

— VERS UNE MEILLEURE CONNAISSANCE DE LA RESSOURCE SOL DANS L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE : LA CONSIDÉRATION DES CARACTÉRISTIQUES AGRONOMIQUES DES SOLS DANS LES PROJETS URBAINS

Anne Blanchart, Laboratoire Sols et
Environnement, Université de Lorraine & INRA
Institut d'Urbanisme et d'Aménagement Régional
d'Aix-Marseille, Aix-Marseille Université
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise
de l'Énergie

Courriel :
anne.blanchart@univ-lorraine.fr

RÉSUMÉ

Dans un contexte de reconstruction de la ville sur elle-même, les espaces situés au cœur des villes sont souvent les uniques sources de foncier disponibles dans le tissu urbain déjà dense. Puisque ces sols ont fait l'objet d'activités passées qui ont pu les modifier, leur connaissance (niveau de pollution, géotechnie) apparaît nécessaire pour chaque projet d'aménagement, afin de maîtriser les risques qui peuvent en découler. A ce titre, la considération des caractéristiques agronomiques des sols urbains pourrait être un élément à prendre en compte dans la complexité de l'aménagement du territoire. Et pourtant, elle n'apparaît pas systématique lors d'un projet d'aménagement. Si certains sols anthropisés sont profondément dégradés, d'autres sont multifonctionnels et aptes à rendre des services contribuant à répondre aux enjeux de durabilité (atténuation de l'îlot de chaleur urbain, réduction du risque inondation) (Barles *et al.*, 1999). Cet article présente un travail de doctorat, dont l'objectif initial est de proposer des éléments concrets quant à la possibilité d'intensifier la considération des sols comme étant des volumes vivants et potentiellement fertiles dans la construction de la ville, afin d'enrichir les connaissances sur les sols urbains auprès des acteurs de l'aménagement, mais également de favoriser la bonne gestion des sols en tant que ressource

naturelle. Il présente une analyse de la littérature sur la considération des sols urbains dans l'aménagement du territoire et en sciences du sol, ainsi que les questionnements de recherche et le matériel et méthode engagés dans le cadre de ce doctorat.

MOTS-CLÉS

Sols urbains, agronomie, pédologie, aménagement du territoire, projet urbain.

ABSTRACT

In the context of natural resources preservation, cities are densifying. As they were the object of past activities which could modify the soils, knowledge of this ecosystem (pollution level, geotechnics) appears essential to all development projects in order to mitigate the risks that may result. As such, consideration of the agronomic characteristics of urban soils is not systematic at the project level. Yet, while some human-made soils are deeply degraded, others are multifunctional and able to provide some services contributing to sustainability issues (urban heat island attenuation, reduction of flood risk) (Barles *et al.*, 1999). This article presents a Ph.D. work whose objective is to propose concrete elements concerning the possibility of intensifying the consideration of soils as living and potentially fertile volumes in the construction of the city, in order to enrich knowledge of urban soils among urban planners, but also to promote good soil management as a natural resource. It presents an analysis of the literature on the consideration of urban soils in spatial planning and soil sciences, as well as research questions and the material and methodology used in the PhD.

KEYWORDS

Urban soils, Soil sciences, Urban planning, Urban project.

—

— INTRODUCTION

Les évolutions liées à la croissance urbaine induisent des problématiques environnementales spécifiques au milieu urbain (production de déchets, contamination des eaux souterraines et superficielles, éloignement des zones de production alimentaire). En France, la prise de conscience de ces enjeux a amené les acteurs de l'aménagement à transposer les principes du développement durable érigés par les Sommets de la Terre (1992, Rio de Janeiro, naissance de l'Agenda 21) au contexte urbain (Prévoist, 2013). Au fur et à mesure, les lois relatives à l'aménagement du territoire et les objectifs de planification urbaine ont évolué, traduisant une plus grande considération de l'environnement dans les documents d'urbanisme (Plan local d'urbanisme (PLU), Plan de déplacements urbains (PDU), Schéma de cohérence territoriale (SCoT)) (Figure 1).

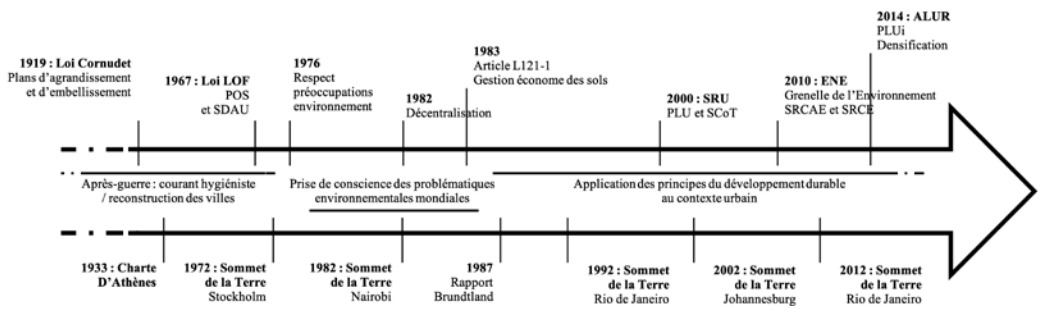


Figure 1 : Evolution de la prise en compte des enjeux environnementaux dans la planification territoriale en France (source : Blanchart, 2017).

A ce jour, la prise en compte de l'environnement dans la conception du cadre urbain est une obligation légale en France : l'article L121-1 du Code de l'Urbanisme assigne aux documents d'urbanisme un rôle de préservation des espaces naturels (Chalot, 2015). Dernièrement, le Grenelle de l'Environnement (2007) a renforcé la considération environnementale dans la planification urbaine, en particulier par la mise en place des trames vertes et bleues (TVB), démarche visant à reconstituer les réseaux de biodiversité et à inscrire leur préservation dans les décisions d'aménagement. Cette considération induit également des évolutions à l'échelle du projet urbain. Opérationnellement, elle se traduit par des réflexions nouvelles concernant l'économie des surfaces, l'économie de projet, la préservation de la biodiversité (Blanc et Clergeau, 2010) ou encore la recherche de phases de chantier à moindre impact environnemental.

Ces évolutions ont pour conséquence d'élargir les compétences requises lors du développement d'un projet. Les groupements de maîtrise d'œuvre, tout comme les appels d'offre, sont interdisciplinaires, mêlant à la fois des compétences « classiques » en aménagement et des compétences relevant des sciences environnementales (hydrologie, écologie) (Souami, 2008). Ainsi, une attention croissante a pu être portée aux problématiques de gestion des eaux, de préservation de corridors écologiques ou encore de sobriété énergétique. Dans ce contexte, la considération du sol urbain en tant qu'écosystème complexe reste pourtant limitée. Le sol est cet écosystème dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à un mètre, qui se situe à l'interface de l'atmosphère, de la biosphère, de l'hydrosphère et de la lithosphère. Cette position l'amène à jouer un rôle central de régulation des flux entre les autres compartiments, et fait également de lui le support de la production de biomasse essentielle à la pérennité des sociétés humaines. Le sol est enfin concrètement le lieu sur lequel l'Homme développe la majeure partie de ses activités économiques, sociales et culturelles. A partir d'une vision initiale de simple surface support physique d'activités, la gestion des sols urbains s'est ensuite focalisée sur leurs contraintes, *via* des approches sanitaires et économiques, respectivement en réponse à des crises majeures induites par des dégradations des sols dues à des activités industrielles et en réponse à des pressions foncières. Ces démarches se sont révélées indispensables, en particulier afin de connaître et de limiter les risques de dissémination des polluants, dans un objectif de préservation de la santé humaine et des écosystèmes (ADEME, en cours de publication). Aujourd'hui, la ville, pour un aménagement urbain de qualité, a besoin de sols aptes à rendre des services. Pour cela, les sols doivent être fonctionnels, c'est-à-dire capables d'assurer des fonctions de régulation du climat par exemple, de support d'activités, ou encore de gestion des aléas naturels. Pour l'aménagement du territoire, l'enjeu est alors d'étendre cette logique de prise en compte des caractéristiques des sols (niveau de contamination, propriétés géotechniques) à une approche plus intégratrice de la qualité agronomique des sols urbains.

L'objectif du doctorat est de proposer des éléments concrets quant à la possibilité d'intensifier la considération des sols comme des volumes vivants et potentiellement fertiles dans la construction de la ville, afin d'enrichir les connaissances sur les sols urbains auprès des acteurs de l'aménagement, mais également de favoriser la bonne gestion des sols en tant que ressource naturelle. Cet article présente ainsi les questionnements et hypothèses qui soutiennent ce travail de doctorat, en s'interrogeant sur la manière dont les professionnels de l'aménagement (élus, aménageurs, urbanistes, paysagistes) peuvent inclure au sein de leur structure des compétences en agromonie et pédologie. Dans un premier temps, un état des lieux de la prise

en compte des sols dans l'aménagement du territoire est proposé (partie 1). Cet état des lieux se base sur une analyse et interprétation de la littérature. Les outils de recherche Web of Sciences et Cairn - revues ont été utilisés et ont permis une lecture critique d'articles sélectionnés pour la pertinence de leur titre et résumé. Différentes recherches ont été conduites en introduisant des mots-clés. Les articles contenaient ces mots-clés dans le champ « topic » (Web Of Sciences) ou « vos mots clés » (Cairn Revues). Ensuite, les caractéristiques agronomiques des sols urbains ainsi que les principaux services qu'ils peuvent rendre aux sociétés humaines sont présentés (partie 2). A ce stade, des questionnements de recherche ainsi que des hypothèses quant à l'intérêt de considérer les caractéristiques agronomiques des sols, et donc à intégrer des compétences en pédologie urbaine dans l'aménagement du territoire pourront être faites. Les matériel et méthodes, engagés au sein du doctorat et permettant de répondre à ces questionnements, sont également présentés (partie 3).

ÉTAT DES LIEUX DE LA PRISE EN COMPTE DES SOLS DANS L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

A l'heure actuelle, les réflexions sur les sols urbains dans l'aménagement du territoire 1) s'intéressent à leur dimension surfacique et 2) occultent souvent leurs caractéristiques agronomiques, se concentrant principalement sur leurs propriétés géotechniques et leur niveau de contamination. La considération volumique des sols urbains s'est longtemps focalisée sur leurs contraintes, via des approches sanitaires et économiques. Ces démarches se sont révélées indispensables, en particulier pour connaître et limiter les risques de dissémination des polluants, dans un objectif de préservation de la santé humaine (ADEME, DESTISOL, en cours de publication). A ces considérations s'ajoutent des connaissances sur l'histoire du site, avec l'intervention d'archéologues sur certains projets. Des études prospectives sur les propriétés mécaniques de la couverture pédologique et géologique ainsi que sur la gestion des eaux (faisabilité technique de la gestion des eaux pluviales, de l'assainissement) sont également faites afin de pallier au mieux les risques naturels (effondrement, inondation).

Si ces investigations se font couramment, la considération des propriétés agronomiques des sols urbains dans les prises de décision n'apparaît pas systématique. En effet, les sols urbains semblent majoritairement considérés par les acteurs de l'aménagement, et plus généralement par les sociétés humaines, comme une ressource abondante et facilement modifiable (Commission des Communautés Européennes, 2006). Compte tenu des enjeux économiques, sociaux et sanitaires majeurs, l'être humain est habitué à intervenir, parfois de manière intense, sur la couverture pédologique, en particulier à l'échelle

du site à aménager, afin de rendre compatibles les propriétés du sol avec les usages attendus. Si un sol ne permet pas certains usages (construction de bâtiment, développement de la végétation), des pieux peuvent y être implantés, il peut être imperméabilisé, il peut également être chaulé ou amendé. Une illustration de la faible considération des sols urbains en tant que ressource est par exemple le recours quasi-systématique à des apports de terre végétale issue de milieux naturels ou agricoles pour l'implantation de végétaux en ville (Rokia et al., 2014). S'ajoute à cela que, pendant très longtemps, les sols urbains sont apparus auprès des sociétés humaines comme une ressource peu valorisable, non fertile, incapable de produire un paysage et une alimentation. Ceci repose dans une large mesure sur des éléments établis car les sols des villes ont fréquemment fait l'objet de remaniements nombreux, d'apports de matériaux extérieurs (déblais, matériaux de déconstruction, déchets) qui engendrent des propriétés agronomiques médiocres. Ces dernières considérations sont néanmoins en train d'évoluer et permettent de révéler aussi la présence de sols de qualité au sein de l'espace urbain (Bispo *et al.*, 2016).

Il est également intéressant de remarquer que les professionnels de l'aménagement du territoire et ceux des sciences du sol n'ont pas la même porte d'entrée pour considérer les sols urbains. Les premiers adoptent une démarche orientée vers la spatialisation, considérant, couramment, qu'un sol urbain est un sol situé dans une aire urbaine (selon la définition donnée par l'INSEE). De leur côté, les pédologues s'attachent à caractériser un sol par son origine, par l'intensité de l'impact de l'Homme, mais également par ses propriétés intrinsèques (biologiques, physiques et chimiques). Ainsi, ces scientifiques distinguent, selon la classification internationale, les sols contenant plus de 20% d'artefacts (*i.e.* matériaux créés, substantiellement modifiés ou amenés à la surface par des activités humaines) dans les 100 premiers centimètres ou présentant une couche imperméable continue en surface ou en profondeur comme des Technosols (une définition comparable est donnée dans la classification française qui décrit les Anthrosols comme des sols fortement modifiés ou fabriqués par l'Homme). Ainsi, en première intention, les pédologues, contrairement aux acteurs de l'aménagement du territoire, ne définissent pas les sols en fonction de leur position géographique au sein des territoires. Néanmoins, du fait de l'historique d'utilisation des sols en milieux urbains, il se trouve qu'une large majorité de la couverture pédologique de ces espaces est constituée de Technosols ou d'Anthrosols.

Enfin, la faible considération agronomique actuelle des sols dans l'aménagement du territoire réside peut-être dans le fait que les éléments de protection des sols dans les politiques internationale et nationale ne sont pas nombreux. En effet, malgré de nettes avancées (2015, année internationale des sols), la politique des sols est aujourd'hui peu contraignante (Desrousseaux, 2015). Le

26 novembre 1981, la charte mondiale des sols est adoptée sous l'égide de la FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations). Il y est décidé que le sol est une ressource limitée et finie, qu'il est nécessaire de protéger et de gérer durablement. Mais cette charte est d'une efficacité relative, n'ayant pas d'effet contraignant (*ibidem*). A l'échelle de l'Union Européenne, les sols font également l'objet d'orientations non contraignantes et sont souvent considérés de manière indirecte dans les politiques communautaires et les législations (directive nitrates, directive habitats, directive déchets). Aussi, si l'eau et l'air font l'objet de directives assez précoces (1975 et 1980) et contraignantes, l'Union Européenne ne dispose pas, encore aujourd'hui, de directive communautaire sur la protection des sols (Blum *et al.*, 2003). Néanmoins, les évolutions récentes du droit de l'urbanisme et de l'environnement modifient quelque peu les considérations à l'égard des sols urbains, et ce, pour deux raisons principales (Robert, 2012) : 1) les risques sanitaires liés aux pollutions potentielles, la loi ALUR renforçant le dispositif législatif concernant les sols pollués (Réforme des sites et sols pollués, Article 173 de la loi du 24 mars 2014) et 2) la lutte contre l'érosion de la biodiversité, grâce aux Grenelles de l'environnement qui instaurent de forts objectifs écologiques au sein des documents de planification et d'urbanisme locaux.

LA RÉPONSE DES SOLS AUX ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX SPÉCIFIQUES AU MILIEU URBAIN

En ville, le sol est un compartiment essentiel de l'écosystème urbain, contribuant à notre qualité de vie. Bien qu'impactés par les activités humaines (remblai, pollution) et donc souvent très différents des sols « naturels », les sols urbains fournissent des services dont les populations humaines tirent parti (Morel *et al.*, 2014). Ils participent à la vie en milieu urbain (support d'activités et infrastructures humaines, production de biomasse destinée à la consommation humaine et animale) mais font également face à des enjeux environnementaux intrinsèques à ces milieux (régulation de la qualité de l'air, atténuation de l'îlot de chaleur urbain). En suivant les propositions et les recommandations de nombreux auteurs (Escobedo *et al.*, 2011), ainsi qu'en adaptant au contexte urbain les listes de services écosystémiques déjà proposées dans la littérature (Costanza *et al.*, 1997 ; de Groot *et al.*, 2002 ; MEA, 2003 ; Adhikari et Hartemink, 2016), il est possible de classer les services rendus par les sols urbains (Tableau 1). Cette liste se compose de trois des quatre catégories de services habituellement présentées dans la littérature (support, régulation, approvisionnement et culture). En effet, le choix a été fait d'intégrer les services de support dans chacune des trois autres catégories, comme proposé par la classification internationale commune des services écosystémiques (Common International Classification of Ecosystem Services, 2011),

considérant que les services de support sont des prestations intermédiaires et n'ont par conséquent pas leur place dans un inventaire de services finaux. De plus, l'adaptation de la liste au contexte urbain conduit à ouvrir la catégorie des services d'approvisionnement à des services tels que le soutien aux activités humaines, le soutien aux infrastructures humaines ou les ressources ornementales qui sont des questions essentielles en matière d'urbanisme.

Catégorie	Services	Description des services	Enjeux urbains
Régulation	Régulation de la qualité de l'air	Les sols et végétaux contribuent à la fixation de polluants (métaux lourds, HAP, NOx et SOx) émis par les activités humaines (Pataki <i>et al.</i> , 2011)	Qualité de l'air
	Régulation du climat local et global	Les sols et végétaux piègent les gaz à effets de serre, limitant le réchauffement climatique. Ils sont les principaux réservoirs continentaux de carbone (615 milliards tonnes carbone) (Pouyat <i>et al.</i> , 2006). Ils contribuent aussi à des mécanismes d'évaporation et de transpiration de l'eau et également à la réflexion des rayons du soleil : diminution du phénomène d'îlot de chaleur urbain	Réchauffement climatique îlot de chaleur urbain
	Régulation des aléas naturels	Les sols permettent l'infiltration d'eau et donc l'atténuation des inondations (Montoroï, 2012)	Risques naturels
Approvisionnement	Habitat pour la biodiversité	Les sols peuvent héberger et offrir un habitat pour les organismes vivants (végétaux, champignons, faune) (Joimel <i>et al.</i> , 2016)	Préservation biodiversité Protection environnement
	Production de biomasse à vocation alimentaire	Les sols constituent un support sur lequel est cultivée la végétation destinée à la consommation humaine et animale. C'est un service recherché en milieu urbain car le rapport demande/approvisionnement en nourriture et eau est plus grand qu'ailleurs (Kroll <i>et al.</i> , 2012)	Dépendance alimentaire
	Ressources ornementales	Les sols sont fréquemment utilisés comme support de production végétale à vocation esthétique et paysagère (Blanc et Clergeau, 2010 ; Menozzi, 2014)	Nature en ville
	Support d'activités humaines	Les sols sont largement utilisés par l'Homme comme support aux constructions et infrastructures (Mc Donough, 2014)	Développement activités humaines
Culture	Conservation du patrimoine	Les sols abritent les vestiges archéologiques du passé (Legros, 2011)	Reconstruction de l'Histoire
	Attrait de l'environnement	Les sols permettent de supporter des lieux de tourisme, d'activités sportives ou culturelles, des paysages esthétiques à contempler (Blanchart <i>et al.</i> , 2017)	Bien-être des citoyens

Tableau 1 : Les sols sont capables de répondre aux principaux enjeux environnementaux urbains (source : Blanchart, 2018).

Forte de ces services rendus, la considération agronomique des sols urbains dans l'aménagement du territoire peut contribuer aux prises de décision en matière de planification et participer à un gain de qualité et d'économie de projet à l'échelle de l'opération d'aménagement. Lors de réflexions concernant la planification du territoire, la considération agronomique des sols permet aux acteurs de l'aménagement d'aiguiller leurs prises de décision 1) quant à l'ouverture ou non d'un périmètre à l'urbanisation et 2) quant à la définition du zonage du règlement du PLU. A l'échelle de l'opération, la considération agronomique des sols conduit à une amélioration de la qualité du projet. Lors des phases de conception, elle participe à clarifier le budget de l'opération en prévoyant les grandes lignes de dépenses liées au travail du sol (préparation de travaux, réalisation d'aménagements de surface). Cette considération contribue aussi à trouver un équilibre du ratio déblai/remblai, voire à le diminuer, en valorisant les matériaux déjà sur place (ce qui peut être très utile au sein d'un territoire où il existe une forte tension sur la disponibilité de la terre végétale) et donc en diminuant l'apport en ressources naturelles. Elle participe ainsi à une économie du projet et au développement durable (limiter les émissions de CO₂ liés au transport). Enfin, dans la mise en œuvre, la considération agronomique des sols peut aider à la définition des choix des espèces végétales, afin que celles-ci soient le plus adaptées à la nature des sols en place.

VERS UNE CONSIDÉRATION AGRONOMIQUE DES SOLS URBAINS DANS L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ?

L'analyse de la littérature exposée dans les deux paragraphes précédents indique que si certains sols anthropisés sont profondément dégradés, d'autres sont multifonctionnels et aptes à rendre des services contribuant à répondre aux enjeux de durabilité. Cependant, malgré les recherches qui s'amplifient d'année en année sur cette thématique (Blanchart *et al.*, 2017), les sols urbains sont encore aujourd'hui des écosystèmes complexes à considérer (infiltration de l'eau, portance, fertilité).

Plusieurs questionnements scientifiques, qui sont également le fondement de mon travail de recherche de doctorat, peuvent alors être avancés.

Premièrement, il paraît essentiel de comprendre quelle est la véritable considération actuelle de l'écosystème sol urbain par les acteurs de la ville : le sol urbain est-il considéré en tant que volume fonctionnel en aménagement du territoire ? Cette considération dépend-elle des acteurs de projet, de la ligne politique mise en place au sein de l'aire urbaine considérée, de la nature du projet urbain considéré ?

Deuxièmement, il paraît indispensable de se demander comment utiliser, à bon escient et de manière efficace, les informations sur la qualité des sols

urbains, de manière à enrichir les pratiques de l'aménagement du territoire, à l'échelle du projet urbain notamment.

Enfin, la troisième question de recherche est de comprendre comment parvenir à encourager le travail interdisciplinaire entre acteurs des sciences du sol et de l'aménagement du territoire.

Plusieurs hypothèses sous-tendent ces questions de recherche. De prime abord, au vu de l'analyse de la littérature (ADEME, en cours de publication ; Barles *et al.*, 1999 ; Bispo *et al.*, 2016), les acteurs de l'aménagement présentent un intérêt pour connaître les caractéristiques agronomiques des sols urbains. Cependant, l'importance de cet intérêt semble dépendre de la formation et de la profession de l'acteur considéré.

Concernant la possibilité de renforcer la considération agronomique des sols urbains en aménagement du territoire, plusieurs propositions peuvent être faites. Lors des phases de planification, le sol peut être intégré comme composante de la trame verte et bleue. L'intégration des sols dans cet outil d'aménagement, qui peuvent être abordés sous la notion de « trame brune », peut permettre de considérer les sols anthropisés comme un objet d'aménagement à part entière, fournissant de nombreux services et pouvant entraîner de nouveaux usages. A l'échelle de l'opération d'aménagement urbain, des approches innovantes d'évaluation de la qualité agronomique des sols peuvent être proposées et utilisées par les acteurs de projet. Un outil d'aide à la décision co-construit par les acteurs des sciences du sol et ceux de l'aménagement peut en effet enrichir les connaissances sur les caractéristiques des sols du site de projet et aiguiller les choix d'aménagement.

Si la considération agronomique des sols urbains peut être enrichie en travaillant avec les acteurs spécialisés en aménagement du territoire, elle gagnerait en efficacité grâce à une évolution des thématiques de recherche en sciences du sol. Depuis longtemps, les acteurs des sciences du sol s'attachent à étudier le fonctionnement des sols « naturels ». Il apparaît pourtant nécessaire de mieux caractériser les propriétés des sols plus anthropisés dont le fonctionnement est significativement différent du fait de la présence d'artefacts, de facteurs extérieurs spécifiques liés à l'environnement urbain, mais aussi du fait de la nature extrême de certains de ces sols (sols scellés).

Enfin, l'ensemble de ces évolutions induisent la nécessité de privilégier l'interdisciplinarité dans les cursus de formation actuellement très sectorisés. Cette acculturation serait profitable au rapprochement des disciplines, permettant aux futurs professionnels de développer une ouverture d'esprit et une prise de recul sur leurs propres compétences et connaissances (Chalot, 2015). Au-delà, une telle démarche pourrait contribuer à l'émergence d'un nouveau métier tel que l'agro-urbanisme, se situant à la confluence de ces deux disciplines.

Afin de pouvoir répondre à l'ensemble des questionnements de recherche du

doctorat et de valider ou non les hypothèses, une démarche de travail en trois temps est mise en place (Figure 2, Annexe). Tout d'abord, afin de diagnostiquer l'actuelle considération du sol dans l'aménagement du territoire, une analyse lexicale de documents d'urbanisme, un sondage national auprès d'acteurs de l'aménagement ainsi que des entretiens semi-directifs avec des acteurs de projets urbains sont réalisés. Ensuite, afin de comprendre comment utiliser à bon escient les informations sur les caractéristiques agronomiques des sols dans la construction d'un projet urbain, un outil d'aide à la décision mis en place dans un projet de recherche connexe à ce doctorat (DESTISOL, ADEME) est testé et amendé grâce à des campagnes d'échantillonnages de sols urbains sur 9 sites de projets urbains. Il s'agit d'une démarche d'acquisition puis d'exploitation d'indicateurs du sol (morphologiques et analytiques) relativement simples à mesurer, à partir desquels est évalué le niveau de services rendus par les sols. Enfin, afin de proposer des éléments concrets quant à une possible intensification du travail interdisciplinaire entre acteurs des sciences du sol et de l'aménagement du territoire, un atelier participatif traduisant une mise en situation réelle et regroupant l'ensemble des acteurs interrogés lors de la phase d'entretiens semi-directifs est mis en place.

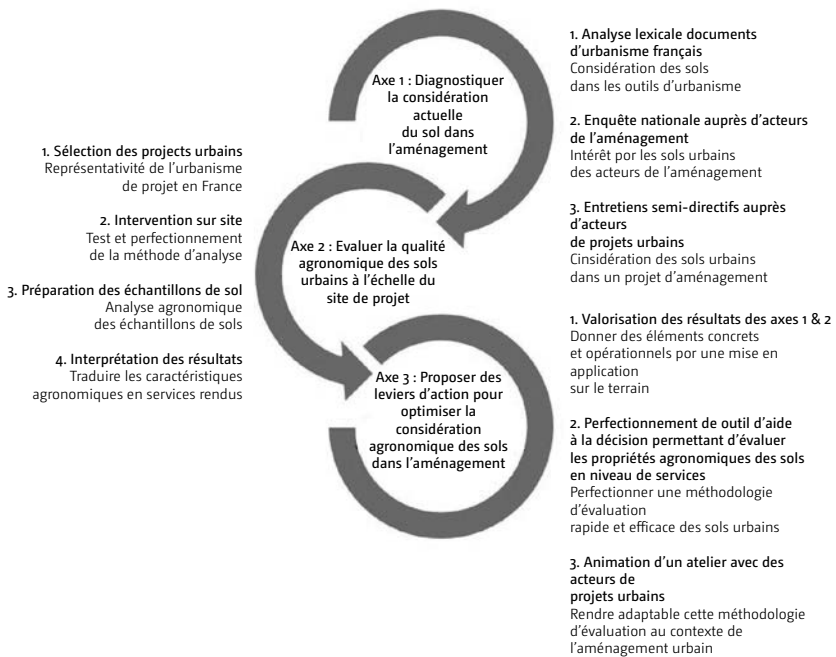


Figure 1 : Démarche de travail mise en œuvre pour le doctorat (source: Blanchart, 2017)
Blanchart, 2017

— CONCLUSION

En milieu urbain, les sols offrent un éventail de services participant à la viabilité des sociétés humaines (support d'activités humaines) et pouvant faire face à de nombreux enjeux environnementaux (atténuation de l'îlot de chaleur urbain). Dans un contexte de préservation des ressources naturelles et de reconstruction de la ville sur elle-même, les sols urbains apparaissent comme étant une ressource indispensable à considérer dans l'aménagement du territoire. Si aujourd'hui les caractéristiques géotechniques et le niveau de pollution des sols font l'objet d'investigation en amont de tout projet d'aménagement, leurs caractéristiques agronomiques semblent ne pas être systématiquement considérées par les acteurs de projets. L'article expose l'objectif principal du doctorat, celui d'encourager la prise en compte des caractéristiques agronomiques des sols urbains dans l'aménagement du territoire. Se basant sur une analyse de la littérature, il permet d'avancer quelques exemples concrets sur la manière dont cette considération élargie des sols urbains pourrait enrichir un projet d'aménagement. La démarche de travail permettant de répondre à cet objectif et mise en place dans le doctorat y est exposée. Si le doctorat vise *in fine* à proposer des mesures pour « inciter à » la prise en compte de la qualité agronomique des sols urbains lors de l'orientation des usages de ces sols, on peut d'ores et déjà se demander si une telle considération ne devrait-elle pas devenir réglementaire ? Des premiers éléments de réponse seront, sans doute, apportés par la rédaction des PLUi et la place que tiendra, ou non, l'objet sol urbain dans ce nouveau document de planification. Il apparaît ainsi souhaitable d'imaginer que, demain, le développement de la ville soit guidé par un ensemble de critères (économiques, environnemental, sociétal) intégrant les propriétés agronomiques des sols.

— BIBLIOGRAPHIE

ADEME. (En cours de publication). *Les sols, une opportunité pour un aménagement urbain durable – Guide méthodologique*. Programme de recherche DESTISOL, 45 p.

Adhikari, K., Hartemink, AE. (2015). Linking Soils to Ecosystem Services - A Global Review. *Geoderma*, 262, p. 101-111.

Barles, S., Breyse, D., Guillerme, A., Leyval, C. (1999). *Le Sol urbain*. Paris : Anthropos.

Bispo, A., Guellier, C., Martin, E., Sapijanskas, J., Soubelet, H., Chenu, C. (2016). *Les sols, intégrer leur multifonctionnalité pour une gestion durable*. Versailles : éditions Quae.

Blanc, N., Clergeau, P. (2010). Installer une trame verte dans la ville ? Le point de vue des chercheurs ?. *Urbanisme*, Hors-série n°36, 55-59.

Blanchart, A., Séré, G., Cherel, J., Warot, G., Stas, M., Consalès, J.N., Schwartz, C. (2017). Contribution des sols à la production de services écosystémiques en milieu urbain – une revue. *Environnement Urbain / Urban Environment*, Volume 11, 33 p.

Blum, W., Martin, H., Schwarz, S. (2003). Soil protection in Austria. *Journal of Soil and Sediments*, 3, 245-246.

Chalot, R. (2015). Ecologie et urbanisme : comment les experts du vivant peuvent-ils contribuer à la conception du cadre urbain ?. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, <http://journals.openedition.org/vertigo/16561> ; DOI : 10.4000/vertigo.16561

Costanza, R., d'Arge, R., deGroot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. et Van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 253-260.

De Groot, R.S., Wilson, M.A. et Boumans, R.M.J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, v. 41, 393-408.

Desrousseaux, M. (2015). *La protection juridique de la qualité des sols*. Paris : LGDJ.

Escobedo, F.J., Kroeger, T. et Wagner, J.E. (2011). Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution*, v. 159, 2078-2087.

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

Kroll, F., Muller, F., Haase, D., Fohrer N. (2012). Rural-urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land Use Policy*, v. 29, 521-535.

Legros J-P. (2011). Sols, milieu naturels et conservation archéologique. Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, conférence 4150, bull. 42, 249-265.

Mc Donough, K-R. (2014). Understanding the relationship between urban best management practices and ecosystem services. Thesis, Department of Biological and Agricultural Engineering College of Engineering, Manhattan, Kansas, 472 p.

Menziozi, M. -J. (2014). *Les jardins dans la ville entre nature et culture*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Millennium Ecosystem Assessment. (2003). *Ecosystem and Human Well-Being. A framework for assessment*. Washington DC : Island press.

Montoroi, J-P. (2012). Rôle des sols sur la genèse des inondations. European Symposium, Paris-Orléans, 6 p.

Morel, J. L., Chenu, C., Lorenz K. (2014). Ecosystem services provided by soils of urban, industrial, traffic, mining, and military areas (SUITMAs). *Journal of Soils and Sediments*, 1-8.

Pataki, D.E., Carreiro, M.M., Cherrier, J., Grulke, N.E., Jennings, V., Pincetl, S., Pouyat, R.V., et al. (2011). Coupling biogeochemical cycles in urban environments: ecosystem services, green solutions, and misconceptions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 9, 27-36.

Pouyat, R.V., Yesilonis, I.D., Nowak, D. J. (2006). Carbon Storage by Urban Soils in the United States. *Journal of Environmental Quality*, 1566-1575.

Prévost, A. (2013). Inférence(s) des documents d'urbanisme sur le territoire : modélisation multicritère et évaluation durable : application à la ville de Toulouse. Thèse de doctorat en Technologies cognitives, management de l'innovation et systèmes complexes - Systèmes urbains, Compiègne, 399p.

Robert, S. (2012). *Préconisation d'utilisation des sols et qualité des sols en zone urbaine et péri-urbaine – application du bassin minier de Provence*. Rapport final programme Gessol. Marseille : Aix-Marseille Université.

Rokia, S., Séré, G., Schwartz, C., Deeb, M., Fournier, F., Nehls, T., Damas, O., Vidal-Beaudet, L. (2014). Modelling agronomic properties of Technosols constructed with urban wastes. *Waste Management*, vol. 34, 11, 2155-2162.

Souami, T. (2008). Le développement durable change-t-il le monde des urbanistes ?. *Les Annales de La Recherche Urbaine*, 104, 19-27.

Annexe : Détails de la démarche de travail du doctorat

