

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES



Parc de la Pépinière, Nancy

MISE EN PLACE D'UN OBSERVATOIRE DE L'ÉCOLOGIE URBAINE SUR LE TERRITOIRE DE LA METROPOLE DU GRAND NANCY

Adèle Duboc
Etudiante en Agronomie
Spécialisation SGE
2015-2016

Stage au Laboratoire Sols et Environnement (UL - UMR INRA 1120)
Réalisé du 1^{er} mai au 31 septembre 2016
Encadrante de stage : Apolline Auclerc
Tuteurs de stage : Christophe Schwartz et Geoffroy Séré

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier mon encadrante de stage, Apolline Auclerc, pour m'avoir guidé tout au long de mon stage et avoir pris le temps de répondre à mes questions. Ce stage m'a énormément appris, bien sûr sur le sujet des sols et de l'écosystème urbain, mais également à prendre confiance en mes capacités de travail.

Je remercie également Sophie Joimel-Boulangier, Catherine Sirguy et Pierre Leglize pour toutes les informations qu'ils m'ont fournies pendant mon stage.

Merci à mes enseignants, Christophe Schwartz et Geoffroy Séré pour m'avoir aidé et accompagné lors de ma recherche de stage.

Un grand merci également à toutes les personnes travaillant au sein du Laboratoire Sols et Environnement, aux doctorants et aux autres stagiaires pour leur accueil et pour avoir rendu ma période de stage aussi agréable.

Enfin, merci à ma famille et à mes amis pour leur soutien.

Liste des abréviations :

LSE : Laboratoire Sols et Environnement

ETM : Eléments Traces Métalliques

CEC : Capacité d'Echange Cationique

ENSAIA : Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière

ACP : Analyses en Composante Principale

RMQS : Réseau de Mesure de la Qualité des Sols

SUITMA : Soils in Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas

C/N : rapport carbone sur azote

M.O. : matière organique

Sommaire

Introduction.....	6
I- Bibliographie.....	7
1) L'écologie urbaine	7
a. Définition	7
b. L'écosystème urbain.....	7
2) Le sol urbain	8
3) Les services écosystémiques	10
a. Définition	10
b. Les services écosystémiques rendus par le sol	10
4) Les usages des sols	11
II- Démarche adoptée.....	12
1) Echelle d'étude : le Grand Nancy	12
2) Matériel à disposition : données d'analyse de sols du Grand Nancy.....	13
3) Organisation des données.....	13
a. Création d'une base de données.....	13
b. Classification des échantillons par usage des sols.....	14
c. Cartographie des points de prélèvements	15
4) Analyse statistique des résultats.....	15
a. Etude à l'échelle du Grand Nancy	15
b. Etude à l'échelle du jardin Paul Verlaine.....	17
III- Résultats	18
1) Cartographie des points d'échantillonnage	18
2) Statistiques à l'échelle du Grand Nancy	18
a. Qualité physique.....	19
b. Qualité chimique	20
c. Toxicité	21
3) Statistiques à l'échelle du jardin Paul Verlaine	22
a. Etude de l'impact de la couverture des sols	22
b. Etude de l'impact de la fréquentation des sols.....	23
c. Pollution	24
4) Comparaison de l'état des sols du Grand Nancy à d'autres sols à l'échelle nationale	25

a.	Comparaison des sols de jardins potagers	25
b.	Comparaison des sols de bords de route et espaces verts	26
IV-	Discussions	27
1)	Etude à l'échelle du Grand Nancy	27
a.	Etude par usage	27
b.	Pollution	28
2)	Etude à l'échelle du jardin Paul Verlaine.....	28
a.	Influence de la couverture des sols.....	28
b.	Influence de la fréquentation des sols.....	29
c.	Pollution	29
d.	Conseils aux jardiniers.....	30
	Conclusion et perspectives.....	31
	Bibliographie :.....	32
	Annexe 1 : tableau de données à l'échelle du Grand Nancy.....	35
	Annexe 2 : Etude de la qualité des sols à l'échelle du Grand Nancy, cas de l'étude avec 6 usages	38
	Annexe 3 : Comparaison de l'état des sols du Grand Nancy à différents usages à l'échelle nationale	42
	Annexe 4 : Données complémentaires à l'étude de la qualité des sols à l'échelle du Grand Nancy, cas de l'étude avec 3 usages	45
	Qualité chimique	45
	Toxicité	46
	Comparaison de l'état des sols du Grand Nancy à d'autres sols à l'échelle nationale	48
	Annexe 5 : Tableau des données du jardin Paul Verlaine	50
	Annexe 6 : Cartographie du jardin Paul Verlaine	51
	Annexe 7 : Données complémentaires à l'étude de la qualité des sols à l'échelle du jardin Paul Verlaine	54
	Toxicité	54
	Résumé.....	55
	Abstract	55

Introduction

Le sol est une composante essentielle des écosystèmes. Sa qualité en termes de fertilité physique et chimique est très surveillée en zone rurale, notamment en tant que support de l'agriculture par des organismes comme l'Organisation des Nations Unis pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) [1]. Cependant, elle l'est beaucoup moins dans les zones urbaines, car les rôles que le sol y remplit sont moins évidents. Pourtant, plus de 70 % de la population française vit actuellement en ville, et ce pourcentage ne cesse d'augmenter. Il est ainsi nécessaire d'étudier les impacts de l'urbanisation sur ces sols afin d'apprendre à les gérer tout en maintenant leur qualité, c'est-à-dire leur capacité à remplir les services écosystémiques qui leur sont associés. Etant donnée l'étendue du territoire français et donc de la variabilité des facteurs ayant une influence sur l'évolution des sols urbains (climat, géologie...), il est d'autant plus important que les collectivités de l'ensemble du pays soient conscientes de ces enjeux.

La Métropole du Grand Nancy fait partie des zones urbaines qui se soucie de ces problématiques. C'est pourquoi elle a signé en 2012 une convention avec le Laboratoire Sols et Environnement (UL - UMR INRA 1120) afin de mieux connaître ses sols et apprendre à mieux les gérer.

C'est dans ce contexte que cette étude a été initiée. Elle se propose d'analyser la qualité en termes de fertilité physico-chimique et de toxicité des sols végétalisés du territoire du Grand Nancy, en fonction de leur usage. Elle permettra ensuite de comparer l'état des sols du Grand Nancy par rapport à celui d'autres sols à l'échelle nationale.

I- Bibliographie

1) L'écologie urbaine

a. Définition

En 2008, 50 % de la population mondiale vivait en ville d'après les Nations Unies. Ce pourcentage pourrait atteindre 65 % d'ici 2050. Il est donc nécessaire de penser les villes de demain de façon durable, pour qu'elles soient acceptables du point de vue environnemental tout en maintenant une bonne qualité de vie pour les habitants. [2]

L'écologie urbaine est l'étude de la ville en tant qu'écosystème. Un écosystème est un ensemble qui regroupe des espèces vivantes, leur environnement et toutes les interactions qui existent entre eux. Il est en perpétuelle évolution et c'est l'équilibre entre toutes ces interactions qui lui permettent d'être durable. Quand il rencontre une perturbation, il est capable de s'adapter pour ne pas perdre ses fonctions d'origine. C'est la notion de résilience. Ainsi, penser les villes comme des écosystèmes permet de les gérer dans le but de retrouver ces caractères de durabilité et de résilience, tout en s'adaptant aux besoins des citoyens. [3] [4] [5]

Pour cela, l'écologie urbaine s'appuie sur une approche pluridisciplinaire, rassemblant l'ingénierie, la géographie, la sociologie, l'urbanisme, le paysagisme, l'économie, l'anthropologie, la climatologie, la santé publique et l'écologie. [6]

b. L'écosystème urbain

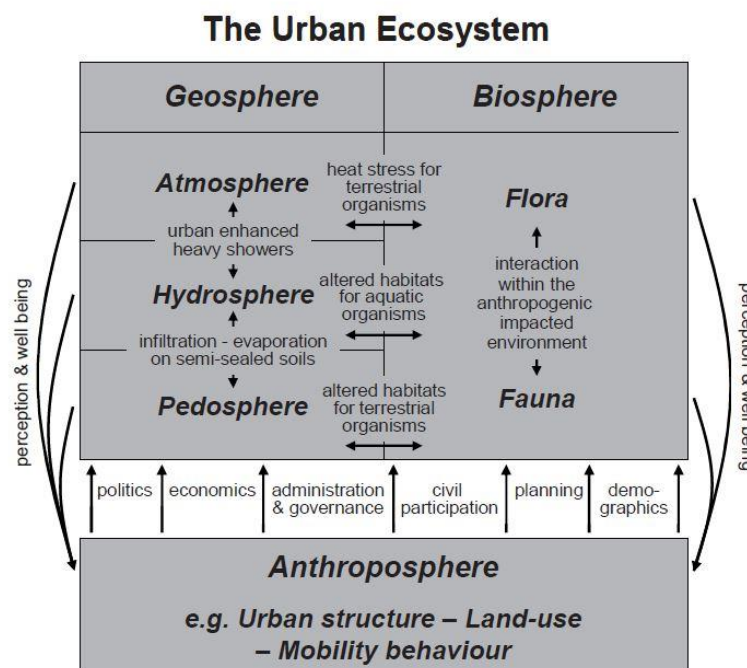


Fig. 1 : Fonctionnement de l'écosystème urbain [6]

Tout écosystème est constitué de plusieurs composantes (Fig. 1)

La particularité de la ville est la place prédominante de l'anthroposphère, due au phénomène d'urbanisation.

C'est l'origine de son évolution singulière par rapport aux autres écosystèmes plus naturels. Par exemple, la production primaire est très réduite par rapport à d'autres écosystèmes et la matière première est surtout importée, et parfois de lieux très éloignés. De plus, la production d'énergie est basée sur des ressources non renouvelables et sa consommation est en perpétuelle augmentation. [7]

Cette urbanisation est également la cause de perturbations. Par exemple, l'imperméabilisation des sols par les infrastructures comme les routes engendre une mauvaise infiltration des eaux de pluie, ce qui peut être l'origine de phénomènes d'inondation. De même, la fragmentation des habitats pour la biodiversité est observée. Ajoutée à la pollution et à l'introduction d'espèces exotiques invasives, elle a participé à l'extinction de nombreuses espèces locales. [8]

Cette étude se concentre sur un des compartiments de cet écosystème, la pédosphère.

2) Le sol urbain

Le sol est une composante essentielle de l'écosystème urbain car il accueille de nombreux procédés et interactions écologiques comme le cycle du carbone et de l'azote et représente un grand nombre d'habitats pour les espèces végétales comme animales.

Du fait de leur anthropisation, les sols urbains présentent une formation différente de celle des sols naturels. Elle résulte le plus souvent de l'apport de matériaux aux origines et propriétés différentes. Leur entassements depuis la création des villes au Moyen Age fait que les sols urbains sont maintenant composés d'une superposition stratifiée et hétérogène de remblais urbains sur plusieurs mètres de profondeur. [9]

Cette composition singulière des sols urbains engendre des changements dans leur qualité :

Les pollutions en métaux lourds semblent universelles dans les sols urbains, bien que réparties de manière très variable. Les sources principales sont les véhicules motorisés, les peintures intérieures et extérieures ainsi que les émissions et les déchets industriels. Suivant la source, les éléments traces métalliques (ETM) peuvent s'accumuler à la surface des sols ou au contraire plus en

profondeur. Dans le sol, la biodisponibilité en métaux va dépendre de certaines caractéristiques, c'est-à-dire de la teneur en matière organique, du pH, de la CEC et des oxydes du sol.

Le cycle de l'eau est modifié par l'urbanisation, surtout au niveau du sol. On observe une grande disparité dans les capacités d'infiltration et de stockage de l'eau suivant les sols, leur localisation et leur usage. Dans les zones très urbanisées les sols sont pour beaucoup imperméabilisés ou très compactés, ce qui empêche l'eau de s'infiltrer et favorise les phénomènes d'inondation. De plus, les sols imperméabilisés de couleur sombre concentrent plus la chaleur donc l'eau s'évapore plus vite que sur d'autres sols. Enfin, les sols urbains, notamment les végétalisés, sont très irrigués.

La faune et la flore ont adapté leur physiologie et leur comportement aux caractéristiques des sols urbains, comme par exemple aux pollutions en réalisant l'accumulation de métaux lourds. De plus, la préférence des citadins pour la végétalisation de leur propriété avec des plantes exotiques a apporté une grande richesse en plantes non natives dans les zones urbaines, en comparaison aux zones rurales. Le sol urbain semble avoir développé une capacité à supporter une plus grande diversité de végétaux que le sol d'origine. Pour la faune du sol, des études dans les villes de New York et de Baltimore ont montré l'abondance d'espèces non natives du milieu, introduites de façon volontaire ou non. Par exemple, à New York, aucune espèce de ver de terre originaire de la ville n'a été observée. Cette introduction d'espèces exotiques contribue à l'enrichissement des villes en biodiversité. Ceci est amplifié par le grand nombre d'infrastructures comme les serres ou les toits végétalisés qui procurent une plus grande variété d'habitats. Mais ce phénomène amplifie la disparition des espèces locales. [8]

Le sol urbain est encore peu étudié par rapport aux autres composantes de l'écosystème urbain. Leur surveillance reste assez récente. C'est en 2006, suite à la mise en place du projet de Directive Européenne sur la protection des sols, que le diagnostic et la remédiation des sols urbains deviennent une priorité. A titre de comparaison, les premières prises en compte de la qualité de l'air atmosphérique date de 1979 avec la convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance de la Commission économique des Nations unies pour l'Europe. [10]

De fait, une grande partie des citadins connaissent très peu le rôle qu'il joue dans le fonctionnement des villes dans lesquelles ils vivent. C'est pourquoi la notion de services écosystémiques a été introduite.

3) Les services écosystémiques

a. Définition

Les services écosystémiques sont définis comme étant «les bénéfices que les êtres humains tirent du fonctionnement des écosystèmes». [11] Leur utilisation est une méthode de monétarisation qui permet de valoriser la nature et de justifier son importance. [12]

D'après la classification Millennium Ecosystem Assessment, les services écosystémiques peuvent être classés en trois grands groupes suivant leur fonction : approvisionnement, services culturels et régulations environnementales.

Dans le cas de la nature en zone urbaine, l'approvisionnement s'applique surtout aux jardins potagers comme les jardins partagés, ouvriers, familiaux ou encore de réinsertion. Ces espaces fournissent les citoyens en fruits et légumes.

Les services culturels correspondent aux services éthiques, esthétiques et de loisirs. En effet, les citadins sont de plus en plus en demande de nature à proximité, améliorant leur qualité de vie. Plusieurs études montrent que la nature a un impact positif sur la santé mentale et physique des habitants des villes. [13]

Enfin, la nature en ville permet la régulation de plusieurs phénomènes environnementaux. La végétation, grâce à l'évapotranspiration refroidit l'air ambiant, limitant ainsi les îlots de chaleur urbaine. Elle aide également à réduire les pollutions atmosphériques. [14]

b. Les services écosystémiques rendus par le sol



Fig.2. Les services écosystémiques remplis par les sols [15]

Même si en zone urbaine, le sol est altéré, il présente beaucoup des mêmes services écosystémiques que d'autres sols non altérés. Tout d'abord, c'est le support d'infrastructures et ainsi d'activités humaines. Il fournit aussi des matériaux pour construire ces infrastructures. De plus, il permet la régulation de phénomènes naturels comme les inondations, en permettant à l'eau de s'infiltrer, et les flux de gaz à effet de serre par la séquestration du carbone. Le sol représente également un habitat ou un support d'habitats pour la biodiversité, participant ainsi à la notion de trame verte et bleue. [16]

4) Les usages des sols

Tout d'abord, il faut faire la distinction entre usage et couverture du sol. La couverture correspond à une observation physionomique du sol sans s'intéresser à la fonction qu'il réalise. A l'inverse, l'usage d'un sol correspond à une vision anthropique. Dans ce cas, c'est la fonction réalisée par le sol suivant l'activité humaine qui est représentée. [17]

Etudier les sols en les différenciant selon leurs usages permet de mettre en évidence les interactions existantes entre l'homme et son milieu, la façon dont il le gère et ainsi les pressions humaines subies par le territoire. Tous ces facteurs ont un impact sur les caractéristiques d'un sol. Par exemple, un sol en bord d'axe routier va contenir une concentration de plomb plus élevée qu'un sol plus éloigné. [18] De plus, le suivi des usages des sols dans le temps permet d'observer l'évolution de ces pressions sur les sols. [19] En zone urbaine, les sols connaissent une grande fréquence de changements d'usage, ce qui justifie d'autant plus l'utilisation de cette classification des sols. [20]

Un exemple d'usage des sols urbains, étudié par la suite dans ce rapport, est la végétalisation. La capacité de ces sols à supporter des végétaux est faible du fait de leur pauvreté chimique et de leur compactage. Ainsi, l'utilisation de « terre végétale » est traditionnellement choisie par les paysagistes. Cette terre est l'horizon superficiel de sols agricoles qui est de fait enrichie et travaillée et est plus favorable au développement de végétaux. Cette technique de reconstitution des sols est souvent utilisée car permet l'obtention d'un sol dit « fertile », c'est-à-dire permettant le développement rapide des végétaux et une bonne implantation racinaire. Elle prend comme modèle les sols plus « naturels ». Les différents usages des sols urbains végétalisés peuvent être classés en 7 catégories principales :

- les arbres d'alignements plantés dans une fosse d'un à plusieurs mètres cubes, suivant la place disponible. Ils se trouvent sur les trottoirs, où la fosse de plantation reste relativement petite, ou dans des parcs.

-les espaces verts, dont l'objectif principal est ornemental, regroupent les parcs, squares et jardins publics ainsi que les parties végétalisées des cimetières.

-les terrains de sport recouverts de gazon régulièrement tondu à raz. Le sol est construit de façon à être drainant et ainsi à éviter l'accumulation d'eau en surface lors d'intempéries.

-les jardins potagers cultivés par des particuliers. Ils peuvent être collectifs ou privés. Leurs sols sont souvent fertiles dû à l'apport régulier d'engrais.

-les toitures végétalisées constituées d'une couche supérieure de terre végétale plus ou moins épaisse selon la végétation portée et d'une couche inférieure isolant le bâtiment des racines et de l'eau. [9]

-les friches urbaines dont l'activité initiale a cessé. En attente de reconversion, ces terrains sont abandonnés, voir délabrés. [23]

II- Démarche adoptée

1) Echelle d'étude : le Grand Nancy

La Métropole du Grand Nancy est une agglomération de Meurthe-et-Moselle regroupant 20 communes dont Nancy. Elle fait partie depuis juillet 2016 des 15 métropoles françaises. Ce pôle urbain regroupe 254 074 habitants sur une superficie de 142,3 km². [24]

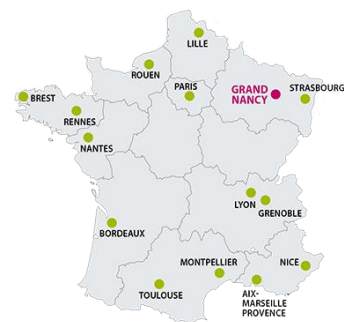


Fig. 3. Localisation du Grand Nancy à l'échelle nationale [24]

Dans le contexte cité précédemment, le Grand Nancy a pris conscience de l'importance du sol dans le fonctionnement durable des villes, en termes de services écosystémiques rendus. Ainsi, il a signé une convention avec le laboratoire Sols et Environnement (LSE) en 2012. Elle a pour objectif de proposer un programme de recherche sur l'élaboration d'un réseau de mesure de la qualité des sols urbains (RMQSU). L'enjeu est de mieux comprendre les sols de la métropole afin d'apprendre à mieux les gérer.

2) Matériel à disposition : données d'analyse de sols du Grand Nancy

Dans le cadre de la convention entre le Grand Nancy et le LSE, plusieurs projets d'enseignement et/ou de recherche ont été menés sur l'étude de la qualité des sols sur le territoire du Grand Nancy. Ils ont permis l'échantillonnage de sol de différentes zones de ce territoire.

En tout, 6 projets ont été menés par des étudiants de L'ENSAIA. Les échantillons obtenus ont été analysés soit au sein du LSE par les étudiants eux-mêmes, encadrés par leurs professeurs, soit par le Laboratoire d'Analyse des Sols d'Arras.

Le projet de thèse de Sophie Joimel [27], a également fourni des échantillons de sols du Grand Nancy, analysés par le même laboratoire d'analyse cité précédemment.

3) Organisation des données

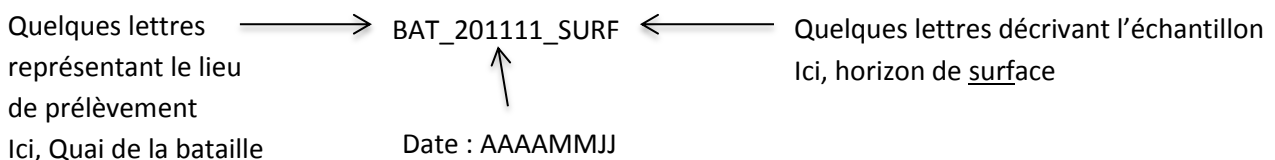
a. Création d'une base de données

La première partie de mon stage a été la création d'une base de données permettant de regrouper toutes les données obtenues suite à l'analyse de ces échantillons.

Dans un premier temps, il a fallu récupérer les données auprès des chercheurs et des étudiants. Cela s'est fait soit par échange de mails, soit lors de rendez-vous. En tout, 469 échantillons ont été obtenus. La lecture des rapports de certains projets a permis de fournir quelques informations complémentaires comme la date ou le lieu de prélèvement des sols étudiés.

Une fois toutes les données récupérées, la base de données a été créée. [25] Elle se compose de :

- Un fichier Excel appelé « Description_echantillons » : il regroupe l'ensemble des échantillons avec la description de chacun. Chaque échantillon a été nommé grâce à une base commune :



Les différents éléments de description sont : personne responsable, nom du projet, date, adresse et ville de prélèvement, coordonnées et système de coordonnées, type d'échantillon, usage du sol, description du prélèvement et le nom du dossier où se trouve les données. Ce fichier permet une recherche plus simple des échantillons.

-Un fichier Excel appelé « Description_variables » : il regroupe l'ensemble des variables utilisées et leur description :

Abréviation de la variable	Descriptif de la variable	Type de données	Domaine de valeurs autorisées	Format	Unité	Définition de la variable
m_ff	Masse fraction fine	Nombre décimal	≥ 0	X,xx	g	Fraction fine < 2 mm

Ce fichier permet d'harmoniser toutes les variables (abréviation, unité...)

-un dossier par projet contenant un fichier Excel. Il est composé de deux feuilles : une feuille « Données » qui contient la liste des échantillons et les données physico-chimiques associées et une feuille « Description des variables » qui contient la liste des variables utilisées et leur description comme expliqué précédemment.

b. Classification des échantillons par usage des sols

A l'échelle du Grand Nancy, on fait l'hypothèse que les types de sols d'origine, c'est-à-dire avant urbanisation, étaient peu contrastés. L'activité humaine modifie les propriétés des sols avec des vitesses et intensités plus fortes que celles des phénomènes naturels de formation et d'évolution des sols. Comme expliqué en première partie, étudier les sols en les différenciant selon leurs usages permet de mettre en évidence cette activité humaine. C'est pourquoi nous avons choisi de classer l'ensemble des échantillons obtenus dans la base de données selon leur usage.

Ces usages ne sont que ceux de sols végétalisés. Le choix des différents usages a été fait de manière à mettre en évidence les différentes pressions subies par les sols végétalisés en zone urbaine:

- Les espaces verts : ceux sont des espaces publiques, toute la population y a accès et ils sont gérés par des jardiniers professionnels.
- Les jardins potagers : ils sont eux privés, et donc beaucoup moins fréquentés, et gérés par des particuliers.
- Les terrains de sport : ils sont gérés de façon à supporter les intempéries, avec un sol drainant pour éviter l'accumulation d'eau en surface. La végétation est très homogène, constituée surtout de gazon.

- Les cimetières : comme les parcs, ils sont gérés par des jardiniers professionnels. Cependant, les parties végétalisées sont plus restreintes et peu fréquentées.
- Les bords de route : ceux sont essentiellement les sols qui portent des arbres d'alignements, dans les fosses de plantation.
- Les friches urbaines : ces terrains sont abandonnés.

c. Cartographie des points de prélèvements

Afin de représenter les positionnements de la totalité des points de prélèvement de sols des différents projets, une cartographie a été réalisée sous le logiciel QGis. Elle a été faite sur le fond de carte IGN géoréférencée du Grand Nancy. Ainsi, les points de prélèvements ont été géoréférencés.

La légende classe les points de prélèvement par usage des sols prélevés, avec différenciation entre les points où a été prélevé seulement l'horizon de surface et ceux où ont été prélevés les horizons de surface et de profondeur.

Cette cartographie pourra servir de support pour orienter les prochains projets d'échantillonnage de sol du laboratoire sur le territoire du Grand Nancy.

4) Analyse statistique des résultats

a. Etude à l'échelle du Grand Nancy

Les échantillons ont ensuite été analysés afin de répondre à l'hypothèse formulée précédemment. Les activités humaines en ville se reflétant dans des usages variés, on s'attend à ce que la qualité des sols en termes de fertilité et de contamination dépende des usages des sols.

Pour vérifier cette hypothèse, les données ont été traitées statistiquement avec le logiciel R. Des analyses en composante principale (ACP) ont été réalisées afin de mettre en évidence des tendances des sols de même usage, suivies dans certains cas de boîtes à moustaches qui permettent de valider ou non les observations faites avec l'ACP.

Les variables ont été choisies seulement si elles présentent des données pour tous les échantillons de la base de données. 29 variables ont ainsi été sélectionnées.

Les différents usages choisis pour la cartographie ne comportent pas un nombre homogène d'échantillons. Il est difficile de les comparer. Afin de réaliser une analyse plus rigoureuse, les catégories d'usages ont été changées :

Bords de route : les points sélectionnés sont ceux éloignés les uns des autres d'au moins 800 m pour éviter d'avoir la même zone représentée plusieurs fois. Ainsi, on se retrouve avec 24 points dans cette catégorie.

Espaces verts: on ne garde qu'un point par parc. Comme les parcs et les parties végétalisées des cimetières ont le même objectif ornemental et globalement les mêmes moyens de gestion, on fusionne ces deux usages. Ainsi, cette catégorie contient 15 points.

Jardins potagers : ceux ne sont que des jardins familiaux donc chaque parcelle est cultivée par un jardinier différent. On considère que chaque jardinier à sa propre gestion. Donc même si ils sont dans la même zone, tous les échantillons sont différents. La seule exception est celle d'un jardin partagé dont toutes les parcelles sont cultivées par les mêmes personnes. Un seul point est donc choisis. Pour avoir à peu près autant de points que les autres catégories, des points ont été retirés dans les zones les plus représentées. Du coup on se retrouve avec 25 points.

On ne prend ni les friches, ni les terrains de sports qui ont un moyen de gestion particulier et ils ne comprennent pas assez d'échantillons pour les comparer aux autres.

Afin d'interpréter les résultats plus facilement, nous allons étudier les variables en les regroupant en trois groupes : la fertilité (C, N, C/N, pH, CEC, P, matière organique), les éléments traces métalliques (Cu, Cr, Co, Cd, Mo, Ni, Pb, Tl, Zn) et la granulométrie (teneur en argile, limons fins et grossiers, sables fins et grossiers et Calcaire total).

D'après l'hypothèse formulée auparavant, les trois catégories devraient avoir des caractéristiques différentes. Par exemple, le sol des jardins potagers, du fait des apports d'engrais réguliers, devrait être les plus fertiles. Concernant les teneurs en éléments traces métalliques, les bords de routes devraient être plus riches en ceux provenant des pots d'échappement comme le plomb. Au contraire, les sols des jardins potagers devraient être plus riche en cuivre qui vient des fongicides et en zinc et en cadmium qui proviennent d'engrais.

Après s'être intéressé à la variabilité des propriétés des sols à l'échelle d'un espace communautaire, la Métropole du Grand Nancy, la même étude a été menée à une échelle plus réduite, celui d'un espace vert. Ainsi, elle permettra de montrer si on retrouve la même variabilité.

b. Etude à l'échelle du jardin Paul Verlaine

Un des projets étudiants portait sur l'écolabellisation du Jardin Paul Verlaine à Nancy, en collaboration avec le service de gestion des espaces verts de la ville. Dans ce cadre, des échantillons ont été réalisés à 16 endroits différents du parc. (Annexe 6)

Pour cette étude, l'impact de plusieurs facteurs a été étudié.

Nous savons qu'avant d'être un jardin public, cette zone a accueilli un parking pour autobus. Une pollution en hydrocarbure a été mise en évidence sur la partie Est du jardin. On peut donc supposer que les teneurs en métaux lourds issus du passage d'autobus, comme le plomb, soient plus élevés dans cette zone. Les échantillons ont ainsi été regroupés en deux catégories : ceux étant positionnés à l'Ouest du jardin et ceux à l'Est.

L'impact de la fréquentation du sol a également été étudié. L'hypothèse est que le passage répété de piétons sur une même zone causerait une perte en matière organique. Les échantillons ont été regroupés dans ce cas en 3 catégories de degré de fréquentation des sols dont ils proviennent.

Enfin, l'impact de la couverture des sols a été étudié. Les sols ne sont pas gérés de la même façon suivant le type de végétation qu'ils supportent. Par exemple, des plantes comme les rhododendrons ont besoin d'un sol acide et riche en matière organique.

Certains échantillons ont été séparés en deux horizons pour être analysés. Dans ce cas, la moyenne des deux a été étudiée afin que la profondeur de prélèvement des sols soit plus homogène entre les échantillons.

Le nombre de points n'étant pas suffisant, des simples graphiques ont été réalisés pour chaque variable étudié.

III- Résultats

1) Cartographie des points d'échantillonnage

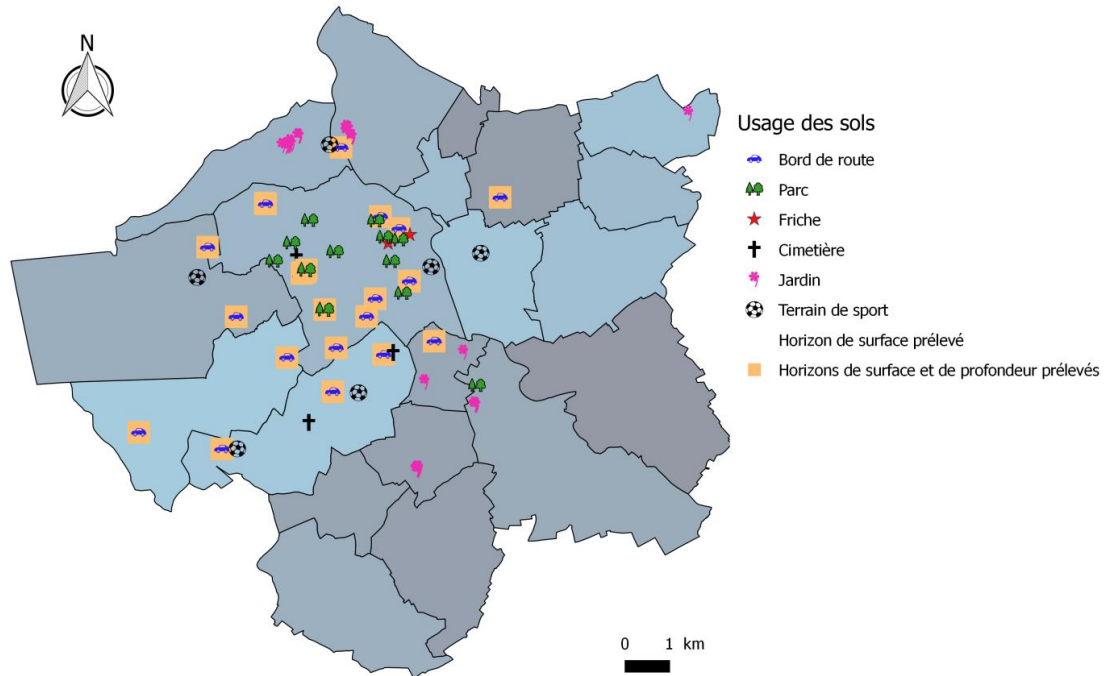


Fig. 4. Cartographie des points de prélèvement des sols sur le territoire du Grand Nancy

2) Statistiques à l'échelle du Grand Nancy

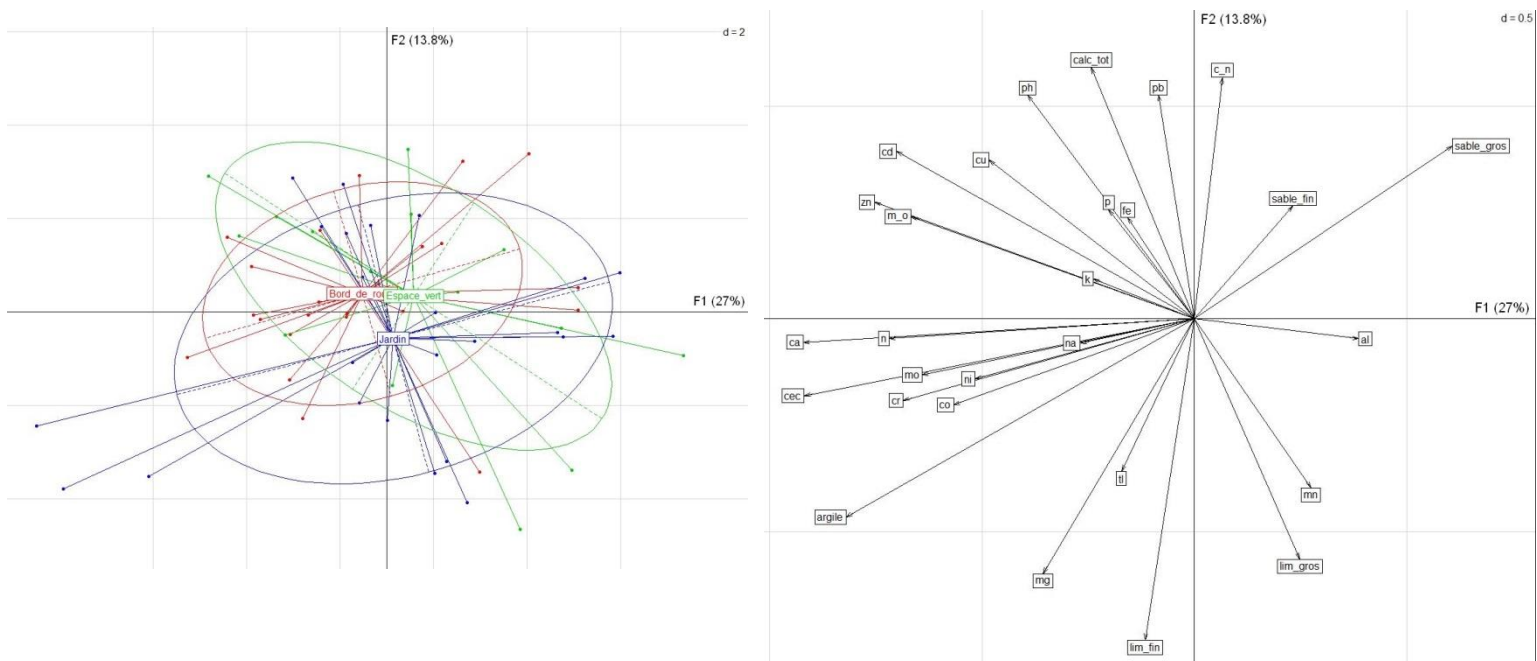


Fig. 5. Représentation graphique des deux premiers axes de l'analyse en composante principale de la qualité globale de l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy. Un individu de la catégorie « Bord de route » a été supprimée lors de la réalisation de cette ACP car atypique.

a. Qualité physique

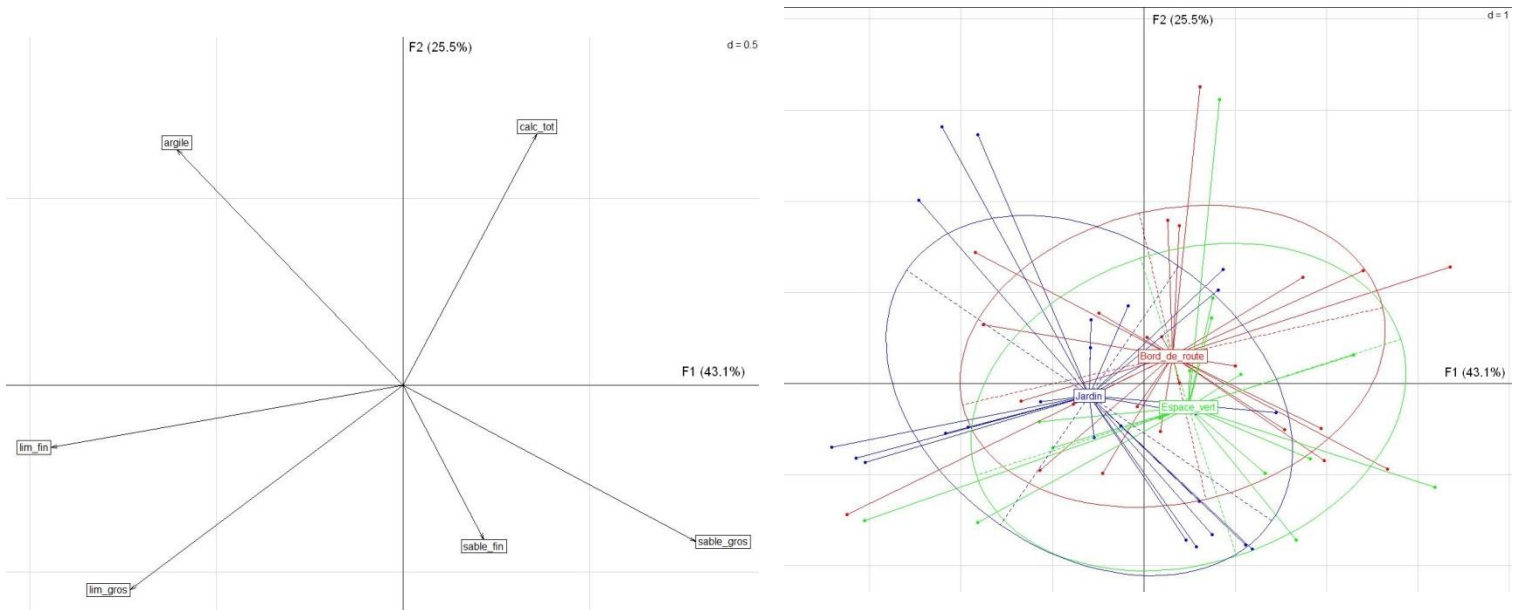


Fig. 6. Représentation graphique des deux premiers axes de l'analyse en composante principale de la qualité physique de l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy.

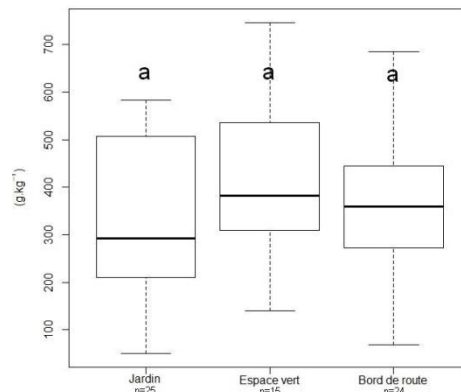


Fig. 7. Distribution de la teneur en sables dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

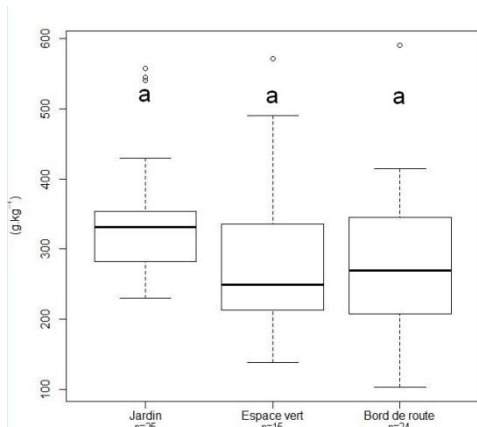


Fig. 8. Distribution de la teneur en limons dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

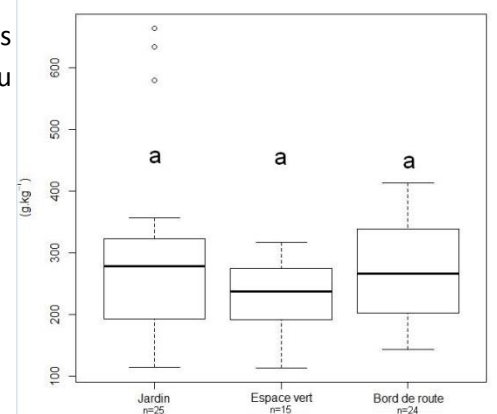


Fig. 9. Distribution de la teneur en argiles dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

b. Qualité chimique

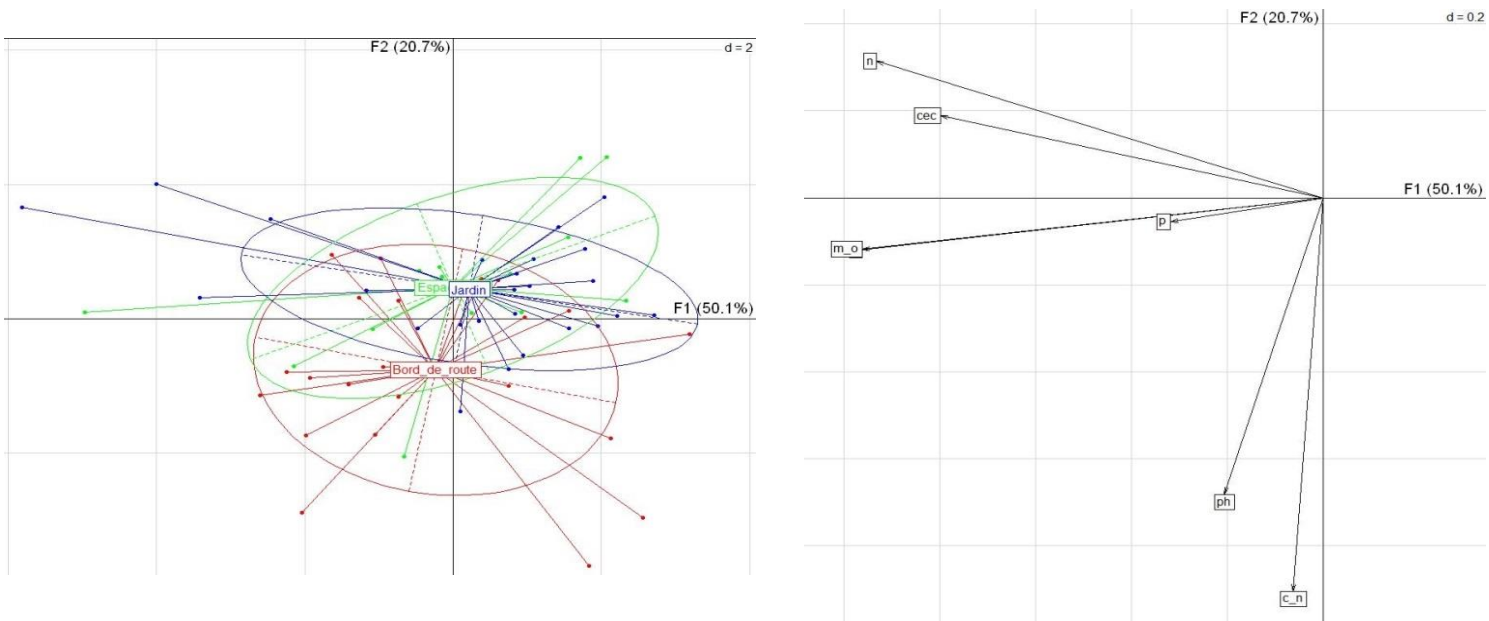


Fig. 10. Représentation graphique des deux premiers axes de l'analyse en composante principale de la qualité chimique de l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy. Un individu des espaces verts ainsi qu'un individu des bords de route ont été supprimés car atypiques.

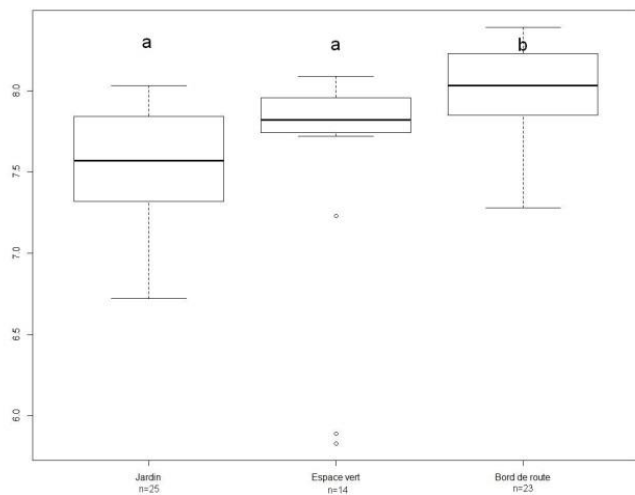


Fig. 11. Distribution du pH dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

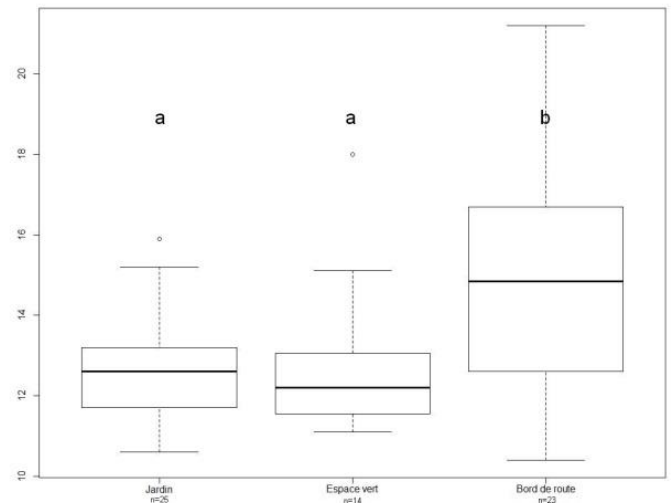


Fig. 12. Distribution du rapport C/N dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

c. Toxicité

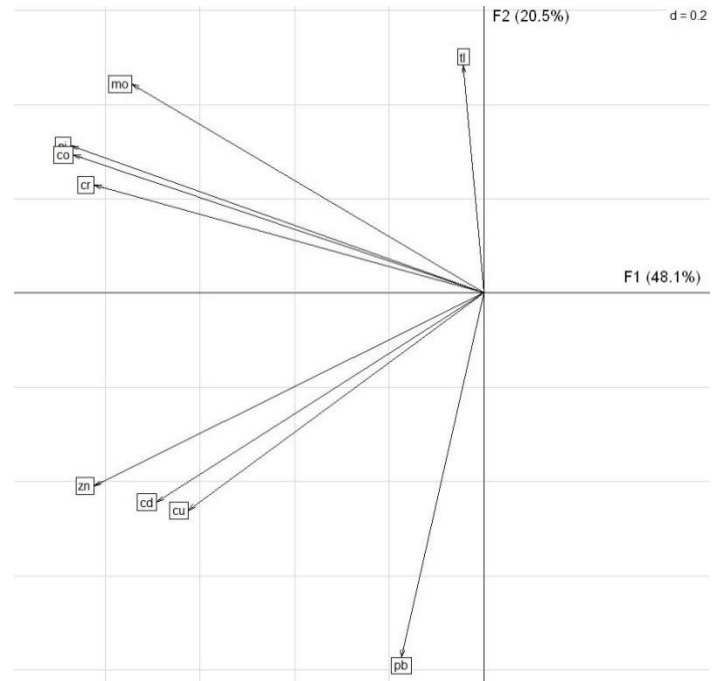
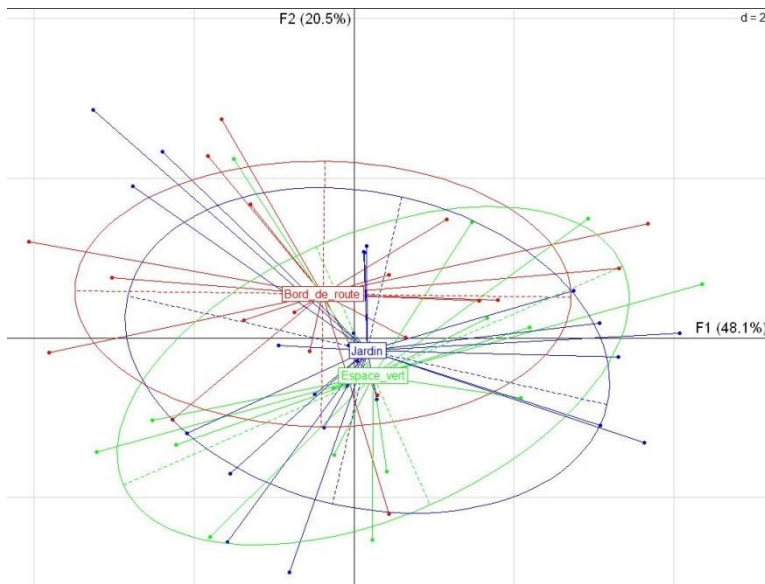


Fig. 13. Représentation graphique des deux premiers axes de l'analyse en composante principale de la qualité toxicologique de l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy. 4 individus des bords de route ont été supprimés car ils sont atypiques

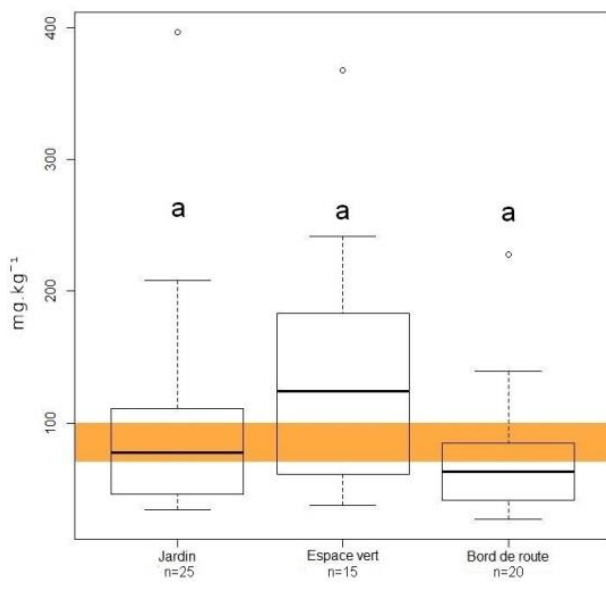


Fig. 14. Distribution de la teneur en Plomb dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

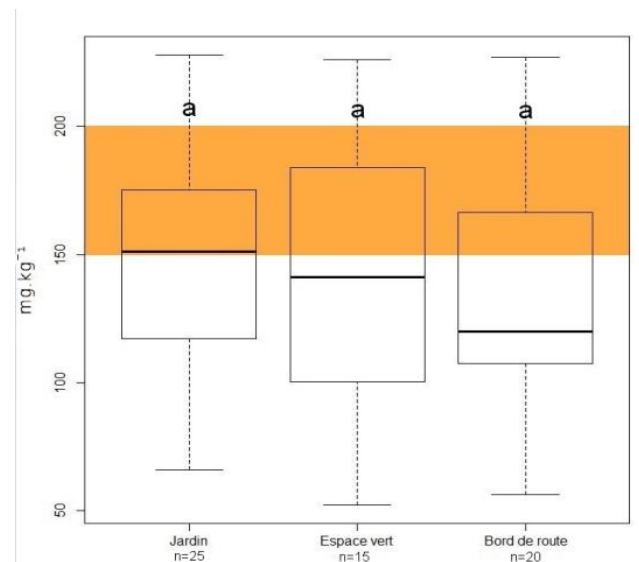


Fig. 15. Distribution de la teneur en Zinc dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

Les seuils représentés sont les seuils de détection d'anomalies du RMQS. Toute teneur en ETM supérieure à ce seuil représente une pollution. [26]

3) Statistiques à l'échelle du jardin Paul Verlaine

a. Etude de l'impact de la couverture des sols

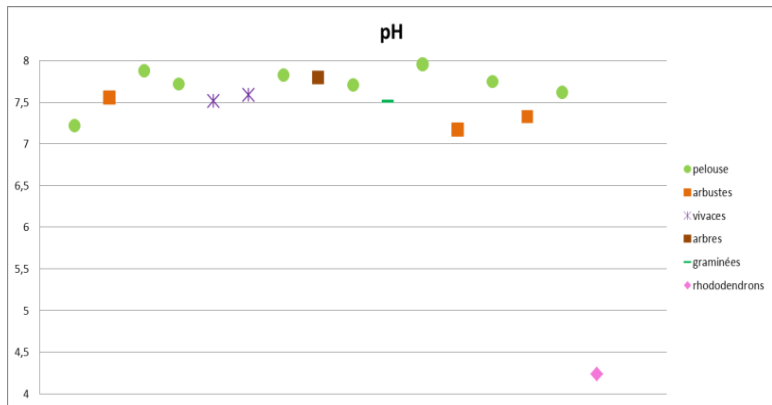


Fig. 16. Valeurs du pH de chaque échantillon de sol prélevé

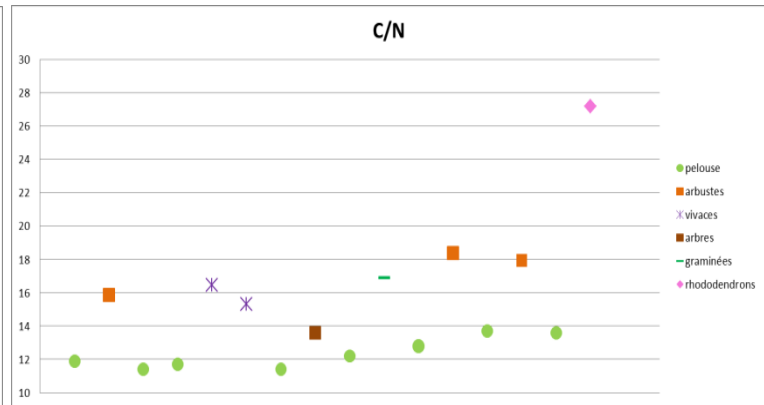


Fig. 17. Valeurs du rapport C/N de chaque échantillon de sol prélevé

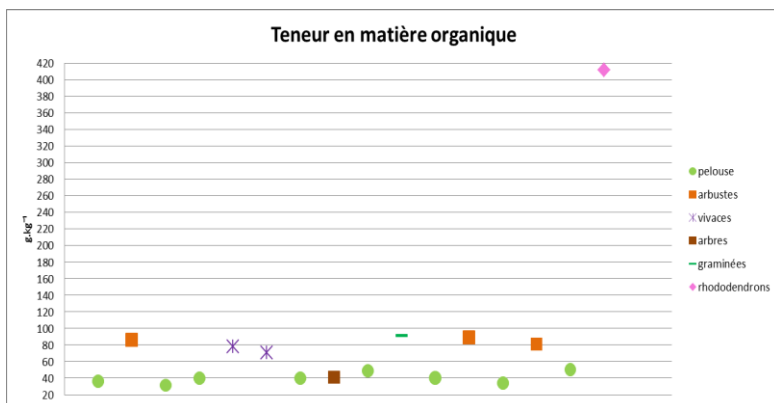


Fig. 18. Teneur en matière organique dans chaque échantillon de sol prélevé

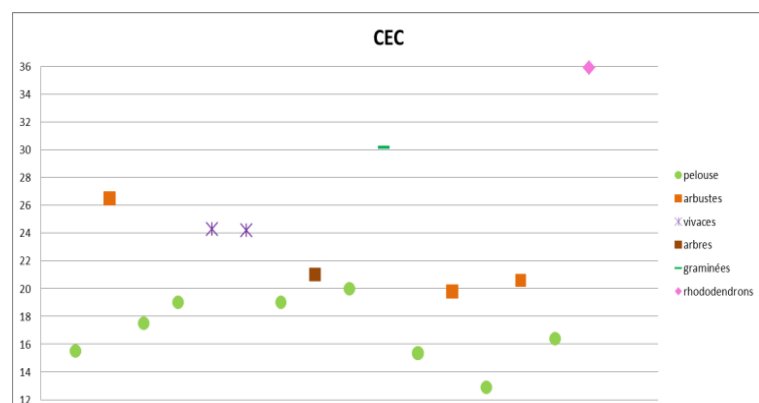


Fig. 19. Valeurs de la CEC de chaque échantillon de sol prélevé

b. Etude de l'impact de la fréquentation des sols

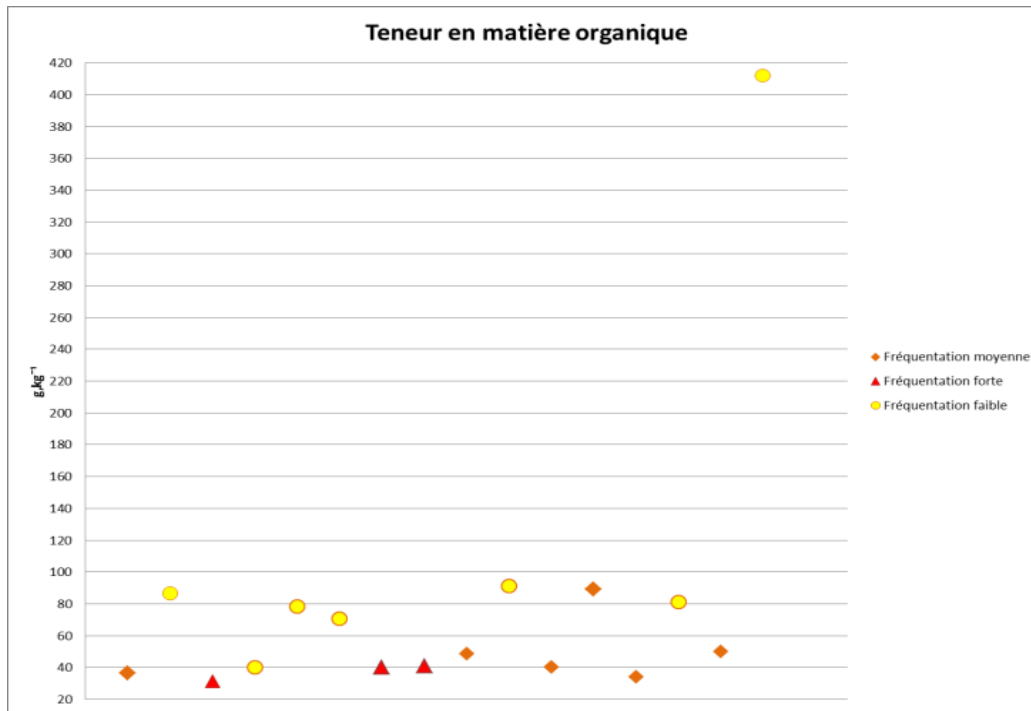


Fig. 20. Teneur en matière organique dans chaque échantillon de sol prélevé

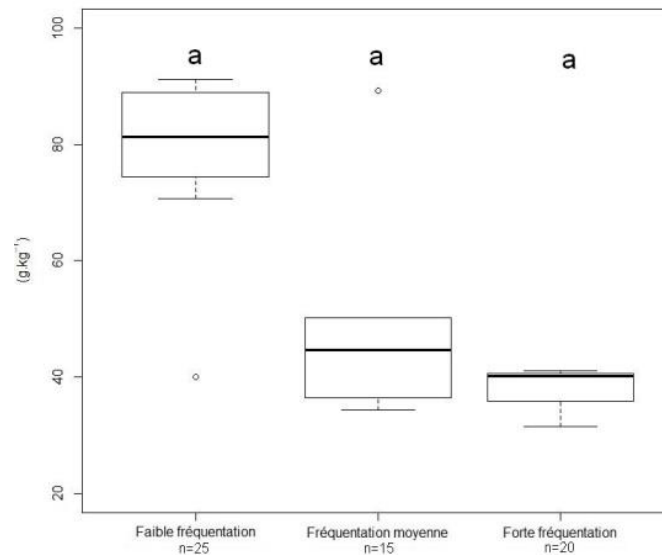
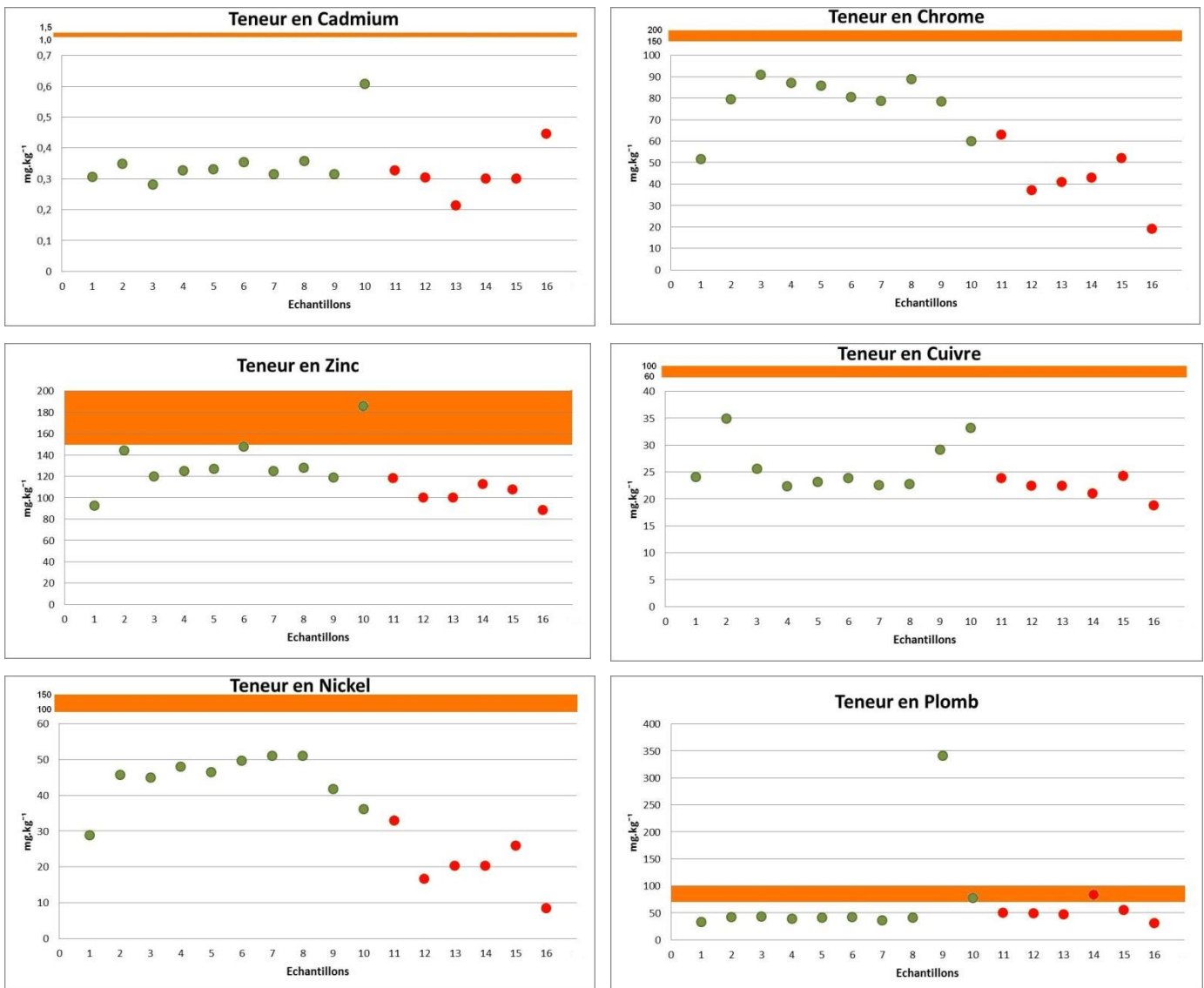


Fig. 21. Distribution de la teneur en matière organique dans l'horizon supérieur des sols du jardin Paul Nancy, classés par degré de fréquentation.

c. Pollution



● Sol de la partie Ouest
● Sol de la partie Est

Fig. 22. Teneur en ETM des différents échantillons de sol du jardin Paul Verlaine. Les seuils représentés sont les seuils de détection d'anomalies du RMQS. [26]

4) Comparaison de l'état des sols du Grand Nancy à d'autres sols à l'échelle nationale

Les données utilisées sont issues de la thèse de Sophie Joimel [27]

a. Comparaison des sols de jardins potagers

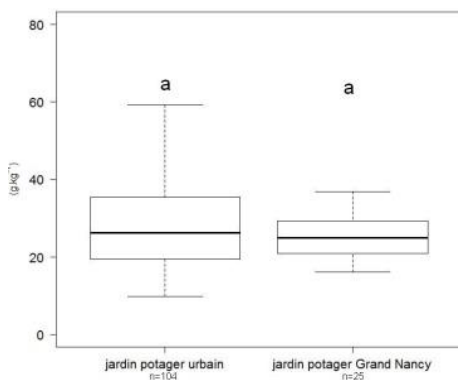


Fig. 23. Comparaison de la distribution de la teneur en carbone organique dans l'horizon supérieur entre les sols des jardins potagers du Grand Nancy et ceux à l'échelle nationale.

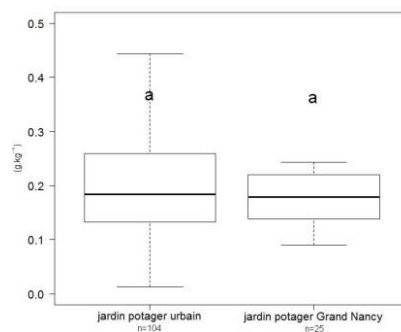


Fig. 24. Comparaison de la distribution de la teneur en phosphore assimilable dans l'horizon supérieur entre les sols des jardins potagers du Grand Nancy et ceux à l'échelle nationale.

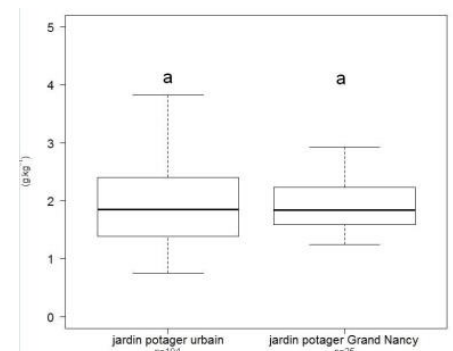


Fig. 25. Comparaison de la distribution de la teneur en azote total dans l'horizon supérieur entre les sols des jardins potagers du Grand Nancy et ceux à l'échelle nationale.

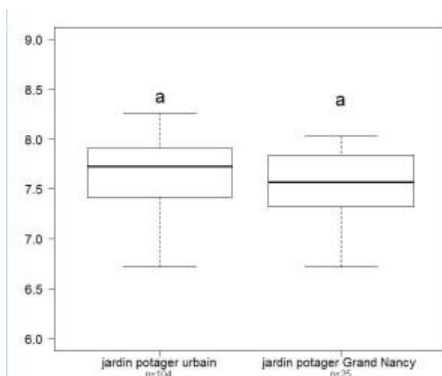


Fig. 26. Comparaison de la distribution du pH dans l'horizon supérieur entre les sols des jardins potagers du Grand Nancy et ceux à l'échelle nationale.

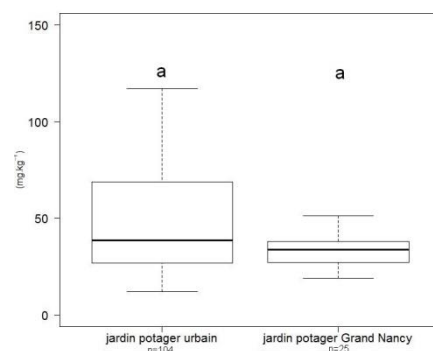


Fig. 27. Comparaison de la distribution de la teneur en cuivre dans l'horizon supérieur entre les sols des jardins potagers du Grand Nancy et ceux à l'échelle nationale.

Il n'y a pas de différence mise en évidence entre les sols de jardins potagers du Grand Nancy et ceux à l'échelle nationale. Cependant, la variabilité entre les sols du Grand Nancy a tendance à être plus faible que celle des autres sols.

b. Comparaison des sols de bords de route et espaces verts

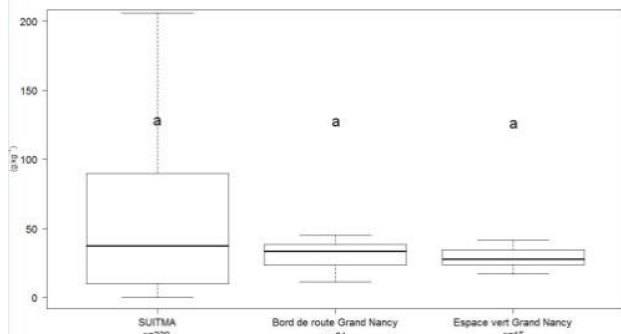


Fig. 5. Comparaison de la distribution de la teneur en carbone organique dans l'horizon supérieur entre les sols des bords de route et des espaces verts du Grand Nancy et les SUTMA à l'échelle nationale.

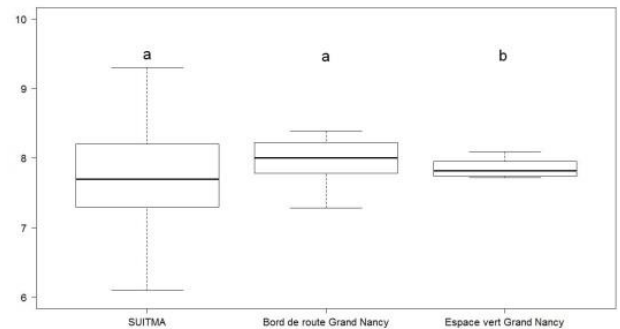


Fig. 5. Comparaison de la distribution du pH dans l'horizon supérieur entre les sols des bords de route et des espaces verts du Grand Nancy et les SUTMA à l'échelle nationale.

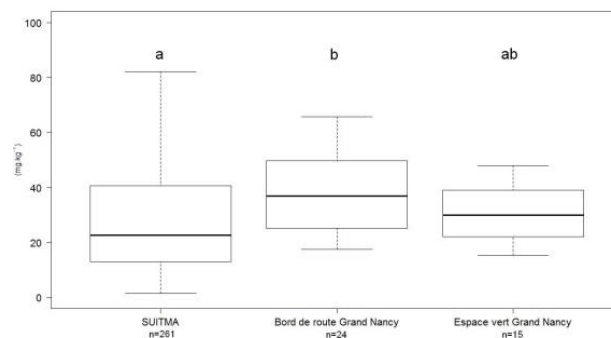


Fig. 5. Comparaison de la distribution de la teneur en nickel dans l'horizon supérieur entre les sols des bords de route et des espaces verts du Grand Nancy et les SUTMA à l'échelle nationale.

Les résultats sont différents selon les variables. Dans le cas du carbone organique, il n'y a pas de différence observée entre les 3 usages de sols. Concernant le pH, les distributions des SUTMA et des bords de route sont similaires. Le pH des sols des espaces verts est lui plus faible. Enfin, si les teneurs en Nickel sont égales entre les SUTMA et les sols des espaces verts, celle des bords de route est plus élevée. Dans tous les cas, la variabilité entre les SUTMA a tendance à être plus importante que celle des sols du Grand Nancy.

IV- Discussions

1) Etude à l'échelle du Grand Nancy

a. Etude par usage

Globalement, les barycentres de chaque catégorie d'usage sont positionnés au centre de l'ACP ce qui montre une faible variabilité intercatégorie. Par contre, les cercles de corrélation sont assez étendus ce qui indique une variabilité intracatégorie. Ainsi, l'usage du sol et le moyen de gestion qui s'y applique ne semblent pas être les seuls facteurs expliquant l'hétérogénéité des sols du Grand Nancy. Les caractéristiques qui semblent générer le plus de variabilité au sein des échantillons étudiés sont la CEC et la texture des sols.

Cependant, quelques différences entre les catégories d'usage ont pu être observées. Tout d'abord, concernant la qualité physique des sols, même si les différences ne sont pas significatives, les espaces verts ont tendance à être plus sableux et les jardins plus limoneux, sauf trois points qui sont plus argileux que tous les sols. Ces trois points atypiques correspondent à trois parcelles d'un même jardin familial. La texture des sols est une caractéristique qui peut influencer la culture de végétaux. Par exemple, en maraichage, les sols sableux sont préférés pour le développement des légumes racines. Mais la teneur en argile doit être suffisante pour retenir l'eau et les ions nécessaires à la nutrition de la plante. [28] Ensuite, en s'intéressant aux caractéristiques chimiques, on voit que les sols de bords de route possèdent un pH plus basique que les autres sols ainsi qu'un rapport C/N plus élevé. Le pH idéal pour le maraichage est un pH neutre. Ainsi, les pratiques des jardiniers dans les jardins potagers du Grand Nancy peuvent expliquer la tendance de leurs sols à être plus acides que les autres. [29]

Il est important de noter que les échantillonnages ont été faits dans le cadre de projets aux objectifs différents. De fait, comme le montre la carte des points de prélèvements, ils n'ont pas tous été réalisés à la même échelle ou à la même profondeur. Par exemple, les sols de bords de route ont été prélevés sur l'ensemble du Grand Nancy, même si certaines communes n'ont pas été étudiées et plusieurs kilomètres séparent chaque point. L'horizon de surface a toujours été prélevé sur 20 cm de profondeur. Au contraire, les sols du jardin Paul Verlaine ont été prélevés à quelques mètres d'écart et la profondeur l'horizon de surface varie entre 20 et 40 cm. Pour plus de rigueur, il faudrait mettre en place un protocole d'échantillonnage commun et de répartir les points de prélèvement sur l'ensemble du territoire du Grand Nancy, avec une distance entre chaque point qui soit toujours la même. Cela éviterait qu'une même zone du territoire d'étude soit représentée par plusieurs échantillons et fausse les résultats. Cependant, on peut tout de même préciser que des similarités

ont été respectées dans tous les prélèvements : Ils ont tous été réalisés suivant la même méthode, à l'aide d'une tarière. De plus, tous les échantillons ont été analysés par le même laboratoire d'analyse selon les mêmes normes.

La réalisation de plus de prélèvement serait envisageable. Dans cette étude, 65 points ont été étudiés. Même si ce nombre est très raisonnable, l'étude de plus de points pourrait mener à des résultats différents. Par exemple, un des jardins familiaux montre des caractéristiques différentes des autres. Etudier plus d'échantillons permettrait de comprendre si ce jardin possède des sols atypiques ou si au contraire d'autres jardins sont dans le même cas.

b. Pollution

Tous les sols étudiés montrent une pollution généralisée en plomb et en zinc. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce phénomène. Dans un premier temps, une grande partie des sols étudiés se composent de terre végétale. Cette terre a été élaborée à partir d'horizons humifères, mélangés à de la matière organique végétale et a des amendements organiques et/ou minéraux. Or, des études ont montrés que certains amendements organiques comme les boues d'épuration d'eau, le lisier ou le compost urbain contiennent du Zinc et du Plomb. [30] [31]

Une autre hypothèse est que Nancy et les autres communes de l'agglomération ont été des villes très industrielles au XXe siècle (manufacture de cigarette, Daum...). Les retombées atmosphériques provenant d'industries sont connues comme étant la source de métaux lourds. [32]

Enfin, le trafic routier représente également une source de pollution en métaux. L'origine peut être la combustion des carburants ou l'usure des pièces des véhicules, comme les pneus et les freins. [32]

2) Etude à l'échelle du jardin Paul Verlaine

a. Influence de la couverture des sols

Tout d'abord, il est difficile de dégager des résultats de l'influence de la couverture des sols sur leur qualité. En effet, la plupart des catégories ne sont composés que d'un ou deux échantillons. Au contraire, la catégorie « pelouse » comprend 8 échantillons.

Cependant, des tendances peuvent être observées : Les sols recouverts par des rhododendrons diffèrent des autres sols du jardin pour plusieurs paramètres. Le pH est très acide. La CEC et la teneur en matière organique sont très supérieures à celles des autres sols. Ainsi, ces sols montrent un travail des jardiniers pour adaptés les caractéristiques des sols pour accueillir ces plantes. En effet, elles sont acidophiles et ont besoin d'un sol riche en matière organique pour se développer. [18]

Les sols recouverts par de la pelouse semblent plus pauvres en matière organique et légèrement plus basiques que les autres sols. Une explication serait le fait que les sols recouverts par la pelouse connaissent beaucoup de piétinement, phénomène qui engendre une perte en matière organique des sols [34]

Mais ces observations sont à confirmer en réalisant plus d'échantillons.

b. Influence de la fréquentation des sols.

Dans ce cas, les catégories étudiées sont composés par un nombre d'échantillons un peu plus conséquent que précédemment, même si il y a toujours un déséquilibre entre chaque catégorie.

Une tendance peut tout de même être observée. La fréquentation des sols semble impacter leur teneur en matière organique. Plus un sol est fréquenté, plus il s'appauvrirait en matière organique. Cependant, la différence entre chaque catégorie n'est pas significativement différente. Ainsi, il serait envisageable de faire plus d'échantillonnages, surtout sur les sols les plus fréquentés du parc, ce qui confirmerait sûrement cette tendance. En effet, il a été prouvé dans un autre parc que la fréquentation des sols par les passants et le phénomène de piétinement qui en découle entraîne une perte de matière organique. [34]

c. Pollution

Dans un premier temps, à part un échantillon dans le cas du plomb, aucune pollution en ETM n'a été mise en évidence.

En comparant les échantillons de sol ayant été réalisés dans la partie Est du jardin, là où la pollution en hydrocarbure a été détectée, aux échantillons réalisés dans la partie Ouest, on ne remarque pas de différence. Les échantillons de la partie Est ont parfois même un teneur en métaux plus faible que ceux de la partie Ouest, comme pour le Chrome et le Nickel.

Ce résultat n'était pas attendu, étant donné que le jardin Paul Verlaine a été construit à la place d'un parking pour autobus. Une explication serait que lors de la construction, de nouveaux sols

ont été apportés pour remplacer ou recouvrir ceux déjà présents. La potentielle contamination en ETM issue du passage des autobus aurait donc été retiré, ou alors est toujours présente mais plus en profondeur. [35]

d. Conseils aux jardiniers

Les sols du jardin ne montrent pas de problème majeur. Mise à part un échantillon dans le cas du plomb, il n'y a pas de pollution en ETM mise en évidence. Le taux de matière organique est supérieur à 30 g/kg, valeur au-dessus de laquelle les sols sont bien pourvus en matière organique. Les valeurs de CEC sont assez élevées, car au-dessus de 12 et même très élevée pour celles supérieures à 25. Cependant, les valeurs du rapport C/N, qui devraient être égales à 25 pour être optimales, sont faibles. La cause pourrait être un apport trop important en carbone organique par rapport à celui en azote totale. [36]

Mais l'étude montre que la végétation plantée sur un sol peut avoir un impact sur sa qualité. L'exemple du rhododendron le montre bien. En les comparant aux autres échantillons, les sols couverts par cette plante acidophile ont été complètement modifiés afin de l'accueillir : pH très acide, taux en matière organique jusqu'à 10 fois plus élevé que celui des autres sols étudiés. Or, l'acidification des sols présente des impacts négatifs, comme par exemple sur la faune du sol. En effet, il a été montré qu'une grande partie des invertébrés du sol supporte mal les pH acides et ont tendance à disparaître. [37]

Pour éviter ce phénomène, il est conseillé de choisir des plantes adaptées aux types de sols présents dans le jardin, c'est-à-dire au pH basique.

Conclusion et perspectives

L'objectif de cette étude était d'analyser la qualité des sols végétalisés du Grand Nancy en termes de fertilité physique et chimique et de toxicité. Pour ce faire, nous avons pris le choix de classer les sols par usage. L'interprétation des résultats a montré une variabilité de cette qualité entre les différents usages choisis pour certains paramètres comme le pH ou le rapport C/N. Cependant, cette variabilité entre usages est globalement faible. Ainsi, l'usage des sols n'est pas le seul facteur à prendre en compte pour mettre en évidence les causes de la variabilité entre les sols urbains.

L'étude du jardin Paul Verlaine a montré qu'on retrouve une variabilité entre certaines couvertures de sol, comme c'est le cas pour les sols recouverts par des rhododendrons. Mais l'étude en fonction d'autres facteurs, comme le degré de fréquentation, a montré que la différence de couverture et donc de gestion ne sont pas les seuls facteurs influençant l'évolution de la qualité des sols urbains.

La comparaison de l'état des sols du Grand Nancy par rapport à celui d'autres sols à l'échelle nationale montre que leur qualité est globalement similaire. Ainsi, les sols du Grand Nancy ont des sols de qualité que l'on pourrait qualifier de « normal » à l'échelle nationale.

Le choix a été de faire une étude spatiale des usages de sols. Il pourrait être intéressant désormais d'analyser la qualité des sols en prenant en compte l'histoire des sites où ont été échantillonnés les sols et ainsi d'étudier les différentes successions d'usage des sols dans le temps. En effet, les sols sont des systèmes vivants en constante évolution. De plus, du fait de la haute fréquence de changement d'usage des sols sur une zone donnée en ville, cette évolution est d'autant plus rapide.

Une autre perspective pour la suite de cette étude serait d'étudier la qualité biologique des sols du territoire du Grand Nancy. Cet aspect, peu pris en compte, est essentiel au bon fonctionnement des sols (décomposition de la matière organique, aération des sols...).

Bibliographie :

- [1] Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2008). Base harmonisée mondiale de données sur les sols version 1.2. Consultable sur : <http://www.fao.org/soils-portal/etude-des-sols/cartes-historiques-et-bases-de-donnees-des-sols/base-harmonisee-mondiale-de-donnees-sur-les-sols-version-12/fr/> [Consulté le 09 septembre 2016]
- [2] F. Lançon et al. L'extension urbaine à travers le monde : enjeux pour les villes et les campagnes. Consultable sur : http://www.clubdemeter.com/pdf/cahier/15/l_extension_urbaine_a_travers_le_monde_enjeux_pour_les_villes_et_les_campagnes.pdf [Consulté le 09 septembre 2016]
- [3] R. Aufray et M. Rovillé. Les écosystèmes. Consultable sur : http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dos_biodiv/index.php?pid=decouv_chapA&zoom_id=zoom_a1_3
- [4] Comité 21 (2011-2012). La ville, nouvel écosystème du XXIe siècle. Consultable sur : <http://www.comite21.org/docs/actualites-comite-21/2012/rapport-la-ville-nouvel-ecosysteme-du-21eme-siecle-06-04-12.pdf>
- [5] M. Toublin et al. (2012). La Résilience urbaine : un nouveau concept opérationnel vecteur de durabilité urbaine ? *Développement durable et territoires*, Vol. 3, n°1.
- [6] W. Endlicher et al. Shrinking Cities : Effects on Urban Ecology and Challenges for Urban Development. *Urban ecology – Definitions and concepts*.
- [7] A. Menthon (2000). L'environnement en milieu urbain. *Naturopa*, n°94/2000.
- [8] R. Pouat et al. (2010). Chemical, Physical, and Biological Characteristics of Urban Soils. *Urban Ecosystem Ecology*
- [9] M. Girard et al. (2005). Sols et Environnement. Dunod, p56-75.
- [10] Agence européenne pour l'environnement (2013). L'air en Europe aujourd'hui. Consultable sur : <http://www.eea.europa.eu/fr/signaux/signaux-2013/articles/l2019air-en-europe-aujourd2019hui>
- [11] A. Poletto (2013). Services écosystémiques rendus par les forêts : patrimoine ou producteur de valeur économique ?. Consultable sur : <http://www.nancy.inra.fr/Toutes-les-actualites/Services-ecosystemiques-et-forets>
- [12] A. Balez et J. Reunkrilerk (2013). Ecosystèmes et territoires urbains : impossible conciliation ? *Développement durable et territoires*, Vol. 4, n°2.

- [13] K. Tzoulas et al. (2007). Promoting Ecosystem and Human Health in Urban Areas using Green Infrastructure : A Literature Review. *Landscape and Urban Planning* 81, 167-178.
- [14] P. Clergeau (2008). Préserver la nature dans la ville. *Responsabilité et Environnement*, n°52, p. 55-59.
- [15] Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2015). Les fonctions du sol. Consultable sur : <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/fr/c/294324/>
- [16] T. Elmqvist et al. (2015). Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 101-108
- [17] Direction de la production service des bases vecteurs (2013). Nomenclature – Couche occupation du sol à grande échelle. Consultable sur http://professionnels.ign.fr/sites/default/files/SBV-OCS-NT-Nomenclature_%20IGN%20OCS%20GE_Ed1.2.pdf
- [18] P. Branchu et al. (2013). Pollution d'origine routière et environnement de proximité. *Vertigo*, hors-série 15
- [19] S. Robert et J. Autran (2012). Décrire à grande échelle l'occupation des sols urbains par photo-interprétation. Réflexion méthodologique et expérimentation en Provence. *Sud-Ouest Européen*, 33, p. 25-40.
- [20] C. Schwartz (2012). Réseau de mesures de la qualité des sols urbains – application à la gestion de la végétation paysagère et alimentaire.
- [23] APVF (2010). Réhabiliter une friche urbaine polluée. *Les fiches développement durable de l'APVF*, n°4.
- [24] Métropole du Grand Nancy. Consultable sur <http://www.grandnancy.eu/accueil/>
- [25] P. Arnoud et al. (2016). Guide de bonnes pratiques - Gestion et valorisation des données de recherche. OTELO.
- [26] INRA (2016). Outil cartographique de INDIQUASOL. Consultable sur : <http://acklins.orleans.inra.fr/geoindiquasol/index.php>
- [27] S. Joimel (2015). Biodiversité et caractéristiques physicochimiques des sols de jardins associatifs urbains français.
- [28] J. Argouarch et al (2004). Maraîchage biologique. *educagri edition*, p17.

- [29] D. Gauvrit (2008). Fiche technique : Maraichage sous serre et sous abris. Consultable sur : http://www.gard.chambagri.fr/fileadmin/Pub/CA30/Internet_CA30/Documents_Internet_CA30/Diversification_Fiches/Fiche_Mara%C3%A9chage_sous_serre___abri.pdf
- [30] B. Baize (2012). Terre végétale. Consultable sur : http://mots-agronomie.inra.fr/mots-agronomie.fr/index.php/Terre_v%C3%A9g%C3%A9tale
- [31] ALPE-TOGO (2014). Pollution des sols. Consultable sur : <http://alpe-togo.e-monsite.com/pages/documentation/la-pollution-des-sols.html>
- [32] Etablissement Public Foncier de Lorraine (2009). D’hier à aujourd’hui... Préservons l’avenir. Consultable sur : http://www.epfl.fr/PDF/Fascicule_Grand_Nancy.pdf
- [34] P. Kutiel et al. (2000). The effect of recreational impacts on soil and vegetation of stabilised Coastal Dunes in the Sharon Park, Israel. *Elsevier Science Ltd*.
- [35] N. McClintock (2012). Assessing soil lead contamination at multiple scales in Oakland, California : Implications for urban agriculture and environmental justice. *Applied Geography*, Volume 35, Issues 1–2, p. 460–473
- [36] Laboratoire Agronomique de Normandie. Analyse. Consultable sur : <http://www.lano.asso.fr/web/terres.html>
- [37] P. Lavelle et al. (1995). Faunal activity in acid soils. *Plant Soil Interactions at Low pH*, p. 201-211.
- [38] A. Spongberg et P. Becks (2000). Inorganic Soil Contamination from Cemetery Leachate. *Water, Air and Soil Pollution*, Volume 117, Issue 1, p. 313–327.
- [39] B. Van Wesemael et V. Brahy. La matière organique dans les sols.

Annexe 1 : tableau de données à l'échelle du Grand Nancy

Usage	Argile (g.kg ⁻¹)	Limons fins (g.kg ⁻¹)	Limons grossiers (g.kg ⁻¹)	Sables fins (g.kg ⁻¹)	Sables grossiers (g.kg ⁻¹)	C org (g.kg ⁻¹)	N total (g.kg ⁻¹)	C/N	M. O. (g.kg ⁻¹)	pH	P Olsen (g.kg ⁻¹)	CEC	Cr (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Ni (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Co (mg.kg ⁻¹)	Pb (mg.kg ⁻¹)	Cd (mg.kg ⁻¹)	Mo (mg.kg ⁻¹)
Parc	205	278	212	88	214	24.2	1.97	12.3	41.9	5.89	0.04	12	58.5	21.2	23.1	102	13.2	79.6	0.196	0.899
	274	175	168	168	188	18.2	1.6	11.4	31.5	7.88	0.08	17.5	91	25.6	45	120	19.2	43	0.282	1.82
	300	183	187	117	200	23.2	1.98	11.7	40.1	7.72	0.094	19	87.2	22.4	48	125	20.3	39.7	0.328	2.04
	320	191	183	188	102	23.2	2.04	11.4	40.2	7.83	0.049	19	78.8	22.6	51	125	21.1	36.7	0.315	2.29
	295	169	145	179	188	28.2	2.31	12.2	48.8	7.71	0.068	20	78.5	29.2	41.8	119	16.3	341	0.315	2.21
	143	91	75	127	545	19.8	1.45	13.7	34.3	7.75	0.072	12.9	40.9	22.5	20.3	100	7.93	47.1	0.215	0.773
	213	123	99	227	318	28.8	2.52	11.4	49.7	7.76	0.105	18.1	47.9	29.1	21	94.7	7.95	71.1	0.231	0.808
	171	105	105	316	296	17	1.47	11.6	29.4	7.95	0.019	13.7	43.5	13	20.4	98.4	7.62	37.5	0.169	0.638
	317	211	162	120	177	28	2.33	12	48.4	7.76	0.073	21.3	82.1	71.7	45.1	219	17.2	125	0.467	1.59
	178	103	66	108	418	35.1	1.95	18	60.7	7.98	0.166	16.8	42.9	40.3	24.3	175	9.33	181	0.359	1.13
	297	142	74	66	75	40.3	3.58	11.3	69.7	7.91	0.034	27.9	72.3	24.8	29.9	193	7.99	144	0.447	1.48
	300	125	93	214	131	27.9	2.5	11.1	48.2	7.98	0.136	21.7	113	32.2	47.2	165	20.2	242	0.422	1.46
	170	117	94	148	431	23.8	1.92	12.4	41.2	7.88	0.129	15.2	39.3	31.6	20.5	114	8.93	108	0.244	0.59
	113	83	56	95	652	24.2	1.98	12.2	41.9	5.83	0.019	7.92	27.4	9.77	15.3	52.1	5.26	51.1	0.104	0.459
	247	145	108	100	225	55.3	3.97	13.9	95.7	7.76	0.19	25.9	65.8	48.9	38.2	198	13.9	213	0.539	1.24
	252	165	137	106	295	34.3	2.5	13.7	59.3	7.82	0.16	20	66.6	43.2	33.5	141	13.7	124	0.338	1.06
197	112	81	151	428	29	2.13	13.6	50.2	7.62	0.117	16.4	52.1	24.3	25.9	108	9.29	55.4	0.301	1.84	
Terrain de sport	228	119	66	108	368	43.9	3.41	12.9	76	7.75	0.165	22.9	52.1	51.4	32.6	161	11.6	106	0.481	2.66
	129	80	100	175	515	20.2	1.65	12.2	34.9	5.94	0.102	7.88	45.2	23.1	23.3	82.4	11	67.7	0.186	1
	384	233	139	112	120	57	5.42	10.5	98.5	7.13	0.106	29.6	103	25.1	36.6	194	13.1	86	0.952	1.05
	275	181	119	119	170	27.7	2.54	10.9	47.9	8.11	0.031	21.1	79.1	19.9	32.1	113	11.4	43.2	0.398	1.13
	340	136	46	70	391	50.3	3.42	14.7	87	7.76	0.083	26.4	116	79.5	89.1	249	23.3	189	0.362	1.17
	180	122	101	161	433	22.8	1.71	13.3	39.4	7.57	0.113	14.9	50.6	33.4	25.9	133	9.67	97.8	0.295	0.856
Friche urbaine	322	222	148	106	170	10.9	0.918	11.9	18.9	8.22	0.054	16.9	82.9	19.9	45	118	15.5	28.7	0.182	1.41
	232	154	77	94	432	27.4	2.06	13.3	47.4	7.76	0.11	17.5	65.4	31.5	37.3	135	12.7	75.6	0.221	1.84
Cimetière	254	158	112	138	244	41.5	2.75	15.1	71.8	7.96	0.072	22.8	74.5	41.8	39.7	226	16.1	186	0.441	1.69
	205	140	109	148	268	26.7	2.19	12.2	46.2	8.09	0.061	18.5	63.3	26.5	28.2	165	10.8	368	0.341	0.904
	238	331	240	93	96	21.8	1.89	11.5	37.7	7.23	0.031	14.9	67.6	17.2	30	87.2	15.3	37.6	0.151	0.919

Usage	Argile (g.kg ⁻¹)	Limons fins (g.kg ⁻¹)	Limons grossiers (g.kg ⁻¹)	Sables fins (g.kg ⁻¹)	Sables grossiers (g.kg ⁻¹)	C org (g.kg ⁻¹)	N total (g.kg ⁻¹)	C/N	M. O ₂ (g.kg ⁻¹)	pH	P _{oisen} (mg.kg ⁻¹)	CEC	Cr (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Ni (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Co (mg.kg ⁻¹)	Pb (mg.kg ⁻¹)	Cd (mg.kg ⁻¹)	Mo (mg.kg ⁻¹)
Jardin potager	192	138	98	121	424	42	2.92	14.4	727	7.33	0.302	17.6	65.5	43.4	23.5	250	11.2	195	0.514	0.999
	188	133	103	111	437	40.5	2.78	14.6	701	7.47	0.342	18.3	72.2	54.2	24.7	311	11.6	192	0.586	0.991
	203	169	122	114	376	52.3	3.34	15.6	905	7.4	0.381	19.1	55.9	68.5	32.6	287	15.8	233	0.512	1.53
	202	166	118	106	387	52.3	3.19	16.4	905	7.37	0.389	20.3	54.8	115	33.3	300	15.7	226	0.599	1.6
	357	246	184	172	38	22.7	2.02	11.2	39.3	7.67	0.243	20.6	71.9	38.6	34.5	140	13.1	99.9	0.343	0.826
	190	126	82	193	408	9.79	0.878	11.2	16.9	7.32	0.071	10.7	41	22.4	20.3	65.5	8.21	41.8	0.173	0.512
	279	181	73	172	294	21.6	1.42	15.2	37.4	7.23	0.1	16.8	58	35.8	31.5	178	12	130.0	0.367	0.921
	305	206	95	221	172	18.4	1.47	12.6	31.8	6.97	0.195	16.8	60.8	33.6	31.3	193	12	111.0	0.349	0.784
	351	252	161	181	54	20.4	1.74	11.7	35.2	7.48	0.179	19.7	69.1	34.8	34.5	146	13.2	92.6	0.345	0.84
	332	236	128	133	167	21.7	1.74	12.5	37.5	7.94	0.175	19.6	73.5	51.2	34.3	159	12.6	77.2	0.371	1.5
	311	200	121	223	143	22.6	1.81	12.4	39.1	7.63	0.184	18.4	62.6	37.9	32	169	12.3	97.7	0.33	0.803
	114	194	152	101	437	19.6	1.52	12.9	34	7.57	0.139	8.5	30.6	23.1	12.1	65.8	4.41	39.6	0.109	0.459
	118	192	139	97	452	27.5	2.23	12.3	47.5	7.28	0.149	9.07	42.9	28.5	16.2	80.5	6.64	36.7	0.146	0.656
	118	206	148	95	431	26.8	2.15	12.5	46.4	7.4	0.103	9.33	40.3	19	15.4	102	5.81	86.9	0.127	0.577
	160	189	131	92	425	36.9	2.93	12.6	63.8	7.57	0.171	13.9	45.7	22.3	21.9	84.7	8.39	33.9	0.147	0.733
	279	162	118	166	166	30.7	2.33	13.2	53.2	7.84	0.243	16.5	93.6	40.9	40.6	190	17.3	130.0	0.482	1.24
	269	209	140	105	122	25.5	2.02	12.6	44.1	7.95	0.199	17.1	80.8	28.4	32.5	151	12	65.5	0.525	1.11
	346	324	195	68	64	24.5	2.15	11.4	42.4	7.58	0.16	19	72.8	25.2	39.7	123	17	41.0	0.242	1.35
	323	338	219	65	54	18.1	1.59	11.4	31.4	6.72	0.096	16.4	76.6	23.7	37.3	117	16.3	41.9	0.231	1.3
	307	317	228	51	95	18.2	1.41	12.9	31.5	7.28	0.163	16.2	85.5	27	34	120	17.4	50.7	0.19	1.15
	308	313	240	48	89	33.1	2.66	12.4	57.3	7.73	0.25	19.7	86.5	35.8	33.8	136	16.8	57.1	0.22	1.33
	301	315	225	58	100	20.9	1.78	11.7	36.1	7.03	0.13	16.8	81.7	25.6	34.1	118	16.3	43.4	0.24	1.25
	594	230	97	28	47	43.6	3.97	11	75.4	7.44	0.19	31.3	106	42.4	53.2	169	16.9	45.1	0.38	2.61
	665	212	70	32	18	42.1	3.97	10.6	72.8	7.45	0.22	33.3	101	38	57.9	175	17.7	36.1	0.34	3.12
	634	206	62	20	71	52	4.67	11.1	90	7.68	0.24	34.9	91.3	35.9	53.3	184	16.3	45.8	0.41	2.6
	726	195	39	18	21	33.5	3.31	10.1	58	7.12	0.06	31.2	104	32.1	61.9	169	18	37.9	0.34	3.09
	580	247	100	36	34	36.4	3.33	11	63.1	7.67	0.09	30.1	95.3	29.3	53.7	166	17.6	49.0	0.35	2.44
	266	165	109	163	149	32.5	2.38	13.7	56.3	7.85	0.26	18.6	86.8	34.5	35.7	175	14.5	92.4	0.47	1.14
	221	213	128	97	143	29.3	1.84	15.9	50.6	8.03	0.19	15.9	75.5	36	31.2	151	11.7	84.8	0.5	0.94
	225	197	111	151	73	22.3	1.76	12.7	38.6	8.04	0.16	13.9	78.7	27.5	28.4	128	10.2	73.1	0.41	0.85
	203	154	105	162	113	25.6	1.86	13.7	44.3	7.99	0.09	13.3	70.5	24.2	28.1	151	12.6	74.6	0.4	0.98
	220	149	110	174	96	25.5	1.97	12.9	44.1	7.97	0.09	13.7	75.4	33.4	28.7	169	13	71.7	0.46	1.0
	224	143	108	187	105	24.9	1.78	14	43.1	8.01	0.23	13.7	78.2	44.9	30.8	228	14.8	74.6	0.47	1.12
275	212	131	155	100	28.1	2.17	12.9	48.7	7.93	0.14	16.8	95.6	31.8	38.3	170	16.2	397.0	0.39	1.22	
230	160	99	157	182	27.4	1.87	14.7	47.5	8.04	0.1	16	86.1	36.8	36.7	254	17.4	119.0	0.55	1.34	
140	135	149	155	419	20.9	1.49	14	36.1	7.32	0.22	8.71	37.1	38.4	10.8	94.4	5.36	133.0	0.16	0.43	
128	135	150	147	436	16	1.25	12.8	27.8	7.5	0.23	7.4	33.1	27.7	9.48	78.6	4.75	208.0	0.12	0.48	
193	134	96	116	391	45.4	3.38	13.4	786	7.45	0.429	20	51.9	55.8	24.9	218	11.4	205	0.439	0.961	

Usage	Argile (g.kg ⁻¹)	Limons fins (g.kg ⁻¹)	Limons grossiers (g.kg ⁻¹)	Sables fins (g.kg ⁻¹)	Sables grossiers (g.kg ⁻¹)	C org (g.kg ⁻¹)	N total (g.kg ⁻¹)	C/N	M. O. (g.kg ⁻¹)	pH	P _{olsen} (g.kg ⁻¹)	CEC	Cr (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Ni (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Co (mg.kg ⁻¹)	Pb (mg.kg ⁻¹)	Cd (mg.kg ⁻¹)	Mo (mg.kg ⁻¹)
Bord de route	193	131	84	172	396	14.9	1.24	12	25.7	8.2	0.078	11.4	64.1	17.2	57.6	76.4	15.1	40	0.189	0.803
	320	157	116	255	109	34.4	3.02	11.4	59.5	7.71	0.195	22	86	17.2	37.2	111	13.4	39.9	0.335	0.888
	296	152	215	138	159	86.5	4.94	17.5	150	7.51	0.192	31.2	86.9	93.2	32.8	206	13	52.7	0.316	4.13
	343	257	158	44	24	42.4	2.78	15.2	73.4	8.01	0.057	22.7	69.6	25.7	29.3	106	10.7	44.3	0.386	1.34
	325	194	140	173	137	41.9	2.15	19.5	72.4	8.35	0.155	22.1	116	68.3	43.9	205	20.6	87.7	0.301	2.59
	227	182	174	208	148	33.8	2.25	15	58.4	8.05	0.285	14.1	80.4	22.8	49.6	109	14.4	30.2	0.451	0.964
	144	66	37	56	476	17.5	0.938	18.6	30.2	8.39	0.17	8.12	32.6	35.5	21	82.4	8.37	110	0.255	1.92
	180	125	86	71	314	23.3	1.1	21.2	40.3	8.35	0.031	11.1	53.1	39.9	23.8	118	10.9	77.6	0.441	1.54
	272	242	145	241	83	36	2.44	14.7	62.2	8	0.043	18.6	128	24.1	29.3	122	13.6	58.4	0.425	1.39
	181	91	65	83	358	96.1	3.86	24.9	166	7.43	0.207	35.2	43.4	83.6	26.3	532	8.04	592	0.644	8.2
	118	90	61	97	625	35.5	2.29	15.5	61.4	7.6	0.157	16	44.5	31.7	14.4	178	5.27	34.8	0.18	10.1
	349	229	81	54	251	45.1	2.73	16.5	78	7.9	0.061	24	82.3	60.3	50	187	17.8	139	0.327	1.21
	260	166	79	83	373	51	2.96	17.2	88.2	7.92	0.13	20.7	71.7	143	43.4	308	16.7	246	0.5	1.5
	191	160	124	157	347	30	1.97	15.3	51.9	7.41	0.252	16.5	49.2	41.7	22.5	339	8.62	69.3	0.284	1.47
	175	138	100	146	401	32.2	1.63	19.7	55.7	8.12	0.103	13.2	92.2	98.3	38.3	273	13.2	274	0.718	2.49
	146	98	64	101	585	22.1	1.76	12.6	38.3	7.73	0.091	12.1	28.9	12.7	17.5	56.1	6.6	30.4	0.114	1.03
	345	167	75	93	155	25	2.2	11.3	43.2	8.11	0.142	20.3	149	22.7	131	134	33.4	35.2	0.308	0.846
	335	190	86	49	321	34.7	2.75	12.6	60	7.9	0.057	22.2	124	42.6	65.7	203	21.5	85.4	0.322	2.36
	241	162	82	79	371	25.6	1.79	14.3	44.3	8.23	0.102	15.3	81.5	39.3	42.8	146	13.2	81.1	0.325	1
	414	144	36	26	156	23.8	2.19	10.9	41.3	8.15	0.048	21.5	148	26.4	153	177	39.1	41.1	0.376	0.779
	156	135	80	68	552	37.3	2.12	17.6	64.6	7.83	0.177	17.3	44.1	28.9	19.3	109	11.5	67.9	0.209	1.02
	233	356	235	73	101	27	1.87	14.4	46.6	7.33	0.035	14.3	73.6	16	27.7	103	16	37.7	0.181	0.99
	364	259	143	49	129	31.8	2.8	11.4	55	7.85	0.028	23.4	97.8	24	62.5	133	20.8	42.8	0.265	1.57
	303	158	109	152	177	17.2	1.03	16.7	29.7	8.21	0.06	17.3	82.9	20.1	43.8	129	17.7	43.6	0.324	3.13
	304	168	104	154	182	18.1	1.14	15.9	31.4	8.15	0.076	17.6	86.8	21.3	42.8	124	17.3	37.6	0.323	2.71
	267	160	83	98	365	13.6	1.19	11.4	23.5	8.25	0.084	13.9	70.8	18.6	99.2	131	32.8	33.2	0.342	0.766
	237	123	66	97	389	68.2	3.76	18.1	118	7.91	0.081	30.4	78.6	37.3	31.4	161	10.7	95.5	0.462	1.93
	318	249	145	67	216	36.5	2.41	15.1	63.1	8.22	0.033	23.8	122	33.3	36.7	110	18.3	43.1	0.272	1.87
	188	134	89	154	375	11.5	0.984	11.7	20	8.23	0.085	12.2	42.3	15.1	19.7	62.5	7.92	26.7	0.157	0.611
	216	99	76	175	396	41.3	2.61	15.8	71.4	7.71	0.202	18.6	52.5	41.1	22.2	168	8.77	228	0.415	0.74
385	129	76	83	179	20.6	1.97	10.4	35.6	8.26	0.154	22.1	156	25.4	233	197	55.8	36.5	0.479	1.04	
317	238	225	97	103	40.4	2.67	15.1	69.8	7.62	0.114	22.4	74.4	36.2	41.8	147	17.5	76.5	0.226	1.3	
323	241	224	108	90	46.6	3.11	15	80.6	7.68	0.107	23.7	68.1	31.2	38.4	151	16.3	49	0.22	1.2	
261	164	130	147	268	33.6	2.46	13.7	58.1	7.28	0.277	15.1	161	45.8	36	227	16.8	74.2	0.257	1.91	
79	71	49	19	37	8.71	0.701	12.4	15.1	8.75	0.108	6.01	24.6	7.89	10.8	42.4	3	16.5	0.2	0.79	
227	184	111	127	256	39.8	2.32	17.2	68.9	7.98	0.302	20.4	71	46.9	49.5	165	15.9	83.4	0.278	1.48	
120	117	68	54	96	20.8	2.43	8.58	36	8.01	0.116	10	32.8	15.1	15.2	70.8	6.05	57.6	0.412	0.894	

: Echantillons choisis pour l'étude avec 3 usages

Annexe 2 : Etude de la qualité des sols à l'échelle du Grand Nancy, cas de l'étude avec 6 usages

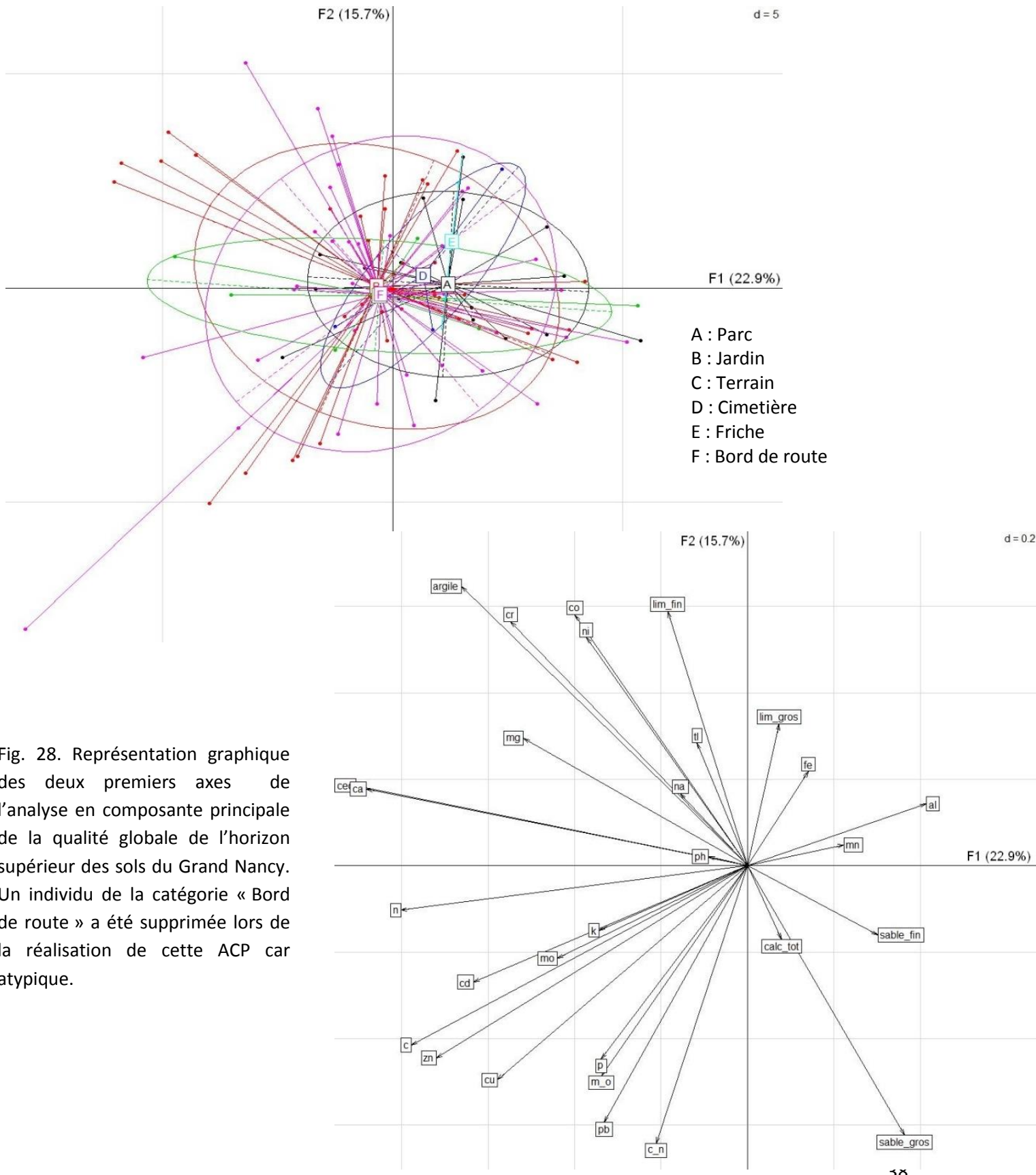


Fig. 28. Représentation graphique des deux premiers axes de l'analyse en composante principale de la qualité globale de l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy. Un individu de la catégorie « Bord de route » a été supprimée lors de la réalisation de cette ACP car atypique.

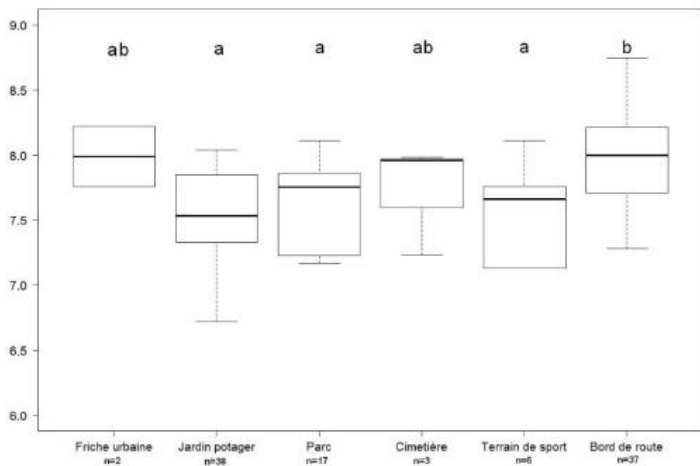


Fig. 29. Distribution du pH dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

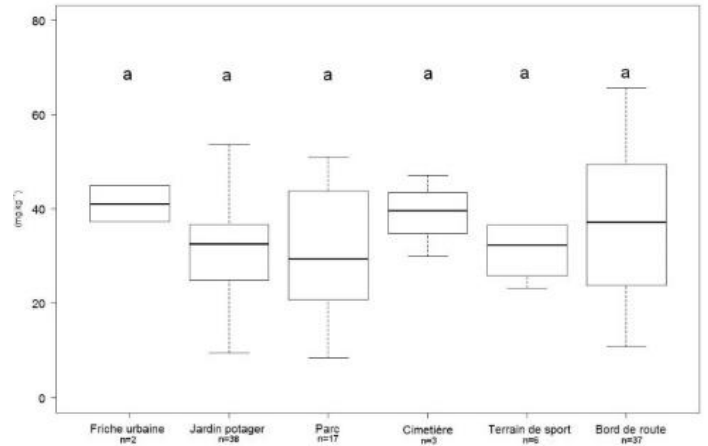


Fig. 30. Distribution de la teneur en Ni dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

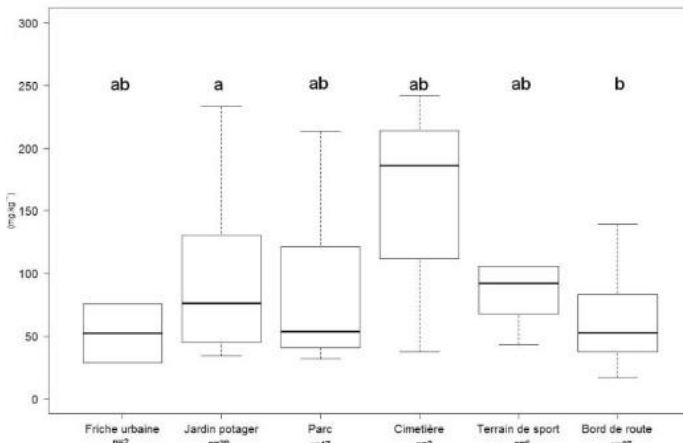


Fig. 31. Distribution de la teneur en Pb dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

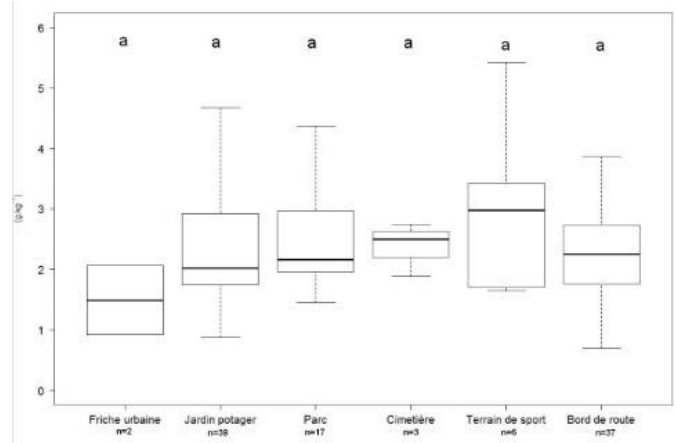


Fig. 32. Distribution de la teneur en azote totale dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

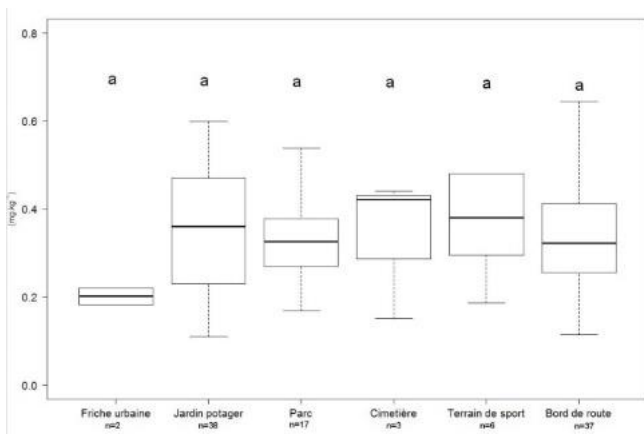


Fig. 33. Distribution de la teneur en Cd dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

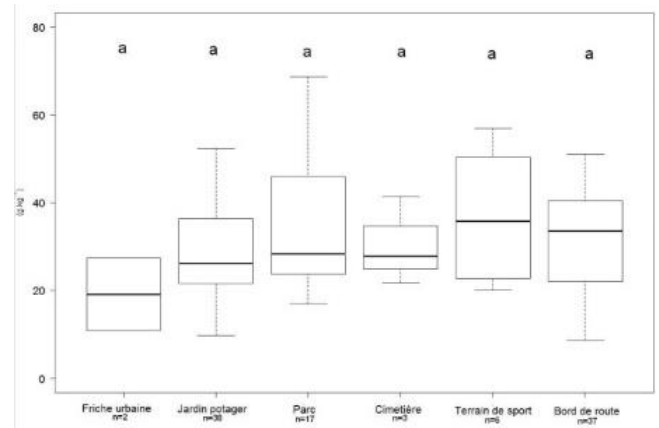


Fig. 34. Distribution de la teneur en carbone organique dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

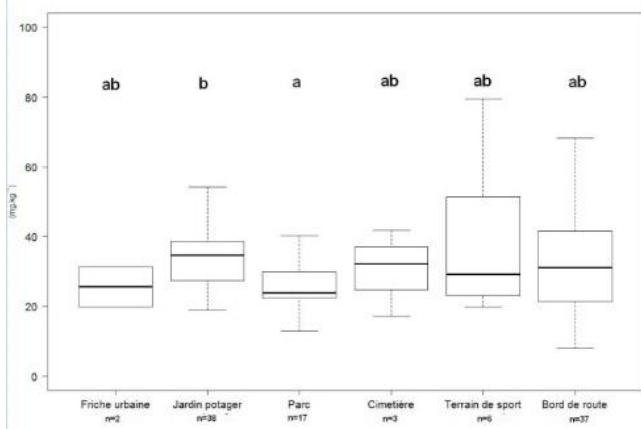


Fig. 35. Distribution de la teneur en Cu dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

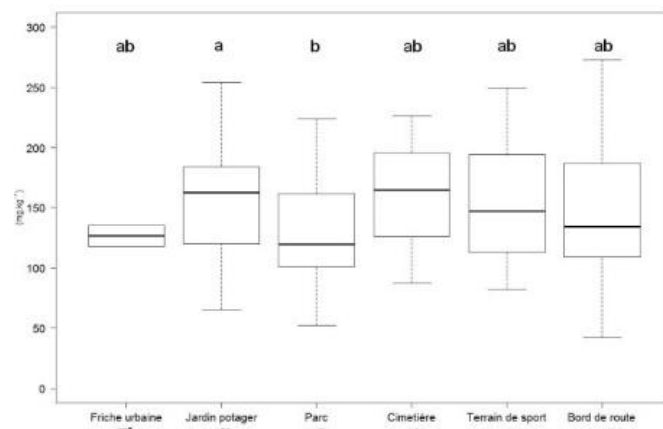


Fig. 36. Distribution de la teneur en Zn dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

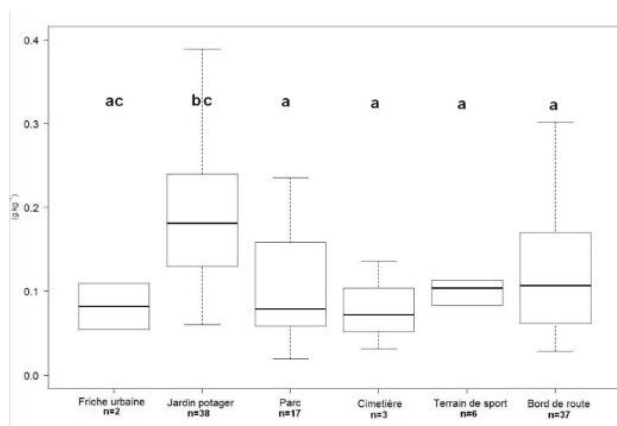


Fig. 37. Distribution de la teneur en P_{olsen} dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

La fertilité chimique semble meilleure pour les sols de jardins, parcs, cimetières et terrains de sport. Le pH est plus faible que les autres sols pour se rapprocher de la neutralité qui est plus adaptée pour la culture de végétaux. De plus, même si les différences ne sont pas significatives, il y a une tendance des teneurs en carbone organique et en azote totale à être plus élevées. Le phosphore assimilable est plus élevé dans les jardins potagers.

Ces observations témoignent de pratiques de jardinage qui sont plus lourdes pour les sols dont la végétation est la plus intensive, c'est-à-dire les jardins, les parcs, les cimetières et les terrains de sport que les autres.

Cependant, les barycentres de chaque catégorie d'usages étant assez proches les uns des autres et du centre du graphique de l'ACP, il ne semble pas avoir une grande variabilité entre les différents usages. La CEC et la texture des sols semblent les plus grandes sources de variabilité.

Une pollution est observée en Plomb et en Zinc sur l'ensemble des usages. La pollution en plomb a tendance à être plus importante au niveau des cimetières, ce qui pourrait être expliqué par le fait que ce métal entre dans la composition des cercueils. Concernant les autres ETM, la teneur de chaque sol semble suivre le fond géochimique. [38]

Le nombre d'échantillons étant déséquilibré entre chaque catégorie d'usage et très faible dans certains cas, ces résultats sont à confirmer en réalisant une analyse avec plus d'échantillons.

Annexe 3 : Comparaison de l'état des sols du Grand Nancy à différents usages à l'échelle nationale

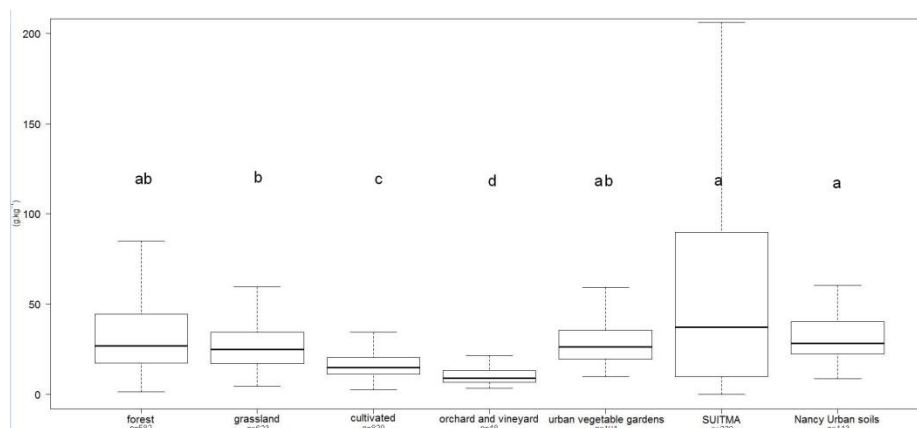


Fig. 38. Distribution de la teneur en carbone organique dans l'horizon supérieur de différents sols français, classés par usage. Données issus de la thèse de Sophie Joimel [27]

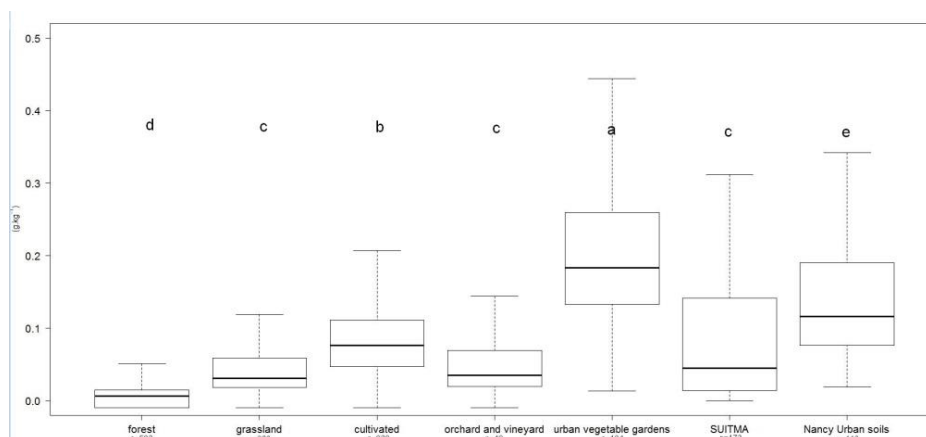


Fig. 39. Distribution de la teneur en P_{olsen} dans l'horizon supérieur de différents sols français, classés par usage. Données issus de la thèse de Sophie Joimel [27]

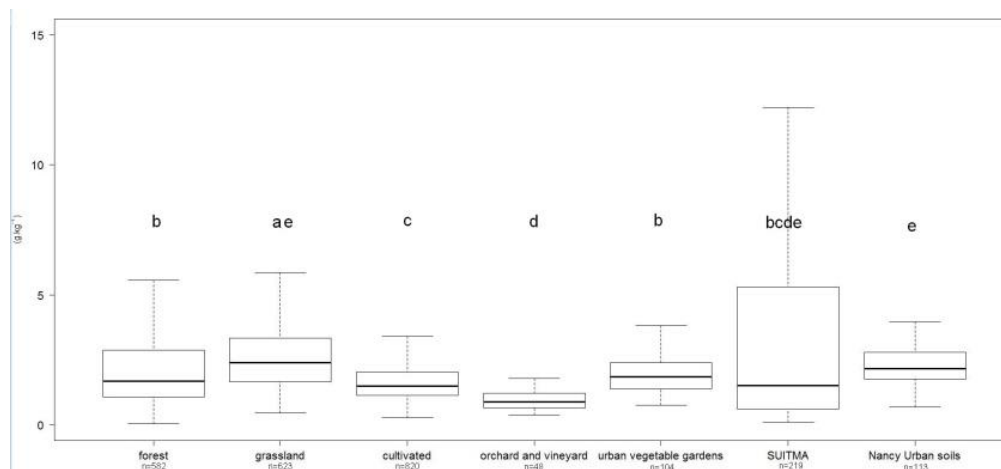


Fig. 40. Distribution de la teneur en azote total dans l'horizon supérieur de différents sols français, classés par usage. Données issus de la thèse de Sophie Joimel [27]

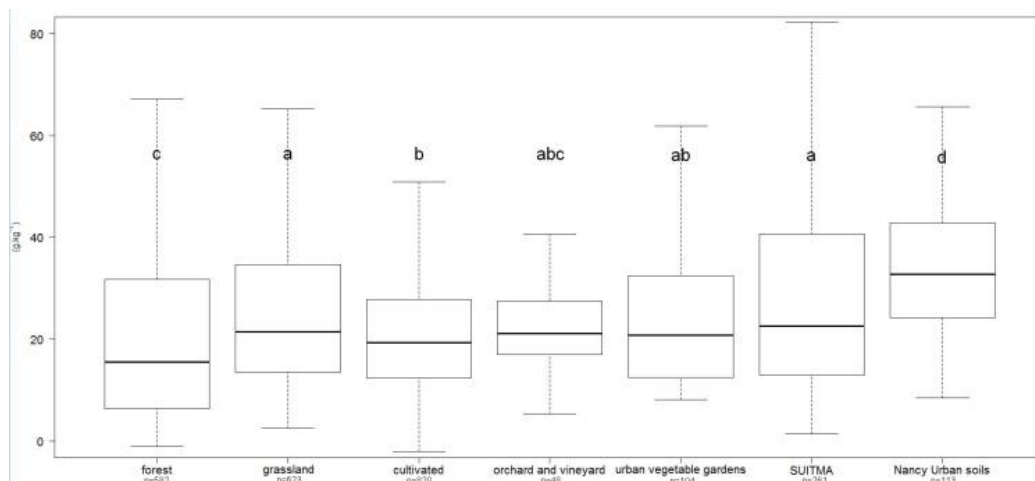


Fig. 41. Distribution de la teneur en Ni dans l'horizon supérieur de différents sols français, classés par usage. Données issus de la thèse de Sophie Joimel [27]

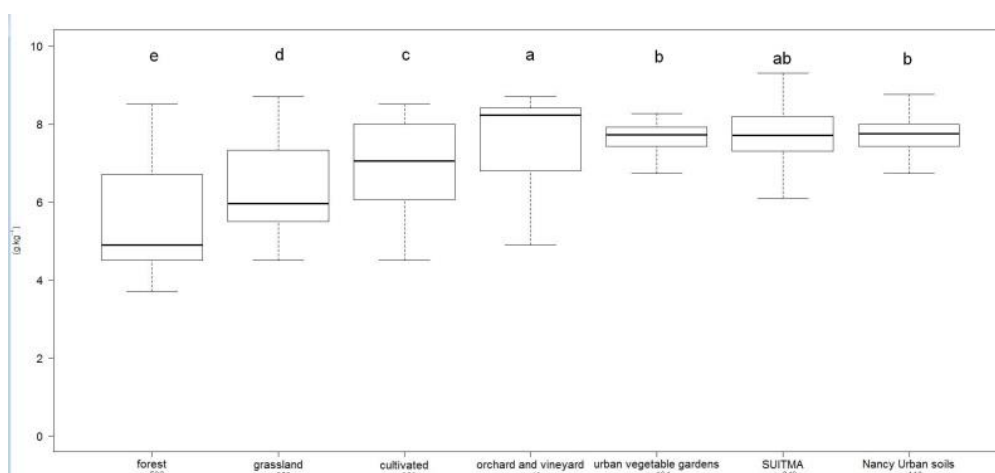


Fig. 42. Distribution du pH dans l'horizon supérieur de différents sols français, classés par usage. Données issus de la thèse de Sophie Joimel [27]

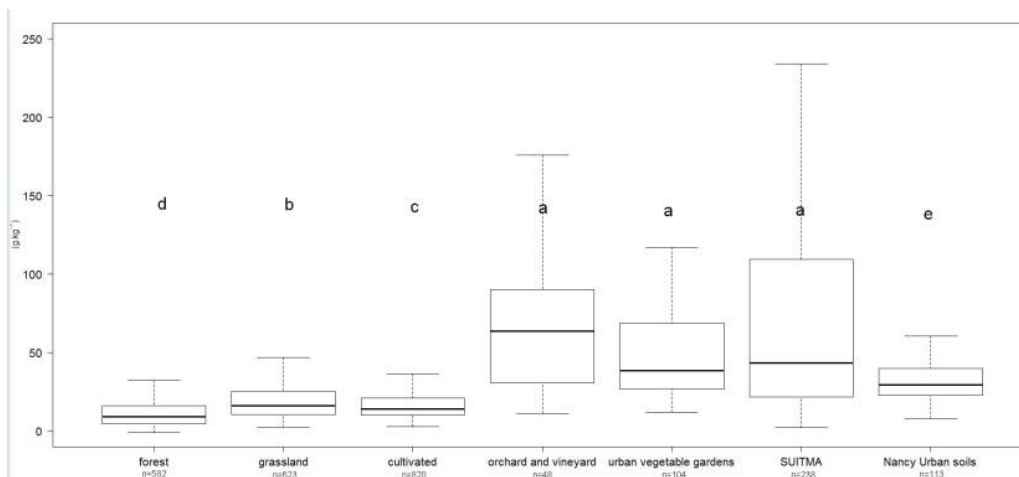


Fig. 43. Distribution de la teneur en Cu dans l'horizon supérieur de différents sols français, classés par usage. Données issus de la thèse de Sophie Joimel [27]

Les sols du Grand Nancy montrent des similarités avec les autres sols urbains, c'est-à-dire les sols de jardins urbains et les SUTMA. Ils la même distribution du pH et de la teneur en carbone organique. Celle-ci est d'ailleurs égale à celle des sols forêts, qui sont caractérisées par un taux élevé [39]. De plus, il y a égalité des teneurs en azotes totales entre les sols du Grand Nancy et celle des SUTMA. Ces teneurs sont aussi égales à celle des sols de prairie. Les sols des prairies étant souvent fertilisés par un apport d'azote, ce résultat met en évidence un apport extérieur dans les sols du Grand Nancy. Enfin, les sols du Grand Nancy ont des teneurs en Ni, Cu et P_{olsen} qui se différencie de celle des autres sols étudiés.

Annexe 4 : Données complémentaires à l'étude de la qualité des sols à l'échelle du Grand Nancy, cas de l'étude avec 3 usages

Qualité chimique

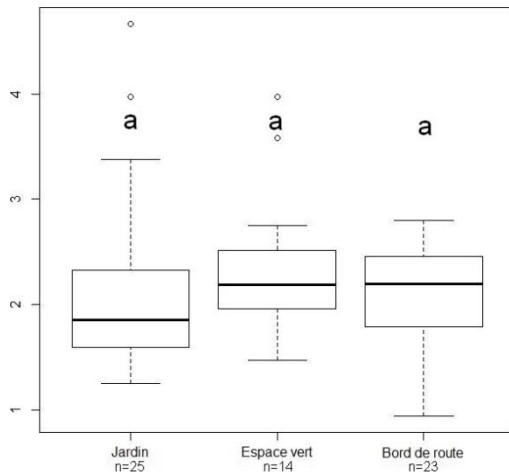


Fig. 44. Distribution de l'azote total dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

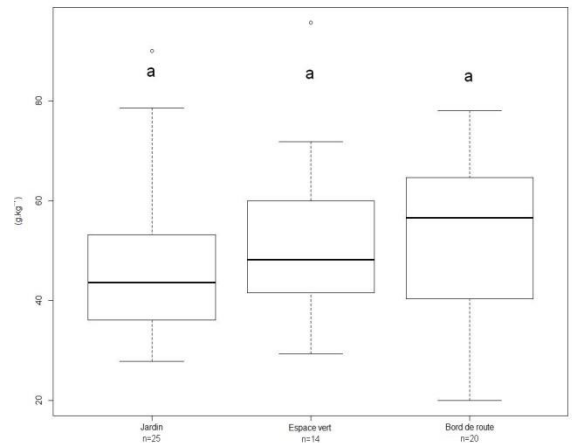


Fig. 45. Distribution de la teneur en matière organique dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

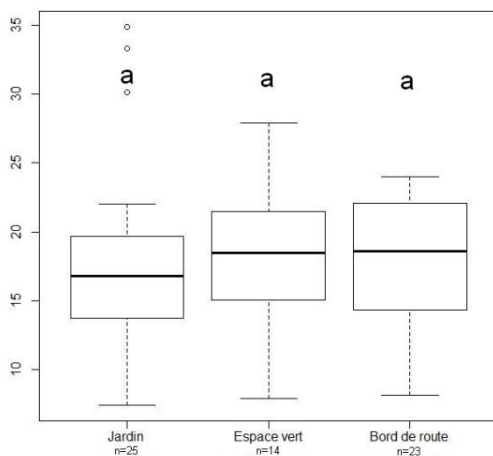


Fig. 46. Distribution de la CEC dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

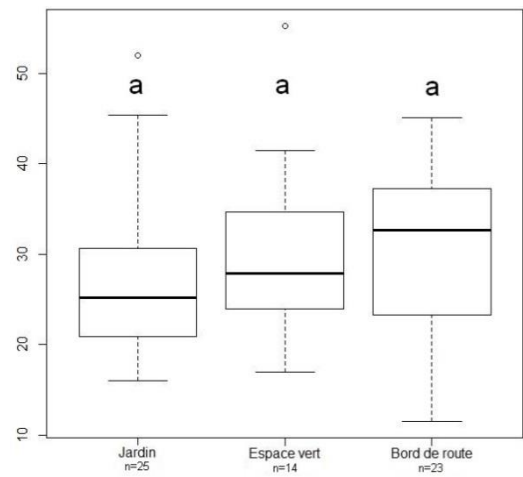


Fig. 47. Distribution du Carbone organique dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

Toxicité

Les seuils représentés sont les seuils de détection d'anomalies du RMQS. [26]

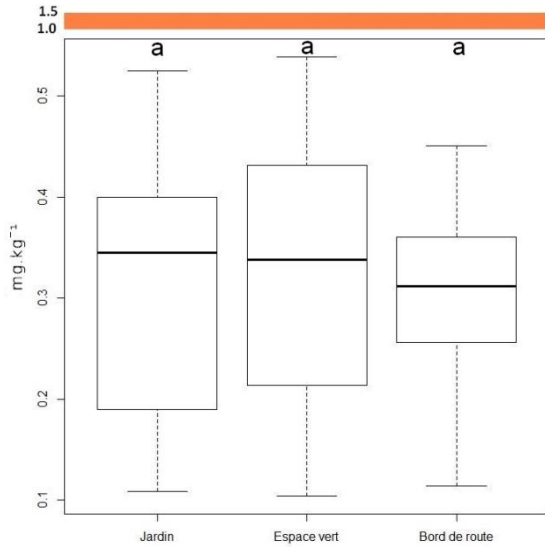


Fig. 48. Distribution de la teneur en Cd dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

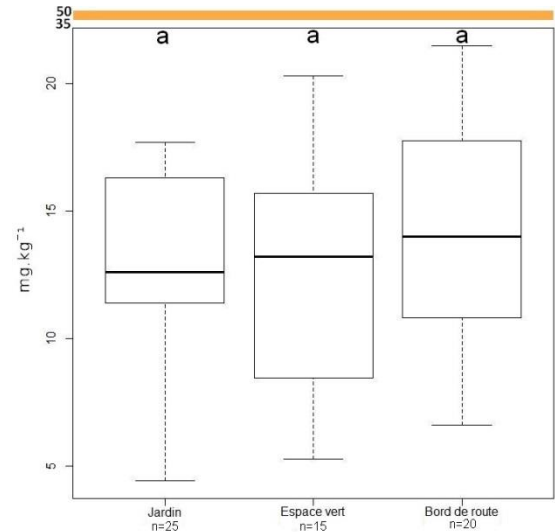


Fig. 49. Distribution de la teneur en Co dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

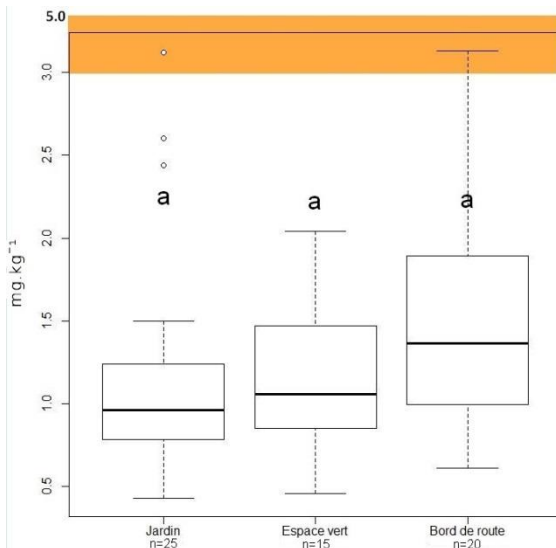


Fig. 50. Distribution de la teneur en Mo dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

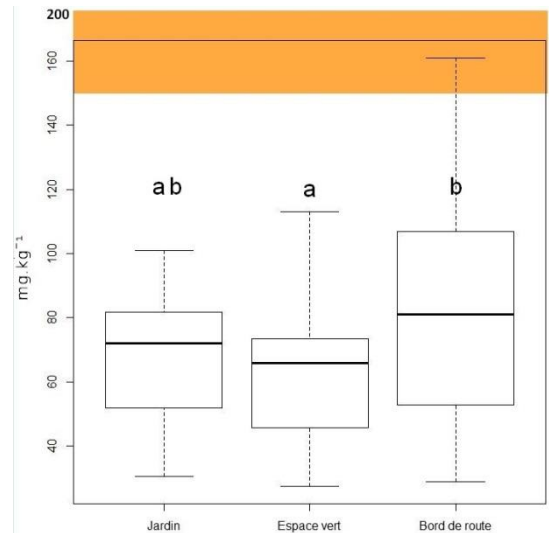


Fig. 51. Distribution de la teneur en Cr dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

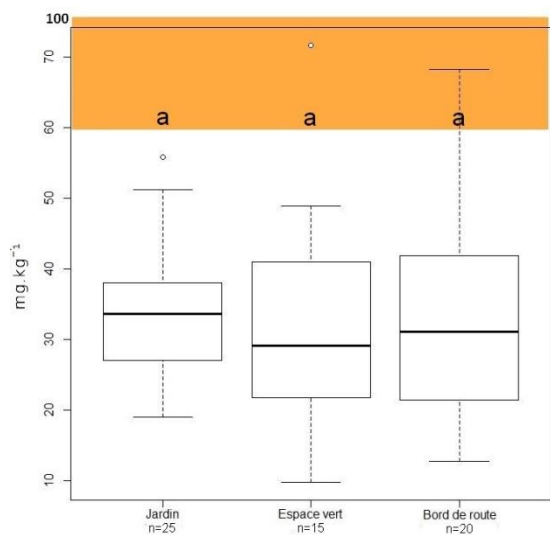


Fig. 52. Distribution de la teneur en Cu dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

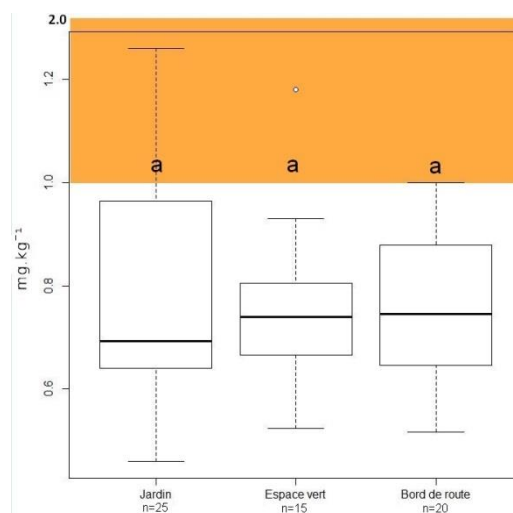


Fig. 53. Distribution de la teneur en Tl dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

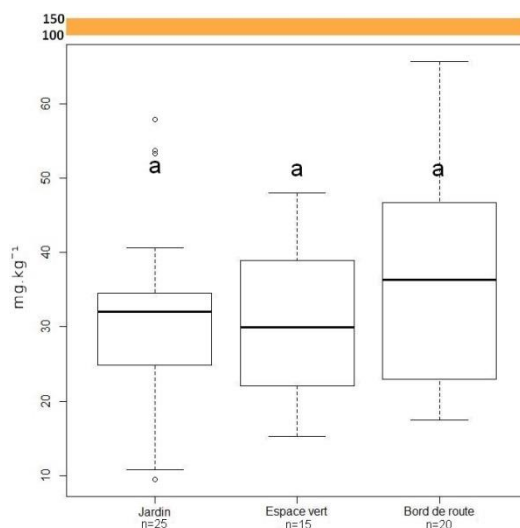


Fig. 54. Distribution de la teneur en Ni dans l'horizon supérieur des sols du Grand Nancy, classés par usage.

Aucune pollution n'a été mise en évidence pour les ETM Co, Cd, Cu, Cr, Mo, Ni, Tl. De plus, sauf dans le cas du Chrome, il n'y a pas de différence significative entre les différents usages.

Comparaison de l'état des sols du Grand Nancy à d'autres sols à l'échelle nationale

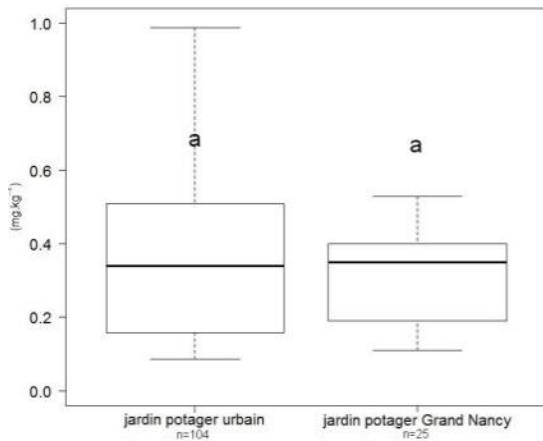


Fig. 55. Comparaison de la distribution de la teneur en cadmium dans l'horizon supérieur entre les sols des jardins potagers du Grand Nancy et ceux à l'échelle nationale. Données issus de la thèse de Sophie Joimel [27]

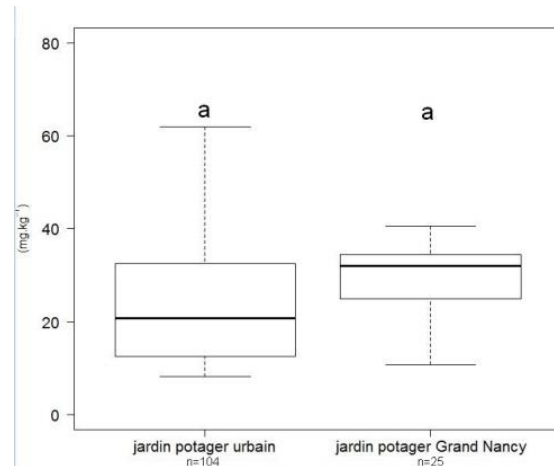


Fig. 56. Comparaison de la distribution de la teneur en nickel dans l'horizon supérieur entre les sols des jardins potagers du Grand Nancy et ceux à l'échelle nationale. Données issus de la thèse de Sophie Joimel [27]

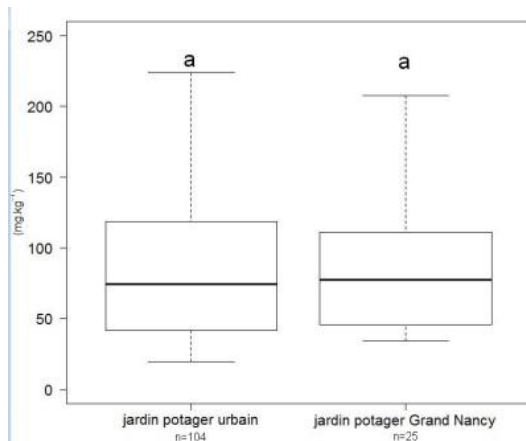


Fig. 57. Comparaison de la distribution de la teneur en plomb dans l'horizon supérieur entre les sols des jardins potagers du Grand Nancy et ceux à l'échelle nationale. Données issus de la thèse de Sophie Joimel [27]

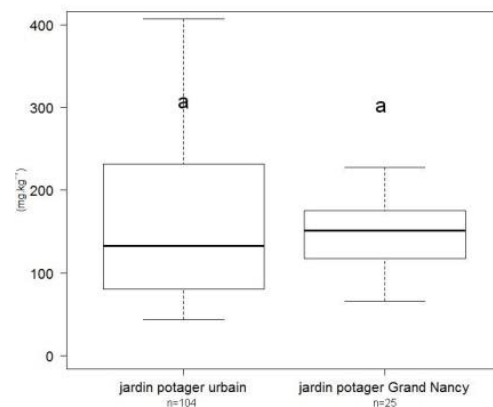


Fig. 58. Comparaison de la distribution de la teneur en zinc dans l'horizon supérieur entre les sols des jardins potagers du Grand Nancy et ceux à l'échelle nationale. Données issus de la thèse de Sophie Joimel [27]

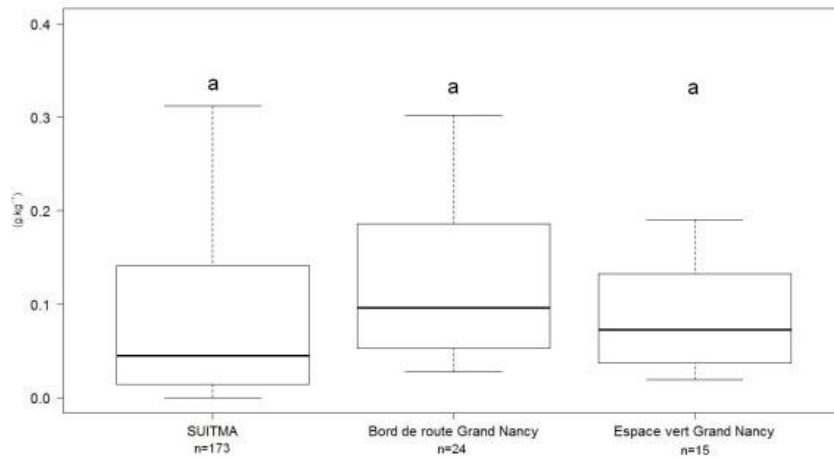


Fig. 59. Comparaison de la distribution de la teneur en phosphore assimilable dans l'horizon supérieur entre les sols des bords de route et des espaces verts du Grand Nancy et les SUTMA à l'échelle nationale. Données issus de la thèse de Sophie Joimel [27]

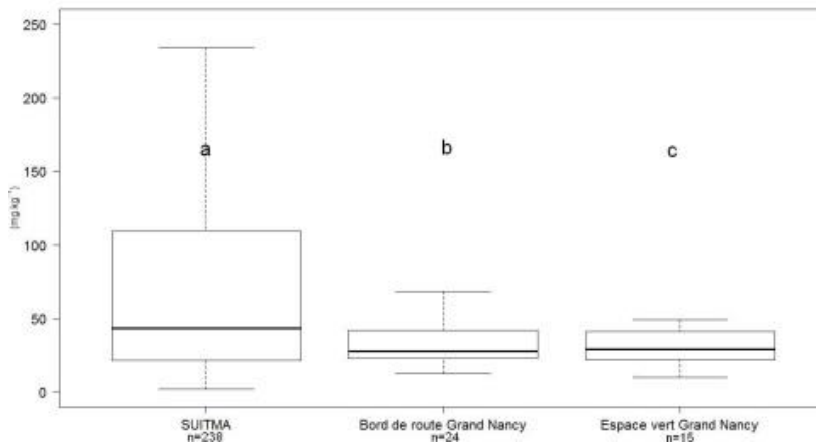


Fig. 61. Comparaison de la distribution de la teneur en cuivre dans l'horizon supérieur entre les sols des bords de route et des espaces verts du Grand Nancy et les SUTMA à l'échelle nationale. Données issus de la thèse de Sophie Joimel [27]

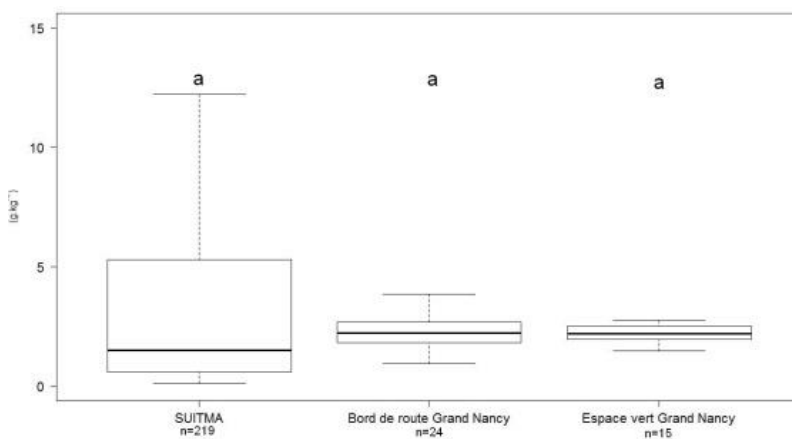


Fig. 60. Comparaison de la distribution de la teneur en azote total dans l'horizon supérieur entre les sols des bords de route et des espaces verts du Grand Nancy et les SUTMA à l'échelle nationale. Données issus de la thèse de Sophie Joimel [27]

Annexe 5 : Tableau des données du jardin Paul Verlaine

Echantillons	C/N	M. O. (g.kg ⁻¹)	pH	CEC	Cr (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Ni (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Co (mg.kg ⁻¹)	Pb (mg.kg ⁻¹)	Cd (mg.kg ⁻¹)	Mo (mg.kg ⁻¹)	Tl (mg.kg ⁻¹)
1	11,9	36,5	7,22	15,5	51,6	24,1	28,8	92,4	10,2	33,5	0,306	1,78	1,24
2	15,85	86,5	7,555	26,5	79,4	34,9	45,75	144,5	19,15	42,6	0,3485	1,945	0,8235
3	11,4	31,5	7,88	17,5	91	25,6	45	120	19,2	43	0,282	1,82	0,843
4	11,7	40,1	7,72	19	87,2	22,4	48	125	20,3	39,7	0,328	2,04	0,93
5	16,45	78,25	7,515	24,3	85,75	23,2	46,45	127	19,25	41,55	0,332	2,21	0,8725
6	15,3	70,65	7,59	24,2	80,45	23,95	49,65	148	20,55	42,4	0,3545	2,205	0,93
7	11,4	40,2	7,83	19	78,8	22,6	51	125	21,1	36,7	0,315	2,29	0,988
8	13,6	41,1	7,8	21	89	22,8	51	128	21,3	41,7	0,358	2,19	0,998
9	12,2	48,8	7,71	20	78,5	29,2	41,8	119	16,3	341	0,315	2,21	1,01
10	16,9	91,2	7,515	30,2	60,1	33,25	36,15	186	12,3	78,35	0,608	3,07	1,23
11	12,8	40,45	7,96	15,35	63,1	23,95	32,9	118,5	12,095	50,5	0,327	2,77	1,0535
12	18,4	89,2	7,17	19,8	37,2	22,5	16,7	100	6,1	49,5	0,304	0,785	0,783
13	13,7	34,3	7,75	12,9	40,9	22,5	20,3	100	7,93	47,1	0,215	0,773	0,954
14	17,95	81,25	7,33	20,6	43,15	21,1	20,4	113	8,105	83,7	0,302	0,8545	0,9205
15	13,6	50,2	7,62	16,4	52,1	24,3	25,9	108	9,29	55,4	0,301	1,84	1,01
16	27,2	412	4,23	35,9	19,1	18,8	8,47	88,8	2,21	31,7	0,447	1,92	0,281

Annexe 6 : Cartographie du jardin Paul Verlaine

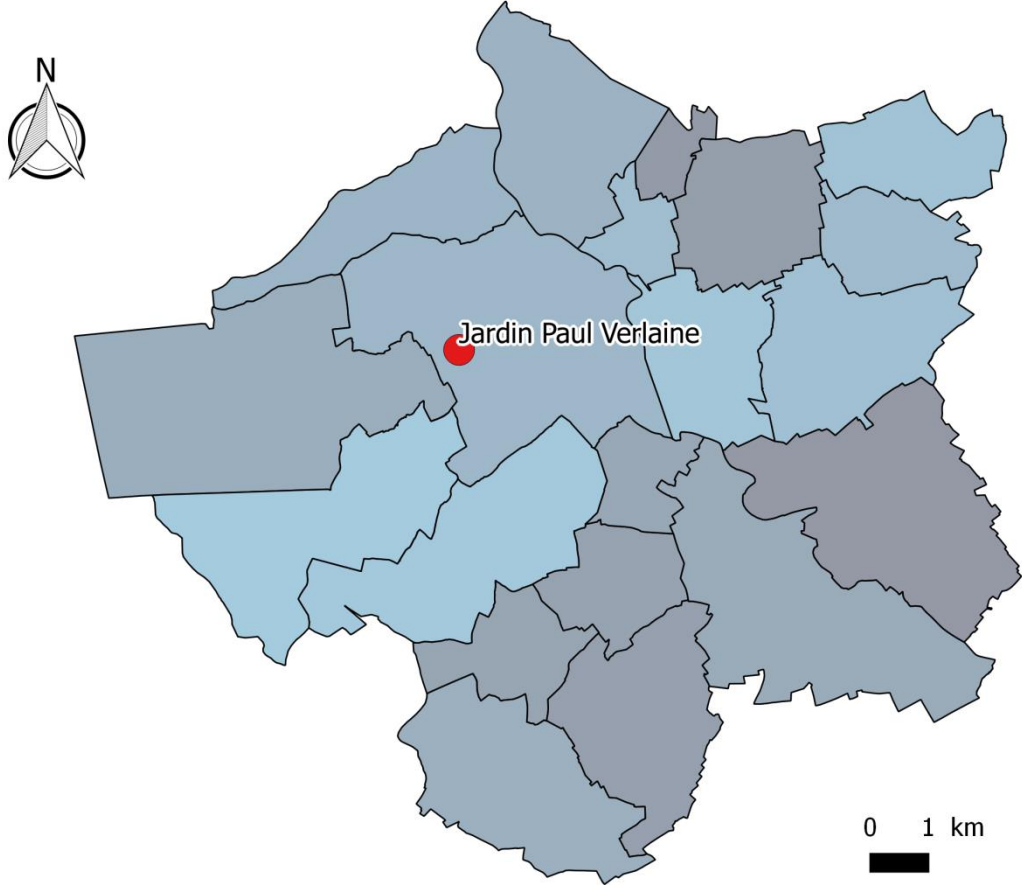




Fig. 63. Cartographie des couvertures des sols du jardin Paul Verlaine

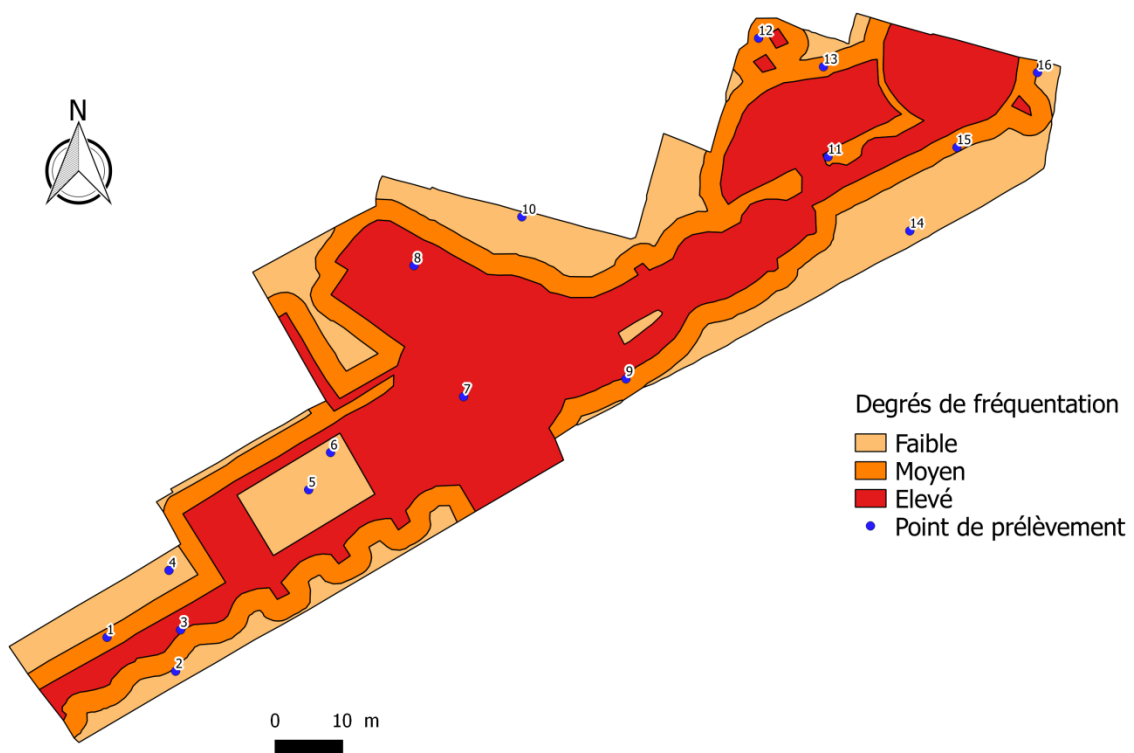


Fig. 64. Cartographie des degrés de fréquentation des sols du jardin Paul Verlaine

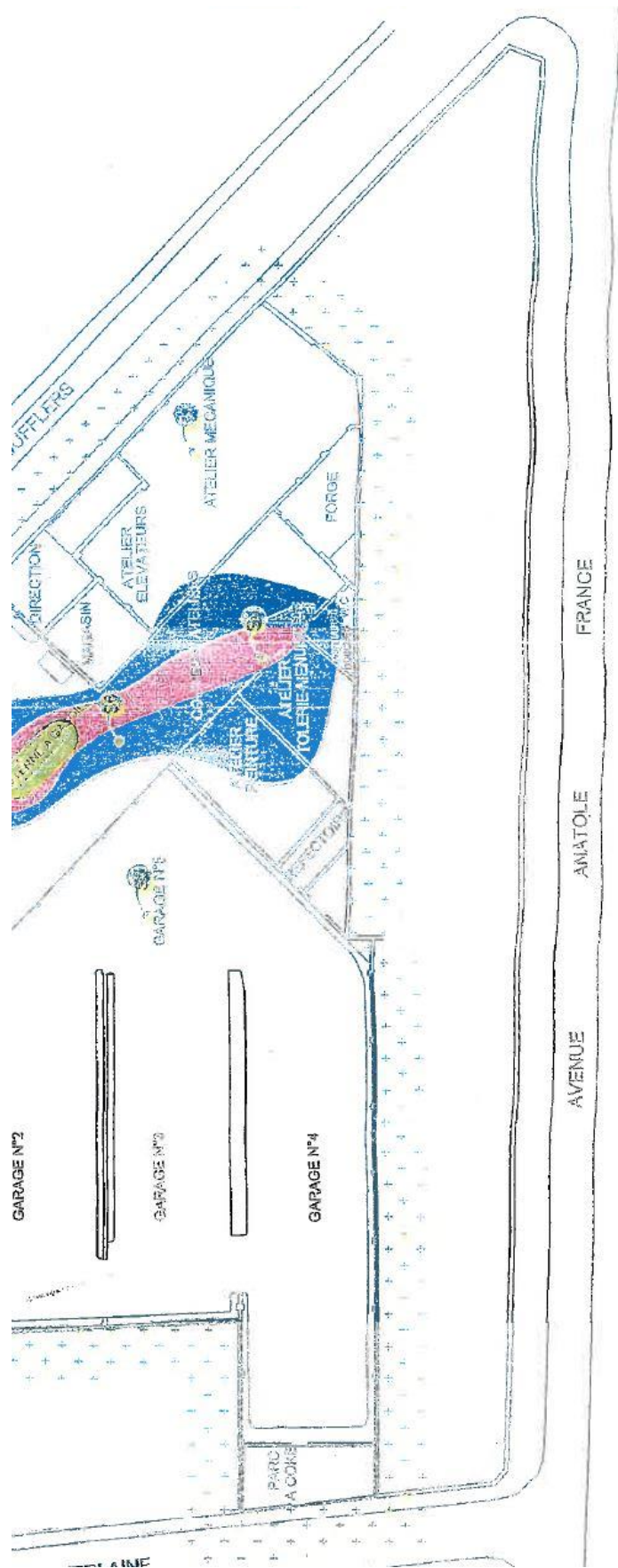
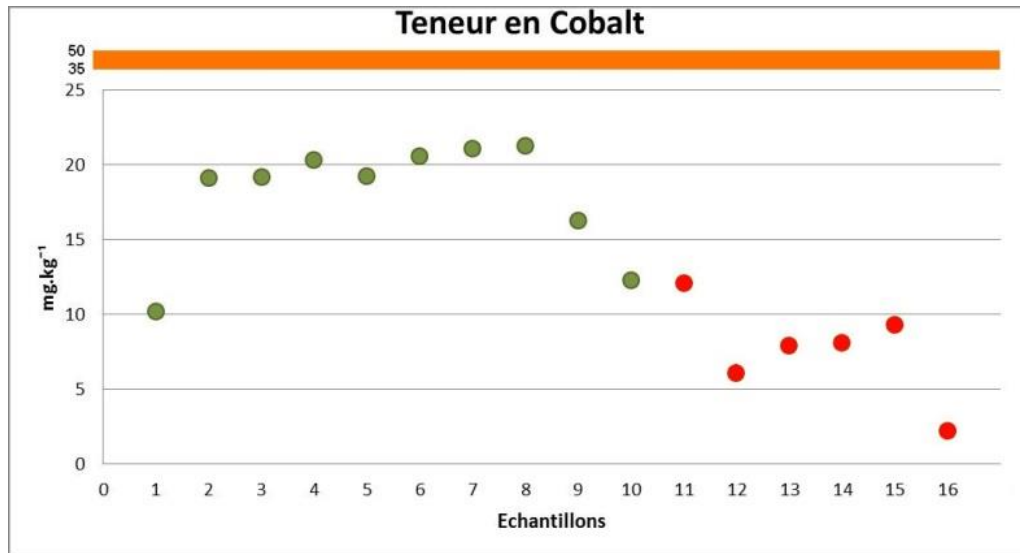


Fig. 65. Cartographie du positionnement de la pollution en hydrocarbure détectée dans les sols du jardin Paul Verlaine

Annexe 7 : Données complémentaires à l'étude de la qualité des sols à l'échelle du jardin Paul Verlaine

Toxicité



● Sol de la partie Ouest
● Sol de la partie Est

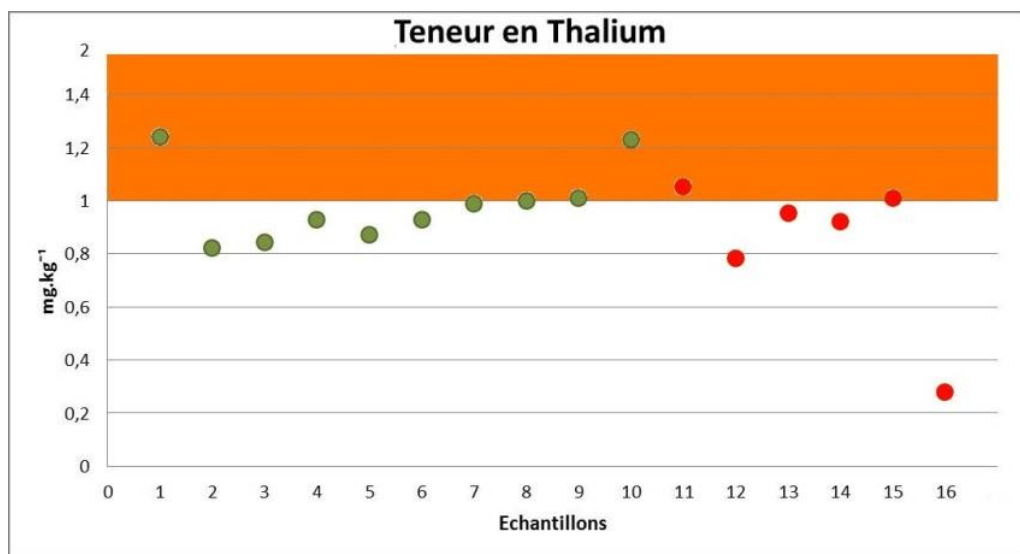
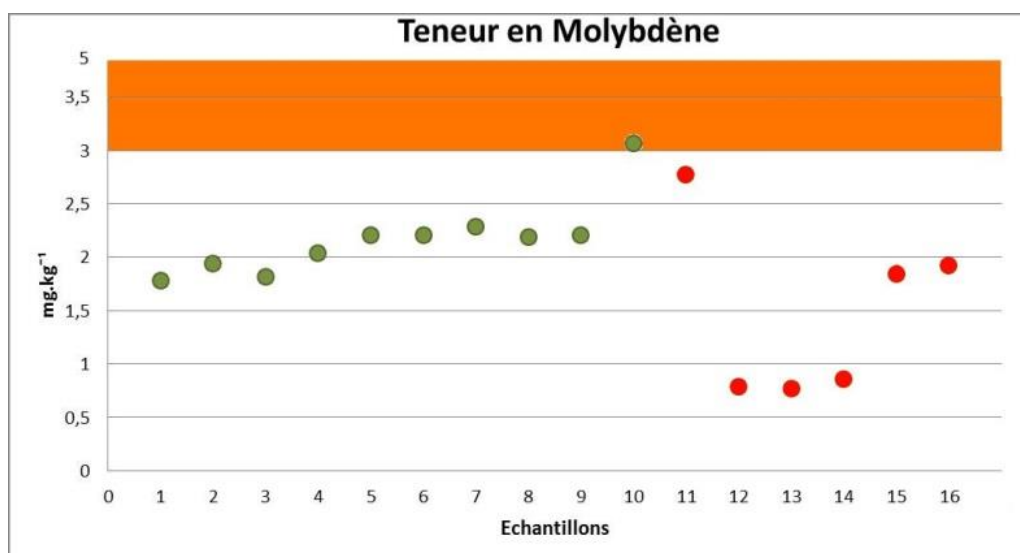


Fig. 66. Teneur en ETM des différents échantillons de sol du jardin Paul Verlaine. Les seuils représentés sont les seuils de détection d'anomalies du RMQS. [26]



Résumé

Ce rapport présente l'étude de l'écosystème urbain à l'échelle de la Métropole du Grand Nancy. Elle se centre essentiellement sur la pédosphère. Les sols urbains sont aujourd'hui encore peu connus et peu étudiés. Pourtant, ils remplissent un grand nombre de services écosystémiques, indispensables pour le fonctionnement durable des villes. C'est pourquoi le laboratoire Sols et Environnement (UMR 1120 Université de Lorraine - INRA), à la demande du Grand Nancy, mène des projets d'échantillonnage de sols végétalisés sur ce territoire depuis plusieurs années. Ainsi, cette étude se propose dans un premier temps d'analyser et d'interpréter les données physicochimiques et de toxicité obtenues suite à ces échantillonnages. L'hypothèse générale étant que la cause principale de l'évolution singulière des sols urbains par rapport à des sols plus naturels est l'activité humaine, les échantillons ont été classés par usages des sols. Dans un deuxième temps, l'étude s'est poursuivie à une échelle plus réduite, celle d'un jardin public. De la même façon que dans la première partie, l'impact de l'usage des sols sur leur qualité physique et chimique a été étudié, mais également celui du degré de fréquentation des sols par les passants. De plus, le jardin a été installé à la place d'un parking d'autobus. Une contamination des sols par des hydrocarbures a été mise en évidence dans la partie Ouest du jardin. Ainsi, l'impact du positionnement des sols dans le jardin a également été traité. Pour finir, l'état des sols du Grand Nancy a été comparé à celui d'autres sols à l'échelle nationale.

Abstract

This report introduces the study of the urban ecosystem on the scale of the Grand Nancy Metropole. It is focused essentially on the pedosphere. Urban soils are still not known well today and not studied so much. However, they fulfill a lot of ecosystemic services, which are essential for the cities's sustainable management. That is why the Laboratoire Sols et Environnement (UMR 1120 Université de Lorraine - INRA), at the request of the Grand Nancy, has been running vegetated soils sampling projects for several years. Thus, this study offers firstly to analyse and interpret physical, chemical and toxicity datas obtained after those samplings. The general hypothesis being that the main cause of the urban soils singular evolution compared to more natural soils is the human activity, the samples were sorted by soil uses. Then, the study continued on a smaller scale, the one of a public garden. As done in the first part, the land use impact on their physical and chemical quality was studied, but also the one of human trampling. Moreover, the garden was settled on a former bus park. A hydrocarbon contamination of the soils was highlighted in the Western part of the garden. Thus, the impact of the soils position in the garden was also processed. Finally, the state of the Grand Nancy's soils was compared to other soils on the national scale.