Rapport JOS - Jardins partagés fOnt Science citoyenne
2017-2019

Rapport final

Tania Walisch, David Porco, Stephanie Klaedtke,
Camille Vindras, Karine Paris

Introduction

Le projet JOS[1] est un projet de citizen science interdisciplinaire mené en partenariat avec Centre for Ecological Learning (CELL asbl) et le musée national d'histoire naturelle (MNHN) qui a débuté en mars 2017 et a pris fin en novembre 2019.

CELL est une association fondée en 2010 au Luxembourg qui fournit un espace expérimental de pensée, de recherche et de pratique de mode de vie postcarbone. C'est un mouvement citoyen qui représente le mouvement de la Transition au Luxembourg, lequel englobe une série d'initiatives locales et thématiques réparties dans de nombreuses villes et localités du Luxembourg. Le mouvement de la Transition mobilise les citoyens à s'investir dans des actions concrètes et locales de développement durable.

Le Musée national d'histoire naturelle est connu par le public pour ses expositions, conférences et ses activités éducatives. Les chercheurs du musée étudient les mécanismes évolutifs et les interactions entre les organismes de divers écosystèmes. Les inventaires et collections du patrimoine naturel constituent une source unique d'informations scientifiques sur la géo- et la biodiversité, actuelle et passée.

Le projet JOS est le premier travail de recherche de CELL qui voulait appliquer l'approche participative pour engager activement les citoyens-jardinier.ères à formuler des questions scientifiques qui les concernent et les intéressent, et en leur donnant les moyens de le faire à l'aide de chercheurs. Ainsi le projet permet aux citoyens de s'approprier des méthodes et connaissances scientifiques qui aiguisent leur regard sur la science.

Ce projet est alimenté par les questions émergentes des jardinier.ères et met en lien les sciences naturelles (telle que la biologie, l'écologie, l'agronomie pour la biodiversité, la qualité des sols, etc.) et les sciences sociales (telle que l'anthropologie pour les dynamiques sociales et organisationnelles en rapport avec les jardins communautaires).

---

[1] JOS signifie Jardins partagés fOnt Science citoyenne; ce nom a été déterminé de manière collective

JOS

Processus du projet

Phases du projet

Le projet était découpé en plusieurs phases:
- *une phase de mise en place*: prise de contact avec les jardinier.ères, collecte d'information sur les pratiques jardinières par un sondage en ligne, recherche d'une équipe scientifique, forum d'émergence des idées
- *une phase interactive* d'une durée d'un an avec des échanges jardinier.ères/ scientifiques forums, formations et ateliers. Choix des thèmes de recherche, définition de protocoles, collecte de données scientifiques par les jardinier.ères.
- *une dernière phase pour l'analyse des données*, la présentation des résultats lors du forum des jardinier.ères ainsi que la publication

Elaboration des thèmes d'études pour JOS

Lors d'un premier forum d'émergence des idées le 18 novembre 2017 les jardinier.ères ont réfléchi en petit groupes à leurs besoins, partagé ce qui les intrigue et ce qui les rend curieux dans leur jardin en le notant sur des petites feuilles. L'équipe de projet a ensuite classifié les nombreuses questions et observations en catégories de thèmes et les a soumis à un vote d'appréciation par les jardinier.ères qui se déplaçaient dans la salle avec des panneaux indiquant l'importance de leur intérêt entre 0, 25, 50 et 75% (fig. 2). Le résultat global était comme suit: sol (77%), relations hommes-plantes (70%), semence (70%), organisation (68%), comprendre les relations - processus dans les jardins (63%), cadre du projet (64%), goût (61%), transformation individuelle - bienfaits sur l'individu (54%).

Fig. 1. Lancement du forum d'émergence d'idées

Fig. 2: Vue du processus de vote des thèmes émergents lors du forum d'émergence des idées

Pendant le mois suivant les chercheurs ont analysé plus en détail les questions et observations relevées lors du forum d'émergence des idées pour les regrouper en grandes catégories et thèmes. Puis ils ont attribué une ou plusieurs actions pour chaque thème comme (a) donner accès aux informations existantes sur le sujet, (b) créer des textes de vulgarisation, (c) soutenir l'échange entre jardinier.ères, ou (d) encore mener une recherche scientifique sur le thème (tableau 1). Les thèmes de type (d) pour lesquels une transformation en question de recherche paraissait possible ont été évalués au niveau de leur intérêt scientifique et de leur potentiel pour un projet de recherche participative JOS (tableau 1). Pour obtenir un potentiel global (1, grand à 3, limité) les chercheurs ont évalué d'abord la faisabilité scientifique, la faisabilité économique, le potentiel pour stimuler les pratiques des jardinier.ères, le potentiel pour réaliser des sciences citoyennes transformatives, le potentiel pour créer des nouvelles connaissances, le potentiel pour la collaboration interdisciplinaire, l'opportunité pour une expérimentation phare au Luxembourg et la valeur stratégique pour générer un plus grand projet (suite au projet pilote) et calculaient la valeur moyenne des scores de toutes ces qualités.

Les catégories et thèmes issues de l'analyse des idées ont été présentés, discutés et enrichis lors d'une réunion avec les jardinier.ères le 14 décembre 2017, suivi d'un vote par points en fin de réunion (tableau 1). Les sujets et classifications en thèmes et sous-thèmes ainsi que les évaluations par les scientifiques et les résultats des votes se trouvent dans un fichier de données

tabulaires consultable sous le lien *Données JOS* de la rubrique *Recherche participative* du site eisegaart.lu.

Tableau 1: Titres des thèmes, types d'actions pour y répondre, potentiel (1- grand, 2 - moyen, 3 - limité) pour un projet de recherche participative (intérêt scientifique et faisabilité), l'interdisciplinarité des thèmes, et vote des jardinier.ères le 14 décembre 2017. Les types d'actions étaient: A. donner accès aux informations existantes, B. création de textes de vulgarisation, C. soutenir l'échange entre jardinier.ères, D. transformation en question de recherche paraît possible.

Catégorie	**Thème**	**Type**				**Potentiel 1 grand, 2 moyen, 3 limité**	**Evaluation globale**	**Score jardinier. ères**
Semences	Variétés locales-anciennes	A	B	C	D	1,5	grand potentiel perçu par l'équipe des chercheurs	12
Biodiversité	Equilibre biologique	A	B		D	2,2		9
Semences	Diversification	A	B	C	D	2,6		4
Méthodes	Pratiques écologiques	A		C	D	3,0		13
Organisation	Partage expérience	A		C	D	3,0		2
Culture - Nature	Co-habitation animaux			C	D	3,2		0
Organisation	Planification jardin	A		C	D	3,4	en cas d'intérêt réitéré par les jardinier.ères	2
Méthodes	Optimisation cultures	A		C	D	3,5		4
Biodiversité	Mauvaises herbes	A		C	D	3,6		15
Biodiversité	Pestes et maladies	A		C	D	3,6		8
Organisation	Travail collectif	A		C	D	3,6		10
Sol	Qualité du sol	A	B		D	3,7		10
Culture - Nature	Changement climatique	A	B	C	D	3,8	défis anticipés par les chercheurs	1
Méthodes	Extension saison	A		C	D	3,9		3
Culture - Nature	Enfants	A		C	D	3,9		0
Méthodes	Arrosage	A		C	D	4,1		3

Méthodes	Qualité production	A	B		D	4,2		16
Organisation	Répartir récolte			C	D	4,4		0
Bien-être	Nature			C	D	3,3	à condition de trouver un chercheur spécialisé	4
Bien-être	Communauté			C	D	3,4		0
Organisation	Intégration	A		C	D	3,8		0
Bien-être	Activité			C	D	3,8		5
Sol	Polluants	A	B		D	4,2		9
Semences	Produire soi-même	A		C			se prête notamment comme thème pour échange entre jardinier.ères	
Organisation	Suivi volontaires-salariés			C				
Organisation	Prévention vol			C				
Méthodes	Pousse pas			C				

A partir de ces échanges l'équipe de chercheur.ses a identifié 3 domaines de recherche et formulé les questions scientifiques suivantes à explorer dans le cadre de JOS.

1) Qu'est-ce qui amène les jardinier.ères aux jardins et où les jardins les emmènent-t-ils ? Quelle est la relation des jardinier.ères avec la nature, la production de nourriture et le plaisir dans leurs jardins?
Cette question a donné lieu à une étude sociologique exploratoire.

2) En tant que jardinier.ères, nous intervenons dans nos cultures par le paillage et le désherbage, modifiant ainsi les propriétés du sol et l'environnement dans lequel poussent les plantes. En prenant le haricot (sec) comme plante modèle, quel est l'effet de ces interventions sur :

- **la vie du sol – vers de terre**
- **la biodiversité des plantes adventices et des insectes**
- **la production: rendement et goût?**

3) En complément de cette question, **quel est l'effet de la variété de haricot sur le goût ?**

Ces questions sont transversales à plusieurs thématiques ayant émergé lors des réunions avec les jardinier.ères, notamment: des questions autour des "pratiques écologiques", un questionnement concernant l'intensité d'intervention par l'Homme nécessaire et souhaitable dans les jardins et des questions sur la qualité du sol et comment améliorer le sol?
Les chercheurs ont proposé un dispositif adaptable en fonction du jardin, pour aller de la comparaison de 2 pratiques – aucune intervention (enherbement) et la mise en place d'un paillage – à une comparaison plus nuancée de 6 pratiques différentes (plus désherbage classique, désherbage intermédiaire, mulch en utilisant des adventices désherbées, compost). La description détaillée du dispositif et des mesures qui ont été faites sur la biodiversité les vers de terre et la culture des haricots sont décrits plus bas dans ce rapport et dans le protocole en ligne téléchargeable sous la rubrique recherche du site eisegaart.lu: https://eisegaart.cell.lu/wp-content/uploads/2018/05/Protocole-Jos-090518-01-20-liens.pdf.
Les résultats ont été présentés au forum des jardinier.ères en mars 2019 et sont publiés dans ce rapport destiné aux jardinier.ères et à tout un chacun intéressé par ces thématiques.

Données du projet

14 jardins ont participé aux études menées dans le cadre de JOS (tableau 2, fig. 3).

Tableau 2: Noms des jardins, localités et coordonnées géographiques

Nom du jardin	Localité	Coordonnées géographiques
Jardin Bagua Kirchberg	Luxembourg-ville	49.62967, 6.17201
Jardin de Beggen	Luxembourg-ville	49.640486, 6.130244

Jardin de Bettembourg	Bettembourg	49.513283, 6.102363
Jardn du Breedewee	Esch/Alzette	49.49898 , 5.97900
Jardin d'Hesperange	Hespérange	49.57541, 6.15406
Jardin du Matgesfeld	Belvaux	49.505752, 5.924543
Jardin de Neischmelz	Dudelange	49.47206, 6.07998
Jardin Op dem Kranz	Tandel	49.88845, 6.17942
Jardin de Roedgen	Roedgen	49.57275, 6.02471
Jardin de Steinsel	Steinsel	49.670581, 6.128814
Jardin de la Transition - Pétrusse	Luxembourg-ville	49.6053, 6.123133
Jardin urbongarden - Rotondes	Luxembourg-ville	49.47212, 6.07953
Jardin Ville Haute	Luxembourg-ville	49.60608, 6.12351
Jardin WellWollegLandschaft	Hobscheid	49.69160, 5.91221

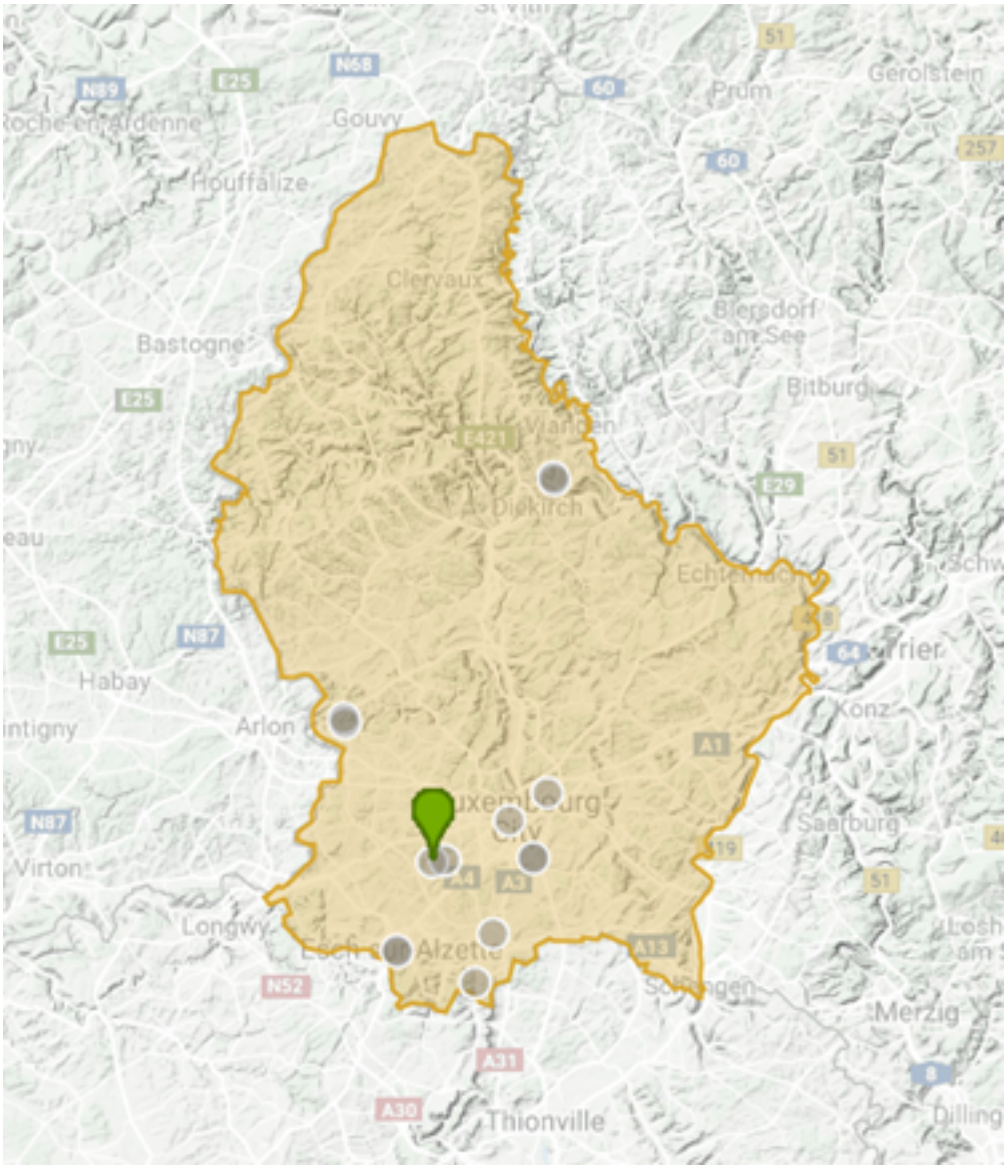


Fig. 3: Carte des jardins ayant participé à JOS

Equipe de projet

Coordination

Karine Paris, géographe de formation, a accompagné l'équipe scientifique et coordonné le projet pour CELL asbl, Center for Ecological learning Luxembourg.

Équipe scientifique

Marie Gérard, sociologue, Université de Liège, Campus Arlon, unité SEED
Stéphanie Klaedtke, agronome, Institut de l'agriculture et de l'alimentation biologiques, France

Markus Molz, sociologue, CELL asbl, Luxembourg
David Porco biologiste des sols, Musée national d'histoire naturelle, Luxembourg
Pierre Stassart, sociologue, Université de Liège, Arlon;
Tania Walisch, écologue, Musée national d'histoire naturelle, Luxembourg.

Les résultats par étude

1. L'étude exploratoire sociologique

Un compte-rendu de l'enquête menée dans les jardins partagés de Marie Gérard de l'Unité SEED de l'Université de Liège (Gérard, 2018) peut être téléchargé ici: https://eisegaart.cell.lu/wp-content/uploads/2021/06/Rapport-socio_-Marie_final.pdf

2. L'étude de l'effet des pratiques de couverture du sol sur la production, la biodiversité et les vers de terre

Introduction

Lors du forum, les jardinier.ères se sont interrogé.es sur l'équilibre entre la nature et la culture par l'homme, et quelle était l'intensité d'intervention nécessaire et souhaitable pour assurer une production de légumes satisfaisante tout en préservant la biodiversité et un environnement sain au jardin. Une autre question qui les occupait était l'effet des pratiques écologiques sur la qualité du sol. Certain.es exprimaient l'envie d'apprendre à connaître les plantes et animaux sauvages de leurs jardins ainsi que les plantes bioindicatrices des conditions du sol.

Après le forum, un sondage en ligne a été proposé pour rassembler des informations générales sur les jardins et sur les pratiques des jardinier.ères.
Partant des souhaits des jardinier.ères exprimés au forum et tenant compte des résultats du sondage, l'équipe scientifique a conçu un dispositif pour tester l'effet des différentes pratiques de couverture du sol sur la production d'une culture de haricots, sur la biodiversité végétale et animale hors sol ainsi que sur les organismes du sol.
La proposition de base que les scientifiques ont présentée aux jardinier.ères consistait à mettre en place une parcelle enherbée et une parcelle couverte de paille en pleine terre dans tous les jardins. En fonction de la place disponible, les jardinier.ères avaient l'option d'ajouter des parcelles supplémentaires pour tester d'autres pratiques écologiques: désherbage complet, désherbage intermédiaire, paillage avec les herbes sauvages arrachées, et paillage avec du compost selon la méthode NO DIG (voir https://charlesdowding.co.uk/).
La culture d'un même légume (le haricot) a permis de mesurer le rendement dans les différentes modalités. La thématique du sol a été abordée indirectement via l'étude des communautés de vers de terre en fin de saison. Les vers de terre sont particulièrement importants pour le fonctionnement des sols.

Sur quoi nous renseigne l'étude de la communauté des vers de terre sur les sols?

Les vers de terre font partie de ce que l'on appelle les « Ingénieurs du sol ». Leur action conditionne la structure des sols, l'ensemencement de microorganismes, la formation du complexe organo-minéral ainsi que le cycle de la matière organique. Cela joue directement sur la fertilité, la physico-chimie des sols et in fine sur la production végétale. Étudier la composition des communautés de vers de terre peut donc indirectement renseigner sur l'état de fertilité, de disponibilité en matière organique, de richesse en micro-organismes (qui permettent un recyclage plus efficace de la matière organique, et une meilleure intégration des plantes au réseau complexe d'interactions dans les sols) et de structuration physique (aération, écoulement de l'eau) des sols.

Des relevés de plantes et d'animaux sauvages ont été faits par les jardinier.ères pour évaluer la biodiversité dans les différents traitements de couverture des sols. L'outil de choix a été iNaturalist, une application pour smartphone qui aide à identifier l'animal ou la plante qu'on a photographié à l'aide d'algorithmes de reconnaissance d'images. Chaque identification est ensuite exposée à la validation par des naturalistes du monde entier via la plateforme sociale de iNaturalist.org. iNaturalist permet ainsi aux jardinier.ères d'inventorier et d'apprendre à connaître les espèces sauvages des parcelles du projet JOS, et au-delà du projet leur permet d'explorer la biodiversité du jardin et d'ailleurs. Les données d'observations valides étaient automatiquement transférées à la base de données nationale sur la biodiversité et sont disponibles pour être utilisées par d'autres, citoyens, chercheurs ou agents de conservation de la nature.

Notre hypothèse était que la micro parcelle enherbée allait compter une diversité végétale et animale bien supérieure à celle des micro parcelles avec paillage ou désherbage et que la biodiversité variait en fonction des types de paillage (paille, herbes, compost). On pouvait aussi s'attendre à une différence dans les communautés de vers de terre en fonction des types de paillage avec des différences de ressource alimentaire disponible et de conditions d'humidité des sols ce qui devrait influencer également le rendement des plantes de culture et des plantes sauvages. Ainsi on s'attendait que la production des plantes de culture serait accrue dans les micro parcelles paillées grâce à une meilleure rétention de l'humidité dans les sols ce qui en parallèle améliore la vie du sol et accroît sa fertilité naturelle. De plus, le paillage réduit la compétition par les herbes sauvages.

Une étude descriptive en 2013 a montré que plus un jardin était géré écologiquement, plus il contenait d'espèces et plus le jardin contenait d'espèces, plus il était attrayant pour la population humaine (Lindemann-Matthies & Marty 2013). Au total, 271 espèces différentes de plantes, de champignons et d'animaux sauvages ont été comptées dans les 36 jardins inventoriés, entre 21 et 105 (moyenne = 61 espèces) par jardin. Les recherches sur la biodiversité générale des jardins sont relativement clairsemées (Guitart et al., 2013). Deux études botaniques ont répertorié 358 espèces de plantes sauvages dans 11 jardins sur une surface totale de 150 ha en Pologne (Borysiak

et al. 2017) et une étude en Suisse a trouvé 288 espèces spontanées lors d'inventaires complets de 85 jardins (Frey and Moretti 2019) et 190 espèces dans des relevés botaniques de 10 m2 dans les mêmes jardins. Au Luxembourg, une seule étude est connue et a répertorié 69 espèces dans 26 jardins privés sur base de relevés botaniques de 2x2 m dans les platebandes de légumes (Owaller, 2010 et 2011). Le nombre moins élevé d'espèces trouvées au Luxembourg est probablement dû en partie à la surface des relevés qui était beaucoup plus petite et à la limitation des relevés aux parcelles de culture. En effet dans les études étrangères les biotopes des jardins tel les haies, les parcelles de fleurs ou les gazons/prairies étaient inventoriés. Le projet JOS a ainsi pu contribuer à améliorer la connaissance sur la biodiversité des jardins urbains et périurbains du Luxembourg.

Quel rôle a la biodiversité pour le fonctionnement des écosystèmes?

Les plantes fournissent la biomasse primaire qui est à la base de toute la chaîne alimentaire et la diversité végétale d'un milieu conditionne la richesse et la diversité des espèces animales. Ainsi les insectes sauvages comme les bourdons, abeilles, mouches ou encore les papillons pollinisent les fleurs de nos jardins. Les parasites ou herbivores sur les légumes attirent les insectes ou autres animaux prédateurs qui les consomment et régulent leurs populations. La vie sous terre, bactéries, champignons mais aussi les vers de terre et autres petits invertébrés, dépendent de la matière organique des végétaux et animaux morts, et les décomposent pour la recycler en rendant les éléments nutritifs à nouveau accessibles pour les plantes. Ce processus est à la base des sols fertiles.

La richesse en espèces végétales faisait augmenter la diversité de la plupart des organismes lors d'une étude de 15 ans dans des prairies en Allemagne (Weisser et al. 2017). De plus, la biodiversité en espèces de plantes augmentait la productivité en biomasse des prairies (Weigelt el al. 2009). L'effet de l'augmentation de la richesse en espèces végétales de 1 à 16 espèces sur la biomasse végétale était, aussi fort que l'effet d'une gestion plus intensive des prairies, avec utilisation d'engrais et une augmentation de la fréquence de

fauche (Weisser et al. 2017). En plus, la biodiversité augmentait le stockage de carbone dans le sol, bénéficiait au cycle de l'azote, et réduisait les effets des pathogènes sur les plantes (Weisser et al. 2017). Bien que ceci fut mesuré dans des prairies, on peut supposer que dans d'autres habitats et écosystèmes tels que p.ex. les jardins, des effets similaires puissent avoir lieu.

La biodiversité spontanée dans les jardins peut compter aussi des plantes ou insectes non-indigènes potentiellement envahissants et qui peuvent perturber les écosystèmes établis dans la nature. Une étude a montré qu'à Zurich un tiers des espèces spontanées répertoriées dans les jardins étaient d'origine non-indigène (Frey and Moretti 2019) alors que dans d'autres études, cette proportion était beaucoup plus basse (p.ex. Borysiak et al. 2017). Ces espèces non-indigènes n'ont cependant pas toutes des profils de plantes envahissantes nuisibles à l'environnement.

Finalement, les jardins structurellement diversifiés et riches en espèces ne sont pas seulement bénéfiques pour les espèces végétales et animales, mais selon les jardiniers qui ont participé au forum d'émergence des idées de JOS ils offrent également des « possibilités d'observer la faune et la flore, de se détendre et de s'instruire et ils sont bénéfiques pour la santé humaine ».

Matériel et Méthodes

Sondage préliminaire sur les jardins

Un sondage en ligne a été envoyé aux jardinier.ères en 2017 avant la rédaction du protocole JOS. L'enquête servait à collecter des informations générales sur les jardins à l'aide de questions à choix multiples et avait comme but d'obtenir une vue d'ensemble sur les méthodes jardinières et les caractéristiques des jardins de la transition au Luxembourg. Des questions sur les pratiques de paillage étaient posées aux jardiniers afin d'utiliser les informations pour le choix des modalités de couverture de sol de l'essai JOS. De même, on récoltait des données sur la fréquence de désherbage et d'arrosage en vue d'intégrer les pratiques usuelles des jardiniers dans le protocole de l'essai JOS. Finalement des données sur les pratiques d'amélioration du sol étaient demandées pour servir d'appui à l'interprétation des propriétés physico-chimiques des sols, la présence de certaines espèces végétales, ou encore la quantité et les types des vers de terre.

Un rapport complet sur les résultats du sondage se trouve dans un document à part dans la rubrique Recherche participative sur le site eisegaart.lu.

Analyses des propriétés physico-chimiques des sols

Dans chaque jardin, des échantillons de sol ont été pris à plusieurs endroits (<5) à une profondeur de 0-25 cm selon le protocole de l'administration des services techniques de l'agriculture (ASTA, https://agriculture.public.lu/de/pflanzen-boden/analysen/bodenuntersuchung.html).

Les échantillons ont été amenés à l'ASTA où une analyse des paramètres suivants a été effectuée:

- C/N = Rapport carbone azote (Capacité de décomposition de la matière organique ; <15 rapide, <25 lente)
- Corg (%) = Taux de carbone organique
- K2O (mg/100g sol) = Concentration en potassium
- Mg (mg/100g sol) = Concentration en magnésium
- N totale (%) = Concentration en azote
- Na (mg/100g sol) = Concentration en sodium
- P2O5 (mg/100g sol) = Concentration en phosphore
- pHCaCl2 = pH

Mise en place de l'essai

Comme décrit dans le protocole en annexe de ce rapport et accessible en ligne sur le site eisegaart.cell.lu (https://eisegaart.cell.lu/wp-content/uploads/2021/06/Protocole-Jos-Final-1.pdf) , des essais agronomiques ont été mis en place utilisant le haricot nain comme modèle. Le choix du haricot nain a été fait car sa culture et sa multiplication sont faciles, ils ne nécessitent pas de tuteurage, on peut faire un semi direct en mai, ils sont moins contraignants en termes de récolte, et ils peuvent être stockés pour la consommation. Des semences de la variété 'langue de feu' ont été fournies pour l'essai. Le choix de cette variété a été fait pour sa précocité, ce qui limite le risque que les graines n'arrivent pas à maturité en fin de saison.
Six modalités sont définies pour représenter une diversité de pratiques de couverture du sol pratiquées par les jardins participants. Ce choix se base à la fois sur les échanges entre jardinier.ères et l'équipe de chercheurs ainsi que sur

un sondage en ligne pour collecter des informations sur la structure et les pratiques des jardins, présenté dans la partie résultat. Des parcelles les plus homogènes possibles en leur sein sont sélectionnées par les jardinier.ères. S'il s'agit de détruire une prairie, un bêchage est réalisé au préalable. A partir du mois de mars, le terrain est préparé en le couvrant de carton. Les modalités suivantes sont mises en œuvre dans des placettes de 2 m de longueur, sur 1,50 m de largeur minimum (fig. 4):

i) Enherbement (ENHERB) : aucun désherbage
ii) Mulch en utilisant de la paille (MULCHPail): mulch mis en place dès le semis, en laissant un sillon pour la levée des plantes
iii) Désherbage total (DESHERBtot) : Désherbage total et régulier de la placette, les plantes adventices arrachées sont exportées
iv) Désherbage intermédiaire (DESHERBint) : Désherbage du rang de haricot et sur une bande allant jusqu'à 5 cm du rang.
v) Mulch en utilisant les adventices désherbées (MULCHherb) : la placette est désherbée comme pour (iii), mais en laissant les adventices qui ont été arrachées en place pour servir de paillage.
vi) No dig (NODIG) : apport de 10 cm de compost en surface avant semis, semis dans ce compost.

Pour les modalités iii, iv, v la consigne était d'arracher les plantes adventices une fois toutes les deux semaines si possible.

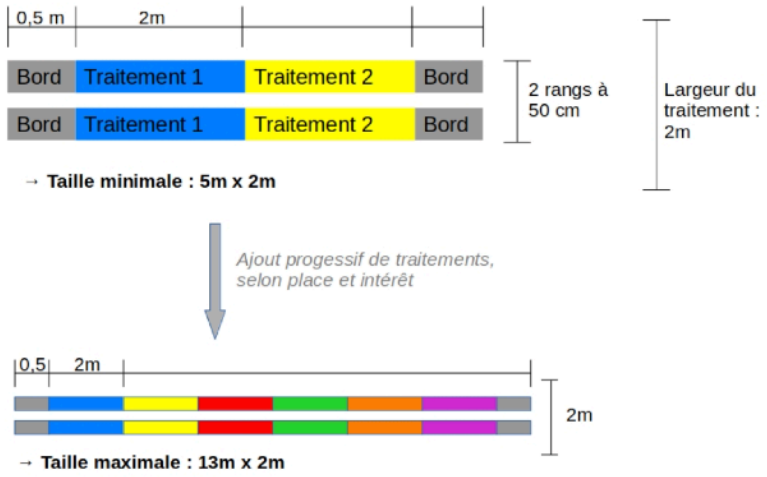


Figure 4. Dessin expérimental

1. ENHERB
2. MULCHPail
3. DESHERBtot
4. DESHERBint
5. MULCHherb
6. NODIG compost

Il est laissé au choix des jardinier.ères participant.es d'inclure dans leur parcelle d'essai 2, 3 ou 6 modalités, selon la place disponible et l'intérêt. La combinaison des modalités est imposée, chaque jardin devant réaliser les modalités i-ii, i-iii ou i-vi (fig. 3). Chaque jardin est considéré comme une répétition, ou un bloc aléatoire complet, de l'essai global. Cependant, il a été proposé aux jardins en bacs de mettre en œuvre la seule modalité (i) afin de leur permettre d'observer la biodiversité présente dans leur jardin.

Figure 5. Panneaux indiquant les deux modalités de base dans un jardin participant à JOS.

Au final, 11 jardins ont participé. Le tableau 3 montre les jardins participants et les modalités mises en œuvre.

Tableau 3. Jardins participants, liste des modalités choisies, et nombre de modalités

Nom du jardin	Modalité 1	Mod. 2	Mod. 3	Mod. 4	Mod. 5	Mod. 6	Nombre de modalités
Dudelange, Neischmelz (bac)	ENHERB						1
Luxembourg, Rotondes (bac)	ENHERB						1

Hobscheid, Wellwolleg Landschaft	ENHE RB	MULC HPail					2
Luxembourg, Kirchberg	ENHE RB	MULC HPail					2
Belvaux, Matgesfeld	ENHE RB	MULC HPail	DESHE RBtot				3
Esch/Alzette, Breedewee	ENHE RB	MULC HPail	DESHE RBtot				3
Luxembourg, Pétrusse	ENHE RB	MULC HPail	DESHE RBtot				3
Hesperange	ENHE RB	MULC HPail	DESHE RBtot	DESHE RBint	Mulch herb	No Dig	6
Luxembourg, Ville-Haute	ENHE RB	MULC HPail	DESHE RBtot	DESHE RBint	Mulch herb	No Dig	6
Roedgen	ENHE RB	MULC HPail	DESHE RBtot	DESHE RBint	Mulch herb	No Dig	6
Tandel, op dem Kranz	ENHE RB	MULC HPail	DESHE RBtot	DESHE RBint	Mulch herb	No Dig	6

Culture et mesures de la levée, de la vigueur et de la production des haricots

Les essais sont semés dans les jardins à partir du 18 mai 2018. Les graines sèches de la variété de haricots 'Langue de feu', variété de haricot sec à écosser, sont semées à 2 cm de profondeur en 2 lignes de 50 cm de distance entre lignes et 5 cm de distance interrangs, entre chaque grain. L'ordre des

modalités est aléatoire dans chaque jardin. Les essais ont été récoltés entre le 23 octobre et le 11 septembre.
La levée est observée 2 à 3 semaines après le semis. Dans chacun des 2 rangs et pour chaque modalité, le nombre de plantes de haricot présent sur 1 m de longueur est compté.
La vigueur est évaluée grâce à la hauteur, qui est corrélée à la vigueur de manière plus générale [1]. Au début de la floraison, 5 plantes pour chaque rang et chaque modalité sont choisies de manière aléatoire et leur hauteur du sol à la pointe de la tige principale mesurée.
Avant la récolte, le nombre de plantes restantes dans chaque placette est compté par la même méthode que pour la levée, décrite ci-dessus.

Lors de la récolte, 10 plantes par modalité sont choisies de manière aléatoire (5 de chaque rang). Pour chacune des plantes, les nombres de gousses et de grains produits sont comptés (fig. 3). Ces nombres sont une mesure de la productivité. Ensuite, l'ensemble des grains comptés est pesé et le rendement par mètre linéaire estimé comme à partir des plantes restantes par mètre linéaire et la masse des graines produites par 10 plantes.

Toutes les opérations pour la mise en œuvre des essais sont effectuées par les jardinier.ères, accompagnés de la coordinatrice en cas de besoin (fig. 5).

Figure 6. Un jardinier en train de compter les graines d'haricots récoltées dans les parcelles JOS.

Pour plus de détail au sujet des matériels et méthodes, et sur comment ceux-ci ont été communiqués au jardinier.ères, se référer au document « Protocole Projet de recherche participative JOS ! » en annexe de ce rapport et accessible

en ligne sur le site eisegaart.cell.lu https://eisegaart.cell.lu/wp-content/uploads/2021/06/Protocole-Jos-Final-1.pdf.

Plusieurs observations par placette ont été réalisées pour une majorité des variables – levée, hauteur des plantes, comptages de gousses et graines par plante de haricot.

Deux accidents de culture ont perturbé les essais dans les jardins. Premièrement, l'apparition marquée de limaces dès les premières semaines suivant les semis ont fortement abîmé les jeunes plantes dans les essais, et dans la modalité MULCHpail en particulier. Le mulch de paille a alors été retiré pendant environ 2 semaines avant de remettre en place la modalité. Comme une partie importante des plantes a été détruite, un second semi a été réalisé afin de combler les manques, en marquant bien les plantes issues de ce 2ème semis. Les plantes resemées n'ont servi qu'à assurer une densité de peuplement homogène. Toutes les observations agronomiques ont été faites sur des plantes issues du 1er semis. Deuxièmement, une inondation a fortement dégradé l'essai ENHERB et MULCHPail à Hesperange, rendant les observations qui y ont été réalisées inexploitables. Aussi, le jardin « Op dem Kranz » à Tandel n'a pas mesuré la hauteur des plantes.

Des périodes de sécheresse ont rendu des arrosages nécessaires aux mois de juillet et août (fig. 6).

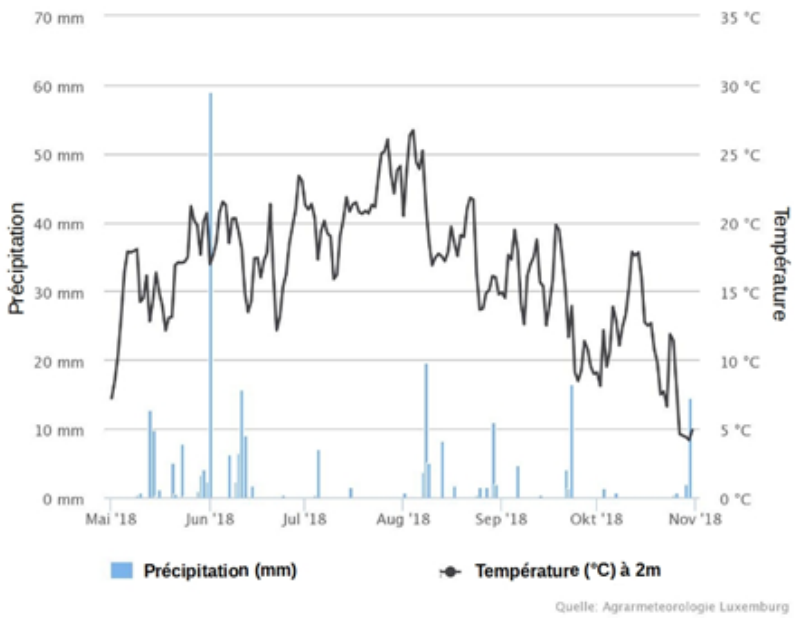


Figure 6: Moyennes journalières de températures et somme des précipitations journalières pour la période du 1er mai au 31 octobre 2018 pour Mamer que l'on peut considérer comme représentatives des conditions prévalentes sur tous les sites participants. Source : agrimeteo.lu

Mesures de la biodiversité

Pour observer les animaux, chaque participant.e se plaçait un jour ensoleillé à minimum 18 degrés entre 11h et 14h devant une des parcelles, notait la modalité de parcelle et photographiait les espèces d'insectes volant et posés sur les plantes. Il répétait cela pour chacune des parcelles ou le faisait avec une ou plusieurs autres personnes qui observaient chacune une parcelle simultanément. Dans un deuxième temps, il notait les insectes posés sur les feuilles et la tige des plantes dans chacune des parcelles ou au sol et il soulevait un bout de bois de 10x10 cm posé par terre au milieu de la parcelle et prenait une photo du dessous de la planche.
Pour le relevé des plantes les participants photographiaient chacune des espèces de plantes pour chaque modalité qu'ils avaient mis en place dans leur jardin. Ils étaient également invités à estimer le pourcentage de recouvrement de chacune des espèces dans la parcelle.

Fig. 7 Des jardinières en train de faire un relevé de plantes dans une parcelle JOS à Roedgen au moyen de l'app Inaturalist installée sur un smartphone

Les enregistrements des observations d'animaux et de plantes se faisaient via l'application *iNaturalist.org* que les jardinier.ères installaient sur leur smartphone. Lorsqu'il.elles mettaient les photos sur inaturalist.org, il.elles recevaient des suggestions d'identification des espèces grâce à des algorithmes de reconnaissance d'images. Les déterminations étaient ensuite vérifiées par des spécialistes du monde entier actifs sur la plateforme iNaturalist, dont des experts entomologues et botanistes du MNHNL. iNaturalist a été non seulement un outil pour rassembler les données dans une base de données commune, mais a aussi été un moyen ludique pour les participants de JOS d'apprendre à connaître les espèces de leur jardin (fig. 7).

Cette expérimentation a été encadrée et deux formations sur la biodiversité avec une partie théorique et une partie pratique ont été tenues dans les jardins ville Haute-Pétrusse à Luxembourg-Ville et Breedewee à Esch (fig. 8).
Pour plus de détails au sujet des matériels et méthodes, et sur comment ceux-ci ont été communiqués aux jardinier.ères, se référer au document « Protocole Projet de recherche participative JOS ! » en annexe de ce rapport et sur le site web eisegaart.lu (https://eisegaart.cell.lu/wp-content/uploads/2021/06/Protocole-Jos-Final-1.pdf).

Fig. 8 Jardinier.ères en train de faire des relevés de plantes lors de la formation biodiversité au jardin de la Ville-Haute.

Deux campagnes ont été menées pour les plantes, une entre fin juillet et mi-août et une deuxième à partir du 8 septembre 2018. Dû aux départs en vacances des jardinier.ères, seule une campagne d'observation pour les animaux a été menée entre le 23 juillet et le 11 août 2018.
Les données ainsi récoltées sont visibles dans les projets définis sur Inaturalist https://www.inaturalist.org/projects 'JOS-animaux' et 'JOS-plantes'. Les données de Inaturalist sont transmises au système d'information sur le patrimoine naturel du Luxembourg (mdata.mnhn.lu) du MNHNL dont la mission consiste à recueillir, préserver, analyser et diffuser l'information sur la biodiversité du Luxembourg.

Etude de la composition des communautés de vers de terre

3 catégories écologiques de vers de terre étaient ciblées: les épigés, les endogés et les anéciques.
Les épigés sont des vers colorés de 1 à 6 cm qui vivent en surface sous la litière, ne creusent généralement pas de galeries ou bien très peu profondes (premiers cm). Ne passant l'été que sous forme de cocons (aucun adulte ne survit), leur alimentation est essentiellement constituée de matière organique peu dégradée.
Les endogés sont des vers dépigmentés de 1 à 15 cm qui vivent exclusivement dans les 20 premiers cm de sol dans des galeries temporaires horizontales. Ils sont capables d'estiver, se nourrissent de matière organique dégradée et leur bol alimentaire comporte beaucoup de matière minérale.
Les anéciques sont des vers pigmentés de grande taille (>10cm) qui vivent dans des galeries verticales permanentes qui peuvent atteindre plusieurs mètres de profondeur. Capables d'estiver, ils se nourrissent de matière organique peu dégradée.
Les vers de terre ont été extraits des parcelles en les arrosant avec de l'eau mélangée à de la moutarde (fine et forte de la marque Amora) (fig. 9). Le protocole détaillé se trouve en annexe du rapport et sur le site eisegaart.cell.lu https://eisegaart.cell.lu/wp-content/uploads/2021/06/Protocole-Jos-Final-1.pdf

Figure 9. Photos de la séance de formation en reconnaissance des vers de terre et de l'application des connaissances par des jardinier.ères lors de l'étude de la communauté des vers de terre dans les parcelles JOS

Cette expérimentation a été encadrée et des formations concernant l'écologie, la reconnaissance des 3 grandes catégories écologiques de vers de terre ainsi que les bases statistiques pour le traitement des données obtenues, ont été délivrées aux groupes des jardins participants.

Le protocole d'échantillonnage des vers de terre a été adapté à la situation du protocole expérimental concernant les haricots. Ceci apporte une limitation aux résultats trouvés, du fait de l'échelle de celle-ci (xm2 par traitement) et de la capacité de dispersion des vers (1 à 2m / mois).

Méthodes d'analyses statistiques

Analyse de l'effet des jardins et des traitements sur les variables liées à la production, à la biodiversité et à l'abondance des vers de terre

Une ANOVA hiérarchisée (nested ANOVA) a été réalisée pour chaque variable, avec « jardin » et « traitement » pour facteurs fixes, en prenant en compte des deux modalités ENHERB et MULCHpail partagées par tous les jardins. L'ANOVA a été répétée ensuite pour les 3 modalités ENHERB, MULCHpail et DESHERB et ensuite pour les 6 modalités dans les jardins correspondants. Les données par jardin étaient: la levée, la hauteur des plantes, le nombre de gousses et de graines par plant de haricot, le nombre d'espèces (taxons) de plantes et d'animaux sauvages observés ainsi que l'abondance relative des trois catégories écologiques des vers de terre (anéciques, épigés, endogés) et stades (juvénile et adulte) et la somme de toutes les catégories de vers de terre confondues. Des tests post-hoc Tuckey ont été utilisés pour confirmer l'effet traitement.

Analyses pour le croisement des résultats

Pour étudier les relations entre la production de haricots, la biodiversité des plantes et des animaux sauvages et l'abondance des types de vers de terre nous avons effectué des analyses de corrélations entre la levée, la hauteur, le nombre, le poids des graines et le nombre d'espèces de plantes, d'animaux et de vers de terre dans les parcelles enherbées.

Une analyse multivariée avait pour but de tester s'il y avait un effet d'autres facteurs (propriétés physico-chimiques des sols, biodiversité, pratiques dans les différents jardins issues du sondage réalisé dans les différents jardins) concernant la production des plants de haricots dans les différents jardins. Le premier test s'est fait sur les propriétés physico-chimiques des sols pour les jardins ayant participé à la production de haricots et la quantification de celle-ci. Une Analyse de Composante Principale (ACP) à partir des propriétés physico-chimiques des sols mesurées dans les jardins a permis de voir si des

jardins pouvaient être regroupés selon les propriétés du sol. Les groupements ainsi obtenues ont ensuite été utilisés pour tester un lien éventuel avec les niveaux de production, les données de biodiversité, les éléments d'enquête sur les pratiques ainsi que les caractéristiques des jardins recueillies auprès des participants.
Ensuite, les propriétés physico-chimiques des sols ont été utilisées dans des corrélations canoniques (package vegan – The R project for statistical computing) afin d'analyser leur influence sur la composition d'espèces de plantes sauvages observées dans les parcelles enherbées des différents jardins.

Résultats et Discussion

Sondages sur les jardins et les pratiques jardinières

22 jardins ont répondu au sondage sur les jardins et les pratiques jardinières et 11 de ces jardins ont ensuite participé à l'essai expérimental de JOS. Un rapport complet sur les résultats du sondage se trouve dans un document à part sous la rubrique *Recherche participative -> JOS* du site eisegaart.cell.lu. Dans ce rapport nous présentons seulement les données qui servaient à l'élaboration du protocole de l'essai JOS tels que les pratiques de paillages, de désherbage et d'arrosage ainsi que les méthodes d'amélioration des sols qui pouvaient être utilisées pour l'interprétation de certains résultats de l'analyse des caractères physico-chimique des sols, de la biodiversité et de la communauté des vers de terre.

La majorité des jardins disent appliquer des pratiques de jardinage biologiques (80%) et de permaculture (75%). Les jardins ont en moyenne 6 fonctions dont les principales sont la production de légumes (82%), la récréation (82%) et la préservation de la biodiversité et de la nature (77%). L'utilisation de plantes médicinales (55%) et d'anciennes variétés de légumes (41%) est importante. Les jardins ont souvent une fonction pédagogique (50%) et certains reconnaissent avoir un rôle communautaire social et d'intégration culturel (27%).
La plupart des jardins pratiquent du paillage, tandis que 15% des jardins ne paillent pas du tout. Les jardins qui paillent utilisent entre 2 et 8, et en moyenne 3 types de paillages: 75% des jardins utilisent du compost, 55 % utilisent les mauvaises herbes du jardin, 45% de la paille, 45% des engrais verts, 30% de la

coupe de gazon et 30% du carton. Les pratiques de paillage les plus fréquentes servaient pour définir les modalités de couverture du sol de l'essai expérimental mis en place dans les jardins JOS.

En ce qui concerne l'origine des sols, 68% des jardins ont du sol d'origine alors que 27% des jardins ont uniquement du sol rapporté, pour la plupart du compost. Il s'agit de jardins urbains en bac ou de sites ou il n'y avait quasiment pas de terre naturelle comme au jardin urbain *Quartiersgaart* à Esch.

Parmi les pratiques pour améliorer les sols, tous les jardins épandent du compost, 86% utilisent le compost produit dans leur propre jardin, 67% du compost amené de l'extérieur et 52% utilisent les deux. 57% des jardins utilisent en plus de l'engrais vert et 29% du fumier pour amender leurs sols. 19% utilisent des engrais produits au jardin, 9% des engrais biologiques commerciaux. D'autres méthodes d'amélioration du sol consistent en la plantation de végétaux ou haies fixatrices de l'azote dans l'air, l'ajout de chaux et de sable, de crottin de cheval, ou encore de lombricompost (<20%). L' information sur les sols est utiles pour l'interprétation des propriétés physico-chimiques des sols, des communautés de vers de terre et de plantes spontanées dans les jardins.

Dans la moitié des jardins, les jardinier.ères enlèvent régulièrement, l'autre moitié rarement les herbes adventices, un jardin a indiqué ne jamais les enlever 95% arrachent les herbes à la main, dont 38 % bêchent en plus et/ou fauchent (24%). Les informations sur la fréquence de désherbage et d'arrosage ont servi et à tenir compte des habitudes des jardinier.ères dans l'élaboration du protocole JOS.

Propriétés physico-chimiques des sols

Les résultats des analyses des propriétés physico-chimiques des échantillons de sols prélevés dans les jardins JOS en automne 2018 sont repris dans le tableau 4.

Tableau 4. Propriétés physico-chimiques des sols des jardins ayant participé à l'expérience JOS.

EchID	**C/N**	**Corg (%)**	**K2O (mg/100g sol)**	**Mg (mg/100g sol)**	**N total (%)**	**Na (mg/100g sol)**	**P2O5 (mg/100g sol)**	**pH CaCl2**	**Texture**
ESCH/ALZETTE	11.7	7.5	105	37	0.65	5	208	7.3	Limono-argileux
BEGGEN	12.8	2.4	16	9	0.19	3	73	6.8	Sablo-limoneux
BETTEMBOURG	11.6	3.8	39	19	0.32	3	58	7.2	Argilo-limoneux
DUDELANGE	12.5	4.6	68	25	0.37	15	66	7.5	Argilo-limoneux
HOSCHEID	10.6	1.2	21	6	0.12	2	15	6.6	Limono-sableux
KIRCHBERG	10.3	3.5	52	25	0.34	3	105	7.4	Sablo-limoneux
PETRUSSE	15.4	5.5	64	18	0.36	3	125	7	Argilo-limoneux
ROEDGEN	10.5	2.5	23	11	0.24	2	23	6.6	Limoneux
SANEM	12.5	1.6	11	7	0.13	1	16	7.2	Argilo-limoneux
STEINSEL	11.2	1.9	20	14	0.17	2	15	6	Argilo-limoneux
TANDEL	11	2.6	69	20	0.24	2	51	7.1	Argileux
ROTONDES	10.7	11.3	155	57	1.06	4	243	7.2	NA

HESPERANGE	11.9	2.9	37	12	0.24	3	43	7.2	Argilo-limoneux
VILLE HAUTE	13.4	3.3	50	11	0.24	2	158	7.1	Argilo-limoneux

Le test multivarié a défini des groupements de jardins par les propriétés physico-chimiques des sols. Ainsi le premier test a identifié deux groupes de jardins qui se ressemblent au niveau de leurs propriétés physico-chimiques et ces deux groupes sont significativement différents entre eux. Ce test a aussi montré que deux jardins n'ont pas pu être classés dans un des deux groupes à cause de caractéristiques physico-chimiques trop divergentes. Il s'agit d'un jardin en bac à Luxembourg-ville et du jardin Breedewee à Esch où les échantillons de sol étaient composés de compost uniquement, ce qui ne correspond pas à un échantillon de sol standard. En effet au jardin d'Esch il n'y a quasiment pas de sol d'origine et les jardinier.ères ont amené du compost pour jardiner.

Ensuite le test a été répété sur un jeu de données plus restreint, dans lequel Esch Breedewee ainsi que les deux jardins en bac Neischmelz à Dudelange et Urbongarden à Luxembourg-ville ont été omis. Deux groupes ont été définis et sont significativement différents pour l'azote total (Ntot), la teneur en phosphore (P2O5), la fraction organique de carbone (Corg), la teneur en potassium (K2O) et en sodium (Na) (Fig.10)

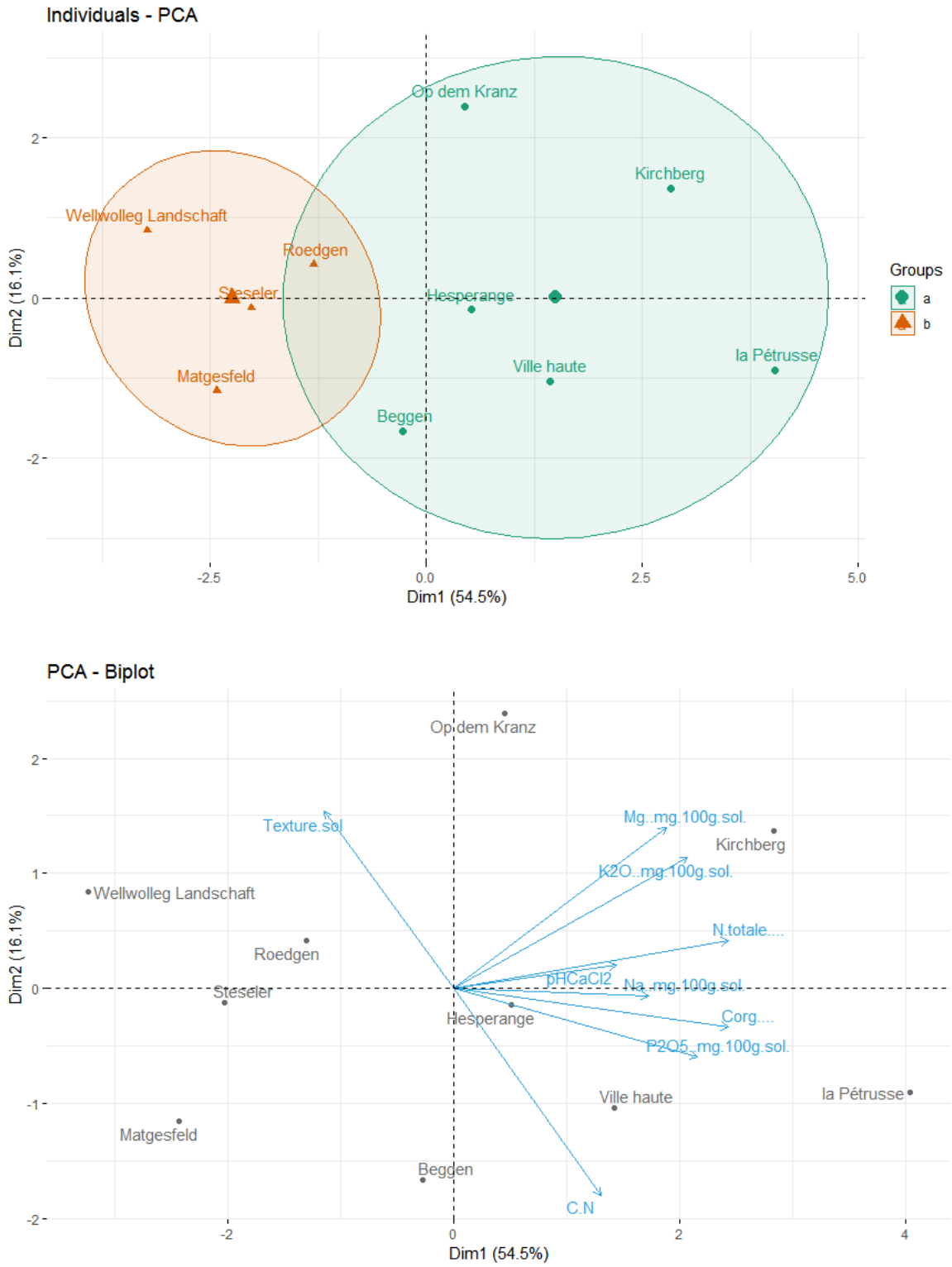


Figure 10: Analyse de Composante Principale à partir des propriétés physico-chimiques des sols mesurées dans les jardins. (a) Ellipse verte et orange définissant les ensembles de jardins significativement différents pour Ntot, P2O5, Corg, K2O et Na. Les deux dimensions expliquent 70.6%

Production de haricots

Des différences significatives entre jardins sont observées pour toutes les variables mesurées sur les haricots, montrant que la vigueur et le rendement des plantes variait d'un jardin à l'autre. Les jardins « Kirchberg » et Matgesfeld avaient les plantes les moins vigoureuses (19 et 7 cm, respectivement) et sont aussi les jardins ayant produit le moins de graines par plante (34 et 103 cm, respectivement). Au contraire, « Hobscheid » arborait les plantes les plus vigoureuses (53 cm) et a produit le plus de graines par plante (373) après le jardin « Op dem Kranz » (658). Globalement, le nombre moyen de graines produits par plante par placette est compris entre 0 (pour la modalité MULCHpail à Matgesfeld) et 830 (pour la modalité ENHERB au jardin « Op dem Kranz »).

Cependant, aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre modalités, pour aucune des variables. Parmi les différentes techniques de couverture du sol comparées dans le cadre de cet essai, aucune n'a donc donné lieu à des plantes de haricot montrant un écart statistiquement significatif de vigueur ou de rendement avec les autres.

Cependant, plusieurs points de vigilance sont à signaler quant à ces conclusions. Premièrement, les dégâts causés par les limaces ont pu agir en facteur confondant malgré les précautions prises sous forme d'un deuxième semi. Deuxièmement, une seule année d'expérimentation n'est pas suffisante pour tirer des conclusions robustes d'un tel dispositif. Au minimum une 2ème année serait nécessaire pour assurer la robustesse des observations concernant la vigueur et le rendement des haricots cultivés sous les différentes modalités.

Biodiversité dans les jardins

Il y a eu en tout 362 observations de plantes par 10 jardiniers de 10 jardins ainsi que 374 observations d'animaux par 15 observateurs de 11 jardins.

Toutes les observations d'animaux ou de plantes de JOS sont consultables sur inaturalist ici:

https://www.inaturalist.org/observations?project_id=18778&place_id=any&verifiable=any&captive=any&view=species

https://www.inaturalist.org/observations?project_id=18779&place_id=any&verifiable=any&captive=any&view=species

Les fichiers de données traitées et corrigées pour l'analyse sont à disposition sous le lien *Données JOS* de la rubrique *Recherche participative* du site eisegaart.lu.

La liste des animaux observés dans les parcelles JOS compte 36 identifications d'espèces. Parmi les espèces ou genre d'animaux identifiés, les pucerons du genre *Aphis*, les coléoptères du genre *Lycus*, l'abeille domestique *Apis mellifera*, le diptère *Eriothrix rufomaculatus* de la famille des *Tachinidae*, l'araignée du genre *Pardosa* et la coccinelle asiatique à vingt-et-un points *Harmonia axyridis* étaient les plus fréquentes (fig. 11).

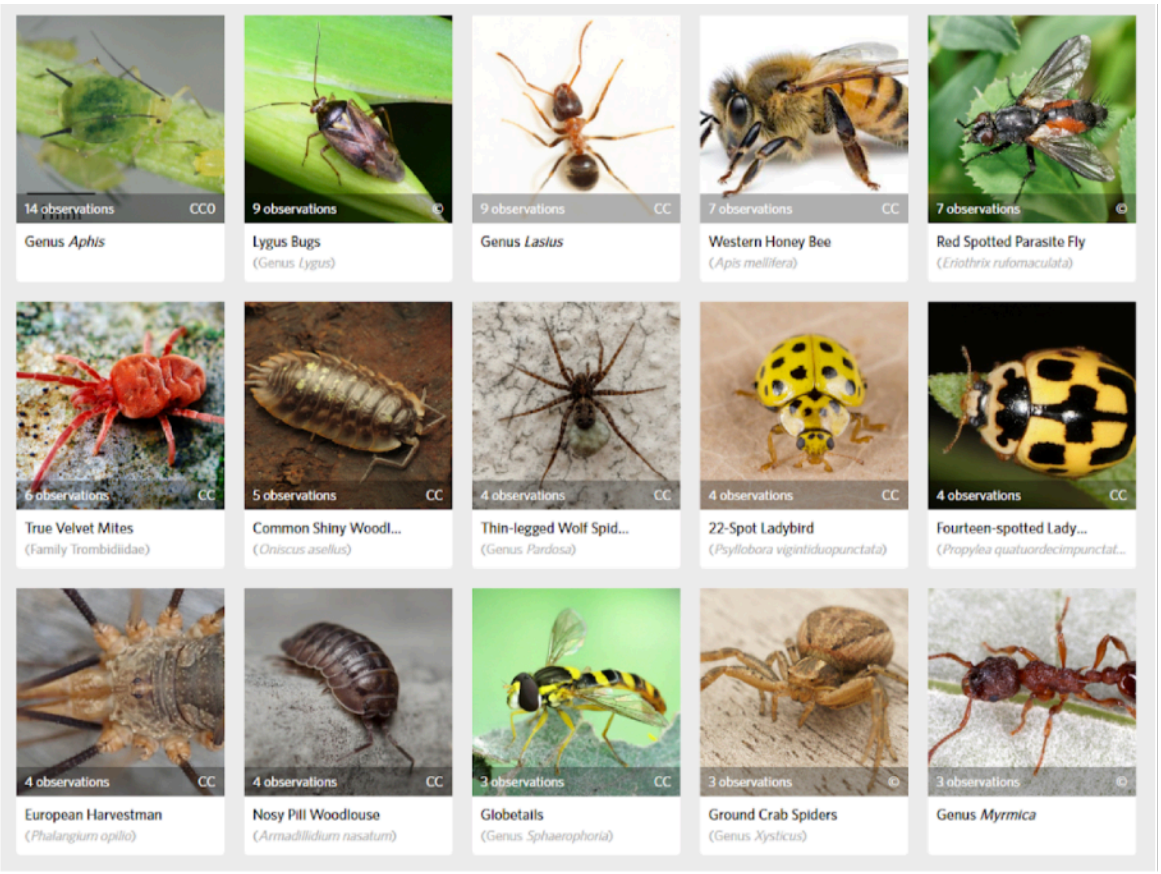


Figure 11 : Les 15 animaux les plus observés dans les parcelles de l'essai JOS de 11 jardins (images du projet *JOS Animaux 2018* sur iNaturalist.org)

305 d'observations d'animaux soit 82% n'ont pas pu être identifiés au niveau de l'espèce: 94 étaient identifiés au niveau du genre et appartenaient à 36 genres différents; 86 données d'observations ont pu être déterminées au niveau de la famille, correspondant à 24 familles différentes. Le restant des observations ont été classées dans les niveaux supérieurs de la taxonomie, comme l'ordre (85), la classe (34) ou le phylum (5). En effet souvent les espèces sont difficiles à

identifier sur base d'une photo générale comme celle téléchargées sur iNaturalist. Les experts nécessitent des photos de détail, voir un spécimen capturé pour pouvoir déterminer une espèce d'invertébré.
La figure 12 montre la répartition en grand groupes taxinomiques des observations d'animaux. Ainsi on voit que les trois groupes taxinomiques le mieux représentés étaient les hémiptères (punaises,...), les diptères (mouches, syrphes...) et les hyménoptères (abeilles, bourdon, fourmis) (fig 12).

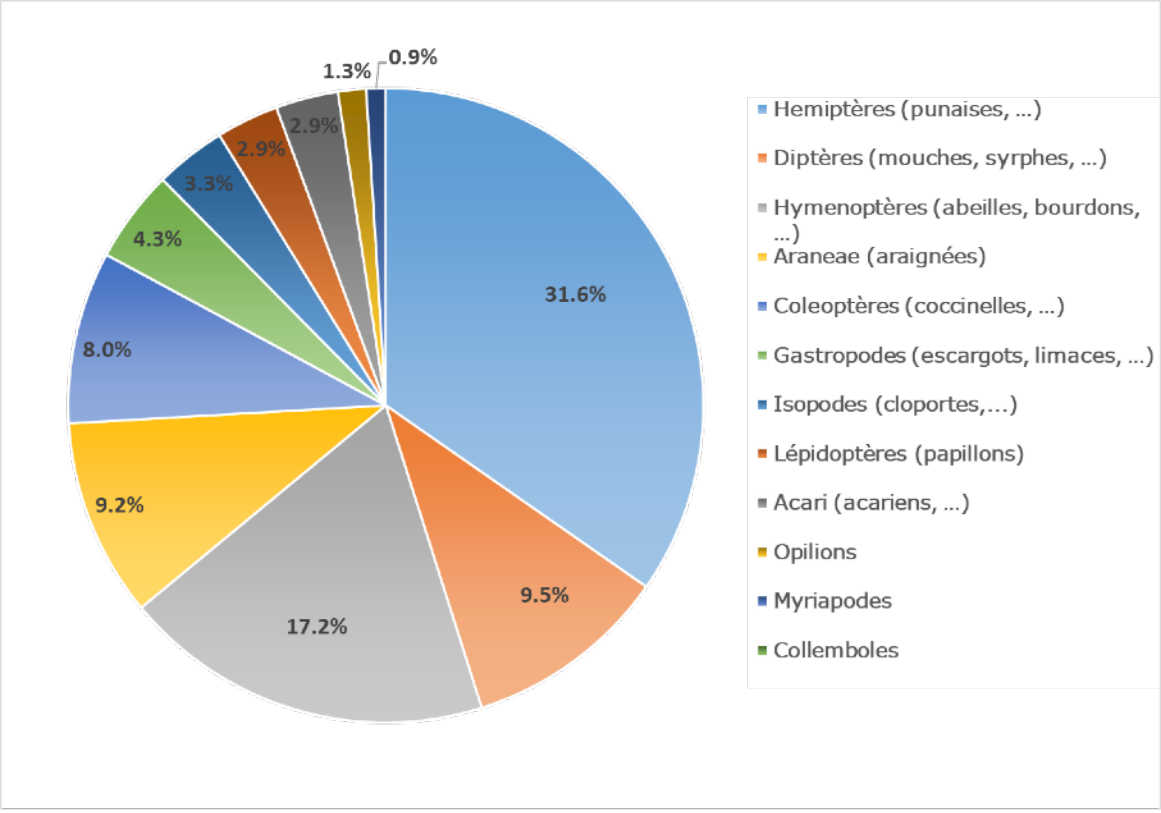


Fig. 12: Répartition selon les ordres taxinomiques des observations d'invertébrés en moyenne par micro parcelle dans les jardins JOS.

78% ou 283 des observations de plantes ont pu être identifiées au nom de l'espèce et le nombre d'espèces identifiées s'élève à 67. Les 5 espèces les plus observées étaient le chénopode blanc (*Chenopodium album*), le pissenlit (*Taraxacum officinale*), le panic des marais (*Echinochloa crus-galli*), le liseron des champs (*Calystegia sepium*) et le laiteron potager (*Sonchus oleraceus*) (fig. 13). 88% des espèces identifiées étaient indigènes. Parmi les non-indigènes, il y avait une espèce naturalisée *Euphorbia lathyris* d'Europe du Sud et de l'Est et

qui a été cultivée dans les jardins pour tenter d'écarter les animaux fouisseurs (Lambinon et al., 2012) et *Galinsoga quadriradiata* d'Amérique. Il y avait en outre des plantes de cultures de l'année précédente dont la patate, l'épinard ou des herbes provenant de cultures à proximité (bourrache, mélisse, calendula). La chicorée *Cichorium intybus* du jardin d'Esch/Alzette pourrait être d'indigénat douteux, car il pourrait s'agir d'une variété échappée de culture (Lambinon et al., 2012).

Parmi les 305 données d'observations de plantes, 79 (22%) n'ont pas pu être identifiées jusqu'au niveau de l'espèce, parmi celles-ci 54 observations ont été identifiées au niveau du genre et elles appartenaient à 16 genres différents, 20 observations ont été identifiées au niveau de la famille pour 4 familles différentes, la plupart des graminées (Poaceace) qui sont connues pour être difficiles à déterminer sur des photos. Finalement 5 observations de plantes n'ont pas pu être identifiées du tout.

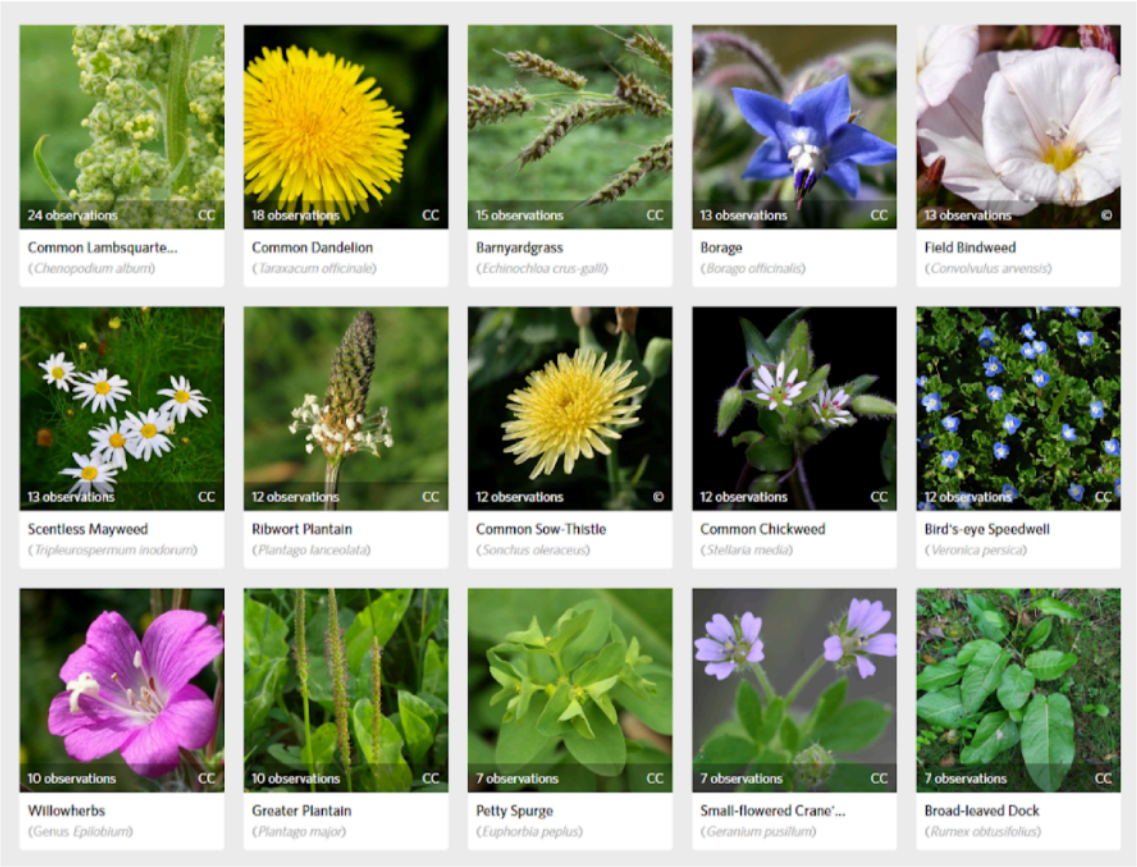


Fig. 13 : Les 15 espèces de plantes les plus observées dans ls parcelles de l'essai JOS de 10 jardins (images du projet *JOS Plantes 2018* sur iNaturalist.org)

Les parcelles enherbées comptaient 123 observations de plantes sur les deux périodes d'observation en été et en automne dont 96 étaient identifiées au niveau de l'espèce, comprenant 43 espèces spontanées sauvages. 16 observations de plantes étaient identifiées au niveau du genre uniquement (10 genres) et pour 9 observations juste le nom de la famille a été déterminé, la plupart des graminées. Lors d'une étude comparable en juillet 2011, des inventaires de plantes sauvages avaient été réalisés sur des platebandes de légumes de 1,2 à 4 m non cultivées, laissées à évolution libre dans 26 jardins potagers du Luxembourg (Owaller, 2012). Le nombre moyen d'espèces par jardin répertoriées de cette étude s'élevait à 11 espèces variant entre 3 et 17, alors que les micro parcelles enherbées des jardins JOS comptaient en moyenne 9 espèces ou 10 taxons si on inclut les observations identifiés à un niveau taxinomique plus élevé, variant entre 5 et 18 espèces. L'étude de 2011 a trouvé un total de 69 espèces soit 60% plus d'espèces que l'étude JOS. Cette différence est probablement dû au plus grand nombre de jardins inventoriés (26 contre 8 jardins JOS) et à une répartition plus large des jardins avec des sols et climats plus variés (22 communes contre 8 communes pour JOS, sans les jardins en bac). Il est probable aussi que les jardinier.ères du projet JOS n'aient pas répertorié toutes les espèces que des botanistes professionnels du projet de 2011 auraient vues s'ils avaient visité les mêmes sites. En effet les plantes de petites tailles qui ne sont pas encore en fleur ou des plantes à fleurs discrètes comme les poacées sont connues pour être difficiles à distinguer et à identifier par les amateurs, même en utilisent l'application iNaturalist.

Facteurs écologiques des valeurs indicatrices d'espèces

Les valeurs indicatrices d'Ellenberg (1992) des espèces permettent de calculer des facteurs écologiques moyens par site. Les valeurs indicatrices d'Ellenberg correspondent à l'optimum écologique d'une espèce, et répartissent les plantes dans des classes indicatrices pour les facteurs écologiques L : lumière, T : température, F : humidité édaphique, R : réaction du sol (pH), N : niveau trophique du sol (azote). Nous avons calculé une valeur indicatrice moyenne pour les deux relevés (été et automne) pour la luminosité (L), la température, l'humidité édaphique (F), la réaction et le niveau trophique (N) du sol du jardin (tableau 10).

Tableau 5: Facteurs écologiques moyens par jardin sur base des valeurs indicatrices d'Ellenberg (1992) des plantes relevées en été et en automne dans les micro parcelles enherbées.

NOM DU JARDIN	L - luminosité	T - température	F - humidité	R - réaction	N - azote
VDL - Kirchberg	6.42	6.33	4.43	8.00	7.31
VDL - Pétrusse	6.91	5.40	5.42	7.00	7.60
VDL - Ville Haute	6.33	4.00	5.25	7.00	7.20
Roedgen	6.88	5.50	4.71	6.65	7.25
Hesperange	6.75	5.67	4.50	7.00	7.75
Esch - Breedewee	7.33	6.00	4.32	7.25	6.33
Tandel - Op dem Kranz	7.00	6.00	4.83	6.50	7.40
Hobscheid - Wellwolleg L.	6.65	6.50	4.75	4.25	6.45

Les valeurs se rapprochant de 7 pour la luminosité L indiquent des sites ensoleillés ou à l'ombre. Les valeurs T indiquent qu'il s'agit de sites chauds (7) à modérément chauds (5). L'humidité des sols a une valeur intermédiaire (4) ou typique de sites humides (5) sur sols frais. L'indice N indique des sols riches en nutriments (6) comme à Esch et Hobscheid ou très riches en nutriments pour les autres sites (7). Les indices de réaction varient entre des sols acides à neutres (4) comme pour Hobscheid et des sols légèrement acides ou légèrement basiques (8). La valeur R obtenue par les valeurs indicatrices des plantes selon Ellenberg est corrélée avec les valeurs de pH des sols mesurées par l'analyse physico-chimique des sols ($r = 0.77$, $P < 0.05$). La valeur indicatrice pour les nutriments N ne corrèle cependant pas avec les valeurs nutritives pour l'azote (Ntot), le potassium (K_2O_5) et le phosphate (P_2O_5) issues des analyses physico-chimiques du sol ($r = -0.24$, $P > 0.42$). Les valeurs indicatrices sur base des plantes représentent des mesures approximatives. En plus, les sols étaient

tous riches en nutriments, et ne présentaient pas de variations en nutriments assez grandes pour détecter une corrélation entre les deux types de mesures. En conclusion, la plupart des facteurs écologiques L, F, N se différencient peu entre les jardins (tableau 10). Seule exception, le jardin de Hobscheid a une valeur de R nettement inférieure à celle des autres jardins indiquant un sol plus acide. De même la parcelle du jardin de la Ville Haute a une valeur pour T qui indique un site moins chaud que les autres jardins.

Composition de la végétation et caractéristiques des sols

La composition de la végétation se distingue entre les jardins et les données physico-chimiques des sols Ntot - azote, C / N, potassium - K2O année de paillage (0-3 ans) contribuent à expliquer ces différences ($F= 1.14$, $P < 0.05$).

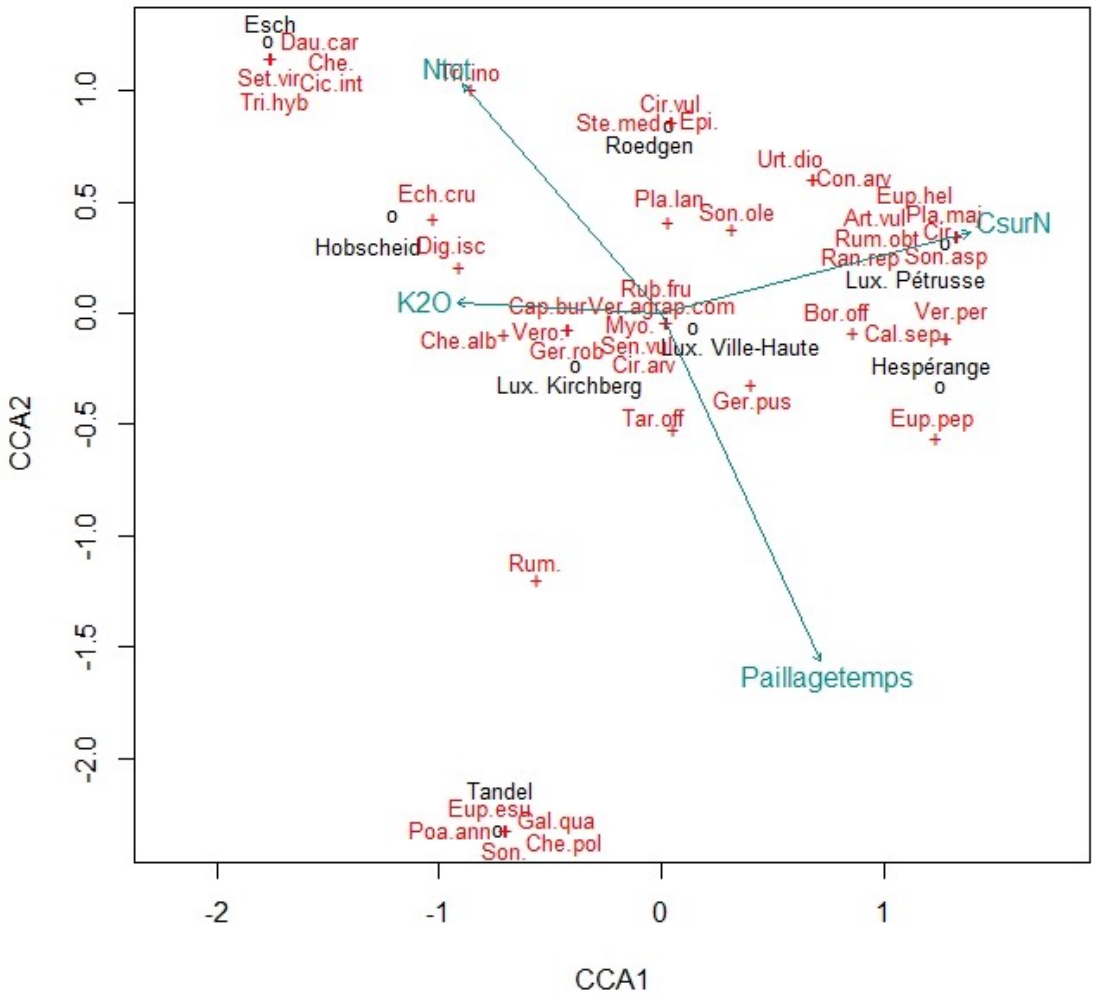


Fig. 14 : Représentation sur deux axes orthogonaux du résultat de l'analyse de corrélations canoniques des relevés des parcelles enherbées de juillet avec les caractéristiques des sols. Les points noirs représentent les jardins analysés et les points rouges les espèces observées. Les espèces (points rouges) sont plus proches des jardins (points noirs) où elles ont été trouvées. Les vecteurs bleus montrent la participation des différentes caractéristiques des sols à la répartition des jardins sur les deux axes: Ntot - azote, C / N, potassium - K2O année de paillage (0-3 ans).

Ainsi la figure 14 montre deux axes qui représentent des gradients écologiques selon lesquels se répartissent les relevés de végétation des différents jardins, les axes expliquant plus de 60% de la variation totale entre les relevés. Ceci montre la relation entre la distribution des taxons de plantes et les caractéristiques du sol dans les jardins (fig. 14).

Parmi les 37 espèces sauvages répertoriées dans les parcelles enherbées au mois de juillet, la plupart ont uniquement été trouvées dans un seul jardin. Seules 12 espèces ont été rencontrées dans plusieurs jardins: Taraxacum officinalis et Chenopodium album dans 4 jardins, Borago officinalis, Echinochloa crus-galli et Sonchus oleraceus étaient présents dans 3 jardins, Convolvulus arvensis, Calystegia sepium, Tripleurospermum inodorum, Urtica dioica, Plantago lanceolata, Geranium pusillum et Veronica persica se retrouvaient dans 2 jardins.

Les jardins de la Pétrusse et d'Hesperange avaient des valeurs C/N plus élevées, et on y trouvait l'euphorbe des jardins (*Euphorbia peplus*), l'euphorbe réveil-matin (*Euphorbia helioscopia*), le grand liseron (*Calystegia sepium)*, le liseron des champs (*Convolvulus arvensis*), la renoncule rampante (*Ranunculus repens*), la Véronique perse (*Veronica persica*), le laiteron épineux (*Sonchus asper*), la patience à feuilles obtuses (*Rumex obtusifolius*), l'armoise commune (*Artemisia vulgaris*) et l'ortie (*Urtica dioica*).

Selon la littérature, l'ortie indiquerait un excès de matière organique animale ou végétale et le liseron des haies et le laiteron épineux sont décrits comme des espèces nitritophiles typiques d'un engorgement en eau et en matières organiques sur sols frais produisant des nitrites et nitrates (Ducerf 2003). L'armoise commune indique également un engorgement en matière organiques des sols et le liseron des champs indique une forte concentration de nitrates ou un excès de matière organique. La renoncule rampante et le plantain indiquent plutôt un piétinement des sols par temps humide. L'euphorbe réveille-matin caractéristique des cultures maraîchères indique 'l'érosion des sols laissés nus' de même que l'armoise commune qui signifierait

un manque de couverture des sols (Ducerf 2003). Finalement le rumex à feuilles obtuses rencontré au jardin de la Pétrusse indique un engorgement en eau et en matière organique, et tout apport supplémentaire de matière organique peut être nocif.

La morelle noire, la chicorée sauvage et la carotte sauvage étaient observées uniquement dans le jardin d'Esch plus riche en azote que les autres jardins. A Esch, le sol est constitué essentiellement de compost municipal et contient également plus de sodium que le sol des autres jardins. Ceci est confirmé par la littérature, où la morelle noire est considérée comme plante indicatrice d'un engorgement du sol en matière organique et d'un excès de K et de N et elle indique des risques de salinisation par excès d'irrigation et/ou de fertilisants minéraux (Ducerf 2003). La chicorée sauvage indique un excès d'azote ainsi qu'un tassement du sol par piétinement.

Le pied de coq commun (*Echinochloa crus-galli*) et la digitaire glabre (*Digitaria ischaemuma*) ont été trouvés à Hobscheid dans un sol riche en azote et en potassium. *Echinochloa* est indicatrice d'un excès de fertilisation, probablement causé par l'exploitation agricole passée (champs de maïs) du site. Le relevé d'octobre d'Hobscheid avec la camomille inodore indique que le sol y a une faible rétention en eau ce qui concorde avec le sol plus sableux. Le mouron blanc indique en plus qu'ici le sol a un certain équilibre.

Le chénopode blanc (*Chenopodium album*) a été trouvé Esch et Tandel dans des milieux plus riches en potassium et en azote ainsi qu'à Roedgen riche en azote et au Kirchberg. Selon Ducerf (2003) cette espèce montrerait 'un excès d'épandage de matière organique animale non compostée ou mal compostée'.

Le chénopode à graines nombreuses (*Chenopodium polyspermum*), le Galinsoga ciliée (*Galinsoga quadriradiata*), le pâturin annuel (*Poa annua*) et l'Euphorbe esule (*Euphorbia esula*) se retrouvaient à Tandel dans un jardin à sol argileux et qui a été paillé depuis plus longtemps que les autres jardins.

Selon la littérature, le Galinsoga montre une tendance à l'évolution vers une forêt ainsi qu'une carence en matière organique animale ou en azote (Ducerf 2003). Le pâturin annuel signifie une dégradation de prairies par surpâturage et piétinement (Ducerf 2003) et l'Euphorbe esule indiquerait une pollution d'origine agricole, témoins que le jardin a été installé sur une ancienne prairie.

Les jardins Kirchberg et Ville-Haute se trouvent au milieu du graphe avec des espèces qui apparaissent plutôt neutres sur les gradients écologiques d'azote,

C/N et potassium représentés ici. Ces espèces peuvent néanmoins être liées à d'autres caractéristiques du sol comme par exemple le séneçon commun indiquant un sol à faible pouvoir de rétention et en danger d'érosion ou la bourse à pasteur indiquant des variations hydriques importantes sur un sol limoneux ou sableux (Ducerf, 2003).

Relation entre la biodiversité des plantes et celle des animaux

Il n'y a pas de relation significative entre le nombre de taxons d'animaux et le nombre de taxons de plantes observées dans les micro parcelles enherbées des jardins. Leur mobilité leur permet de profiter de la végétation environnante ce qui diminue l'effet des parcelles du dispositif. Le manque de différence significative pourrait être également dû au moins en partie à une variabilité de l'effort d'observation entre jardins et entre micro parcelles. Alors que la durée d'observation des insectes volants était normée à 10 minutes par parcelle, l'observation des invertébrés non-volants sur les plantes et le sol n'avait pas de temps de recherche prédéfini d'avance et il est donc probable qu'il a varié entre jardinier.ères. De plus, lorsqu'il y avait beaucoup de végétation dans une micro parcelle, comme dans les micro parcelles enherbées, l'effort à fournir pour bien détecter tous les insectes sur les branches et sur le sol était plus grand, ce qui n'a pas été précisé dans le protocole, et ce qui a donc pu introduire un biais de non-détection de tous les insectes présents. Des prochaines itérations de ce projet devraient viser à uniformiser les efforts d'observation des animaux invertébrés entre les jardinier.ères. Ceci permettrait de tirer des conclusions robustes pour savoir s'il y avait une réelle différence entre la biodiversité des invertébrés entre micro parcelles et une relation entre la biodiversité des animaux et celle des plantes.

Relation entre la biodiversité hors sol et celle des vers anéciques

Nous avons constaté une relation significative entre l'abondance des vers de terre anéciques et la biodiversité hors sol calculée comme le nombre total de taxons de plantes et d'animaux observés dans une parcelle. Ceci indique que quand les conditions étaient favorables pour la biodiversité hors sol elles l'étaient aussi pour l'abondance des vers de terre (fig. 15) (disponibilité de la ressource alimentaire).

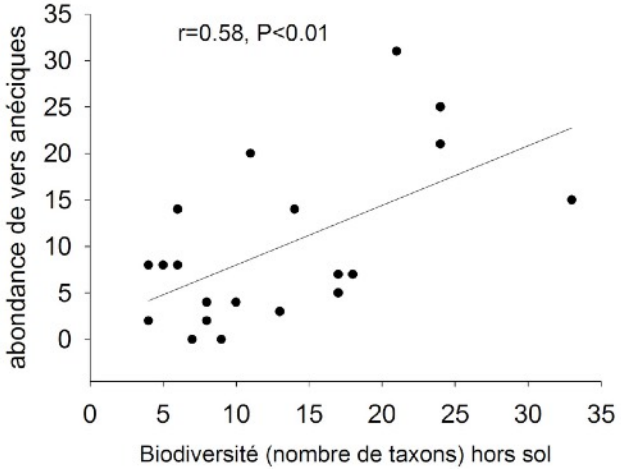
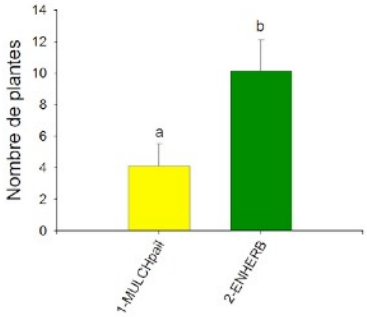


Figure 15: Relation entre le nombre de taxons observés hors sol et l'abondance des vers anéciques.

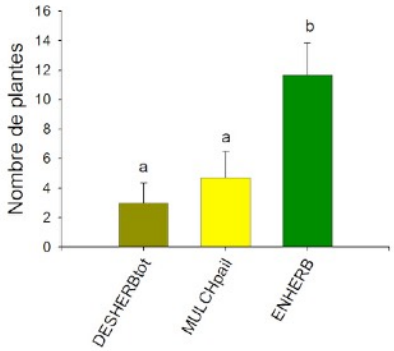
Comparaison de la biodiversité entre les différentes pratiques de couverture de sol

Les relevés dans les jardins comptent en moyenne 6.75 observations d'espèces d'animaux et 6.5 observations d'espèces de plantes par micro parcelle. Les résultats des analyses ANOVA montrent que le nombre d'espèces d'animaux ne varie pas significativement entre les jardins, ni entre les traitements. Les micro parcelles désherbées comptaient seulement 2.5 espèces d'animaux comparés à 7 espèces dans les traitements ENHERBEMENT et MULCHPAIL. Ce résultat n'était cependant pas statistiquement significatif.
Les micro parcelles enherbées des jardins en pleine terre comptaient en moyenne 9.4 espèces de plantes en juillet 2019, les jardins en bac seulement 0 à 2 espèces.

(a)



(b)



(c)

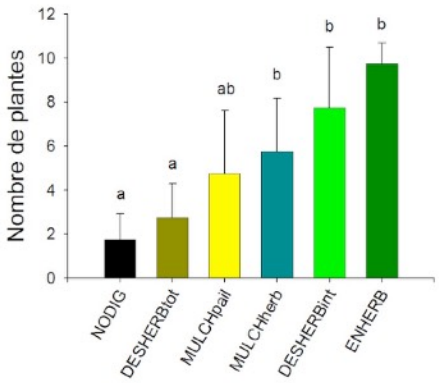


Figure 16 : Nombre de taxons de plantes (moyenne et l'erreur-type) observés en juillet-août 2018 en fonction des traitements a) MULCHPAILLE et ENHERBEMENT dans 8 jardins et b) MULCHPAILLE, ENHERBEMENT et DESHERBAGE dans 6 jardins et c) MULCHPAILLE, ENHERBEMENT, DESHERBAGE, NODIG (Compost), MULCHHERB et DESHERBAGE intermédiaire dans 4 jardins; a,b = groupes

Les jardins ayant mis en place 2 ou 3 traitements ne se sont pas différenciés au niveau du nombre moyen d'espèces de plantes observées par micro parcelle ($F_{7,16}$ = 1.4). Les micro parcelles enherbées abritaient significativement plus d'espèces de plantes (en moyenne 10) que les micro parcelles paillées qui comptaient en moyenne 4 espèces. On a ainsi une augmentation de la biodiversité végétale de 150% dans les parcelles enherbées (fig. 16 a, b). Les jardinier.ères qui avaient mis en place les 6 traitements avaient également observé une différence significative de la richesse végétale entre les types de paillages. Le traitement NODIG et le désherbage (DESHERBTOT) avaient un nombre similaire de 2 à 3 espèces en moyenne et comptaient significativement moins d'espèces que le paillage avec les herbes arrachées (MULCHHERB) qui était semblable à l'ENHERBEMENT et au DESHERBAGE intermédiaire (entre 6 et 10 espèces en moyenne) (fig. 16 c). Le paillage avec de la paille MULCHPAIL se retrouvait entre ces deux groupes avec 5 espèces de plantes en moyenne.
Les jardins à 6 traitements présentaient des différences significatives du nombre moyen d'espèces de plantes par micro parcelle, variant de 3 espèces à Hesperange et à Tandel op dem Kranz, 6 espèces à Luxembourg Ville-Haute et 10 espèces à Roedgen (fig 16c, $F_{3,15}$= 7.9).
En résumé, l'étude JOS indique que les traitements de couverture du sol qui abritent le plus de biodiversité végétale sont l'enherbement, le désherbage intermédiaire et le paillage avec les herbes arrachées. Il est intéressant de noter que ces traitements n'ont pas significativement réduit la production de haricots.
Les animaux semblent généralement moins affectés par les traitements de couverture du sol que les plantes. Il est probable que leur mobilité leur a permis de bouger entre les traitements mis en place et que dans un dispositif avec des parcelles plus grandes, des différences plus nettes se seraient manifestées. Dans les parcelles enherbées l'observation des animaux était plus fastidieuse et plus longue parce qu'elles abritent plus de plantes à inspecter, et car les plantes obstruent en partie la vue ce qui a introduit un biais. De plus, dans certains jardins à 6 modalités où la charge de travail était élevée, des participants pouvaient être amenés à raccourcir le temps d'observation des micro parcelles et donc que le nombre d'animaux enregistrés pour ce traitement pouvait être anormalement bas. Par conséquent et pour une suite de JOS, nous recommandons de diminuer la charge de travail en diminuant le nombre des traitements et de simplifier les protocoles d'observation d'animaux, notamment en identifiant au préalable des groupes taxonomiques indicatrices

de l'état de la biodiversité et qui seraient faciles à détecter afin de réduire le travail des participants et de normer les données récoltées.

Communautés de vers de terre

Les conditions météorologiques exceptionnellement défavorables (été très chaud et sec, automne sec) ont beaucoup affecté les résultats obtenus pour cette partie de l'expérimentation : certains jardins n'ont pas produit de résultats, certains traitements ont été abandonnés et certaines catégories écologiques de lombriciens ont été affectées plus que d'autres.

D'autre part, que ce soit par choix ou par abandon, tous les jardins qui ont participé à cette expérimentation n'avaient pas les mêmes traitements, ce qui a affaibli la puissance statistique des tests effectués. Ceci a été une opportunité pour expliquer certaines notions d'analyse de données aux groupes participants. En conséquence, seuls 3 traitements ont pu être exploités concernant les analyses statistiques : le mulch paille, l'enherbement total et le désherbage total.

En préliminaire, les variations entre jardins concernant l'abondance des vers ont été analysées et ont permis de rejeter l'hypothèse d'un « effet jardin » quelles que soient les catégories écologiques ou les traitements. Les résultats de cette analyse sont confirmés par une analyse de composante principale concernant les caractéristiques physico-chimiques du sous-échantillon des jardins participants à cette expérience par rapport à l'ensemble des jardins participants de JOS : on observe une certaine similitude qui permet en première approche de soutenir le rejet de l'hypothèse « effet jardin » (fig. 17).

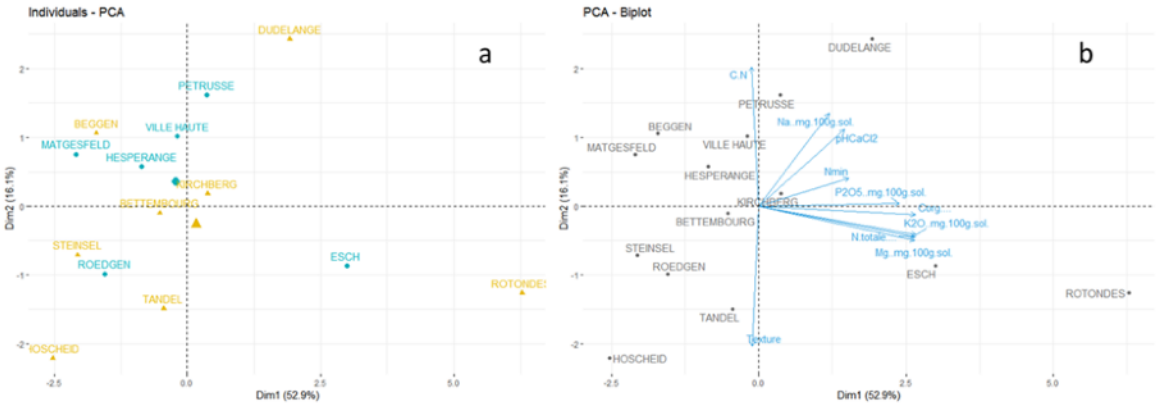


Figure 17 : Analyse de Composante Principale à partir des propriétés physico-chimiques des sols prélevés dans les jardins. (a) Points en bleu = jardins ayant participé au prélèvement des

vers de terre / Points en jaune = jardins n'ayant pas participé au prélèvement de vers de terre. Les deux dimensions expliquent 69% de la variabilité avec l'axe principal expliquant à lui seul 52.9% de cette variabilité. A part pour Esch, on a un regroupement serré des jardins ayant participé à l'expérience 'vers de terre' (ainsi que des autres jardins participant au projet JOS, Rotondes et Dudelange étant des jardins en bacs et comportant donc des substrats particuliers souvent à base de compost). (b) Visualisation des facteurs impliqués dans la constitution des deux dimensions.

Dès lors, on a pu effectuer des analyses transversales aux différents jardins concernant les types de traitements (paillage) et les catégories écologiques qui pourraient être plus ou moins favorisées.

Le second test a donc porté sur l'effet des différents traitements sur l'abondance des vers toutes catégories écologiques confondues (fig. 18a). Le nombre de vers de terre sous mulch paille était significativement plus important qu'en désherbage total. Ce résultat pourrait être imputé à la disponibilité en ressource plus importante, la paille, qui aurait permis de maintenir une population plus importante de vers.

Les tests suivants ont porté sur l'abondance des différentes catégories écologiques en fonction des traitements (figs.18b,c,d). Anéciques et endogés sont significativement plus abondants sous mulch paille qu'en désherbage total probablement du fait de la ressource plus importante en nourriture (figs.18b,c). Le manque de différence significative concernant les épigés (fig. 18d), qui auraient logiquement dû être affectés dans le même sens, est très probablement dû aux conditions climatiques d'extrême sécheresse qui ne leur ont pas permis de survivre. Le nombre d'épigés récoltés a en effet été très faible sur l'ensemble des jardins et n'a pas permis d'observer de différence significative.

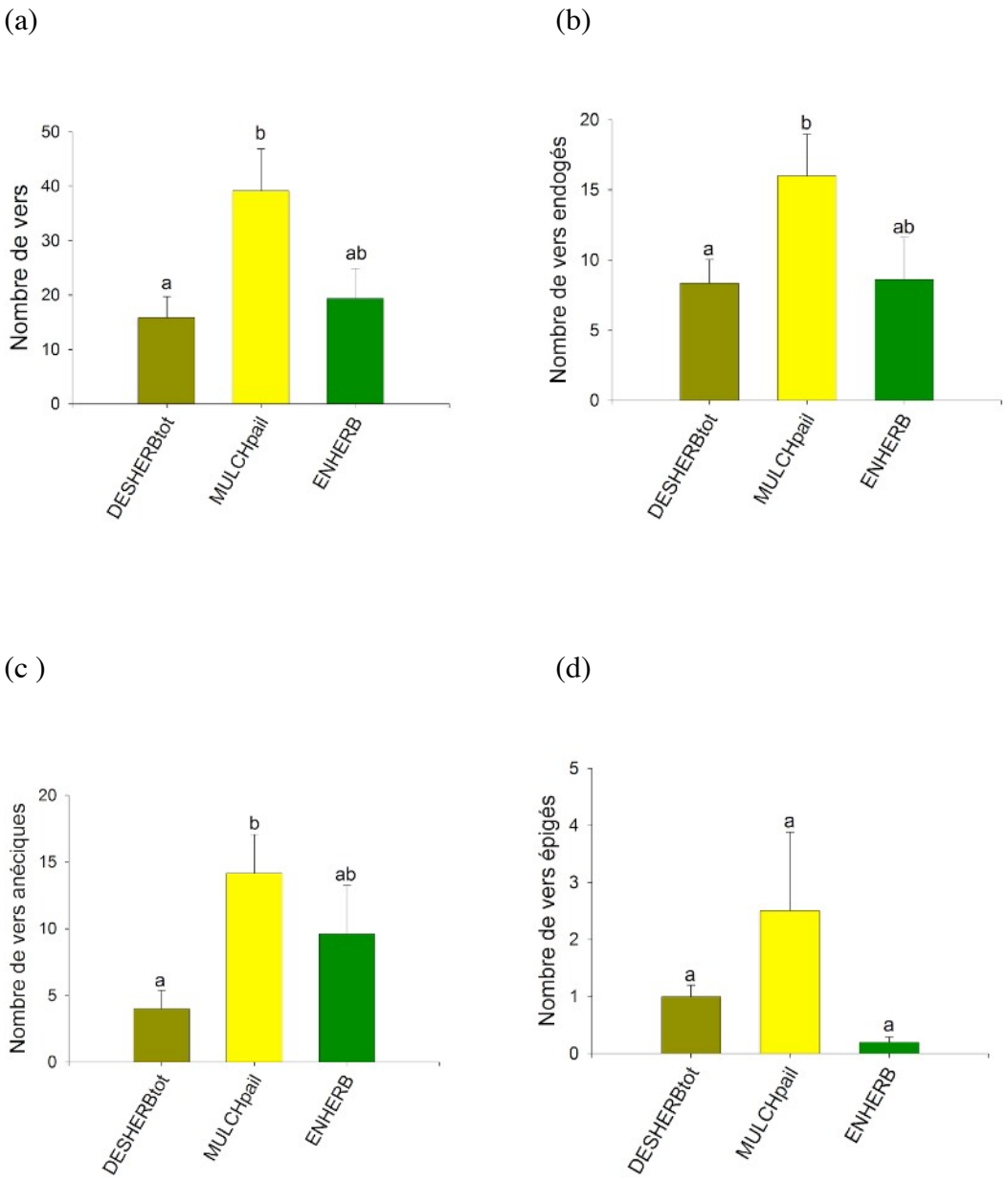


Figure 18 : Abondance (a) des vers toutes catégories écologiques confondues, (b) des vers endogés, (c) des vers anéciques, (d) des vers épigés en fonction des traitements (moyennes et écart-type des moyennes); a,b = groupes significativement différents selon l'ANOVA, ab groupes non-significativement différents selon l'ANOVA; pour (d) tous les groupes sont classés a par l'ANOVA, pas de différence significative.

L'analyse de variance a ensuite porté sur l'effet des trois traitements sur l'abondance relative des trois catégories écologiques de vers. Les résultats de ces analyses ont été fortement influencés par l'effondrement des populations d'épigés avec une abondance significativement plus importante des anéciques et des endogés en mulch paille et enherbement total. Seul le désherbage total n'a montré aucune différence entre l'abondance des épigés et celle des anéciques, ceci pouvant être imputé à la pauvreté en ressource en surface qui

ne permet pas à la population d'anéciques, en condition de désherbage total, de se maintenir.

Enfin, l'abondance des adultes et des juvéniles a été analysée sur l'ensemble des données (fig.19a) et par catégorie écologique (fig.19b). Cela permet de se rendre compte qu'on a beaucoup plus de juvéniles que d'adultes dans le jeu de données, ceci est dû aux mauvaises conditions (sécheresse en été et automne froid et sec) qui ont poussé les adultes à passer d'une phase de dormance en été prolongée par un automne sec (estivage) à une phase de dormance hivernale (hibernage). Les adultes d'anéciques et d'endogés en sont capables car ils ont plus de réserves que les juvéniles et des galeries pour le faire. Les juvéniles sont beaucoup plus contraints à l'activité pour rechercher la nourriture qui leur permettra de constituer des réserves avant l'hiver. Ceci ne vaut que pour les anéciques (dont les juvéniles vivent comme des épigés) et les endogés ; les épigés meurent en été et les populations ne passent à la saison suivante que par le biais de cocons qui écloront à l'automne, leur métabolisme rapide leur permettant d'être actifs et de se reproduire avant l'hiver.

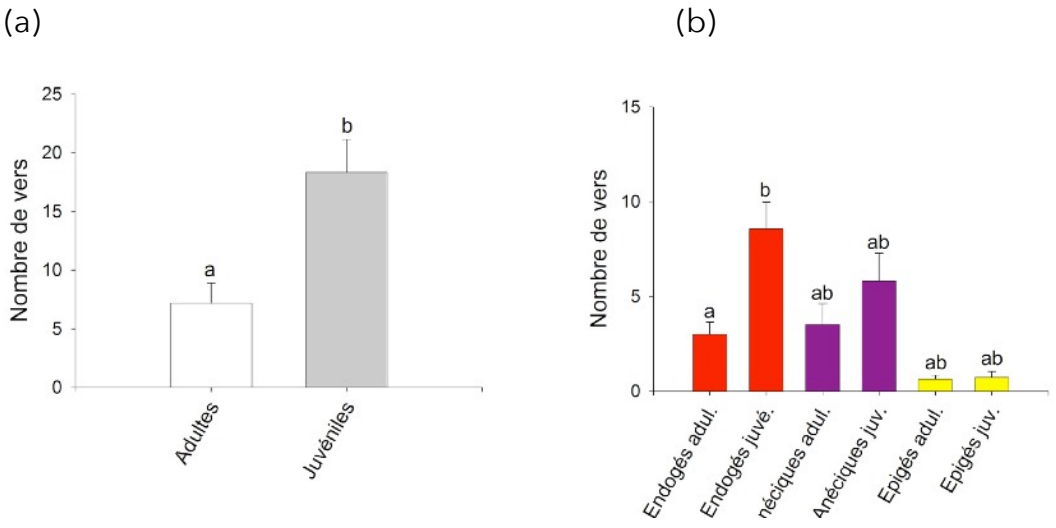


Fig.19 : Abondance des adultes et des juvéniles (a) sur l'ensemble des données (b) et par catégorie écologique; a,b = groupes significativement différents selon l'ANOVA, ab groupes non-significativement différents selon l'ANOVA.

Ceci est confirmé par les analyses par catégorie écologique pour ce qui est des endogés, moins en ce qui concerne les anéciques dont les juvéniles au mode de vie épigé ont dû subir des pertes conséquentes – on observe malgré tout une tendance dont la non-significativité peut être imputée à un manque de

données. Aucune différence significative pour les épigés du fait de l'effondrement des populations.
Une partie des données n'a pas pu être utilisée pour les analyses des groupes écologiques, ce sont les juvéniles qui n'ont pas pu être assignés à l'un des 3 groupes. C'est un des problèmes majeurs que rencontrent les écologues qui travaillent sur la dynamique des populations de vers car à certaines périodes de l'année une partie importante de ces populations est constituée de vers immatures. C'est une notion importante dont les participants ont pu prendre conscience par le biais de cette expérimentation.
Au final, et malgré les difficultés, l'expérimentation a permis de montrer qu'une couverture du sol était bénéfique pour l'abondance des vers de terre. Des répétitions dans d'autres jardins ou sur d'autres années (avec des conditions météo plus clémentes) permettraient probablement de faire émerger un effet plus net, en particulier concernant l'enherbement total et les épigés.

Croisement des résultats

Ce croisement des résultats avait pour but de tester si on avait un effet d'autres facteurs (propriétés physico-chimiques des sols, biodiversité, pratiques dans les différents jardins – sondage réalisé dans les différents jardins avant la rédaction du protocole) concernant la production des plants de haricots dans les différents jardins.
Les deux groupements de jardins établis par rapport aux propriétés physico-chimiques des sols (voir partie des résultats des propriétés physico-chimiques des sols) ont été utilisés pour tester un lien éventuel avec les niveaux de production, mais aucun lien n'a pu être trouvé. Aucun lien n'a non plus pu être établi concernant les données de biodiversité, les éléments d'enquête sur les pratiques ainsi que les caractéristiques des jardins recueillis auprès des participants.
Concernant les données de l'enquête, cela pourrait être dû à la disparité concernant des questions à champ de réponse libre mais aussi à un manque de définition des modalités de certains facteurs. Par exemple, la fréquence de suppression des mauvaises herbes a été classée en 'régulièrement' et 'rarement', mais chacune de ces deux modalités recouvrait probablement des pratiques différentes selon les jardins : un désherbage régulier à Esch ne correspond pas forcément à un désherbage régulier à Hesperange, etc.

Pour les données de biodiversité, on a probablement un biais observateur du fait d'un spectre taxonomique trop large. Les prochaines itérations de ce type de projet devraient se concentrer seulement sur quelques groupes pour éviter ce problème.
Il faut également souligner que pour observer un effet ou un manque d'effet sur la production par rapport aux différents modes de culture, une expérimentation pluriannuelle serait nécessaire ainsi qu'un échantillonnage plus grand de jardins.

Observations et apprentissages des jardinier.ères exprimés lors du forum de clôture

Lors d'un tour de table au forum de clôture en décembre 2018 les jardinier.ères avaient l'occasion d'exprimer leurs observations et apprentissages du projet JOS (tableau 6).

Tableau 6: Observations et apprentissages exprimés par les jardinier.ères lors du forum de clôture de JOS en décembre 2018:

Nom du jardin	**Observation / apprentissage lors de JOS**
HOBSCHEID	Beaucoup d'herbes qui poussent (ENHERB)- ENHERB : ++ de graines
SCHUTTRANGE	Pas de place pour participer
DUDELANGE	Bac: pas beaucoup d'herbes sauvages. Bonne levée malgré la sécheresse
BECKERICH	too small to participate
Ville haute	Peu de monde le jour des travaux. Génial car permet de voir des différences -> enrichissement. Souhaite la répétition de l'expérience
Limperstberg	Peu de place. Enthousiasme du groupe au début mais pas assez d'intérêt et d'engagement par la suite. Formations -> Prise de conscience

Esch	3 traitements. Paille mise trop tôt. ENHERB: impressionnant! MulchPAIL: ver de terre ++. Instructif, mais travail ++. Il faut trouver la motivation et mobiliser.
Hesperange	Belle aventure. Notre jardin a démarré avec ce projet. Formation -> apprentissage. Mobilisation décroissante. Comparaison difficile: 1 traitement au soleil. J'ai adoré le comptage des vers de terre.
Pétrusse	3 traitements. MulchPAIL: paille mise trop tôt. Récolte ++ dans ENHERB -> humidité, haricots ont poussé avec les plantes. Mobilisation pas facile mais 6-7 personnes impliquées
Belvaux	3 traitements. 2 personnes + renfort. Bien levés, sillon pour les semis. Rendement ++: DESHERBtot. La paille demande du travail pour adapter, peut êter bon pour la qualité du sol.
Roedgen	Paille mise trop tot. Le 2ème semis a bien monté. Beaucoup de travail (traitements + culture pour dégustation)
Bettembourg	cultures pas arrivées à terme. 2ème semis ok mais ensuite pas d'arrosage
Rotondes	Bacs. Sur le passage: disparition de gousses. Enrichissant. Ca m'a coûté l'arrachage d'un chou kale.

Un certain nombre de jardinier.ères ont exprimé que le projet a suscité de l'enthousiasme et était enrichissant mais la participation réelle à toutes les expériences de JOS n'a pas été possible, en partie dû aux départs en vacances, et dû à une investissement en temps trop grand pour JOS. Une idée soutenue par beaucoup de participants était que les jardinier.ères avec des jardin trop petits auraient pu venir aider les autres, p.ex. aider à faire les observations avec les autres.

Les pratiques de paillage ont été évaluées par les jardinier.ères lors du forum de clôture de JOS (tableau 7).

Tableau 7: Appréciations des traitements testés lors de l'expérience JOS par les jardinier.ères:

Traitement de couverture de sol	Commentaires des participants
MulchPAIL	Sol toujours couvert (protège et alimente)-> bon pour les verres de terre
	J'aime. Bonne couverture, pas beaucoup d'herbes, moins bonne levée - vers de terre
	Bonne couverture, pas beaucoup de mauvaises herbes, beaucoup de vers (il faudrait juste pas pailler au début). Résultat zéro zéro zéro. Merci les limaces
MulchHERB	C'est bien pour enlever les herbes et en même temps couvrir la terre (pratique) et aussi observer les plantes -> UNE BONNE ALTERNATIVE.

Conclusions générales de l'essai JOS

En résumé, la vigueur et le rendement des plantes de haricot varient de manière significative entre les jardins mais pas entre les traitements de couverture de sol alors que le nombre de plantes sauvages varie entre les jardins et entre les traitements. Ainsi l'enherbement complet ou intermédiaire et le paillage avec les herbes arrachées augmentent significativement la biodiversité végétale par rapport au désherbage, la couverture avec du compost ou avec de la paille. Les résultats indiquent que les traitements de couverture du sol qui augmentent la biodiversité y inclus l'enherbement ne diminuent pas la productivité des haricots ou à l'inverse que les traitements de paillage et le désherbage faisant baisser la biodiversité, n'augmentent pas la production de haricots. Les animaux semblent moins affectés par les différents traitements de couverture du sol grâce à leur mobilité. Il est possible que dans un dispositif avec des parcelles plus grandes, des différences plus nettes se seraient manifestées entre les différents traitements de couverture du sol.
L'expérimentation a permis de montrer qu'une couverture du sol était bénéfique pour l'abondance des vers de terre car le nombre de vers de terre sous mulch paille était plus important qu'en désherbage total. Ce résultat

pourrait être expliqué par une disponibilité en ressource plus importante, qui aurait permis de maintenir une plus grande population de vers. Des répétitions dans d'autres jardins ou sur d'autres années (avec des conditions météo plus clémentes) permettraient probablement de faire émerger un effet plus net, en particulier concernant l'enherbement total et les épigés. Le nombre d'épigés récolté a en effet été très faible sur l'ensemble des jardins dû aux conditions climatiques d'extrême sécheresse qui ne leur ont pas permis de survivre.

Il y a plusieurs autres points de vigilance quant à ces conclusions. Premièrement, les dégâts causés par les limaces ont pu agir en facteur confondant sur le rendement des haricots malgré les précautions prises sous forme d'un deuxième semi. Deuxièmement, l'inventaire des animaux non-volants n'était pas assez normé ce qui a introduit une variation de l'effort d'observation et pourrait expliquer au moins en partie l'absence d'effet clair des traitements sur les animaux. Finalement les conditions météorologiques (été très chaud et sec, automne sec) ont beaucoup affecté les résultats obtenus pour la partie analyse des communautés de vers de terre: certains jardins n'ont pas produit de résultats, certains traitements ont été abandonnés et certaines catégories écologiques de vers ont été affectées plus que d'autres comme les épigés. De manière générale, une seule année d'expérimentation n'est pas suffisante pour tirer des conclusions robustes d'un tel dispositif. Les effets sur les vers de terre, la biodiversité et la production seront d'autant plus marqués que les différentes pratiques auront été mises en place pendant un temps long et sur des surfaces importantes, alors que ce projet se limite à un an sur des parcelles de petite taille.

Recommandation pour des études futures

Afin de faire émerger des résultats plus nets et d'obtenir des résultats scientifiquement robustes nous recommandons de mener un tel essai sur au moins 2 ans voir plusieurs années et dans plus de jardins si possible.

Afin d'étudier si les animaux sont affectés par les traitements il faudrait prévoir un dispositif avec des parcelles plus grandes qui prenne en compte la mobilité des animaux. De plus il faudrait normer le temps d'observation des insectes sur les parcelles, en tenant compte que dans certains traitements comme les parcelles enherbées l'observation des animaux est plus fastidieuse et plus longue parce qu'elles abritent plus de plantes à inspecter, et car les plantes obstruent en partie la vue.

Nous recommandons également de diminuer la charge de travail pour des projets de recherche participatifs en simplifiant les protocoles d'observation d'animaux, notamment en ne ciblant que certains groupes taxonomiques indicateurs de l'état de la biodiversité et qui sont faciles à détecter afin de réduire le travail des participants et de normer les données récoltées.

3. L'analyse sensorielle

Introduction

Lors des forums d'émergence d'idées en début de projet, les jardinier.ères ont également exprimé un intérêt partagé pour les semences locales et variétés dites « anciennes ». Une dégustation a été proposée aux jardinier.ères lors du premier forum de clôture le 1er décembre 2018 dans l'objectif de caractériser gustativement 7 variétés de haricots produits pas des artisans-semenciers. Le rapport de cette étude est aussi disponible ici: https://eisegaart.cell.lu/wp-content/uploads/2021/06/JOS_napping_haricot_dec18AFM_Final.pdf

Matériel et méthodes

7 variétés de haricot sec ont été cultivées au jardin de Roedgen, afin de disposer de lots produits dans un seul et même environnement pour chacune d'elles. Il est ainsi assuré que les différences perçues sont dues à la variété et non à des conditions de culture divergentes.
La liste des variétés dégustées, ainsi que l'artisan semencier les ayant fournis et le numéro attribué pour la dégustation à l'aveugle figurent au tableau 7, les images d'haricots dégustés sont montrés dans la figure 20.

Tableau 7. Variétés de haricot dégustées, numéro attribué pour la dégustation à l'aveugle et artisan semencier ayant fourni la semence.

Numéro dégustation	**Variété**	**Semencier**
226	Cocagne (coco)	Germinance
341	Lingot (suisse)	Germinance
441	Yin Yang	Germinance
343	Black turtle	Germinance
730	Flageolet de Flandre	Semailles
168	St Esprit à l'oeil rouge	Semailles
910	Borlotto	Semailles

Fig 20: Images des variétés de haricots dégustés

Chaque variété de haricot a été cuite de façon à obtenir une cuisson homogène le jour de la dégustation, avec ajout de peu de sel. Immédiatement avant la dégustation, ils ont été réchauffés à la vapeur et réservés au chaud.

L'animation de la dégustation, ainsi que l'analyse statistique des données, est confiée à Camille Vindras (ITAB), prestataire expérimentée en l'analyse organoleptique par des panels non entraînés.

L'épreuve de Napping permet une mesure directe de la perception en demandant à chaque dégustateur de positionner des produits sur un espace à deux dimensions en fonction de leurs différences/ressemblances (une nappe

de 40*60 cm). Cette épreuve est utile quand on veut comparer l'influence de deux facteurs sur la qualité finale (génotype et environnement par exemple) et qu'on ne dispose pas d'un panel entraîné. Ici, il nous permet de caractériser et de comparer sur le plan sensoriel les variétés de haricot. Une Analyse Factorielle Multiple (AFM) est réalisée à partir des coordonnées attribuées aux échantillons sur les nappes, en utilisant le package « SensoMineR » dans le logiciel R.

Pour une description plus détaillée, à la fois de la préparation des échantillons et du protocole de dégustation, voir aussi les fiches pratiques à ce sujet (Vindras and Sinoir).

Résultats et discussion

Les 20 dégustateurs ont perçu des différences similaires, la représentation commune synthétisant plus de 50 % de la variabilité totale (fig. 21). Les sept variétés se distinguent dans un premier temps sur la texture (épaisseur de la peau et fermeté/tendreté) puis sur les arômes, des variétés sont perçues plus fades que d'autres. Des arômes de fruit sec (noix, noisette), de beurre ont été perçus sur certains échantillons.

Fig. 21: Participants en train d'évaluer la qualité gustative des haricots

Un total de 13 mots ont été utilisés pour décrire les 7 variétés de haricots grains. Il y a des descripteurs d'intensité aromatique (goûteux, fade), de goût (doux), d'arôme (noisette) et de texture (farineux, peau épaisse, peau douce) et même trigéminal (piquant). Les descripteurs terre, crémeux n'ont pas été pris en compte dans l'analyse car cités qu'une fois.
Les deux cartes ci-dessous se superposent, la proximité des échantillons avec un descripteur indique que ce haricot a été surtout qualifié par ce descripteur. La carte ci-dessous est une représentation des distances sensorielles perçues par l'ensemble des dégustateurs.

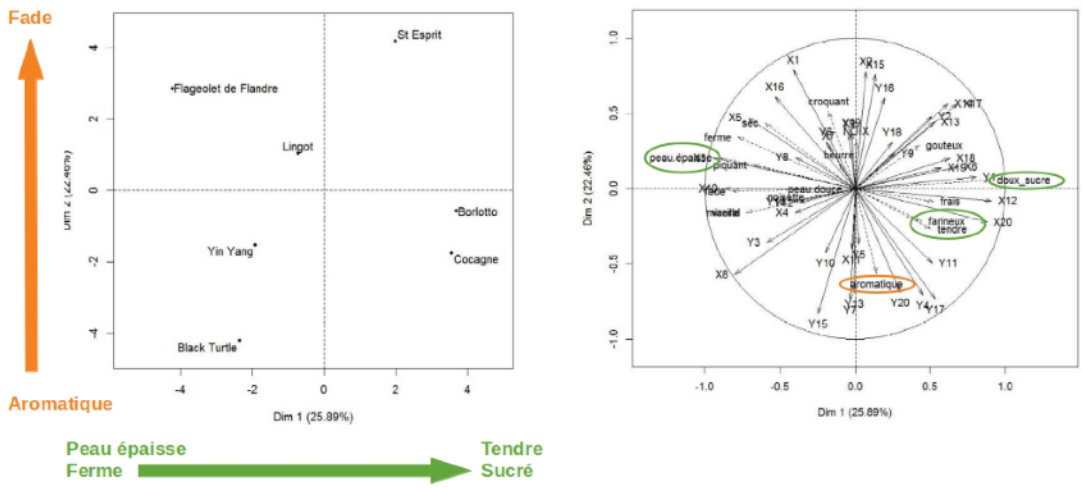


Fig. 22: Représentation des distances sensorielles perçues par l'ensemble des dégustateurs suite à une Analyse Factorielle Multiple, avec les coordonnées des haricots de chaque dégustateurs comme groupe de variable.

Les deux premières dimensions expliquent 48% de la variabilité totale, ce qui indique un bon consensus au sein des dégustateurs (fig. 22). La première dimension semble différencier les haricots sur leur texture et leur goût. A gauche, les haricots, fermes, secs à la peau épaisse (le 'Flageolet', 'Lingot' et 'Black turtle') à droite les haricots à texture plus tendre, au goût sucré ('Cocagne', 'St Esprit' et 'Borlotto'). La deuxième dimension distingue les haricots sur l'intensité aromatique. En bas, les haricots sont perçus comme aromatique, des arômes de noisette, de vanille sont perçus chez 'Black turtle' et 'Yin Yang'. En haut 'St Esprit' et 'Flageolet des Flandre' sont qualifiés de fades (fig. 22).

Ces résultats indiquent dans un premier lieu que les différences perçues entre les haricots sont d'abord au niveau de la texture et du goût, ensuite au niveau des arômes. Les 7 variétés se distinguent sur ces deux dimensions. 'Borlotto' et 'Cocagne' présentent des profils sensoriels relativement proches et sont caractérisées par leur texture farineuse et leur goût sucré. En résumé, 'Flageolet', 'Yin Yang' et 'Black turtle' présentent une peau épaisse et une texture ferme et des arômes particuliers (noisette, vanille). 'Borlotto' et 'Cocagne' à l'opposé sont perçues comme sucré et farineux, tendre.
Au-delà de ces différences entre variétés, de futures analyses sensorielles pourraient s'intéresser à comment ces variétés s'expriment sur plusieurs environnements en accordant encore une attention particulière à la cuisson. Cette question, en combinaison avec d'autres questions plus agronomiques, ont rencontré l'intérêt de certains jardinier.ères lorsque ces résultats ont été discutés en plénière lors du forum de clôture.

Conclusion générale du projet JOS

Jos était un projet-pilote qui visait à identifier des problématiques et facteurs de succès pour impliquer des citoyens dans une recherche participative dès la définition des questions de recherche. A travers JOS les scientifiques ont appris des pratiques participatives et les citoyens-jardinier.ères ont pu mieux comprendre les méthodes appliquées en recherche scientifique et ont pu acquérir de nouvelles connaissances comme reconnaitre des espèces sauvages de leur jardin et utiliser l'app inaturaliste pour l'identification d'espèces encore inconnues. Un très beau résultat de JOS est d'avoir donné envie aux jardinier·es de continuer à mener des enquêtes scientifiques. Ainsi, lors du forum des jardinier·es au printemps 2019 une majorité s'est exprimée pour la poursuite d'activités de recherche participative dans les jardins. Une légère majorité préféraient un nouveau projet plutôt que la répétition de JOS sous forme simplifiée.

Auteurs.rices du rapport et leurs contributions

Stéphanie Klaedtke, analyse des données sur la production de la culture d'haricots, rédaction du dessein expérimental et de la partie sur la production des haricots
Karine Paris, relecture et coordination de la rédaction

David Porco, analyse des données des communautés de vers de terre, des propriétés physico-chimiques du sol et analyses croisées; rédaction des textes concernant ces domaines.
Camille Vindras, rédaction de la partie sur l'analyse sensorielle
Tania Walisch, analyse des données sur la biodiversité et du sondage, rédaction des textes sur ces thèmes, rédaction du processus du projet, rédaction de l'introduction et de la conclusion en intégrant les textes du rapport rendu au FNR rédigées en partie par D. Porco et S. Klaedtke.

Liste des documents de fichiers utilisés dans le rapport:

Compte-rendu de l'enquête menée dans les jardins partagés
https://eisegaart.cell.lu/wp-content/uploads/2021/06/Rapport-socio_-Marie_final.pdf

Rapport sur l'analyse sensorielle https://eisegaart.cell.lu/wp-content/uploads/2021/06/JOS_napping_haricot_dec18AFM_Final.pdf

Rapport sur les résultats du sondage sur les jardins de la transition
-> dans la rubrique Recherche participative sur le site eisegaart.cell.lu.

Protocole de l'essai JOS https://eisegaart.cell.lu/wp-content/uploads/2018/05/Protocole-Jos-090518-01-20-liens.pdf.

Un fichier appelé *Données JOS* dans la rubrique *Recherche participative* de eisegaart.lu contient les données du forum d'émergence des idées avec la classification des idées et les critères de sélection des thèmes ainsi que les données du sondage sur les jardins et les données d'observations des relevés de plantes et d'animaux dans les parcelles JOS.

Références

Borysiak J., A. Mizgajski, A. Speak (2017). Floral biodiversity of allotment gardens and its contribution to urban green infrastructure. *Urban Ecosyst*, 20, 323–335. DOI 10.1007/s11252-016-0595-4

Ducerf G., C. Thiry (2003). Les plantes bio-indicatrices: guide de diagnostic des sols. *Promonature*, Briant. 278 pages.

Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W. & Paulissen, D. (1992) Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa (2e edition). *Scripta geobotanica* XVIII.

Frey D., M. Moretti (2019). A comprehensive dataset on cultivated and spontaneously growing vascular plants in urban gardens. *Data in brief*, 25. DOI 10.1016/j.landurbplan.2019.01.013.

Gérard M. (2018). PROJET JOS. Compte-rendu de l'enquête menée dans les jardins partagés luxembourgeois. https://eisegaart.cell.lu/wp-content/uploads/2021/06/Rapport-socio_-Marie_final.pdf

Guitart D.A., J.A. Byrne, C. Pickering (2013) Greener growing: assessing the influence of gardening practices on the ecological viability of community gardens in South East Queensland, Australia. *Journal of Environmental Planning and Management* 58(2). DOI 10.1080/09640568.2013.850404

Lambinon J. & F. Verloove (2021) Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché du Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines. Sixième édition. Edition du jardin botanique national de Belgique, B-1860 Meise.

Lindemann-Matthies & Marty, 2013. Does ecological gardening increase species richness and aesthetic quality of a garden? *Biological Conservation*, 159, 37-44.

Klaedtke S.M. Photosynthate Remobilization Capacity from Drought-Adapted Common Bean (Phaseolus Vulgaris L.) Lines Can Improve Yield Potential of Interspecific Populations within the Secondary Gene Pool.

Owaller, 2012

Vindras (2019). JOS. dégustation de haricot, 01/12/2018, synthèse des résultats. https://eisegaart.cell.lu/wp-content/uploads/2021/06/JOS_napping_haricot_dec18AFM_Final.pdf

Vindras and Sinoir. Guide Pratique: Comment Évaluer La Qualité Gustative d'un Produit? *ITAB*, 29p. http://www.itab.asso.fr/downloads/autres-publi/kit-solibam.pdf

Weigelt A., W. W. Weisser, N. Buchmann, and M. Scherer-Lorenzen. Diversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. *Biogeosciences*, 6, 1695–1706, 2009. DOI 10.5194/bg-6-1695-2009

Weisser et al 2017. Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-year grassland experiment: Patterns, mechanisms, and open questions. *Basic and Applied Ecology*, 23, 1-73.