur : <https://doi.org/10.3917/spub.190.0153>. (Consulté le 20/08/2024)
- Obrist, M. K., Sattler, T., Home, R., Gloor, S., Bontadina, F., Nobis, M., Braaker, S., Duelli, P., Bauer, N., & Bruna, P. D. (2012). La biodiversité en ville – pour l'être humain et la nature. Disponible sur : <https://www.wsl.ch/fr/publications/la-biodiversite-en-ville-pour-letre-humain-et-la-nature/>. (Consulté le 07/05/2024)
- Osseni, A. A., Gbesso, G. H. F., Nansi, K. M., & Tente, A. B. H. (2020). Phytodiversité et services écosystémiques associés aux plantations d'alignement des rues aménagées de la ville de Grand-Popo au Bénin. *Bois & forêts des tropiques*, 345, 87-99. Disponible sur : <https://doi.org/10.19182/bft2020.345.a31808>. (Consulté le 20/08/2024)
- Paquette, A. (2016). *Pour une plantation qui augmente la résilience des arbres municipaux de Gatineau*. Disponible sur : <https://www.ouranos.ca/sites/default/files/2022-07/proj-201419-ecobio-messier-rapportfinal.pdf>. (Consulté le 15/04/2024)
- Piotrowski, A., Billot, S., Guillosoy, G., Ribeiro, C., Ecotière, D., De Giudici, P., Payre, C., & Mietlicki, F. (2021). Méthode d'évaluation des impacts extra-auditifs du bruit sur la santé dans un contexte urbain. *Environnement, Risques & Santé*, 20(6), 535-550. Disponible sur : <https://www.cairn.info/revue-environnement-risques-et-sante-2021-6-page-535.htm>. (Consulté le 20/08/2024)
- Potes, L. M. R., Hanrot, S., Dabat, M.-A., & Izard, J.-L. (2012). *Variation des paramètres de plantation des arbres d'alignement dans un milieu urbain et son influence sur la température de l'air—Cas d'Aix-en-Provence, France*. Disponible sur : <https://shs.hal.science/halshs-00745975/document>. (Consulté le 09/08/2024)
- Rey, F., Ballais, J.-L., Marre, A., & Rovéra, G. (2004). Rôle de la végétation dans la protection contre l'érosion hydrique de surface. *Comptes Rendus. Géoscience*, 336(11), 991-998. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.crte.2004.03.012>. (Consulté le 20/08/2024)
- Rioux, J.-P. (2014). *La Révolution industrielle (1770-1880)*. Disponible sur : <https://www.librairie-gallimard.com/livre/9782020108713-la-revolution-industrielle-1770-1880-jean-pierre-rioux/>. (Consulté le 23/08/2024)
- Roman, L. A., & Scatena, F. N. (2011). Street tree survival rates : Meta-analysis of previous studies and application to a field survey in Philadelphia, PA, USA. *Urban Forestry & Urban Greening*, 10(4), 269-274. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.05.008>. (Consulté le 04/07/2024)
- Saurat, J. (2018). *L'arbre et le droit*. Disponible sur : <https://www.theses.fr/2017MONTD038>. (Consulté le 19/08/2024)
- Silva, M.-A. (1997). *La signification de l'arbre pour la ville et les habitants de Genève : À l'exemple de certains arbres et traditions*. Disponible sur : <https://doi.org/10.3929/ETHZ-A-004260558>. (Consulté le 20/08/2024)
- Sundseth (2016). *Invasive alien species : A European Union response*. Publications Office. Disponible sur : <https://data.europa.eu/doi/10.2779/374800>. (Consulté le 12/08/2024)
- Véron, J. (2007). La moitié de la population mondiale vit en ville. *Population & Sociétés*, 435(6), 1-4. Disponible sur : <https://doi.org/10.3917/popsoc.435.0001>. (Consulté le 21/08/2024)
- Wang, Y., Shi, X., Hong, H., & Chang, Q. (2024). How does multiscale greenspace exposure affect human health? Evidence from urban parks in the central city of Beijing. *Journal of Environmental Management*, 353, 120253. Disponible sur :

- <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120253>. (Consulté le 07/06/2024)
- Westman, W. E. (1977). How Much Are Nature's Services Worth? *Science*, 197(4307), 960-964. Disponible sur : <https://doi.org/10.1126/science.197.4307.960>. (Consulté le 21/08/2024)
- Zhang, F., & Qian, H. (2024). A comprehensive review of the environmental benefits of urban green spaces. *Environmental Research*, 252, 118837. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118837>. (Consulté le 07/06/2024)
- Zheng, Y., Lin, T., Hamm, N. A. S., Liu, J., Zhou, T., Geng, H., Zhang, J., Ye, H., Zhang, G., Wang, X., & Chen, T. (2024). Quantitative evaluation of urban green exposure and its impact on human health : A case study on the 3–30-300 green space rule. *Science of The Total Environment*, 924, 171461. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171461>. (Consulté le 07/06/2024)

Sitographie

- Citree : <http://www.citree.net/> consulté le 17/06/2024
- Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées : <https://ee-occitanie.org/> consulté le 22/05/2024
- Floriscope : <https://www.floriscope.io/> consulté le 18/04/2024
- Hortipedia : <https://fr.hortipedia.com/Accueil> consulté le 06/05/2024
- Inventaire National du Patrimoine Naturel : <https://inpn.mnhn.fr/accueil/index/> consulté le 29/03/2024
- Les catalogues de la pépinière Bruns : <https://www.bruns.de/fr/home-fr/> consulté le 11/06/2024
- Les catalogues de la pépinière Ebben : <https://www.ebben.nl/fr/treeebb/> consulté le 11/06/2024
- Les catalogues de la pépinière Van den Berk : <https://www.vdberk.fr/> consulté le 10/06/2024
- PFAF : <https://pfaf.org/user/default.aspx> consulté le 27/06/2024
- Sésame : <https://sesame.cerema.fr/> consulté le 11/03/2024

Annexes

Type de paysage

Type de sol

Essences restantes
Arbres : 32
Arbustes : 18
Grimpantes : 1

Acide et sec Neutre et sec Basique et sec
 Acide et frais Neutre et frais Basique et frais
 Acide et humide Neutre et humide Basique et humide

Résilience Tolérer les sols calcaires Tolérer les sols pauvres Tolérer le sel de déneigement
 Tolérer les fortes chaleurs Tolérer les fortes sécheresses Tolérer les courtes inondations
 Tolérer les fortes gelées Tolérer les sols compacts Tolérer les vents forts

Luminosité

Adaptation au climat urbain - Services écosystémiques

Adaptation au climat urbain

Régulation des polluants particulaires

Régulation des polluants gazeux

Régulation du microclimat

Régulation de l'érosion de surface

Stabilisation des pentes

Support de biodiversité

Régulation du ruissellement

Rôle paysager

Approvisionnement pour l'Homme

Contraintes

Risque Allergique

Racines superficielles ou puissantes susceptibles de causer des dommages

Branches cassantes

Risque de chablis (chute de l'arbre)

Fructification pouvant entraîner des dommages

Grande envergure

Dépôt de millet

Fruits malodorants

Fruits toxiques

Caractère épineux

Grande hauteur

Essences restantes
Arbres : 32
Arbustes : 18
Grimpantes : 1

Origine géographique Peu importe Espèces locales à favoriser Espèces locales obligatoire

Santé

Résistance des espèces aux maladies

Rechercher

Annexe 1 : captures d'écran de la page web de Sésame Metz (source : sesame-outil.cerema.fr)

Mespilus germanica, Néflier commun

DESCRIPTIF DE L'ESPÈCE

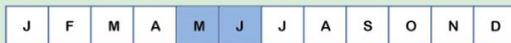
Famille : Rosaceae

Taille : 5.0 m

Description : Arbuste ou petit arbre large donnant des fruits piriformes.

Feuillage : Feuilles caduques oblongues à lancéolées pubescentes sur le revers, jaunes à rouges en automne.

Floraison :



ÉCOLOGIE

Caractéristiques du sol

	Humide	Frais	Sec
Acide	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Neutre	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Basique	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Résilience

Sol pauvre	<input type="checkbox"/>
Sol calcaire	<input checked="" type="checkbox"/>
Sel	<input type="checkbox"/>
Inondations de courte durée	<input type="checkbox"/>
Fortes gelées	<input checked="" type="checkbox"/>
Sol compact	<input type="checkbox"/>
Vent	<input checked="" type="checkbox"/>
Fortes chaleurs	<input checked="" type="checkbox"/>
Fortes sécheresses	<input checked="" type="checkbox"/>

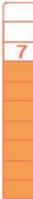
SITUATION SANITAIRE

Mespilus germanica possède un risque sanitaire faible. Les bioagresseurs principaux de cette espèce sont plutôt rares dans le Grand-Est et les dégâts occasionnés peu importants.



ADAPTATION AU CLIMAT LOCAL ET AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le Néflier est une espèce locale, mais à affinités méridionales, qui supporte bien la chaleur et la sécheresse. Il tolère les atmosphères urbaines difficiles.



RÉSUMÉ

LIMITES & CONTRAINTES

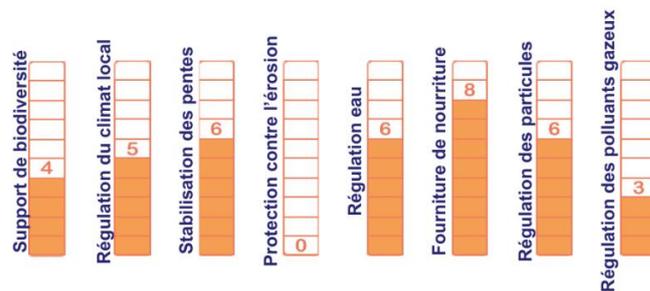
Contraintes fortes

Aucune contrainte connue à ce jour

Contraintes moyennes

Aucune contrainte connue à ce jour

ÉVALUATION DES SERVICES ÉCOSYSTEMIQUES



Arbuste aux fruits appréciés par la faune et l'Homme. Intérêt pour les pollinisateurs. Feuilles intéressantes pour la fixation des particules. Adapté des milieux naturels aux espaces urbains.

Rameaux âgés épineux. Croissance lente, architecture capricieuse.



Mespilus germanica, Néflier commun

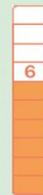
RÉGULATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Petit arbre au port arrondi, au feuillage dense et caduc. Feuilles de taille moyenne, lancéolées et pubescentes. Très faible capacité de fixation des polluants gazeux et bonne capacité de fixation des particules fines.



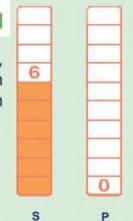
RÉGULATION DU RUISSELLEMENT

La petite taille de l'espèce, sa densité foliaire importante, son intolérance aux sols secs et son système racinaire profond lui confèrent une assez bonne capacité à réguler le ruissellement.



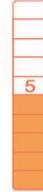
STABILISATION DES PENTES ET PROTECTION CONTRE L'ÉROSION

Le système racinaire, décrit comme profond, est moyennement favorable à la stabilisation des pentes et très défavorable à la protection contre l'érosion.



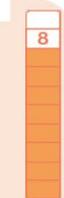
RÉGULATION DU CLIMAT LOCAL

Petit arbre au port arrondi, au feuillage dense et caduc. Feuilles de taille moyenne, lancéolées et pubescentes. Capacité moyenne d'ombrage et d'échanges gazeux avec l'atmosphère environnante.



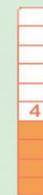
FOURNITURE DE NOURRITURE POUR LES HABITANT.E.S

Période de consommation :
Octobre-novembre



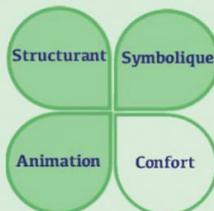
SUPPORT DE BIODIVERSITÉ

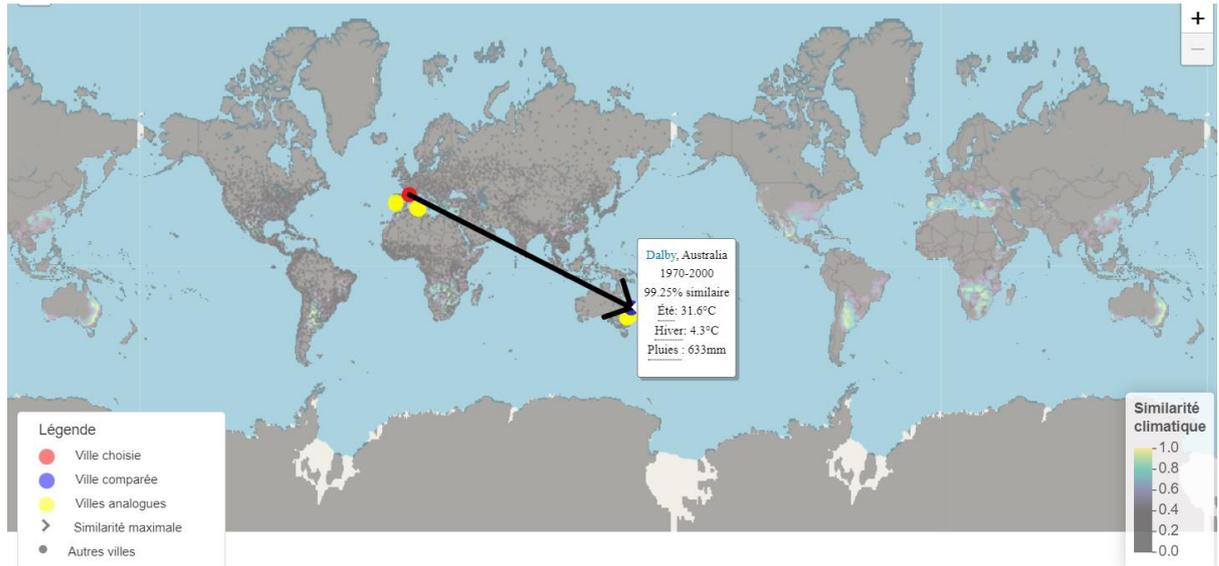
Le Néflier offre aux oiseaux des fruits dont il raffolent, en plus d'un habitat. C'est aussi une espèce mellifère qui attire insectes, abeilles et papillons.



PAYSAGE ET CADRE DE VIE

Petit arbre à la couronne globuleuse aplatie, et à l'architecture tortueuse avec de grosses branches charpentières. Remarquable pour sa floraison blanche en mai et ses fruits bruns dont la maturité est un indicateur des premières gelées. Son feuillage vert mat et dessous gris duveteux vire au jaune bronze à l'automne. C'est une espèce fruitière reconnue emblématique des jardins vivriers.





Annexe III : Analogues climatiques de la ville de Toulouse entre 2041 et 2060 pour le scénario SSP3-7.0 (source : <https://ccexplorer.eu/>)

MILIEUX BOISÉS

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Méditerranée	Massif central	Sud-Ouest	Pyénées	Lumière	T°C
Strate arborée								
<i>Abies alba</i> Mill., 1768	Sapin à feuilles d'if	Pinaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🌧️
<i>Acer campestre</i> L., 1753	Érable champêtre	Sapindaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🌧️
<i>Acer monspessulanum</i> L., 1753	Érable de Montpellier	Sapindaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Acer opalus</i> Mill., 1768	Érable à feuilles d'obier	Sapindaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Acer platanoides</i> L., 1753	Érable plane	Sapindaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Acer pseudoplatanus</i> L., 1753	Érable sycomore	Sapindaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn., 1790	Aulne glutineux	Betulaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Arbutus unedo</i> L., 1753	Arbousier commun	Ericaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Betula pendula</i> Roth, 1788	Bouleau verruqueux	Betulaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Carpinus betulus</i> L., 1753	Charme	Betulaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Celtis australis</i> L., 1753	Micocoulier de Provence	Cannabaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Clematis vitalba</i> L., 1753	Clématite des haies	Ranunculaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Corylus avellana</i> L., 1753	Noisetier	Betulaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Fagus sylvatica</i> L., 1753	Hêtre commun	Fagaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Fraxinus alnus</i> Mill., 1763	Bourdaine aulne	Rhamnaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl, 1804	Frêne à feuilles étroites	Oleaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Fraxinus excelsior</i> L., 1753	Frêne commun	Oleaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Hedera helix</i> L., 1753	Lierre grimpant	Araliaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥
<i>Ilex aquifolium</i> L., 1753	Houx	Aquifoliaceae	✓	✓	✓	✓	☀️	🔥

pH du sol	Humidité du sol	Couleur fleur	Période floraison	Intérêt pour les pollinisateurs et autres floricoles	Feuillage	Production	Commentaires
Strate arborée							
neutre	🌧️	🌻	avril-mai	🐝	🌿	++	
neutre	🌧️	🌻	mai	🐝	✂️	++	
neutre	🌧️	🌻	avril	🐝	✂️	++	
neutre	🌧️	🌻	mars-avril	🐝	✂️	++	Méd. En limite d'aire de répartition naturelle
neutre	🌧️	🌻	avril-mai	🐝	✂️	++	Méd. En limite d'aire de répartition naturelle
neutre	🌧️	🌻	mai	🐝	✂️	++	
neutre	🌧️	🌻	fév.-avril	🐝	✂️	++	Potentiellement allergisant
acide	🌧️	🌻	oct.-janv.	🐝	🌿	++	
acide	🌧️	🌻	avril-mai	🐝	✂️	++	
neutre	🌧️	🌻	avril-mai	🐝	✂️	++	Potentiellement allergisant
neutre	🌧️	🌻	avril	🐝	✂️	++	Non indigène en zone Sud-Ouest
neutre	🌧️	🌻	juin-août	🐝	✂️	++	
neutre	🌧️	🌻	janv.-mars	🐝	✂️	++	Potentiellement allergisant
acide	🌧️	🌻	avril-mai	🐝	✂️	++	
neutre	🌧️	🌻	avril-juin	🐝	✂️	++	
neutre	🌧️	🌻	avril-mai	🐝	✂️	++	Potentiellement allergisant
neutre	🌧️	🌻	avril-mai	🐝	✂️	++	Potentiellement allergisant
neutre	🌧️	🌻	sept.-oct.	🐝	🌿	++	
acide	🌧️	🌻	mai-juin	🐝	🌿	++	

Légende

Lumière
☀️ Lumière | ☁️ Mi-ombre | 🌑 Ombre

Température
❄️ Froid | 🌡️ Tempéré | 🔥 Chaud

Humidité du sol
🔪 Sec | 🌧️ Temporairement humide | 💧 Humide

Production en gélipères
📄 Pas d'information | ➕ Production envisagée | ➕ En production

Intérêt pour les pollinisateurs et autres floricoles
🐝 Pas d'intérêt connu | 🐝 Intérêt | 🐝 Partiel intérêt

Commentaires
🌱 Semences/godets - type de conditionnement | 🌱 Persistant | 🌱 Marcescent | 🌱 Caduc | 🌱 Vivace | 🌱 Annuelle

Feuillage/type biologique

Annexe IV : Extrait du guide *Plantons Local en Occitanie* (source : Agence Régionale de la Biodiversité Occitanie)

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille
Abelia x grandiflora (Rovelli ex André) Rehder, 1900	Abélie à grandes fleurs	Caprifoliaceae
Abies alba Mill., 1768	Sapin blanc	Pinaceae
Abies cephalonica Loudon, 1838	Sapin de Céphalonie	Pinaceae
Abies cilicica (Antoine & Kotschy) Carrière, 1855	Sapin du Taurus	Pinaceae
Abies nordmanniana (Steven) Spach, 1841	Sapin de Nordmann	Pinaceae
Abies pinsapo Boiss., 1838	Sapin d'Espagne	Pinaceae
Acer campestre L., 1753	Erable champêtre	Sapindaceae
Acer cappadocicum Gled., 1795	Érable de Colchide	Aceraceae
Acer griseum (Franch.) Pax, 1902	Erable cannelle	Aceraceae
Acer monspessulanum L. 1753	Érable de Montpellier	Sapindaceae
Acer opalus Mill., 1768	Érable à feuilles d'obier	Sapindaceae
Acer platanoides L., 1753	Érable plane	Sapindaceae
Acer pseudoplatanus L., 1753	Érable sycomore	Sapindaceae
Akebia quinata (Thunb. ex Houtt.) Decne., 1839	Akébie à cinq feuilles	Lardizabalaceae
Alnus glutinosa (L.) Gaertn., 1790	Aulne glutineux	Betulaceae
Amelanchier ovalis Medik., 1793	Amélanchier ovale	Rosaceae
Arbutus unedo L., 1753	Arbousier commun	Ericaceae
Arbutus x andrachnoides Link, 1821	Arbousier faux andrachné	Ericaceae
Aria edulis (Willd.) M.Roem., 1847	Alisier blanc	Rosaceae
Berberis vulgaris L., 1753	Épine-vinette commune	Berberidaceae
Betula pendula Roth, 1788	Bouleau pleureur	Betulaceae
Brachychiton rupestris K.Schum., 1893	Arbre bouteille australien	Malvaceae
Bupleurum fruticosum L., 1753	Buplèvre ligneux	Apiaceae
Buxus sempervirens L., 1753	Buis bordure	Bruxaceae
Callianthe megapotamica (A.Spreng.) Dorr, 2014	Abutilon du grand fleuve	Malvaceae
Calocedrus decurrens (Torr.) Florin, 1956	Calocède décurrent	Cupressaceae
Campsis capreolata	Bignone à vrilles	Bignoniaceae
Carpinus betulus L., 1753	Charme commun	Betulaceae
Carpinus ostrya L., 1753	Ostrya à feuilles de charme	Betulaceae
Carya illinoensis (Wangenh.) K.Koch, 1869	Carya de l'Illinois	Juglandaceae
Carya ovata (Mill.) K.Koch, 1869	Caryer ovale	Juglandaceae
Castanea sativa Mill., 1768	Châtaignier cultivé	Fagaceae
Ceanothus thyrsiflorus Eschsch., 1826	Céanothe à fleurs en thyrses	Rhamnaceae

<i>Cedrus libani</i> A.Rich., 1823	Cèdre du Liban	Pinaceae
<i>Celtis australis</i> L., 1753	Micocoulier de Provence	Cannabaceae
<i>Cercis siliquastrum</i> L., 1753	Arbre de Judée	Fabaceae
<i>Chilopsis linearis</i>	Saule du désert	Bignognaceae
<i>Choisya ternata</i> Kunth, 1823	Oranger du Mexique	Rutaceae
<i>Cistus laurifolius</i> L., 1753	Ciste à feuilles de laurier	Cistaceae
<i>Cistus x purpureus</i> Lam., 1786	Ciste pourpre	Cistaceae
<i>Clematis armandii</i>	Clématite du Père Armand	Ranunculaceae
<i>Clematis cirrhosa</i> L., 1753	Clématite cirrheuse	Ranunculaceae
<i>Clematis flammula</i> L., 1753	Clématite flammette	Ranunculaceae
<i>Clematis montana</i> Buch.-Ham. ex DC., 1818	Clématite des montagnes	Ranunculaceae
<i>Clematis vitalba</i> L., 1753	Clématite des haies	Ranunculaceae
<i>Colutea arborescens</i> L., 1753	Baguenaudier	Fabaceae
<i>Colutea brevisalata</i> Lange, 1862	Baguenaudier à ailes courtes	Fabaceae
<i>Coriaria myrtifolia</i> L., 1753	Corroyere à feuilles de myrte	Coriariaceae
<i>Cornus mas</i> L., 1753	Cornouiller mâle	Cornaceae
<i>Cornus sanguinea</i> L., 1753	Cornouiller sanguin	Cornaceae
<i>Corylus avellana</i> L., 1753	Noisetier commun	Betulaceae
<i>Cotinus coggygria</i> Scop., 1771	Arbre à perruque	Anacardiaceae
<i>Crataegus azarolus</i> L., 1753	Aubépine azérolier	Rosaceae
<i>Crataegus germanica</i> (L.) Kuntze, 1891	Neflier d'Allemagne	Rosaceae
<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC., 1825	Aubépine à deux styles	Rosaceae
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq., 1775	Aubépine à un style	Rosaceae
<i>Cydonia oblonga</i> Mill., 1768	Cognassier commun	Rosaceae
<i>Cytisophyllum sessilifolium</i> (L.) O.Lang, 1843	Cytisophylle à feuilles sessiles	Fabaceae
<i>Cytisus oromediterraneus</i> Rivas Mart., T.E.Díaz, Fern.Prieto, Loidi & Peñas, 1984	Cytise des montagnes de la Méditerranée	Fabaceae
<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link, 1822	Cytise à balai	Fabaceae
<i>Daphne gnidium</i> L., 1753	Daphné garou	Thymelaeaceae
<i>Daphne gnidium</i> L., 1753	Daphne garou	Thymelaeaceae
<i>Elaeagnus multiflora</i> Thunb., 1784	Chalef à fleurs nombreuses	Elaeagnaceae
<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb., 1784	Chalef en ombelle	Elaeagnaceae
<i>Erica multiflora</i> L., 1753	Bruyère à fleurs nombreuses	Ericaceae
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl., 1821	Ériobotrya du Japon	Rosaceae
<i>Euonymus europaeus</i> L., 1753	Fusain d'Europe	Celastraceae
<i>Fagus sylvatica</i> L., 1753	Hêtre des forêts	Fagaceae
<i>Ficus carica</i> L., 1753	Figuier	Moraceae
<i>Frangula alnus</i> Mill., 1768	Bourdaine	Rhamnaceae
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl, 1804	Frêne à feuilles étroites	Oleaceae
<i>Fraxinus excelsior</i> L., 1753	Frêne élevé	Oleaceae

Fremontodendron californicum (Torr.) Coville, 1893	Frémontia de Californie	Malvaceae
Genista hispanica L., 1753	Genêt d'Espagne	Fabaceae
Genista scorpius (L.) DC., 1805	Genet scorpion	Fabaceae
Ginkgo biloba L., 1771	Gingko bilobé	Ginkgoaceae
Gleditsia triacanthos L., 1753	Févier d'Amérique	Fabaceae
Gymnocladus dioica	Chicot du Canada	Fabaceae
Hedera helix L., 1753	Lierre grimpant	Araliaceae
Heptacodium miconioides	Heptacodion de Chine	Caprifoliaceae
Hippocrepis emerus (L.) Lassen, 1989	Hippocrepide faux baguenaudier	Fabaceae
Humulus lupulus L., 1753	Houblon lupulin	Cannabaceae
Hydrangea anomala subsp. Petiolaris	Hortensia grimpant	Hydrangeaceae
Ilex aquifolium L., 1753	Houx commun	Aquifoliaceae
Jacaranda mimosifolia D.Don, 1822	Jacaranda à feuilles de mimosa	Bignoniaceae
Jasminum fruticans L., 1753	Jasmin arbustif	Oleaceae
Jasminum nudiflorum Lindl., 1846	Jasmin à fleurs nues	Oleaceae
Jasminum officinale L., 1753	Jasmin officinal	Oleaceae
Juglans regia L., 1753	Noyer royal	Juglandaceae
Juniperus communis L., 1753	Genévrier commun	Cupressaceae
Juniperus monosperma (Engelm.) Sarg., 1896	Genévrier monosperme	Cupressaceae
Juniperus oxycedrus subsp. Oxycedrus L., 1753	Genevrier oxycedre	Cupressaceae
Juniperus phoenicea L., 1753	Genévrier rouge	Cupressaceae
Koelreuteria paniculata Laxm., 1772	Koelreutéria paniculé	Sapindaceae
Laburnum anagyroides Medik., 1787	Aubour faux ébénier	Fabaceae
Lagerstroemia indica L., 1759	Lagerstrœmie d'Inde	Lythraceae
Laurus nobilis L., 1753	Laurier noble	Lauraceae
Lavandula angustifolia Mill., 1768	Lavande à feuilles étroites	Lamiaceae
Lavandula latifolia Medik., 1784	Grande lavande	Lamiaceae
Ligustrum japonicum Thunb., 1780	Troène du Japon	Oleaceae
Ligustrum sinense Lour., 1790	Troène de Chine	Oleaceae
Ligustrum vulgare L., 1753	Troène commun	Oleaceae
Liquidambar styraciflua L., 1753	Copalme d'Amérique	Altingiaceae
Liriodendron tulipifera L., 1753	Tulipier de Virginie	Magnoliaceae
Lonicera acuminata Wall., 1824	Chèvrefeuille de Henry	Caprifoliaceae

<i>Lonicera etrusca</i> Santi, 1795	Chevrefeuille d'Etrurie	Caprifoliaceae
<i>Lonicera fragrantissima</i> Lindl. & Paxton, 1852 var. <i>fragrantissima</i>	Chèvrefeuille très parfumé	Caprifoliaceae
<i>Lonicera implexa</i> Aiton, 1789	Chèvrefeuille entrelacé	Caprifoliaceae
<i>Lonicera periclymenum</i> L., 1753	Chèvrefeuille des bois	Caprifoliaceae
<i>Lonicera xylosteum</i> L., 1753	Chèvrefeuille des haies	Caprifoliaceae
<i>Magnolia grandiflora</i> L., 1759	Magnolia à grandes fleurs	Magnoliaceae
<i>Mahonia aquifolium</i> (Pursh) Nutt.	Mahonie à feuilles de houx	Berberidaceae
<i>Malus sylvestris</i> Mill., 1768	Pommier sylvestre	Rosaceae
<i>Melia azedarach</i> L., 1753	Margousier azédarach	Meliaceae
<i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu & W.C.Cheng, 1948	Séquoia de Chine	Cupressaceae
<i>Morus nigra</i> L., 1753	Mûrier noir	Moraceae
<i>Myrtus communis</i> L., 1753	Myrte commun	Myrtaceae
<i>Nandina domestica</i> Thunb., 1781	Bambou sacré	Berberidaceae
<i>Nerium oleander</i> L., 1753	Laurier-rose	Apocynaceae
<i>Olea europaea</i> L., 1753	Olivier d'Europe	Oleaceae
<i>Paliurus spina-christi</i> Mill., 1768	Paliure épine-du-Christ	Rhamnaceae
<i>Paliurus spina-christi</i> Mill., 1768	Epine du Christ	Rhamnaceae
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch., 1887	Vigne-vierge à cinq feuilles	Vitaceae
<i>Phillyrea angustifolia</i> L., 1753	Phillyrée à feuilles étroites	Oleaceae
<i>Phillyrea latifolia</i> L., 1753	Phillyrée à feuilles larges	Oleaceae
<i>Phillyrea media</i> L., 1759	Phillyrée moyenne	Oleaceae
<i>Photinia serratifolia</i>	Photinie à feuilles dentées	Rosaceae
<i>Pinus cembroides</i> Zucc., 1832	Pin faux cembro	Pinaceae
<i>Pinus coulteri</i> D.Don, 1837	Pin de Coulter	Pinaceae
<i>Pinus halepensis</i> Mill., 1768	Pin d'Alep	Pinaceae
<i>Pinus mugo</i> subsp. <i>uncinata</i> (Ramond ex DC.) Domin, 1936	Pin à crochets	Pinaceae
<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>salzmannii</i> (Dunal) Franco, 1943	Pin de Salzmann	Pinaceae
<i>Pinus pinea</i> L., 1753	Pin parasol	Pinaceae
<i>Pinus sabiniana</i> Douglas ex D.Don, 1832	Pin gris de Californie	Pinaceae
<i>Pinus sylvestris</i> L., 1753	Pin sylvestre	Pinaceae
<i>Pistacia lentiscus</i> L., 1753	Pistachier lentisque	Anacardiaceae
<i>Pistacia terebinthus</i> L., 1753	Pistachier térébinthe	Anacardiaceae
<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco, 1949	Platycladus d'Orient	Cupressaceae
<i>Populus alba</i> L., 1753	Peuplier blanc	Salicaceae

<i>Populus nigra</i> L., 1753	Peuplier noir	Salicaceae
<i>Populus tremula</i> L., 1753	Peuplier tremble	Salicaceae
<i>Prunus avium</i> (L.) L., 1755	Prunier merisier	Rosaceae
<i>Prunus domestica</i> L., 1753	Prunier domestique	Rosaceae
<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb, 1967	Prunier amandier	Rosaceae
<i>Prunus lusitanica</i> L., 1753	Prunier du Portugal	Rosaceae
<i>Prunus mahaleb</i> L., 1753	Prunier mahaleb	Rosaceae
<i>Prunus padus</i> L., 1753	Prunier à grappes	Rosaceae
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch, 1801	Pêcher	Rosaceae
<i>Prunus spinosa</i> L., 1753	Prunier épineux	Rosaceae
<i>Ptelea trifoliata</i> L., 1753	Ptélée trifolié	Rutaceae
<i>Punica granatum</i> L., 1753	Grenadier	Lythraceae
<i>Pyrus communis</i> subsp. <i>Pyrastrer</i> (L.) Ehrh., 1780	Poirier sauvage	Rosaceae
<i>Pyrus cordata</i> Desv., 1818	Poirier cordé	Rosaceae
<i>Pyrus spinosa</i> Forssk., 1775	Poirier épineux	Rosaceae
<i>Quercus canariensis</i> Willd., 1809	Chêne des Canaries	Fagaceae
<i>Quercus castaneifolia</i>	Chêne à feuilles de châtaignier Greenspire	Fagaceae
<i>Quercus cerris</i> L., 1753	Chêne chevelu	Fagaceae
<i>Quercus coccifera</i> L., 1753	Chêne Kermes	Fagaceae
<i>Quercus ilex</i> L., 1753	Chêne vert	Fagaceae
<i>Quercus laceyi</i>	Chêne de Lacey	Fagaceae
<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl., 1784	Chêne sessile	Fagaceae
<i>Quercus phellos</i>	Chêne à feuilles de saule	Fagaceae
<i>Quercus pubescens</i> Willd., 1796	Chêne pubescent	Fagaceae
<i>Quercus pungens</i>	Chêne papier de verre	Fagaceae
<i>Quercus pyrenaica</i> Willd., 1805	Chêne des Pyrénées	Fagaceae
<i>Quercus robur</i> L., 1753	Chêne pédonculé	Fagaceae
<i>Quercus suber</i> L., 1753	Chêne-liège	Fagaceae
<i>Rhamnus alaternus</i> L., 1753	Nerprun alaterne	Rhamnaceae
<i>Rhamnus cathartica</i> L., 1753	Nerprun purgatif	Rhamnaceae
<i>Rhamnus saxatilis</i> Jacq., 1762	Nerprun des rochers	Rhamnaceae
<i>Rhus coriaria</i> L., 1753	Sumac des corroyeurs	Anacardiaceae
<i>Ribes alpinum</i> L., 1753	Groseillier des Alpes	Grossulariaceae
<i>Ribes uva-crispa</i> L., 1753	Groseillier épineux	Grossulariaceae
<i>Rosa agrestis</i> Savi, 1798	Rosier agreste	Rosaceae
<i>Rosa arvensis</i> Huds., 1762	Rosier des champs	Rosaceae

<i>Rosa banksiae</i> W.T.Aiton, 1811	Rosier de Banks	Rosaceae
<i>Rosa canina</i> L., 1753	Rosier des chiens	Rosaceae
<i>Rosa micrantha</i> Borrer ex Sm., 1812	Rosier à petites fleurs	Rosaceae
<i>Rosa sempervirens</i> L., 1753	Rosier toujours vert	Rosaceae
<i>Rosa tomentosa</i> Sm., 1800	Rosier tomenteux	Rosaceae
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott, 1818	Ronce a feuilles d'Orme	Rosaceae
<i>Salix alba</i> L., 1753	Saule blanc	Salicaceae
<i>Salix atrocinerea</i> Brot., 1804	Saule gris cendré foncé	Salicaceae
<i>Salix aurita</i> L., 1753	Saule à oreillettes	Salicaceae
<i>Salix caprea</i> L., 1753	Saule marsault	Salicaceae
<i>Salix cinerea</i> L., 1753	Saule cendré	Salicaceae
<i>Salix eleagnos</i> Scop., 1772	Saule drape	Salicaceae
<i>Salix fragilis</i> L., 1753	Saule fragile	Salicaceae
<i>Salix purpurea</i> L., 1753	Saule pourpre	Salicaceae
<i>Salix pyrenaica</i> Gouan, 1773	Saule des Pyrenees	Salicaceae
<i>Salix triandra</i> L., 1753	Saule à trois étamines	Salicaceae
<i>Salix viminalis</i> L., 1753	Saule des vanniers	Salicaceae
<i>Salvia rosmarinus</i> Spenn., 1835	Romarin officinal	Lamiaceae
<i>Sambucus nigra</i> L., 1753	Sureau noir	Viburnaceae
<i>Sambucus racemosa</i> L., 1753	Sureau à grappes	Viburnaceae
<i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl., 1847	Séquoia toujours vert	Cupressaceae
<i>Solanum laxum</i> Spreng., 1824	Morelle lâche	Solanaceae
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz, 1763	Alisier blanc	Rosaceae
<i>Sorbus aucuparia</i> subsp. <i>Aucuparia</i> L., 1753	Sorbier des oiseleurs	Rosaceae
<i>Sorbus domestica</i> L., 1753	Cormier	Rosaceae
<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz, 1763	Sorbier alisier	Rosaceae
<i>Spartium junceum</i> L., 1753	Genêt d'Espagne	Fabaceae
<i>Styphnolobium japonicum</i> (L.) Schott, 1830	Sophora du Japon	Fabaceae
<i>Tamarix africana</i> Poir., 1789	Tamaris d'Afrique	Tamaricaceae
<i>Tamarix dalmatica</i> Baum, 1966	Tamaris de Dalmatie	Tamaricaceae
<i>Tamarix gallica</i> L., 1753	Tamaris de France	Tamaricaceae

Taxodium distichum (L.) Rich., 1810	Cyprès chauve	Cupressaceae
Thymus praecox Opiz, 1824	Thym précoce	Lamiaceae
Tilia cordata Mill., 1768	Tilleul cordé	Malvaceae
Tilia platyphyllos Scop., 1771	Tilleul à grandes feuilles	Malvaceae
Tipuana tipu (Benth.) Kuntze, 1898	Tipuana tipu	Fabaceae
Trachelospermum jasminoides (Lindl.) Lem., 1851	Faux jasmin	Apocynaceae
Ulex europaeus subsp. Europaeus L., 1753	Ajonc d'Europe	Fabaceae
Ulmus laevis Pall., 1784	Orme lisse	Ulmaceae
Ulmus minor Mill., 1768	Orme mineur	Ulmaceae
Umbellularia californica (Hook. & Arn.) Nutt., 1842	Umbellularia de Californie	Lauraceae
Viburnum lantana L., 1753	Viorne lantane	Viburnaceae
Viburnum opulus L., 1753	Viorne obier	Viburnaceae
Viburnum tinus L., 1753	Viorne tin	Viburnaceae
Vitex agnus-castus L., 1753	Vitex gattilier	Lamiaceae
Wisteria floribunda (Willd.) DC., 1825	Glycine très fleurie	Fabaceae
Wisteria sinensis (Sims) Sweet, 1826	Glycine de Chine	Fabaceae
Zelkova serrata Green Vase	Orme de Sibérie	Ulmaceae
Ziziphus jujuba Mill., 1768	Jujubier	Rhamnaceae

Annexe V : Palette végétale pour la déclinaison de Sésame à Toulouse (source : autrice)

	Diplôme : Ingénieure Spécialité : Agronome Spécialisation / option : Ingénierie des espaces végétalisés urbains Enseignant référent : Josiane LE CORFF
Autrice : Margot LUTUN Date de naissance : 26/04/2001	Organisme d'accueil : CEREMA Adresse : 1 avenue du Colonel Roche
Nb pages : 36 Annexe(s) : 11	31400 Toulouse
Année de soutenance : 2024	Maître de stage : Christophe SABOT
Titre français : Le développement de l'outil Sésame en Occitanie	
Titre anglais : The development of Sésame in Occitanie	
Résumé (1600 caractères maximum) : Le changement climatique affecte profondément tous les écosystèmes, y compris ceux des espaces urbains. Ces environnements, qui concentrent une grande partie de la population mondiale, sont particulièrement vulnérables aux effets du réchauffement climatique. Pour atténuer ces effets et améliorer le confort de vie des habitantes et habitants, il devient essentiel de végétaliser les villes. Afin de guider les collectivités dans leurs choix de végétalisation, le Cerema a développé l'outil Sésame. Cet outil d'aide à la décision se distingue par sa capacité à proposer des essences végétales adaptées aux conditions climatiques actuelles et futures en prenant en compte les contraintes de l'espace et les services écosystémiques souhaités. Ce mémoire se propose d'étudier la stratégie mise en œuvre pour développer l'outil Sésame en Occitanie en se concentrant sur le territoire de Toulouse Métropole. Le mémoire examine les étapes du développement de Sésame, depuis la sélection des espèces végétales adaptées, jusqu'à l'intégration des données dans l'outil, en passant par les collaborations avec les acteurs locaux.	
Abstract (1600 caractères maximum) : Climate change affects all ecosystems, including urban areas. Those environments gather a massive part of the global population. And they are particularly vulnerable to the effects of climate change. To reduce these effects and to improve the city-dweller's standard of living, it becomes vital to bring back green in the cities. To guide the local authorities in their choices, the Cerema has developed a tool called Sésame. Sésame is a decision support system that specifically selects plants based on the ecosystem services they provide. The plants are also adapted to the current and future climatic conditions. This thesis studies the strategy used to develop Sésame in the region of Occitanie in France with a focus on the metropole of Toulouse. The thesis investigates the steps taken to create Sésame, from the choice of the species to the induction of the data collected in the tool through collaboration between the different local operators.	
Mots-clés : arbres, ville, service écosystémique Key Words: trees, city, ecosystemic service	