

# Les sols urbains sont-ils cultivables ?

C. Mougin, F. Douay, M. Canavese, T. Lebeau  
et É. Rémy, coord.





# Les sols urbains sont-ils cultivables ?

Éditions Quæ



**Collection *Matière à débattre et décider***

Quelle politique agricole commune demain ?

C. Détang-Dessendre, H. Guyomard, coord.

2020, 306 p.

Artificialized land and land take

M. Desrousseaux, B. Béchet, Y. Le Bissonnais, A. Ruas, B. Schmitt, eds

2020

Quelles agricultures irriguées demain ?

S. Bouarfa, F. Brelle, C. Coulon, coord.

2020, 212 p.

Éditions Quæ

RD 10, 78026 Versailles Cedex

[www.quae.com](http://www.quae.com)

© Éditions Quæ, 2020

ISBN papier : 978-2-7592-3202-4

ISBN PDF : 978-2-7592-3203-1

ISBN ePub : 978-2-7592-3204-8

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6<sup>e</sup>.

# Table des matières

Remerciements	6
Préface	7
Introduction	9
<b>Partie I - La contamination des sols : état des connaissances et enjeux</b>	
<b>1. Les sols (péri)urbains : entre gradients d'anthropisation et de contamination</b>	16
Détecter et mesurer la contamination des sols (péri)urbains	17
Des pressions de contaminations évolutives	22
<b>2. Qualité des terres urbaines en Île-de-France</b>	24
Les terres « urbaines »	25
Les terres végétales d'Île-de-France	29
Contamination des terres végétales et gestion des risques	36
Conclusion	39
<b>3. Spécificités des potagers en contexte (péri)urbain au lourd passé industriel</b>	41
Caractéristiques physico-chimiques des sols de potagers	44
Degré de contamination des sols de potagers	45
Transferts des éléments traces métalliques (ETM) vers les plantes potagères	55
Exposition des populations aux ETM	57
Intérêts et limites de l'utilisation des composts autoproduits	61
Conclusion	62
<b>4. Les composts autoproduits par les jardiniers amateurs au sein de jardins collectifs urbains</b>	64
Interroger la notion de « compost »	66
Un terrain d'expérimentations	68
Compostage et économie circulaire	73
Conclusion	78
<i>Interview de David Montagne</i>	80
Références	84

## **Partie II - Sols (péri)urbains : gestionnaires, jardiniers, experts et chercheurs prennent la parole**

<b>5. Faire des sols (péri)urbains un commun</b>	92
Exemple d'une politique départementale en matière agricole : le Val-de-Marne	92
La pollution des sols, une contrainte forte	93
Gérer la pollution des sols : questionnements et réflexions	95
La notion de « commun » : une notion pertinente ?	97
Étendre la notion de « commun » aux terres agricoles	98
Conclusion	103
<b>6. Retours d'enquêtes qualitatives dans les jardins urbains : premiers enseignements pour l'évaluation des risques sanitaires</b>	104
Présentation des méthodes d'enquêtes	105
Partager les incertitudes scientifiques et techniques	109
Conclusion et perspectives	114
<i>Interview de Florent Mécène</i>	115
<i>Interview de Franck Marot</i>	118
<i>Interview de Stéphane Vircondelet</i>	123
Références	128

## **Partie III - Approches socio-historique et juridique des sols (péri)urbains**

<b>7. Les sols ont aussi une longue histoire</b>	134
Le sol, matière d'histoire et de pollution	135
La ville, un lieu ancien de pollution	137
Sensibilisation à l'infection et prise de conscience des nuisances	140
L'archéologie face aux pollutions	142
Conclusion	144
<b>8. Influence de l'historique d'usage des sols : les jardins de Nantes</b>	145
Démarche mise en œuvre	145
Diversité des origines de la contamination en éléments traces	146
Conclusion	150
<b>9. Retours sur l'expérience wallonne</b>	151
La Wallonie, terre de friches ?	152
Les études historiques de sites désaffectés	154
Des inventaires de sites désaffectés à la base de données de l'état des sols	158
La délicate consolidation des données	164
Perspectives	166

<i>Interview de Philippe Billet</i>	168
<i>Interview d'Alain Jouanna</i>	172
Références	175

## **Partie IV - Les sols (péri)urbains : nouveaux enjeux de recherche**

<b>10. Les plastiques dans les sols</b>	182
Éléments de contexte	182
Apports de débris plastiques dans les sols	184
Données de la Recherche	187
Quel devenir des plastiques dans les sols ?	187
Des effets potentiellement nombreux et variés	188
Une évaluation réglementaire des effets à renforcer	191
Conclusion	192

<b>11. Sols contaminés, carbone organique des sols et dérèglement climatique : quelles relations ?</b>	193
--	-----

Éléments de contexte	194
Des contaminants multiples aux effets variés	196
Quels liens entre sols contaminés et dérèglement climatique ?	197
Dérèglement climatique et écotoxicologie	199
Sols marginaux contaminés, problème ou opportunité ?	200
Conclusion	201
<i>Interview de Thierry Lebeau</i>	203
Références	210

<b>Conclusion : développer et partager les connaissances et les incertitudes sur les sols (péri)urbains</b>	215
---	-----

Les connaissances actuelles sur les sols (péri)urbains permettent-elles d'anticiper leurs usages ?	215
Les héritages incontournables des sols (péri)urbains	216
Les rouages complexes de l'économie circulaire	217
La proximité (cultiver en bas de son immeuble) est-elle un gage de la qualité des sols et des végétaux cultivés ?	218
Les multiples fonctions des sols urbains : ouvrir le champ des possibles	219
Prendre en compte les temps longs d'hier et de demain	220
Acquérir des données pour éviter de gérer les sols dans l'urgence	221
Une opportunité de débats société/science	222

<b>Annexe : le « décret sols » du 1<sup>er</sup> mars 2018</b>	224
--	-----

Liste des participants à l'ouvrage	226
------------------------------------	-----

# Remerciements

**CET OUVRAGE EST ISSU DU PARTAGE DES IDÉES** au sein d'un collectif mobilisé par la recherche participative sur les problématiques que pose la mise en culture des sols (péri)urbains. Des chercheurs, enseignants, ingénieurs et techniciens de plusieurs disciplines, issus des sciences biotechniques et humaines, mais également des juristes, des jardiniers amateurs, des gestionnaires ont uni leurs compétences pour rédiger les différentes parties de cet ouvrage. Les coordinateurs souhaitent exprimer à chaque auteur et relecteur leurs plus sincères remerciements, pour leur dynamisme et leur réactivité, qui ont grandement facilité l'édition de l'ouvrage.

Les données de ces recherches proviennent de différents programmes soutenus par l'ANR<sup>1</sup>, l'ADEME<sup>2</sup>, les régions (Hauts-de-France, Pays de la Loire et Île-de-France), les agences régionales de Santé, les collectivités locales, le LabEx Intelligence des Mondes Urbains et l'IRSTV<sup>3</sup>.

Notre collectif souhaite également remercier les soutiens qui ont permis la publication de cet ouvrage, notamment le LabEx BASC, le consortium POLLUSOLS (en particulier Chloé Besnard), projet de l'OSUNA et la fédération de recherche FIRE sans oublier l'éclairage apporté par les éditrices des éditions Quæ, Véronique Véto et Caroline Dandurand. Toute notre gratitude à Catherine Jalouneix pour sa lecture vigilante du manuscrit et à Élise Druon pour le soin apporté à la mise en page.

Enfin, nous remercions toutes les personnes, et en particulier les jardinières et jardiniers amateurs, qui ont partagé avec nous leur expérience pour que nous puissions réaliser nos recherches.

1. Agence nationale de la recherche
2. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.
3. Institut de recherche en sciences et techniques de la ville (FR2488).



# Préface

**LA CRISE ÉCOLOGIQUE QUE NOUS VIVONS** a maintenant quelques décennies. Progressivement les sceptiques, qui ont longtemps tenu le haut du pavé, laissent la place à une nouvelle génération de citoyens éclairés, conscients des limites de notre planète et convaincus de la nécessité d'une transition devenue urgente. Les militants de la première heure assistent à la consécration de leurs idées. Les politiques s'emparent du sujet, le climat et la biodiversité sont dans tous les discours, et probablement bientôt dans tous les actes.

Mais pourquoi donc restons-nous si ignorants de nos sols ? Une hiérarchie implicite semble s'être installée dans les mentalités. Le climat apparaît comme prioritaire, l'eau reste un sujet de préoccupation fort, la pollution de l'air, longtemps négligée, devient insupportable. Qu'en est-il des sols ? Qui sait ce qu'ils sont ? Combien de nos contemporains savent qu'il s'agit d'un milieu vivant, très complexe, fragile, évoluant très lentement ? Les politiques publiques sont à cet égard en phase avec la société : nous connaissons tous la politique climatique, la politique de l'eau, de l'air, de la biodiversité, mais les sols ? Qui a entendu parler d'une politique des sols ? Pourquoi n'existe-t-il pas de directive européenne sur les sols ?

L'ouvrage que vous avez entre les mains est le produit d'une rencontre. Des chercheurs, depuis longtemps sensibilisés à la lente dégradation de nos sols, analysant sans relâche depuis de nombreuses années leur histoire, leur composition, leurs contaminants, leur contenu en carbone, leur faune et leur flore sont interpellés par des citoyens. Certains acteurs (aménageurs, associations, agronomes, politiques) ont tout simplement décidé de transporter la campagne dans nos villes. Et les scientifiques ont pris au sérieux ces demandes, ils ont montré ce qu'ils savaient et surtout, ils ont avoué leur ignorance. Nous connaissons très mal nos sols urbains, et nous prenons des risques du fait de cette ignorance.

On savait bien, depuis Alphonse Allais, que l'idée de construire des villes à la campagne était une plaisanterie. Pourtant nous en avons mité des campagnes ! Tout autour des villes on ne compte plus les espaces pavillonnaires, les surfaces commerciales, les entrepôts logistiques. On s'en est ému, l'heure est au recentrement, à la densification des villes, au retour des commerces de centre-ville. Le moindre plan urbain identifie maintenant les « dents creuses », ces caries urbaines que sont les sols non bâtis qu'il conviendrait de construire rapidement !

Mais voilà que des citoyens, des urbains le plus souvent, sont invités à cultiver les villes. Des projets investissent la moindre friche, le plus petit espace non construit, et le cultivent. Il ne s'agit pas seulement de potagers privés, mais aussi de jardins collectifs. Ces gens-là jouent un jeu collectif et considèrent le sol cultivable comme un bien commun. Est-ce raisonnable ? Comment du passé faire table rase ? Peut-on ignorer l'histoire de ces sols longtemps traités comme de vulgaires supports, remaniés, déblayés, remblayés, pollués ?

Une nouvelle page de la coopération science-société est en train de s'ouvrir dont le présent ouvrage narre les premiers résultats. Nous sommes encore dans la précaution : attention, les sols ont une histoire et elle n'est pas bien glorieuse. Les hommes n'ont pas toujours respecté ces sols urbains, par ignorance, par facilité, ils les ont appauvris, contaminés, remaniés, au point qu'il n'est pas toujours sain de les cultiver. Cet ouvrage aurait pu être l'histoire d'un renoncement, or il s'agit du contraire. Les scientifiques alertent les citoyens sur les risques mais ne désarment pas. Oui, nos sols urbains et péri-urbains apportent des services à l'humanité, ils peuvent offrir des espaces récréatifs, stocker du carbone et fournir, sous certaines conditions, une alimentation saine de proximité. Mais il faut que la science s'en préoccupe et participe avec les citoyens à formuler les bonnes questions.

La question de la responsabilité est cruciale également. Aujourd'hui, les sols pollués sont gérés en fonction des usages futurs. Comment décider de cet usage futur ? Qui peut dire qu'un sol a vocation à être définitivement artificialisé ? Est-il légitime d'enfermer les pollutions au lieu de les traiter ? N'est-ce pas un principe de base du développement durable que débarrasser les sols des blessures du passé ? La ville peut-elle accueillir tous les usages sensibles compte tenu de son passé ?

Ce que l'ouvrage n'aborde pas, mais qui doit faire réfléchir les aménageurs et leurs élus, c'est la question des formes urbaines à construire mais il indique une piste : mieux réfléchir ensemble à la complémentarité des sols urbains, péri-urbains et ruraux pour localiser les usages en fonction de leur qualité respective. Notre société en transition essaie de se projeter dans l'avenir. Nous allons devoir être plus frugaux, mais il ne s'agit pas d'un retour au passé. Le savoir que nous avons accumulé doit servir à construire des lieux de vie qui apportent à chacun les aménités dont il a besoin sans mettre en danger la planète, son climat, la biodiversité de tous ses milieux. Réfléchir ensemble à nos villes et à nos campagnes (la ville doit-elle être autosuffisante ?), retrouver le sens du bien commun, partager l'espace, mobiliser les chercheurs, convaincre les élus, sont les clés d'une transition réussie.

*Éric Vindimian, membre du conseil général de l'Environnement et du Développement durable et de l'Autorité environnementale.*

# Introduction

**DE NOUVEAUX USAGES SE SONT DÉVELOPPÉS** ces dernières années en ville comme déjeuner sur l'herbe, jardiner et produire des fruits et des légumes dans son potager ou au pied de son immeuble. Ces loisirs font rêver, mais que savons-nous des sols urbains sur lesquels des projets de potager prennent (ou ont pris) forme ? Le verdissement urbain est-il toujours synonyme de milieu sain ?

Au-delà du cadre des jardins, une notion a envahi la scène médiatique, celle d'« agriculture urbaine » (AU). Il s'agit d'un concept d'actions défendu par des ingénieurs agronomes travaillant parfois en lien étroit avec de grands groupes immobiliers, des collectivités, des associations, mais aussi la grande distribution ou encore des *start-up*. Un paradoxe existe pourtant dans cette démarche. Alors que l'idée initiale de ces ingénieurs est de promouvoir l'usage des sols (péri)urbains<sup>4</sup> à des fins alimentaires, la qualité de ceux-ci, et plus largement des substrats de culture mobilisés pour l'AU, est encore amplement méconnue. La question de l'aptitude de ces sols à ces usages est donc posée. Cet ouvrage, en s'appuyant sur diverses recherches menées en science du sol, biogéochimie, écotoxicologie, pédologie, histoire, sociologie et droit, a l'ambition d'éclairer les nombreux débats et controverses que suscite le développement de cultures alimentaires, et d'interroger les usages récréatifs attribués aux sols des villes et de leur périphérie.

La notion d'AU pose question dans son rapport au sol. Elle cherche à regrouper des entités totalement différentes, par exemple un container déconnecté du sol, qui produit des fraises toute l'année dans des conditions contrôlées, et un jardin partagé prônant la permaculture, qui met en avant le lien avec la terre. Elle met sur le même plan des jardins « où l'on consomme ce qui vient » et des *start-up* portées par la productivité nourrie aux technologies 2.0 et par la recherche de profits. Alors que nombre de citoyens souhaitent retisser un lien avec la terre, l'AU a plutôt tendance à s'en éloigner avec la création d'univers souvent artificialisés (cultures hors-sol, toits potagers). Elle pourrait même participer à la destruction de terres (péri)urbaines (construction d'immeubles avec toit potager en lieu et place de ces terres agricoles) ou contribuer à détruire une végétation spontanée au profit de systèmes de productions dits « contrôlés ». On le voit bien, les motifs de controverses sont nombreux.

Non réglementée, contrairement à l'air et l'eau, la contamination des sols, qualifiée de « pollution » sur la base de risques environnementaux et sanitaires, est aussi moins vulgarisée auprès du grand public. Cet ouvrage collectif souhaite d'abord apporter des clefs de compréhension à partir des connaissances produites sur les sols (péri)urbains. Il a également pour objectif de communiquer sur les incertitudes qui demeurent pour éclairer le

---

4 Le terme « (péri)urbain » sera utilisé dans cet ouvrage pour signifier que l'on parle de sols urbains et péri-urbains.

débat sur ce que l'on sait et ce que l'on ignore encore. Le temps du débat démocratique sur la qualité des sols est aujourd'hui une nécessité au regard des nombreux enjeux que pose l'aménagement de nos villes impliquant des questionnements sur le devenir de nos campagnes. Ce livre s'adresse aux citoyens, jardiniers amateurs et professionnels, usagers, collectivités, gestionnaires, aménageurs, associations et chercheurs.

Pourquoi ces sols sont-ils si difficiles à gérer ? Les sols (péri)urbains sont des milieux complexes qui peuvent présenter, de par leur histoire et/ou leur environnement passé et actuel, des qualités agronomiques potentiellement médiocres, sans compter les risques environnementaux et sanitaires qu'ils peuvent engendrer. Ils peuvent en effet être le réceptacle de déchets et de contaminants variés en lien avec les activités humaines : héritage de friches ou d'activités industrielles, décharges sauvages ou non, remblais, apports d'eaux usées ou d'amendements contaminés, surdosage en produits phyto-pharmaceutiques, retombées de pollutions aériennes diffuses (émissions industrielles en lien avec le transport routier, le chauffage urbain, etc.). En outre, les sols urbains présentent une forte hétérogénéité, et donc une qualité très variable, parfois à des échelles métriques. Pourtant, ils sont, depuis les années 2000, de plus en plus utilisés à des fins récréatives ou alimentaires. Les gestionnaires et les collectivités sont fréquemment sollicités pour créer de nouveaux jardins collectifs. Certains usagers se posent des questions sur la qualité des milieux ainsi fréquentés et des produits cultivés en milieu (péri)urbain.

Cet ouvrage collectif résulte d'une manifestation organisée par le groupe de travail « Risques liés aux jardins collectifs et privatifs urbains », l'Agence d'écologie urbaine de la ville de Paris, les UMR SAD-APT et ECOSYS d'INRAE, le LabEx BASC, le projet POLLUSOLS et la fédération FIRE, le 13 mai 2019 à la Maison des acteurs du Paris durable. Il s'agissait de créer des synergies entre diverses approches pour dresser un état des lieux des connaissances sur les sols (péri)urbains, des interrogations qu'ils posent lorsqu'ils sont destinés à une production alimentaire, et des perspectives envisageables de gestion de la pollution. Un dialogue s'est engagé entre des jardiniers, des collectivités, des gestionnaires et des chercheurs en sciences biotechniques et en sciences sociales sur les enseignements à tirer de nos expériences respectives afin d'apporter, le cas échéant, des éléments de réponse aux problèmes que pose la pollution de ces sols.

L'ouvrage porte sur des présentations issues d'expériences relatives aux sols urbains pollués, aux démarches de politiques publiques en cours d'élaboration à Paris et en région, et de programmes de recherche sur des questions afférentes à la qualité du milieu urbain. Prenant appui sur divers exemples, il apparaît important de comprendre ce qui a façonné les sols urbains au cours des siècles en retraçant leurs trajectoires sur le temps long. L'ouvrage vise également à présenter des expériences de collaborations entre usagers, gestionnaires et chercheurs sur la question des sols, qu'il s'agisse des sols en zone péri-urbaine comme sur les sites de Chanteloup-les-Vignes ou de jardins collectifs comme celui des Églantiers à Nantes. L'analyse relative à la responsabilité des acteurs en cas de pollution des sols de jardins collectifs est riche d'enseignements.

Le problème des polluants minéraux a été élargi en intégrant les questions relatives aux résidus médicamenteux potentiellement présents dans les boues de station d'épuration. Les conséquences de la contamination par les micro- et nano-plastiques sont encore peu connues ainsi que celle des composts urbains ou de certains substituants du plomb dans l'essence qui tous impactent les sols. La question de la gestion des pollutions par les phytotechnologies sera traitée ; il s'agit de revisiter l'engouement pour ces technologies parfois portées par des annonces de marketing territorial au regard de leur complexité liée à l'utilisation du vivant. Pour autant, sous certaines conditions, elles offrent des opportunités pour façonner la ville de demain. D'une façon plus générale, se pose la question de la durabilité de ces espaces urbanisés : comment les polluants présents dans les sols risquent d'évoluer dans une perspective de dérèglement climatique avec des épisodes accrus de sécheresse ou d'excès d'eau ?

Nos travaux de recherche montrent qu'il devient indispensable de vérifier la compatibilité entre les qualités chimique et biologique des sols et leurs usages si l'on veut avoir une vision à long terme des territoires dans le cadre du développement durable. L'enjeu est de réfléchir collectivement aux questions complexes d'évaluation et de gestion des risques écotoxicologiques et sanitaires liés aux territoires (péri)urbains sans négliger les interactions avec les territoires ruraux. Pour cela, cet ouvrage collectif donne la parole aux gestionnaires, jardiniers, experts et scientifiques en sciences biotechniques et en sciences sociales. Il explore ces interrogations à travers quatre parties distinctes et complémentaires. La première partie cherche à dresser un bilan des connaissances et des incertitudes sur la contamination des sols dans diverses régions françaises ; elle pose aussi la question émergente de la qualité des composts urbains dans un contexte d'économie circulaire urbaine. La deuxième partie poursuit cette discussion en distribuant la parole à divers acteurs qui s'interrogent sur l'évaluation des risques environnementaux et sanitaires liés aux sols urbains. La troisième partie souligne toute l'importance de prendre en compte le temps long pour comprendre les divers héritages qui peuvent impacter durablement ces sols et pose la question des responsabilités en cas de contamination des sols. Enfin, la quatrième partie pointe des enjeux de recherche importants, parmi d'autres, liés à ces milieux. À l'appui de ces études et de ces retours d'expériences, une question centrale se pose : les sols (péri)urbains sont-ils cultivables ?



**Partie I**

**La contamination  
des sols : état  
des connaissances  
et enjeux**

D. Montagne et P. Branchu, coord.

**ÉPIDERME DE LA TERRE** et interface entre l'atmosphère, la biosphère, l'hydrosphère et la lithosphère, les sols contribuent à de très nombreux services offerts par la nature tels que la production de nourriture, de fibres et d'eau, la régulation du climat global et local, des inondations pour n'en citer que quelques-uns. Les sols sont ainsi indispensables au développement et au bien-être des populations humaines. Les sols (péri)urbains restent toutefois des objets particulièrement méconnus. Représentant de petites surfaces difficilement accessibles et dont les caractéristiques peuvent s'écarter grandement de celles de leurs homologues naturels, forestiers et agricoles, ils ont longtemps été négligés par les spécialistes des sols. C'est ainsi qu'il faudra attendre le tournant des années 1990 et surtout des années 2000 pour voir l'introduction dans les principales classifications nationales et internationales des sols fortement modifiés ou fabriqués par l'homme. Les techniciens de l'aménagement regardent généralement quant à eux ces sols comme de simples supports physiques au développement de la ville et de ses activités.

La reconnaissance des sols (péri)urbains comme des objets d'étude à part entière s'est accompagnée d'un besoin de caractériser leur qualité. Celle-ci a principalement été abordée sous deux angles complémentaires : un angle sanitaire s'appuyant sur la mesure des niveaux de contamination des sols urbains et un angle agronomique visant à évaluer leur capacité à servir de support à une biomasse végétale nourricière ou ornementale. Une partie des sols en milieu urbain contiennent en proportion variable des constituants d'origine anthropique (matériaux de construction, déchets et sous-produits des industries minières, métallurgiques ou chimiques, etc.) que l'on ne retrouve habituellement pas dans les sols naturels et qui peuvent expliquer la présence de substances polluantes dans le profil du sol. De plus, les multiples changements d'occupation, d'usage et de pratiques vécus par les sols (péri)urbains au cours de leur histoire (partie III) ont généré une très grande hétérogénéité spatiale de leurs propriétés. Évaluer la qualité des sols urbains a ainsi nécessité d'adapter les concepts, les approches et les outils classiquement utilisés pour évaluer la qualité des sols naturels à ces spécificités (chapitre 1 et interview D. Montagne, p. 80). Des méthodologies pratiques mobilisables pour la détermination et l'interprétation des valeurs dites de fonds dans les sols urbains ont récemment été publiées (ADEME, 2018). Utilisées à bon escient et dans le strict cadre de leur domaine de validité, ces valeurs de fonds constituent de précieux outils pour aider les acteurs publics et privés à identifier des contaminations des sols ou réguler les transferts de matériaux terreux (chapitres 2 et 3).

La constitution d'une base de données nationale sur les sols urbains (encadré 1-1) apparaît aujourd'hui nécessaire pour aider à leur gestion. La mutualisation de telles données pourrait permettre à terme d'économiser des coûts d'échantillonnage et d'analyse, de construire une vision globale et partagée de la qualité des sols urbains, de mieux connaître les facteurs environnementaux contrôlant les niveaux de contamination ou encore d'anticiper d'éventuelles situations à risque en orientant les usages en amont des aménagements.

La politique de gestion des sols pollués (chapitre 1) repose sur la compatibilité entre le ou les usages du site et les risques sanitaires associés aux niveaux de contamination



(MEEM, 2017). Lorsque le risque est considéré comme inacceptable, les mesures visant à supprimer (excavation, traitement, etc.) ou au minimum à confiner la source de pollution sont privilégiées dans un premier temps. L'excavation des terres polluées et leur remplacement par de la terre végétale d'origine agricole (chapitre 2) sur une épaisseur de 30-40 cm sont ainsi une solution couramment mise en œuvre dans l'aménagement urbain. Cette solution est principalement adaptée à des pollutions d'extension spatiale limitée mais devient techniquement irréaliste ou financièrement disproportionnée lorsque la surface (ou le volume) des matériaux pollués augmente (chapitre 3 et encadré 2-1). Elle est par ailleurs incompatible avec les principes de l'économie circulaire et de préservation des ressources naturelles en sol. Lorsque la suppression d'une pollution n'est pas possible ou n'est que partielle, la gestion des pollutions résiduelles repose alors sur l'évaluation de l'exposition des populations (chapitre 3) et des enjeux environnementaux (eau, biodiversité). La nécessité de réduire les risques en premier lieu pour les populations et secondairement pour l'environnement peut alors conduire à adapter les usages des sols pollués.

En complément des mesures visant à faciliter l'identification, à répertorier puis à gérer les sols pollués hérités des successions historiques d'usages et de pratiques, des mesures réglementaires ont cherché à limiter autant que possible les flux de contaminants vers les sols (suppression du plomb dans l'essence, la politique du zéro phyto, etc.). Pour autant, l'impact de nombreuses pratiques courantes (brûlage des déchets verts, utilisation de composts auto-produits, etc.) sur les niveaux de contamination des sols urbains et l'exposition des populations est encore très peu connu et reste aujourd'hui à étudier (chapitre 3, chapitre 4).

# 1. Les sols (péri)urbains : entre gradients d'anthropisation et de contamination

Philippe Branchu et David Montagne

**LES SOLS SONT LES PRODUITS, EN PERPÉTUELLE ÉVOLUTION, DU REMANIEMENT, DE LA TRANSFORMATION ET DE L'ORGANISATION** de la partie supérieure de la croûte terrestre, appelée « matériel parental », sous l'action des facteurs « naturels » de pédogenèse<sup>5</sup> : climat, organismes vivants, position dans le relief et le temps. La pluralité des combinaisons possibles entre ces divers facteurs, de l'échelle parcellaire à l'échelle planétaire, est à l'origine de l'extrême diversité spatiale des sols et de leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques. Cette diversité des propriétés des sols se traduit non seulement en termes d'abondance d'éléments recherchés par l'agriculteur ou le jardinier comme le carbone organique ou les éléments nutritifs, mais aussi en termes d'éléments et de concentration non souhaités (éléments traces métalliques).

En milieu (péri)urbain, de nombreuses activités humaines, passées ou contemporaines, involontaires aussi bien que volontaires, se superposent aux facteurs dits « naturels ». Si certains sols relictuels, considérés ici comme des fragments de la couverture pédologique initiale formés sous contrôle des seuls facteurs « naturels », peuvent encore s'observer en milieu (péri)urbain, la plupart des sols y ont été artificialisés à des degrés divers. Ils ont ainsi été le plus souvent :

- compactés involontairement par la circulation (à pied, des engins) ou volontairement pour améliorer leur constructibilité ;
- remaniés par des opérations de nivellement ou de talutage ;
- creusés superficiellement (décapage) ou totalement (excavation) puis transportés ;
- mélangés et/ou recouverts avec divers matériaux terreux (« terres végétales », sables, cailloutis, etc.) ou technologiques (sous-produits et déchets des activités minières, industrielles, de construction ou artisanales, etc.) ;
- ou finalement scellés par des constructions ou diverses formes de revêtements imperméables.

5. La pédogenèse est un ensemble de processus conduisant, à partir d'un matériau parental et sous l'influence de facteurs environnementaux, à la formation d'un sol. Les trois processus fondamentaux de la pédogenèse des sols naturels sont l'altération des roches, l'incorporation et l'évolution de matières organiques et les mouvements/accumulations de matière intervenant à l'état soluble, pseudosoluble ou solide (Duchaufour, 1983).

Les activités humaines ne se contentent pas de modifier plus ou moins radicalement les sols originels, elles sont également de potentielles sources de contamination. C'est le cas des activités industrielles en cas d'accidents, de rejets insuffisamment contrôlés ou épurés, mais aussi de la réutilisation de déchets et de sous-produits (ex : miniers) comme remblais. D'autres activités humaines, plus ordinaires, comme le recyclage des déchets en agriculture (eaux usées, boues de station d'épuration, etc.) ou encore la gestion et l'entretien des espaces publics (parcs et jardins, terrains de sport, cimetières, voiries et trottoirs, etc.) ou privés (jardins potagers et d'agrément) sont également susceptibles de contaminer les sols. À ces contaminations localisées, s'ajoutent des contaminations diffuses associées aux dépôts atmosphériques, humides ou secs. Les sources de ces dépôts, d'origine plus ou moins lointaine, sont particulièrement présentes en milieu urbain (circulation motorisée, chauffage, etc.). Les sols (péri)urbains peuvent ainsi présenter des formes de contaminations extrêmement diverses et fréquemment multiples.

Ces sols représentent au final une mosaïque de situations extrêmement diversifiées depuis des sols relictuels jusqu'aux sols construits, depuis des sols non contaminés jusqu'à des sols multicontaminés. Cette mosaïque pédologique est d'autant plus difficile, sinon impossible, à prédire que les historiques d'occupations humaines successives sont anciens, complexes et très rarement renseignés avec précision. D'un côté, évaluer les niveaux passés et actuels de contamination des sols (péri)urbains, de l'autre, stopper ou du moins limiter les sources de contamination de ces sols représentent deux enjeux majeurs pour leur gestion à long terme.

## Détecter et mesurer la contamination des sols (péri)urbains

**LES ACTIVITÉS HUMAINES PEUVENT ÊTRE RESPONSABLES D'EXCÈS** d'éléments naturellement présents dans les sols comme :

- l'azote (N) ou le phosphore (P) qui participent à l'eutrophisation des milieux et *in fine* à la banalisation des formations végétales spontanées des zones (péri)urbaines (Fernez *et al.*, 2015) ;
- les éléments traces métalliques et métalloïdes (ETM) tels que l'arsenic, le cadmium, le mercure, le plomb, le cuivre ou le zinc.

D'autres types de contaminants sont au contraire majoritairement (hydrocarbures aromatiques polycycliques [HAP], dioxines, furanes, etc.) ou exclusivement (polychlorobiphényles [PCB], pesticides tels que l'atrazine, etc.) d'origine anthropique. On qualifie de « contamination » la présence de substances (plomb, mercure, etc.) en concentration significativement supérieure à une gamme de concentrations définie comme habituelle. Le terme de « pollution » est alors réservé aux situations dans lesquelles une ou plusieurs substances sont en quantités suffisamment élevées pour avoir un impact sur la santé humaine ou sur l'environnement.

Détecter et mesurer la contamination d'un sol (péri)urbain peut, à première vue, apparaître comme une opération relativement simple, en particulier lorsqu'il s'agit de substances que

l'on ne trouve pas normalement dans les sols (par exemple, l'atrazine) et dont la détection suffit à démontrer l'existence d'une contamination et à mesurer son amplitude. Cette problématique est beaucoup plus complexe dès lors que les contaminants ont une origine mixte (naturelle et anthropique), comme les ETM. Cette complexité vaut aussi pour des contaminants d'origine strictement anthropique d'ores et déjà largement dispersés dans l'environnement parfois à l'échelle continentale ou mondiale comme c'est le cas des PCB. La détection et la caractérisation de l'amplitude d'une contamination nécessitent alors une comparaison avec une valeur indicative au-delà de laquelle le sol sera considéré comme affecté par des apports significatifs d'origine anthropique.

## ■ Fonds pédo-géochimiques

Parmi les différentes valeurs indicatives susceptibles de servir de référence pour identifier une contamination et caractériser son amplitude, on distingue :

- le fond pédo-géochimique naturel ;
- l'anomalie pédo-géochimique naturelle ;
- le fond pédo-géochimique anthropisé.

Le fond pédo-géochimique naturel (figure 1-1) correspond à la gamme de concentrations d'une substance observée dans les horizons de sol non perturbés (de surface ou profonds) sous l'effet des seuls processus géologiques, pédologiques et biochimiques additionnés d'éventuels apports diffus d'origine naturelle associés par exemple à des feux de forêts, des éruptions volcaniques, etc. (ADEME, 2018). L'anomalie pédo-géochimique naturelle caractérise une situation qui, en raison d'un contexte géologique spécifique ou d'une évolution pédologique particulière, présente des concentrations inhabituellement fortes en une ou plusieurs substances par rapport à ce qui est observé sur le reste du territoire (figure 1-1). Enfin, l'addition à ce fond pédo-géochimique naturel d'apports diffus liés aux activités humaines constitue alors le fond pédo-géochimique anthropisé. Cette dernière référence est aujourd'hui la plus utilisée, au moins pour les horizons de surface des sols, compte tenu de l'ubiquité des apports diffus d'origine anthropique. En milieu agricole, les teneurs agricoles habituelles (TAH) désignent ainsi la gamme des concentrations observées pour un contexte géographique défini dans les horizons de surface des sols agricoles soumis à des pratiques agricoles « usuelles » (amendements, fertilisation, protection phytosanitaire, etc.), en l'absence d'apports massifs d'origine industrielle ou minière (figure 1-1). Lorsque les activités humaines sont responsables d'une concentration inhabituelle en une ou plusieurs substances dans un sol, on utilise alors le terme d'« anomalie pédo-géochimique anthropisée » (ADEME, 2018). Si cette anomalie est généralement ponctuelle, localisée autour d'une source de pollution (site industriel, proximité d'une route, remblais, etc.), elle peut également avoir une extension géographique importante.