

**AFPP – 4^e CONFÉRENCE SUR L'ENTRETIEN
DES JARDINS, ESPACES VÉGÉTALISÉS ET INFRASTRUCTURES
TOULOUSE – 19 et 20 OCTOBRE 2016**

QUALITE DE L'ECOSYSTEME JARDIN : SOLS, PLANTES ET BIODIVERSITE

C. SCHWARTZ ⁽¹⁾, S. JOIMEL ^(1,2), P. BRANCHU ⁽³⁾, J.-L. MOREL ⁽¹⁾, E.-D. CHENOT ⁽¹⁾ et J.-N. CONSALES ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Laboratoire Sols et Environnement, UMR 1120 Université de Lorraine-INRA
2 avenue de la Forêt de Haye, TSA 40602, 54518 Vandœuvre-lès-Nancy cedex,
christophe.schwartz@univ-lorraine.fr jean-louis.morel@univ-lorraine.fr
elodie.chenot@univ-lorraine.fr

⁽²⁾ UMR Ecosys, Centre INRA Versailles-Grignon
route de St Cyr, 78026 Versailles
sophie.boulanger-joimel@grignon.inra.fr

⁽³⁾ Cerema Direction territoriale Ile de France, 12 rue Teisserenc de Bort, 78190 Trappes
philippe.branchu@cerema.fr

⁽⁴⁾ Institut d'Urbanisme et d'Aménagement Régional, Aix-Marseille Université
UMR 7303, TELEMME, CNRS
3, avenue Robert Schumann, F-13628 Aix-en-Provence, France
jean-noel.consales@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

Les jardins potagers collectifs sont localisés dans des environnements anthropisés, souvent à l'interface d'activités urbaines et industrielles contrastées. A partir d'études passées très localisées géographiquement, nous savons qu'en moyenne, les sols de jardins présentent une fertilité élevée et sont potentiellement contaminés. Ceci résulte d'une infinité de pratiques de jardinage elles-mêmes définies par des contraintes et des convictions écologiques ou économiques variables. Les sols de jardins demeurent toutefois les supports de production alimentaire les moins connus. L'une des rares études française portant sur des jardins à l'échelle nationale est alors le programme JASSUR (Jardins Associatifs Urbains et villes durables : pratiques, fonctions et risques, projet ANR-12-VBDU-0011, Programme Villes et Bâtiments Durables). Des données d'inventaire de la fertilité, de la contamination des sols, du niveau de biodiversité végétale et de la faune du sol sont présentées.

Mots-clés : sol urbain, sol de jardin, fertilité chimique, contamination, faune du sol.

ABSTRACT

QUALITY OF THE GARDEN ECOSYSTEM: SOIL, PLANT AND BIODIVERSITY

Collective gardens are located in anthropogenic environments, often at the interface of contrasting urban and industrial activities. From past studies concerning very localized sites, we know that on average, garden soils have high fertility and are potentially contaminated. This results from an infinity of gardening practices defined by variable constraints and environmental or economic convictions of gardeners. However, garden soils remain the least studied food production supports. The research program JASSUR is then one of the few national studies on gardens (Jardins Associatifs Urbains et villes durables : pratiques, fonctions et risques, projet ANR-12-VBDU-0011, Programme Villes et Bâtiments Durables). Inventory data of fertility, soil contamination, level of plant and soil fauna biodiversity are presented.

Keywords: urban soil, garden soil, chemical fertility, contamination, soil fauna.

INTRODUCTION

Les jardins associatifs urbains, ou jardins collectifs, sont des formes de potagers mises en valeur et gérées de manière collective par une communauté de jardiniers, le plus souvent à des fins d'autoconsommation familiale, à distance du lieu d'habitation de ses membres. Sous des appellations, des statuts et des configurations variés, ces jardins sont en pleine expansion dans de nombreux pays industrialisés et notamment en France, sans pour autant que des études intégrées aient été réalisées sur des territoires nationaux. Le programme JASSUR (Jardins Associatifs Urbains et villes durables : pratiques, fonctions et risques, projet ANR-12-VBDU-0011, Programme Villes et Bâtiments Durables 2012 ; <http://www6.inra.fr/jassur>) se propose alors d'étudier de façon transdisciplinaire les fonctions, les usages, les modes de fonctionnement, les avantages ou les dangers potentiels en lien avec les jardins associatifs français. JASSUR entend ainsi identifier les modes d'action nécessaires au maintien, voire à la restauration, au développement ou à l'évolution de ces jardins associatifs sur des territoires urbains confrontés aux défis de la durabilité.

Pour ce faire, le programme s'appuie (i) sur un consortium de 12 partenaires de la recherche et du monde associatif (LSE, TELEMME, EcoLab/Certop, EcoSys, IRSTV, LER Isara, NORT, SAD-APT, Groupe Isa, Cerema, Pades, Plante&Cit ) et (ii) sur une approche comparative entre sept agglomérations françaises : Lille, Grand Lyon, Marseille, Grand Nancy, Nantes, Paris/Ile-de-France, Grand Toulouse. Le programme JASSUR se fonde sur une question centrale : quels services assurent les jardins associatifs urbains dans le développement durable des villes ? Ces services écosystémiques, dans la complétude de l'acception du terme proposée par le Millenium Ecosystem Assessment (approvisionnement, régulation, soutien, services culturels), sont encore très mal connus. Face aux connaissances à élaborer pour les renseigner, le programme JASSUR fait l'hypothèse que l'étude des services alimentaires rendus par ces jardins associatifs urbains constitue un trait d'union entre :

- une caractérisation socio-technique des pratiques des jardiniers, tant dans le choix des cultures, de leurs modes de conduite technique que dans les formes qualitativement et quantitativement variées de participation des produits du jardin à l'alimentation et à la bonne nutrition familiale ;
- une caractérisation socio-politique de la gouvernance de ces espaces dans les agglomérations, notamment en termes de gestion des localisations, des modes de fonctionnement, des risques environnementaux et sanitaires éventuels ;
- une caractérisation bio-physico-chimique des sols et des produits issus de ces jardins. Cette partie du programme de recherche sera essentiellement présentée dans cet article, en focalisant sur la qualité des sols. La question des risques potentiels de pollution dus au contexte urbain (sols, atmosphère)  tant ici centrale car pouvant contrecarrer le service d'approvisionnement alimentaire. Cet aspect complémentaire est traité dans la communication « Risques environnementaux et sanitaires dans les jardins » faite par Branchu et al.

Les sols de jardins entrent dans différentes classifications sous le terme d'Hortisols ou d'Anthrosols hortiques (Schwartz, 2013). Ces sols sont considérés comme ayant subi une fertilisation intense et ancienne. Si les sols de jardins ont, avant leur mise en service, des caractéristiques analogues à celles des sols agricoles, leurs propriétés vont alors évoluer au fil des actions du jardinier (Morel et Schwartz, 1999). Ils peuvent aussi être très différents si les jardins sont établis sur des zones qui ont fait l'objet de nombreuses transformations par l'Homme (zones urbaines et sub-urbaines) et présenter des fortes traces d'influence humaine (*e.g.* dépôts, excavations). Les sols de jardins de particuliers peuvent être constitués de matériaux qui ont été remaniés par les travaux de construction des habitations (*e.g.* terrassement, apports, déchets) (Schwartz et al., 1997). Enfin, en raison des activités urbaines et industrielles au voisinage des sols de jardin et du caractère très intensif du jardinage, la pollution des sols de jardins peut être suspectée (Schwartz et al., 2000 ; Alloway, 2004 ; Béchet et al., 2009 ; Schwartz et al., 2013).

A partir de travaux passés, souvent très localisés géographiquement et hors de France (Davies, 1978 ; Moir et Thornton, 1989 ; Cr  sman et W steman, 1992 ; Kahle, 2000 ; El Hamiani et al., 2010 ; Mitchell

et al., 2014), nous savons que les propriétés physico-chimiques des sols de jardins sont fortement modifiées par rapport à d'autres sols supports de biomasse à vocation alimentaire. Les teneurs en nitrates et en phosphore (P) total sont élevées. A la différence des sols agricoles, les sols de jardins présentent dans 70% des cas de très fortes teneurs en éléments nutritifs. Les sols de jardins sont ainsi des sols agricoles spécifiques (Morel et Schwartz, 1999; Schwartz, 2000) et sur lesquels les jardiniers cultivent des plantes à vocation purement ornementale ou produisent des plantes potagères à vocation alimentaire, ces dernières pouvant être contaminées à partir des sols (Alt et al., 1981 ; Bahemuka et al., 1999 ; Fismes et al., 2004). Les sols de jardins potagers représentent des cas concrets de sols anthropisés. Ces sols sont le lieu d'une agriculture très intensive, générant des sols à haute fertilité et de grande diversité, en fonction de l'infinité des pratiques. Au sein des sols urbains, les sols de jardins potagers restent très certainement les sols à vocation de production alimentaire les moins étudiés, alors qu'ils font probablement l'objet des pratiques les plus intensives dans des environnements éminemment anthropisés. L'objectif est alors de mieux décrire la variabilité de la qualité des sols de jardins potagers à l'échelle du territoire en intégrant l'hétérogénéité des lieux (Béchet et al. 2016) et des pratiques de jardinage (Figure 1).

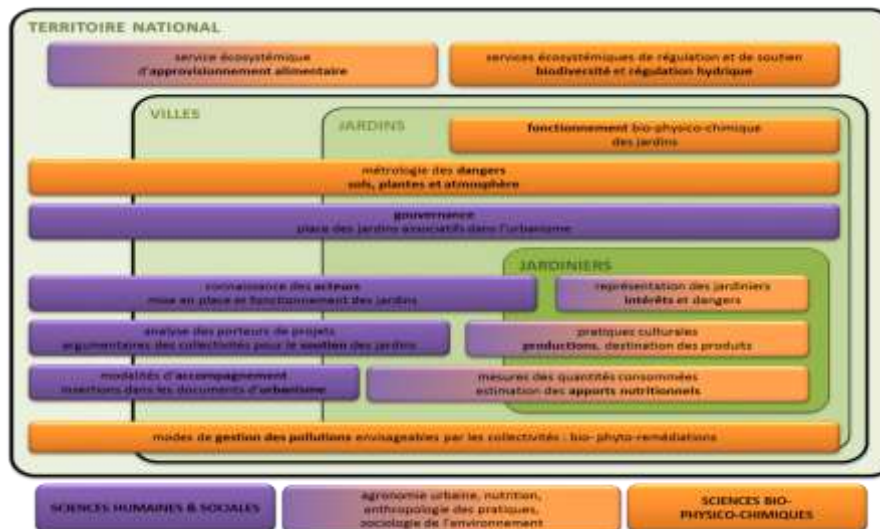
Figure 1 : Un enjeu de meilleure connaissance de la qualité de jardins aux caractéristiques très hétérogènes (The challenge of a better knowledge of the quality of gardens with very heterogeneous characteristics)



MATERIEL ET MÉTHODE

Eu égard à ses objectifs scientifiques d'éclairage de la filière des jardins associatifs urbains et à ses objectifs opérationnels d'aide à la décision publique, le programme JASSUR est structuré par une approche à la fois multiscalaire (du contexte national à la parcelle de jardin) et transdisciplinaire (par-delà sciences humaines et sociales et sciences bio-physico-chimiques) (Figure 2). Le management scientifique de programme Jassur est organisé par ville étudiée et par tâche thématique.

Figure 2 : Organisation générale du programme JASSUR : multi-scalaire, multi-acteurs et trans-disciplinaire (General organization of JASSUR program : multi-scale, multi-stakeholder and cross-disciplinary)



Une tâche de JASSUR traite des services écosystémiques de régulation et de soutien, en privilégiant ceux liés à la biodiversité et à la régulation hydrique. Cette tâche traite aussi de la métrologie des dangers à travers deux sources majeures de pollution potentielle, le sol et l'atmosphère. Une partie importante des travaux a permis de définir la méthodologie en s'attachant à : choisir, au sein de chacune des sept « villes » étudiées, réparties selon une diversité pédoclimatique et aux trajectoires urbaines différentes, environ 5 sites de jardins associatifs et pour chacun d'eux, 5 jardins. Les étapes suivantes ont été suivies : définir et appliquer systématiquement une méthodologie de diagnostic documentaire des jardins (e.g. usages, passés, occupation des sols) ; définir et appliquer systématiquement une méthodologie de prélèvement et d'analyse des sols (fertilité, contaminants métalliques, extractibilité des polluants) ; définir et appliquer des approches spécifiques à certaines « villes » sur (i) la biodiversité de la flore, de la mésofaune, de la microfaune et des communautés fongiques des sols, (ii) la pédologie des sols de jardin, (iii) les contaminants organiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)), l'arsenic (As) et le mercure (Hg), (iv) la traçabilité des terres et des polluants, (v) les transferts atmosphère - sols et atmosphère - plantes, (vi) le comportement hydrique de ces surfaces urbaines, (vii) la spatialisation des pollutions à l'échelle du site et du jardin. Cinquante deux sites sont ainsi étudiés sur l'ensemble du territoire, où 198 échantillons de terres de surface de jardins sont caractérisés d'un point de vue fertilité/niveau de contamination métallique, 112 pour leurs teneurs en HAP et plus de 900 échantillons pour répondre à des questions issues de thématiques particulières (e.g. infiltration de l'eau, variabilité intra-parcellaire de la qualité des sols), 80 jardins pour la caractérisation des vers de terre, 15 pour la caractérisation de la flore, de la microfaune et des communautés fongiques du sol. Afin d'étudier la biodiversité taxonomique de ces jardins familiaux, nous avons en effet choisi de centrer nos recherches sur trois groupes d'organismes distincts : (i) la flore cultivée pour mesurer l'incidence des jardiniers et de leur potager sur la biodiversité « agricole » ; (ii) la flore spontanée car elle influence directement ou indirectement les processus écosystémiques en modifiant la quantité et la qualité des habitats et des substrats utilisés par d'autres organismes (Berendse 1998 ; Díaz et Cabido 2001 ; Hooper et al. 2005) ; la mésofaune des sols, composée majoritairement des microarthropodes (collemboles et acariens) pour son rôle de bio-indicateur de la qualité des sols et de leurs pollutions (Cortet et al., 1999 ; Santorufo et al., 2012). Parmi les très nombreux résultats obtenus seuls des résultats choisis sont présentés ci-après.

RESULTATS

A l'échelle nationale et par rapport aux terres agricoles et forestières, les sols des jardins associatifs urbains présentent des caractéristiques physico-chimiques particulières en termes de fertilité ou de niveau de contamination. Les caractéristiques des terres de jardins sont marquées par une augmentation des teneurs totales en cadmium (Cd), cuivre (Cu), plomb (Pb), zinc (Zn) totaux, en HAP ainsi qu'en phosphore assimilable (P_{Olsen}), pH et matières organiques. Si ces écarts sont en grande partie

liés aux pratiques de jardinage, dans certains cas, l'historique du site, l'environnement de proximité et même des anomalies géochimiques du sous-sol (Jean-Soro et al., 2015) vont entraîner une contamination accrue des sols. L'indice de contamination métallique met en évidence l'existence d'un gradient de concentrations au sein des « villes » étudiées. Il existe aussi des écarts entre celles-ci depuis « Lyon » « Nancy », « Nantes » et « Toulouse » vers « Paris » puis « Lille » et enfin « Marseille ». La comparaison des données JASSUR à différentes bases de données externes au niveau national, permet de mettre en évidence un gradient d'anthropisation lié à l'usage des sols qui s'accompagne d'un gradient de teneurs en contaminants et en (sur)fertilité depuis les forêts vers les prairies, les grandes cultures, les vignes et vergers, les jardins potagers urbains jusqu'aux sols de zones urbaines, industrielles, de trafic, minières et militaires hors jardins (SUITMA) (figures 3 et 4) (Joimel et al., 2016).

Le traitement statistique des données obtenues permet globalement d'identifier des indicateurs clés de l'état des sols de jardins associatifs urbains : pH, P_{Olsen} pour la fertilité ; Pb, Zn, nature des éléments grossiers présents dans les sols pour le degré de contamination.

Figure 3 : Distribution des teneurs en cuivre total dans les terres de surface de sols français en fonction de leur usage : forêt (n=582), prairie (n=623), cultivé (n=820), vignes et vergers (n=48), jardins associatifs urbains (n=104) et sols de zones urbaines, industrielles, de trafic, minières, militaires (SUITMA) (n=238) ; d'après Joimel et al., 2016 ; collaboration RMQS-INRA

(Distribution of total copper in French topsoils according to land use: forest (n=582), grassland (n=623), cultivated (n=820), orchard and vineyard (n=48), urban vegetable garden (n=104) and SUITMA (n=238))

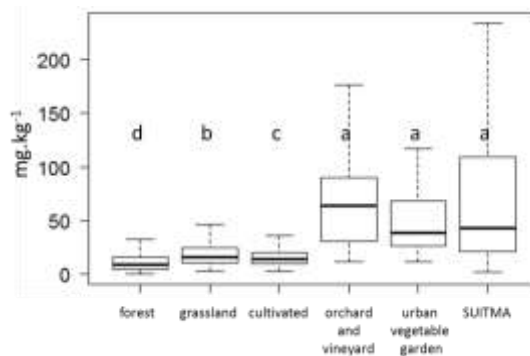
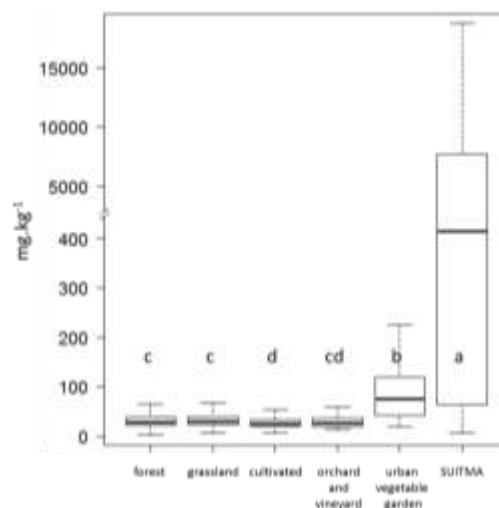


Figure 4 : Distribution des teneurs en plomb total dans les terres de surface de sols français en fonction de leur usage : forêt (n=582), prairie (n=623), cultivé (n=820), vignes et vergers (n=48), jardins associatifs urbains (n=104) et sols de zones urbaines, industrielles, de trafic, minières, militaires (SUITMA) (n=238) ; d'après Joimel et al., 2016 ; collaboration RMQS-INRA

(Distribution of total lead in French topsoils according to land use: forest (n=582), grassland (n=623), cultivated (n=820), orchard and vineyard (n=48), urban vegetable garden (n=104) and SUITMA (n=238))



Du point de vue de la biodiversité, le milieu urbain, caractérisé par des pressions anthropiques fortes, induit une sélection d'espèces de la mésofaune du sol (collembolés) et d'espèces végétales spontanées adaptées. Les conditions pédoclimatiques homogénéisent quant à elles les espèces et les traits des collembolés au sein d'une même ville et permettent de différencier fortement les villes entre elles. Les principales différences d'abondance et de diversité s'expriment en effet entre les villes, en lien avec des conditions climatiques plus ou moins favorables. Ainsi, diversités et abondances des acariens, collembolés et vers de terre sont les plus fortes en climat océanique (doux et humide) et les plus faibles en climat semi-continentale (conditions plus extrêmes). L'effet des pratiques des jardiniers va quant à lui être principalement visible sur la flore, alors qu'elles n'influencent ni l'abondance ni la diversité ni les traits de la faune. Le gradient de qualité biologique des sols en lien avec les usages des sols, qui augmente depuis les terres agricoles vers les SUITMA, jusqu'aux jardins potagers et enfin à la forêt, diffère de celui mis en évidence pour la qualité physico-chimique des terres de surface (Joimel et al., 2014, 2016). Les résultats obtenus remettent ainsi en question les *a priori* associant les milieux urbains à une qualité biologique faible et à une homogénéisation globale des taxons et des traits fonctionnels des organismes.

DISCUSSION

LA MEILLEURE CONNAISSANCE DE L'ETAT PHYSICO-CHIMIQUE DES SOLS DE JARDINS FRANÇAIS PERMET DE LES POSITIONNER DANS LE GRADIENT D'ANTHROPISATION DES SOLS

Les sols de jardin acquièrent des caractéristiques physico-chimiques liées à leur origine géochimique naturelle (que le sol soit en place ou reconstitué avec des matériaux naturels) qui peut dans certains cas être à l'origine de contaminations (exemple des sols « nantais » et de certaines anomalies naturelles en Pb et As liée aux micaschistes (Jean-Soro et al., 2015)). Ces caractéristiques vont néanmoins être modifiées au cours du temps par les pratiques culturales (amendements, engrais, produits phytosanitaires) et l'environnement de proximité (retombées atmosphériques). Cette modification se traduit d'un point de vue agronomique par une augmentation des concentrations en phosphore assimilable par les plantes (P_{Olsen}), du pH et en matière organique, par une baisse du rapport C/N, et d'un point de vue environnemental par une augmentation des concentrations totales en polluants (contaminations généralement mixtes, polymétalliques et organiques). Si le contenu en matières organiques peut être optimal pour la croissance des végétaux, les pratiques de jardinage vont être responsables de leur faible minéralisation et d'apports excessifs en P pouvant être pénalisants pour les plantes. Lorsque les sols sont contaminés préalablement à l'usage en jardin (*e.g.* apport de boues d'épuration urbaines sur des sols agricoles, apports atmosphériques de polluants industriels, remblaiement avec des déchets), les concentrations en polluants vont pouvoir être plus élevées. L'histoire industrielle ou artisanale des villes s'accompagne ainsi d'un gradient de contamination entre les villes et au sein d'une même ville.

La comparaison des données acquises dans JASSUR, aux données du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS INRA) et de SUITMA d'une base de données du LSE, permet de discuter l'impact de l'intensification des activités humaines au regard de la qualité physico-chimique des sols. Les activités anthropiques impliquent une augmentation des pressions sur les sols le long d'un gradient forêts < prairies < grandes cultures < vignes et vergers < jardins potagers urbains < SUITMA hors jardins, qui se manifeste par une augmentation des concentrations en Cd, Cu, Pb, Zn et du pH. Si les jardins étudiés à l'interface entre milieux urbain et agricole, en raison de leur vocation/usage, ont une signature particulière marquée par des concentrations en métaux, ils sont également très fertiles et plus que les sols agricoles.

LES JARDINS ET LEURS SOLS SONT DES RESERVOIRS DE BIODIVERSITE

Les espèces végétales spontanées (non cultivées) les plus fréquemment rencontrées au sein de la flore des jardins potagers associatifs sont annuelles, communes à d'autres espaces verts urbains (pelouse, pieds d'arbres). Ces communautés végétales sont très homogènes en termes de traits fonctionnels

entre sites et entre villes, avec des espèces marquées par leurs forte capacité de colonisation du milieu et leur résistance aux pressions. Ce profil communautaire est classique de la flore herbacée du milieu urbain. Il semble y avoir une homogénéisation de la flore et une richesse plus faible associée aux jardins qui sont le lieu de pratiques intensives, les pratiques induisant une pression limitant la colonisation ou le maintien d'espèces plus sensibles à ces perturbations. Il semble de plus exister une similarité de richesse en espèces végétales et animales entre jardins privés (cultures potagères et ornementales) et associatifs (cultures majoritairement potagères), cette vision allant à l'encontre de celle figurant les jardins associatifs comme soumis à une pression anthropique supérieure.

Au niveau de la mésofaune des sols et plus particulièrement des collemboles, les espèces retrouvées sont bien adaptées au milieu urbain et aux jardins. Les collemboles sont ainsi adaptés à un milieu requérant une forte mobilité en raison de perturbations physiques et chimiques fréquentes. Au niveau des acariens, la prépondérance du groupe Acaridida peut s'expliquer par son affection pour des milieux bien pourvus en fumure ou en composts. Ces acariens sont de plus aptes à coloniser rapidement différents milieux. Il semble que les pratiques de jardinage n'ont pas d'effet sur l'abondance ou la spécificité des communautés de collemboles et de lombriciens. L'usage historiquement intensif de fertilisants dans les jardins permettrait ainsi d'augmenter richesse et abondance, compensant ainsi les effets des pratiques les plus intensives. Les fortes différences taxonomiques décrites entre les villes peuvent également expliquer l'absence d'effet visible des pratiques de jardinage. La diversité et l'abondance des acariens et des collemboles augmentent en lien avec des conditions climatiques plus favorables (conditions moyennement chaudes et humides) allant de « Nancy », vers « Marseille » puis « Nantes ». Pour les vers de terre on retrouve un gradient similaire dans la diversité, allant de « Nancy », vers « Paris », « Marseille », puis « Toulouse » et enfin « Nantes ». En termes d'abondance, on retrouve cette tendance au sein des vers épi-anéciques avec une exception à Nantes où la texture sableuse du sol semble être pénalisante. L'homogénéisation des taxons et des traits classiquement mis en avant en milieu urbain n'est pas observée sur la faune du sol, sans doute à cause d'une variabilité forte des contextes pédoclimatiques. Les conditions édaphiques et environnementales propres aux sols de jardins vont induire une sélection des espèces de collemboles et végétales adaptées aux milieux subissant des pressions anthropiques marquées. D'autres filtres vont ensuite s'exercer pour sélectionner les espèces les plus adaptées : un filtre pédoclimatique homogénéisant les espèces et les traits des collemboles au sein d'une même ville et une forte divergence entre les villes. La présence de contaminants ne semble pas balancer l'effet positif des facteurs édaphiques. Si les métaux n'influencent pas la diversité spécifique des collemboles, ils sélectionnent des espèces aux traits adaptés. C'est également vrai par rapport au facteur pédoclimatique. Le filtre des pratiques va, quant à lui, s'exercer de manière directe sur la flore et indirecte sur les collemboles.

OU SE PLACE LE RESERVOIR DE BIODIVERSITE DES SOLS DE JARDINS AU SEIN DU GRADIENT D'ANTHROPISATION GLOBAL ?

La théorie de l'appauvrissement de la qualité biologique le long d'un gradient d'anthropisation peut être discutée ici. Contrairement à l'*a priori* très répandu, les sols urbains (SUITMA et sols de jardins potagers) ne présentent pas une qualité biologique moindre que celle des sols agricoles. Leur qualité biologique, basée sur la présence de micro-arthropodes, serait en effet proche de celle des sols forestiers. La même conclusion ressort de l'étude menée dans JASSUR sur les communautés lombriciennes (travaux réalisés par Ecobiosol - OPVT - Université de Rennes 1, Station Biologique de Paimpont, « Beauvais », 35380 Paimpont). Le gradient de biodiversité en lien avec les usages du sol n'est ainsi pas le même que celui mis en évidence pour la qualité physico-chimique des sols.

DES RESULTATS VALORISABLES EN TERMES DE RECOMMANDATIONS AUX JARDINIERS

L'entretien de la fertilité des sols de jardin nécessite une bonne connaissance du sol. Celle-ci peut s'appréhender par les méthodes classiques de la science du sol (observation du profil, analyses de terre, enregistrement des différentes pratiques). Afin d'éviter d'inscrire la démarche de diagnostic des jardins dans le schéma contraignant de l'activité agricole professionnelle, il est souhaitable de mettre à disposition des jardiniers des moyens d'information et des outils adaptés (Schwartz, 2000). Peu de

jardiniers sont formés aux techniques agricoles et leur savoir est souvent empirique avec une conduite très intensive dans l'optique de maximiser les rendements et d'obtenir une bonne récolte. L'information qui permet, sans alarmer inutilement les populations, de transmettre aux jardiniers amateurs les pratiques de culture respectueuses de l'environnement et des produits, fondées sur des connaissances sérieuses devrait être renforcée.

Vue sous l'angle de la contamination par les éléments en traces, la gestion de la qualité des sols revêt une importance particulière. Des recommandations simples peuvent être faites considérant que les polluants sont souvent introduits par le jardinier lui-même. Il doit donc s'imposer une plus grande rigueur et aussi exiger une transparence plus grande des produits qu'il est amené à apporter sur sa parcelle. Il doit aussi systématiquement respecter les doses recommandées pour les produits commerciaux.

Même si des données supplémentaires ont été acquises par le programme JASSUR, l'état des sols de jardins potagers pris individuellement, reste mal connu. Cette méconnaissance de la qualité des sols de jardins est la conséquence de l'absence d'outils adaptés aux jardiniers pour faire un diagnostic rapide de la situation. Pour mieux connaître et, par là, mieux gérer au long terme les sols de jardins, il faudra développer des outils de diagnostic (Aelion et Davis, 2007 ; Sipter et al., 2008), afin que les jardiniers empruntent une approche plus rationnelle de la gestion de leur sol. Il y a là des voies de recherche et développement à suivre.

CONCLUSION

Les sols de jardins familiaux jouent un rôle essentiel dans la production alimentaire urbaine et dans le « contact à la nature » des citoyens. Ils sont très majoritairement fertiles et constituent un réservoir de biodiversité. Les pratiques de jardinage conduisent cependant très souvent à la transformation radicale du sol initial et entraînent une très grande diversité de situations en fonction de la multiplicité des approches. Sols à vocation agronomique et aussi paysagère et récréative, voire lieu de gestion de déchets, ils sont à mi-chemin entre les sols agricoles et les sols urbains et industriels. Ils sont alors soumis à des influences et des pratiques très intensives, pas toujours bien maîtrisées, pouvant conduire à l'accumulation de polluants dans les sols et à la contamination de la chaîne alimentaire. Des données d'inventaire nécessaires dans le cadre d'évaluations des risques environnementaux et sanitaires liés aux activités de jardinage sont aujourd'hui disponibles. Si les risques d'intoxication des populations sont faibles, voire inexistantes dans la plupart des cas, il existe toutefois des situations où la conjugaison de facteurs défavorables vis-à-vis de la qualité des sols (activités antérieures, situation du jardin par rapport à des activités polluantes, fond géochimique) a contribué à l'accumulation de composés toxiques dans les sols avec un risque de transfert vers l'Homme. Ces cas, certes relativement marginaux sur la base des connaissances acquises à l'heure actuelle, doivent cependant être interprétés comme un signal incitant à une évolution des pratiques vers une meilleure gestion des sols de jardins. Compte tenu des tendances observées d'augmentation plus rapide des concentrations de contaminants dans les sols de jardins que dans les sols agricoles, il est d'ores et déjà souhaitable de promouvoir des recommandations pour la culture sur sols contaminés (choix d'espèces, de variétés, apports d'amendements) et de développer des technologies de traitement d'extraction des polluants pour restaurer la qualité des sols. Ces dernières ne peuvent se concevoir que simples, efficaces et respectueuses des propriétés agronomiques du sol, laissant alors entrevoir une application possible de la phytoremédiation (cet aspect complémentaire est traité dans la communication faite par Bouquet et al.).

REMERCIEMENTS

Cet article repose sur les travaux des programmes de recherche intitulés « Caractérisation des sols, des usages et des productions potagères dans les jardins français » (SOJA) qui a été initié par l'ADEME en 2009 et du programme « Jardins Associatifs Urbains et villes durables : pratiques, fonctions et risques » JASSUR, ANR-12-VBDU-0011. Les auteurs tiennent à remercier l'ensemble des partenaires scientifiques,

associatifs, élus et techniciens des villes et jardiniers de ces programmes de recherche pour les nombreux échanges et travaux sur le thème des jardins.

BIBLIOGRAPHIE

Alloway B.J., 2004 - Contamination of soils in domestic gardens and allotments: a brief overview. *Land Contamination and Reclamation*, 12, 3, 179-187.

Alt D., Sacher B., Radicke K., 1981 - Results of a survey investigation on nutrient and heavy metal contents of private vegetable gardens. *Landwirtschaftliche Forschung. Sonderheft* 38, 682-692.

Bahemuka T.E., Mubofu E.B., 1999 - Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Sinza and Msimbazi rivers in Dar es Salaam, Tanzania. *Food Chemistry*, 66, 1, 63-66.

Béchet B., Joimel S., Jean-Soro L., Hursthouse A., Agboola A., Leitão T.E., Costa H., do Rosário Cameira M., Le Guern C., Schwartz C., Lebeau T., 2016 - Spatial variability of trace elements in allotment gardens of four European cities: assessments at city, garden, and plot scale. *Journal of Soils and Sediments*, DOI 10.1007/s11368-016-1515-1

Béchet B., Carré F., Florentin L., Leyval C., Montanarella L., Morel J.L., Raimbault G., Rodriguez F., Rossignol J.P., Schwartz C., 2009. Caractéristiques et fonctionnement des sols urbains. In : Cheverry et Gascuel (éd) *Sous les pavés la terre*. Omniscience, Montreuil, 45-74.

Berendse F., 1998 - Effects of Dominant Plant Species on Soils during Succession in Nutrient-poor Ecosystems, *Biogeochemistry*, 42, 1998, 73-88.

Cortet J., Vauflery A.G.-D., Poinot-Balaguer N., Gomot L., Texier C., Cluzeau D., 1999 - The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects, *European Journal of Soil Biology*, 35, 115-134.

Crößman G., Wüsteman M., 1992 - Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schadstoffpotential. Forschungsbericht 1160868. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Davies B.E., 1978 - Plant-available lead and other metals in British garden soils. *Science of the Total Environment*, 9, 3, 243-262.

Díaz S., Cabido M., 2001 - Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution*, 16, 646-655.

El Hamiani O., El Khalil H., Lounatea K., Sirguy C., Hafidi M., Bitton G., Schwartz C., Boularbah A., 2010 - Toxicity assessment of garden soils in the vicinity of mining areas in Southern Morocco. *Journal of Hazardous Materials*, 177, 755-761.

Fimes J., Schwartz C., Perrin-Ganier C., Morel J.L., Charissou A.M., Jourdain M.J., 2004 - Risk of contamination for edible vegetables growing on polluted soils by PAHs. *Polycyclic Aromatic Compounds Journal*, 24, 827-836.

Hooper D.U., Chapin F.S., Ewel J.J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J.H., Lodge D.M., Loreau M., Naeem S., Schmid B., Setälä H., Symstad A.J., Vandermeer J., Wardle D.A., 2005 - Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge, *Ecological Monographs*, 75, 3-35.

Jean-Soro L., Le Guern C., Béchet B., Lebeau T., Ringear M.F., 2015. Origin of trace elements in an urban garden in Nantes, France, *Journal of Soils and Sediments*, 15, 8, 1802-1812.

Joimel S., Cortet J., Jolivet C.C., Saby N.P.A., Chenot E.D., Branchu P., Consalès J.N., Lefort C., Morel J.L., Schwartz C., 2016 - Physico-chemical characteristics of topsoil for contrasted forest, agricultural, urban and industrial land uses in France. *Science of the Total Environment*, 545-546, 40-47.

Joimel S., Schwartz C., Auclerc A., Bel J., Branchu P., Chenot E-D., Consalès J.N., Hedde M. , Magnus B., Morel J.L. et Cortet J., 2014 - Soil invertebrates as bioindicators of soil quality in urban vegetable gardens. Global Soil Biodiversity I, Dijon, France (communication).

Kahle P., 2000 - Heavy metals in garden soils from the urban area of Rostock. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163, 2, 191-196.

Mitchell R.G., Spliethoff H.M., Ribaud L.N., Lopp D.M., Shayler H.A., Marquez-Bravo L.G., Lambert V.T., Ferez G.S., Russell-Anelli J.M., Stone E.B., McBride M.B., 2014. Lead (Pb) and other metals in New York City community garden soils: Factors influencing contaminant distributions. *Environmental Pollution*, 187, 162–169.

Moir A.M., Thornton L., 1989 - Lead and cadmium in urban allotment and garden soils and vegetables in the United Kingdom. *Environmental Geochemistry and Health*, 11, 3-4, 113-119.

Morel J.L., Schwartz C., 1999 - Qualité et gestion des sols de jardins familiaux. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture*, 85, 2, 103-114.

Santorufo L., Van Gestel C.A.M., Rocco A., Maisto, G., 2012 - Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality », *Environmental Pollution*, 161, 57-63.

Schwartz C., Fetzer K.D., Morel J.L., 1997 - Factors of contamination of garden soils by heavy metals. In Proceedings of the Third International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, CD Rom 107, Paris

Schwartz C., 2000. Connaître le sol de son jardin pour mieux le protéger. *Jardin Familial de France, Revue de la Ligue Française du Coin de Terre et du Foyer*, n°398, p.7.

Schwartz C., Fetzer K.D., Kubiniok J., Morel J.L. 2000 - Availability of pollutants in garden soils. In Proceedings of the First International Conference on Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas (SUITMA), Burghardt, W. et Dornauf, C. Eds, Essen, pp. 485-490.

Schwartz C., 2013. Les sols de jardins, supports d'une agriculture urbaine intensive. *Vertigo*, la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors série 15, URL : <http://vertigo.revues.org/12858> ; DOI : 10.4000/vertigo.12858

Schwartz C. (coord) et al., 2013. *Jardins potagers : terres inconnues ?*, EDP Sciences, Collection « ADEME », ISBN : 978-2-7598-0723-9, 176 p.