

## Limites et opportunités à la prise en compte des sols dans le secteur de la construction :

Analyse par les représentations dans les projets de quartier en région lausannoise

Tobias Pannatier

Sous la direction de la Professeure Joëlle Salomon Cavin  
Sous l'expertise de Guillaume Raymondon



*Ce travail n'a pas été rédigé en vue d'une publication, d'une édition ou diffusion. Son format et tout ou partie de son contenu répondent donc à cet état de fait. Les contenus n'engagent pas l'Université de Lausanne. Ce travail n'en est pas moins soumis aux règles sur le droit d'auteur. À ce titre, les citations tirées du présent mémoire ne sont autorisées que dans la mesure où la source et le nom de l'auteur-e sont clairement cités. La loi fédérale sur le droit d'auteur est en outre applicable.*

*Je déclare sur l'honneur avoir déposé la version finale de mon manuscrit.*

Illustration de la page de garde : Machine sur piste en rondins constituant un matelas protégeant les sols de la compaction et témoignant d'une intégration effective des enjeux propres à la protection des sols dans la construction par les acteurs du projet, Oerlikon, Zürich (Auteur, 2024).



## Remerciements

Je tiens dans un premier temps à remercier la Professeure Joëlle Salomon Cavin pour avoir assuré la direction de ce mémoire, pour avoir été disponible tout du long de sa réalisation, pour ses conseils et pour m'avoir donné l'opportunité de « creuser » cette thématique passionnante.

Je souhaite également remercier M. Guillaume Raymondson pour avoir accepté d'être l'expert lors de l'évaluation de ce mémoire, et également pour sa disponibilité, son aide précieuse et pour m'avoir fait connaître cette thématique.

De manière générale, je remercie vivement les personnes ayant participé aux entretiens pour le temps consacré à ces moments d'échanges, sans lesquels la réalisation de ce travail n'aurait pas été possible.

Merci aussi à mes amis et amies pour tous ces moments de légèreté et particulièrement à ma *treue Sitznachbarin Yanara* pour avoir rendu beaucoup plus drôles toutes ces heures passées à la bibliothèque.

Enfin, un immense merci à mes parents et ma famille pour m'avoir soutenu durant ce travail et pendant mes études, et sans qui tout cela n'aurait pas été possible.



## Résumé

Face au rythme toujours croissant des dégradations des sols, l'intégration des sols dans la planification spatiale devient un élément crucial des réponses institutionnelles. Ce travail propose de mettre en évidence les éventuels freins et opportunités situés au dernier échelon de la planification spatiale en prenant comme point de départ les représentations. Au travers d'une série d'entretiens semi-directifs réalisés auprès d'acteurs de la construction participant à des projets de quartier dans l'agglomération lausannoise, trois figures-types des sols sont identifiées et leur influence sur la mise en œuvre d'une gestion circulaire des matériaux terreux, mais également sur la gestion durable des sols en général est mise en lumière. Le travail souligne également des freins ne se rattachant pas aux représentations et révèle des leviers d'action à activer. La recherche future devrait se concentrer sur le métabolisme urbain des sols afin de différencier les modes de gestion des sols non-durables des modes durables ainsi que sur l'éllicitation des modèles mentaux actuels afin de mieux saisir les représentations actuelles et leurs alternatives.

### **Mots-clés :**

Dégradations des sols, planification spatiale, représentations des sols, construction, protection des sols sur les chantiers, économie circulaire.



# Table des matières

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Remerciements .....</b>                                                                | <b>2</b>  |
| <b>Résumé.....</b>                                                                        | <b>4</b>  |
| <b>Tables des illustrations .....</b>                                                     | <b>9</b>  |
| <b>Liste des abréviations et acronymes.....</b>                                           | <b>11</b> |
| <b>1 Avant-propos.....</b>                                                                | <b>12</b> |
| <b>2 Contexte .....</b>                                                                   | <b>12</b> |
| 2.1 Sols et sociétés humaines .....                                                       | 12        |
| 2.2 Dégradations des sols et tendances actuelles.....                                     | 15        |
| 2.3 Urbanisation et dégradations des sols.....                                            | 17        |
| 2.4 Réactions institutionnelles globale et européenne.....                                | 23        |
| 2.5 Réaction suisse .....                                                                 | 25        |
| <b>3 État de l’art.....</b>                                                               | <b>30</b> |
| 3.1 Évaluation de la réponse suisse .....                                                 | 30        |
| 3.2 Les sols en ville .....                                                               | 33        |
| 3.3 L’écologie politique .....                                                            | 34        |
| 3.4 Le métabolisme urbain et l’économie circulaire .....                                  | 36        |
| 3.5 Les services écosystémiques des sols.....                                             | 38        |
| 3.6 Les sols dans leur dimension socio-culturelle – Ontologies, représentations et récits | 41        |
| <b>4 Synthèse intermédiaire.....</b>                                                      | <b>47</b> |
| <b>5 Problématique.....</b>                                                               | <b>50</b> |
| <b>6 Méthodologie .....</b>                                                               | <b>53</b> |
| 6.1 Matériel et cas d’étude.....                                                          | 53        |
| 6.2 Entretiens .....                                                                      | 54        |
| 6.2.1 Entretien exploratoire .....                                                        | 55        |
| 6.2.2 Entretiens semi-directifs.....                                                      | 56        |
| 6.3 Limites méthodologiques .....                                                         | 59        |
| <b>7 Résultats.....</b>                                                                   | <b>60</b> |

|                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.1 Représentations des sols .....                                               | 60         |
| 7.1.1 Les sols marginalisés .....                                                | 60         |
| 7.1.2 Les sols comme enjeu technique et réglementaire .....                      | 65         |
| 7.1.3 Les sols comme enjeu environnemental.....                                  | 70         |
| 7.1.4 Synthèse intermédiaire .....                                               | 72         |
| 7.2 Circulation des connaissances .....                                          | 76         |
| 7.2.1 Mobilisation et transmission de l'information pédologique .....            | 76         |
| 7.2.2 Sensibilisation, médiation et formation.....                               | 80         |
| 7.2.3 Synthèse intermédiaire .....                                               | 83         |
| 7.3 Pratiques .....                                                              | 85         |
| 7.3.1 Gestion des matériaux terreux.....                                         | 85         |
| 7.3.2 Gestion de la pollution .....                                              | 91         |
| 7.3.3 Technosols construits .....                                                | 95         |
| 7.3.4 Pesée des intérêts.....                                                    | 97         |
| 7.3.5 Planification en amont.....                                                | 98         |
| 7.3.6 Gestion globale des sols .....                                             | 101        |
| 7.3.7 Synthèse intermédiaire .....                                               | 103        |
| <b>8 Discussion.....</b>                                                         | <b>107</b> |
| 8.1 Limites et opportunités à la gestion circulaire des sols .....               | 108        |
| 8.2 Influence des représentations .....                                          | 110        |
| <b>9 Conclusion.....</b>                                                         | <b>113</b> |
| <b>10 Bibliographie .....</b>                                                    | <b>115</b> |
| 10.1 Textes législatifs .....                                                    | 115        |
| 10.2 Documents administratifs .....                                              | 115        |
| 10.3 Littérature scientifique.....                                               | 118        |
| 10.4 Autres sources.....                                                         | 125        |
| <b>11 Annexes.....</b>                                                           | <b>125</b> |
| 11.1 Grille d'entretien.....                                                     | 125        |
| 11.1.1 Maitrises d'ouvrage et bureaux d'assistance à la maîtrise d'ouvrage ..... | 125        |
| 11.1.2 Pédologues.....                                                           | 126        |
| 11.1.3 Maitrises d'œuvre.....                                                    | 128        |
| 11.1.4 Entreprises .....                                                         | 129        |
| 11.1.5 Personnels d'administration en charge de l'urbanisme et aménagement.....  | 130        |
| 11.1.6 Propriétaires privés.....                                                 | 131        |



## Tables des illustrations

|                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 1 : Proposition schématique d'une représentation des sols, de leurs différentes couches, horizons (O, A, B et C) et des fonctions qu'elles assurent (Confédération suisse, 2020).....                                  | 13  |
| Figure 2 : Schéma de la zone critique témoignant de la place centrale des sols dans les écosystèmes terrestres (Krzywoszynska, Banwart & Blacker, 2020). ....                                                                 | 14  |
| Figure 3 : Schéma présentant les réaffectations de surfaces entre les surfaces agricoles, boisées, improductives et d'habitat et d'infrastructure sur la période 1985-2018 (Biedermann, 2021). ....                           | 17  |
| Figure 4 : Évolution des surfaces d'habitat et d'infrastructure sur la période 1985-2018, d'après leur ancienne utilisation (Biedermann, 2021).....                                                                           | 19  |
| Figure 5 : Évolution des surfaces d'habitat et d'infrastructure par rapport à la population, 1985-2018 (Biedermann, 2021). ....                                                                                               | 20  |
| Figure 6 : Évolution du pourcentage d'imperméabilisation du territoire suisse sur la période 1985-2018 (Confédération suisse (OFS), 2024). ....                                                                               | 21  |
| Figure 7 : Sol compacté (État de Fribourg, 2018). ....                                                                                                                                                                        | 22  |
| Figure 8 : Schéma représentant un métabolisme linéaire d'une ressource (Confédération suisse, 2024). ....                                                                                                                     | 29  |
| Figure 9 : Schéma représentant un métabolisme circulaire d'une ressource, (Confédération suisse, 2024). ....                                                                                                                  | 29  |
| Figure 10 : Schéma établissant les sols comme fournisseurs de services écosystémiques (Walter et al., 2015). ....                                                                                                             | 39  |
| Figure 11 : Schéma de la proposition de transition d'une approche foncière des sols les abordant comme biens économiques à une approche vivante considérant également leurs fonctions écologiques (Georges et al., 2022)..... | 44  |
| Figure 12 : Chantier du quartier Horizon, Chavannes-près-Renens (Orlati, 2023).....                                                                                                                                           | 54  |
| Figure 13 : Tableaux récapitulatifs des étapes de planification et de la répartition des tâches le long d'un projet pouvant impacter les sols (Kündig & Petriccioli, 2010). ....                                              | 77  |
| Figure 14 : Piste en grave, en rondin, et en plaques emboitables (Techni, 2018). ....                                                                                                                                         | 84  |
| Figure 15 : Schéma représentant en haut une gestion courte et circulaire, plus ou moins sur site, des sols dans un projet, et en bas une gestion hors site et linéaire des sols (Georges et al., 2022). ....                  | 104 |
| Figure 16 : Vue aérienne du quartier Églantine, Morges, (MorgesAvenir, s.d.). ....                                                                                                                                            | 112 |
| Tableau 1 : Tableau descriptif des acteurs interviewés (Auteur, 2025) . ....                                                                                                                                                  | 57  |
| Tableau 2 : Tableau récapitulatif des figures-types des représentations (Auteur, 2025). ....                                                                                                                                  | 75  |



## Liste des abréviations et acronymes

|               |                                                                                |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>BAMO</b>   | Bureau d'assistance à la maîtrise d'ouvrage                                    |
| <b>CAMAC</b>  | Chambre des autorisations en matière de construction                           |
| <b>DGE</b>    | Direction générale de l'environnement                                          |
| <b>DGTL</b>   | Direction générale du territoire et du logement (Anciennement SDT)             |
| <b>DT</b>     | Direction des travaux                                                          |
| <b>EEA</b>    | Espace économique européen                                                     |
| <b>FAO</b>    | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture            |
| <b>LAgr</b>   | Loi fédérale sur l'agriculture                                                 |
| <b>LAT</b>    | Loi fédérale sur l'aménagement du territoire                                   |
| <b>LChP</b>   | Loi fédérale sur la chasse et la protection des mammifères et oiseaux sauvages |
| <b>LEaux</b>  | Loi fédérale sur la protection des eaux                                        |
| <b>LFO</b>    | Loi fédérale sur les forêts                                                    |
| <b>LPE</b>    | Loi fédérale sur la protection de l'environnement                              |
| <b>LPN</b>    | Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage                      |
| <b>MO</b>     | Maîtrise d'ouvrage                                                             |
| <b>OFEV</b>   | Office fédérale de l'environnement                                             |
| <b>ONU</b>    | Organisation des Nations Unies                                                 |
| <b>OSol</b>   | Ordonnance sur les atteintes portées aux sols                                  |
| <b>PA</b>     | Plan d'affectation                                                             |
| <b>PFAS</b>   | Substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées                             |
| <b>PNR 68</b> | Projet national de recherche 68 « Utilisation durable de la ressource sol »    |
| <b>SDT</b>    | Service du développement territorial (Actuellement : DGTL)                     |
| <b>SIA</b>    | Société suisse des ingénieurs et des architectes                               |
| <b>UNDRR</b>  | Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques et des catastrophes     |
| <b>ZAN</b>    | Zéro artificialisation nette                                                   |

# 1 Avant-propos

Avant d'aborder ce travail, il est important de garder à l'esprit que les sols font l'objet de diverses représentations et définitions. En effet, comme mentionné par Osman (2013), « [e]verybody is familiar with soils, and everybody has his own ideas about soil. These ideas differ from people to people because they think of soils in different ways, or they use soils for different purposes. » (p. 1)

Le but de ce travail étant en partie d'identifier les représentations à partir desquelles les acteurs de la construction abordent les sols, ces derniers ne sont pas abordés à partir d'une définition unique et figée, mais au contraire comme un objet pluriel, dont la signification varie selon les disciplines, les rôles professionnels et les contextes d'intervention. Cette diversité de représentations invite à adopter une approche ouverte, attentive aux définitions situées et aux conséquences pratiques qui en découlent. Dans la même logique, en ce qu'elles dépendent de définitions situées, les réponses institutionnelles à la crise des sols actuelle doivent elles-aussi être considérées comme situées.

Toutefois, afin de maintenir une lisibilité des enjeux environnementaux sous-jacents, notamment ceux liés aux dégradations des sols, ce mémoire mobilise à titre de référence la conception pédologique des sols. Celle-ci considère les sols comme une formation naturelle constituée de plusieurs horizons (couches), résultant de processus physico-chimiques et biologiques, et assurant des fonctions essentielles telles que la production alimentaire, la régulation hydrique, la séquestration du carbone ou encore la filtration des polluants. Il ne s'agit pas ici de figer le sens du terme, mais de proposer une base de référence qui permette de faire apparaître les représentations des sols et leurs pratiques associées.

## 2 Contexte

Ce chapitre vise à présenter brièvement l'importance des sols, l'état actuel de leurs dégradations ainsi que les réponses institutionnelles aux niveaux global, européen et suisse.

### 2.1 Sols et sociétés humaines

Dans leurs définitions pédologique ou écologique, les sols sont généralement considérés comme faisant référence à la couche superficielle de la croûte terrestre d'environ un mètre d'épaisseur (fig. 1). Cette couche est composée d'un amalgame de matériaux organiques et inorganiques non consolidés comportant des pores accueillant de l'air et de l'eau. Déterminés par divers facteurs abiotiques et biotiques, tels que le climat, les organismes vivants ou encore

le temps, les sols sont à la fois le résultat et le lieu de processus spatio-temporels naturels, tels que des changements physiques, chimiques et biologiques. Les sols agissent en tant que zone d'interaction entre les matériaux géologiques, l'air, l'eau et le vivant, notamment au travers des échanges gazeux, de la percolation d'eau ou de la formation d'humus et peuvent alors être qualifié d'écotone (Osman, 2013).

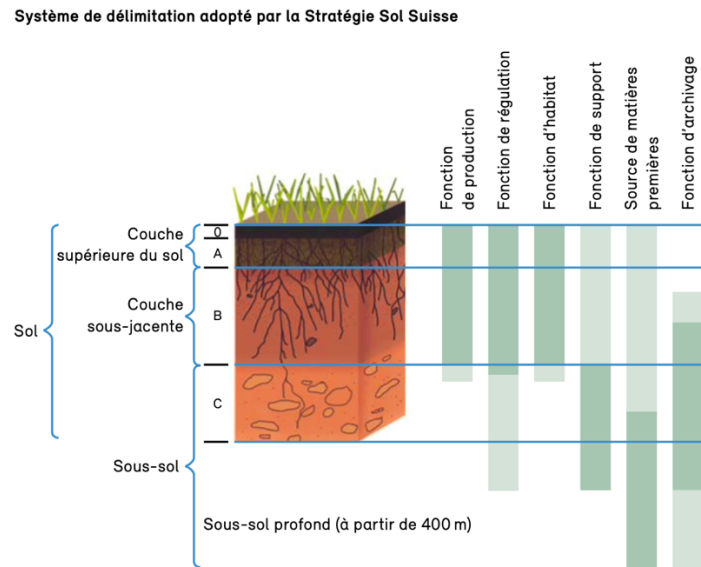


Figure 1 : Proposition schématique d'une représentation des sols, de leurs différentes couches, horizons (O, A, B et C) et des fonctions qu'elles assurent (Confédération suisse, 2020).

En plus de constituer une partie essentielle des écosystèmes terrestres, « *soil is itself an ecosystem in that it harbors a large number of organisms which interact among them and with the physical and chemical soil environment.* » (Osman, 2013, p. 4) Dans cette compréhension, tout comme l'air ou l'eau, les sols jouent un rôle crucial au maintien du vivant dans les écosystèmes terrestres. De par les nombreux processus qui s'y déroulent, le sol remplit en effet de nombreuses fonctions essentielles au maintien de la vie en milieu terrestre (Gobat, Aragno & Matthey, 2013 ; Osman 2013). L'importance des sols et de leurs fonctions peut être mise en évidence par la notion de « zone critique » (fig. 2), cette dernière correspondant à :

« *a narrow band extending from the top of the tree canopy to the bottom of drinking water aquifers. The Critical Zone is Earth's livability ; it is the difference between Earth and the other planets.* » (Krzywoszynska, Banwart & Blacker, 2020, p. 92)

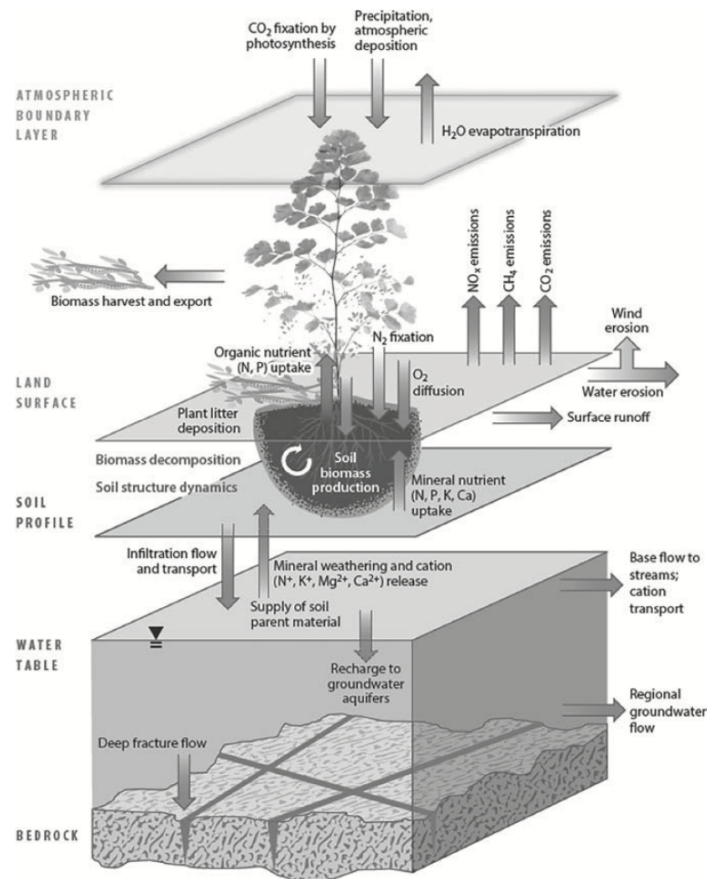


Figure 2 : Schéma de la zone critique témoignant de la place centrale des sols dans les écosystèmes terrestres (Krzywoszynska, Banwart & Blacker, 2020).

Les fonctions des sols sont toutefois menacées par les dégradations des sols à l'échelle mondiale (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation (FAO), 2022 ; Bureau des Nations Unies pour la Réduction des Risques liés aux Catastrophes (UNDRR), s.d.). L'érosion, la salinisation et la baisse de teneur en matière organique figurent parmi les nombreuses altérations qui dégradent leur capacité à assurer leurs fonctions écologiques et agronomiques (Karlen & Rice, 2015). Bien que ces processus naturels soient influencés par des facteurs de même nature, comme le climat, ils sont actuellement exacerbés par des activités humaines mettant en péril, à long terme, la fertilité des sols et la régulation des cycles naturels qu'ils soutiennent (fig.1).

Les sols n'étant pas renouvelables à l'échelle humaine, une gestion durable apparaît alors comme la seule voie permettant de maintenir leurs fonctions indispensables et représente donc par extension un défi majeur pour notre société (Koch et al., 2013 ; Steiger, Knüsel & Rey, 2018 ; Jakob, 2023).

## 2.2 Dégradations des sols et tendances actuelles

Les dégradations des sols consistent en des processus naturels physiques, chimiques et biologiques altérant la structure, la composition et la fonctionnalité de ces derniers. Elles affectent la productivité agronomique des sols et compromettent leurs fonctions écologiques essentielles (Karlen & Rice, 2015). Le rythme auquel les dégradations surviennent est en partie accéléré par divers facteurs externes humains tels que l'affectation du sol et son management (Dragović & Vulević, 2020). En effet, comme le souligne Baumhart, Stewart & Sainju (2015), « *deterioration and soil erosion are frequently a consequence of using unsuitable management practices because soil resource and climatic constraints are not well understood.* » (p. 2937) À titre d'exemple, Virto, Imaz, Fernández-Ugalde, Gartzia-Bengoetxea, Enrique et Bescansa (2015) soulignent le rôle de l'utilisation excessive de produits phytosanitaires et fertilisants dans l'agriculture dans la pollution diffuse, l'influence de pratiques d'irrigations inadéquates dans la salinisation des sols ou encore le management inadéquat de forêt dans la problématique de perte de nutriment des sols dans le secteur de l'agroforesterie.

Les dégradations des sols causées par les activités humaines ne se limitent pas aux secteurs agricole et forestier. L'industrie minière (Rouhani, Skousen & Tack, 2023) et l'urbanisation croissante figurent également parmi les principaux facteurs contribuant à leur détérioration en Europe (Dragović & Vulević, 2020). Longtemps perçue comme une problématique propre à ces premiers domaines seulement, la question des dégradations des sols s'est élargie au cours des vingt-cinq dernières années, intégrant de nouveaux enjeux et objets. Elle occupe aujourd'hui une place centrale dans les débats sur la pollution et les dégradations environnementales (Grandjou & Meuleman, 2023).

En ce qui concerne l'évaluation des dégradations, à l'échelle mondiale, la FAO estime que la qualité de la plupart des sols est médiocre (FAO, 2022). L'UNDRR estime quant à lui à 33% les sols pouvant être qualifiés de moyennement à hautement dégradés. Plus de 40% de ces sols se situent en Afrique, le reste étant situé principalement dans des régions pauvres confrontées à des défis liés à sécurité alimentaire (UNDRR, sd.). Au-delà des enjeux propres à la sécurité alimentaire globale, les dégradations des sols jouent un rôle clé dans plusieurs crises environnementales actuelles plus larges telles que le déclin de la biodiversité et les dérèglements climatiques, enjeux condensés par la littérature dans des notions transversales telles que la *soil security* (Herrick, 2000 ; McBratney, Field & Koch, 2014 ; Tironi, Kearnes, Krzywoszynska, Grandjou & Salazar, 2022).

Ces constats globaux se retrouvent aussi à l'échelle européenne. En 2006 déjà, la Commission européenne affirmait que 60% à 70% des sols étaient de mauvaise qualité (Commission européenne, 2006, cité dans Jakob, 2023). Quinze ans plus tard, la problématique est toujours saillante, la perte de sol étant estimée à une surface de 400 km<sup>2</sup> (Commission européenne, 2021). Récemment, le rapport *2024 State of Soils in Europe* a à nouveau mis en évidence les dégradations croissantes des sols de ces dernières années et réitéré l'urgence de prendre des mesures immédiates pour inverser cette tendance : 60% des sols agricoles européens présentent des concentrations de phosphore excessives et les surplus d'azote demeurent particulièrement élevés dans les régions d'élevage intensif. Par ailleurs, 25% des terres arables irriguées en région méditerranéenne sont impactées par la salinisation, l'érosion hydrique croît à un rythme non soutenable dépassant les capacités de renouvellement des sols et la compaction reste une dégradation prédominante. Finalement, la pollution locale ou diffuse aux métaux lourds, aux pesticides ou à d'autres produits chimiques reste une menace pour les sols, tout comme les changements dans la biodiversité des sols, les changements d'utilisation des sols et l'imperméabilisation (Arias-Navarro, Baritz & Jones, 2024).

La Suisse n'échappe pas aux problématiques de dégradation des sols. Parmi les principales pressions identifiées figurent la pollution aux métaux lourds, l'érosion, la compaction, l'imperméabilisation, les dépôts atmosphériques d'azote ainsi que les changements d'utilisation des sols (Klaus, 2017). Dans le secteur agricole, environ 20% des terres cultivées helvétiques sont considérées comme étant à risque d'érosion, principalement en raison de pratiques d'exploitation inadaptées. Plus largement, les activités agricoles contribuent de manière significative à la perte de biodiversité. À cet égard, les dépôts excessifs d'azote atmosphérique dans les sols affectent 42% des prairies et pâturages secs, 84% des bas-marais, 95% des forêts ainsi que 100% des hauts-marais. Le deux tiers de ces dépôts est imputable à l'agriculture, le reste étant rattaché aux processus de combustion liés aux transports. De plus, les charges critiques d'azote, seuils au-delà desquels des modifications négatives peuvent apparaître, sont dépassées dans 90% des forêts suisses (Conseil fédéral Suisse, 2020).

Les surfaces consacrées à l'habitat et aux infrastructures ont augmenté de près d'un tiers entre 1985 et 2018, principalement au détriment des terres agricoles (Biedermann, 2021) (fig. 3). Deux tiers de ces surfaces étant imperméabilisées (Klaus, 2017), ce type de surface a augmenté d'environ 40% sur la période d'observation 1985-2009 (Biedermann, 2021). Selon l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), cette tendance devrait se poursuivre sous l'effet de la pression démographique croissante sur les terres agricoles (Conseil fédéral Suisse, 2020).

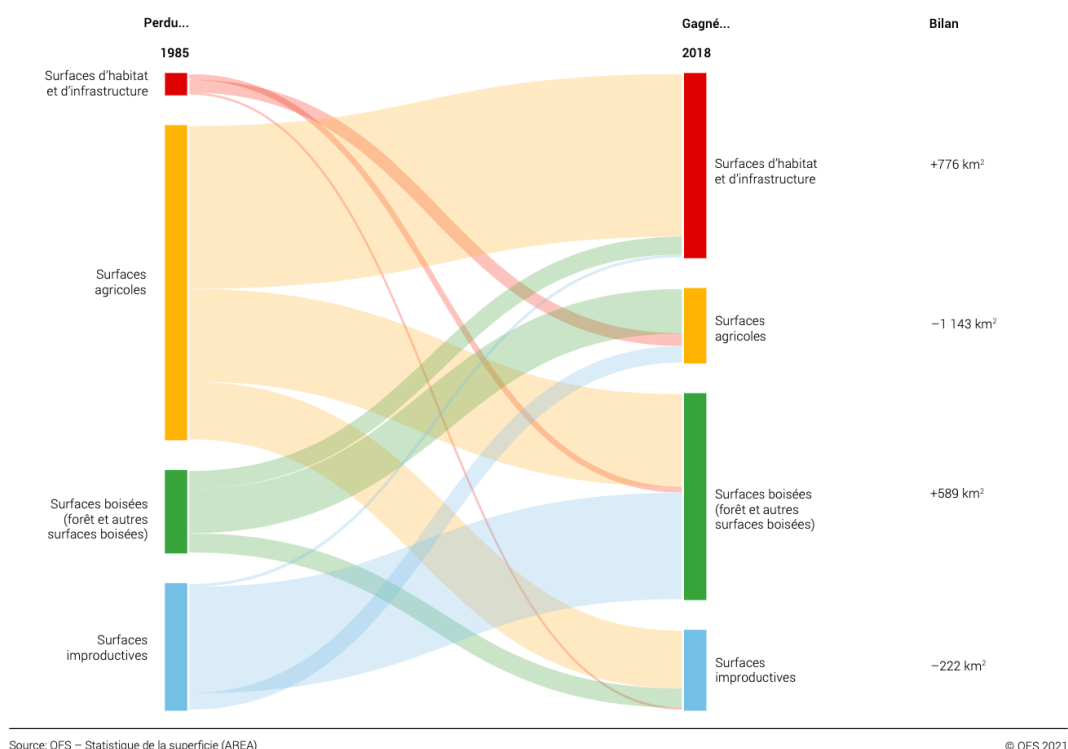


Figure 3 : Schéma présentant les réaffectations de surfaces entre les surfaces agricoles, boisées, improductives et d'habitat et d'infrastructure sur la période 1985-2018 (Biedermann, 2021).

## 2.3 Urbanisation et dégradations des sols

Parmi les diverses sources de dégradations des sols, l'urbanisation se distingue comme un facteur majeur (Antoni & Krawzeski, 2018 ; Steiger et al., 2018 ; Desrousseaux, Béchet, Bissonnais, Ruas & Schmitt, 2019). En effet, le phénomène s'accompagne généralement d'une dynamique de consommation des sols (Bajocco, De Angelis, Perini, Ferrara & Salvati, 2012), c'est-à-dire une extension de la surface construite directement mesurable (Hille, 1997) et résultant en des impacts considérables sur l'environnement (Smiraglia, Ceccarelli, Bajocco, Salvati & Perini, 2016).

À titre d'exemple, dans le cadre d'une étude s'ancrant dans une approche propre aux services écosystémiques<sup>1</sup> et réalisée sur la période de 2012-2020 dans le but d'évaluer l'impact de l'urbanisation sur les sols à l'échelle de l'Italie, Assennato et ses collègues (2022) ont pu estimer les conséquences des dégradations sur les fonctions des sols et les services qu'ils rendent aux populations. Les effets de l'urbanisation des sols sur la production agricole et sylvicole, le stockage du carbone, la qualité des habitats, la régulation des régimes

<sup>1</sup> Cette approche fait l'objet d'une présentation plus poussée au chapitre 3.5.

hydrologiques et la pollinisation ont pu être quantifiés à travers une approche biophysique : les résultats révèlent des pertes significatives pour l'ensemble des services évalués, notamment une diminution de 4,15 millions de quintaux<sup>2</sup> de production agricole (-0,45% entre 2012 et 2020) et de 595 063 m<sup>3</sup> de bois, le Piémont enregistrant les pertes les plus élevées. Le stockage de carbone dans les sols a également diminué de 17 000 tonnes au niveau national. Par ailleurs, la qualité des habitats s'est détériorée et les surfaces de ruissellement ont augmenté de 250 hm<sup>3</sup>, impactant potentiellement les régimes hydrologiques. Finalement, la pollinisation témoigne d'un recul, notamment dans le nord du pays et en Campanie. Globalement, les régions du nord, où l'urbanisation est plus marquée, subissent les pertes les plus importantes, particulièrement dans les plaines du Pô, de Campanie et des Pouilles, plus propices à l'urbanisation.

En Suisse, le développement de la construction a été identifié comme l'une des plus grandes menaces pour les sols (Steiger et al., 2018). En effet, la tendance actuelle inquiète, car le pourcentage de surface dédiée à la fonction d'habitation et d'infrastructure ne cesse d'augmenter. Si entre 1985 et 2009, son taux était estimé à 23,4% (Altweg & Section Géoinformation, 2015), une nouvelle estimation portant sur la période 1985-2018 les estimaient à 31%, soit une augmentation de 766 km<sup>2</sup> (Biedermann, 2021). Par la suite, cette augmentation s'est effectuée principalement au détriment des terres agricoles (fig. 3 et 4), car celles-ci témoignent d'une diminution de 7% sur la même période, soit 1143 km<sup>2</sup>. Si en altitude cette diminution est expliquée par la reprise d'alpage ouvert par la forêt (-377 km<sup>2</sup>), en plaine l'urbanisation en reste la cause (-766 km<sup>2</sup>) (Biedermann, 2021). 37% de la surface impactée par l'urbanisation se situe en dehors de la zone à bâtir et est rattachée au développement des infrastructures techniques et agricoles (Conseil fédéral Suisse, 2020). L'OFEV estime que cette tendance est appelée à persister et souligne la pression exercée par l'urbanisation due au développement démographique sur les terres agricoles (Conseil fédéral suisse, 2020 ; Biedermann, 2021).

---

<sup>2</sup> Un quintal correspond à 100 kg.

### Nouvelles surfaces d'habitat et d'infrastructure, de 1985 à 2018, d'après leur ancienne utilisation **G 14**

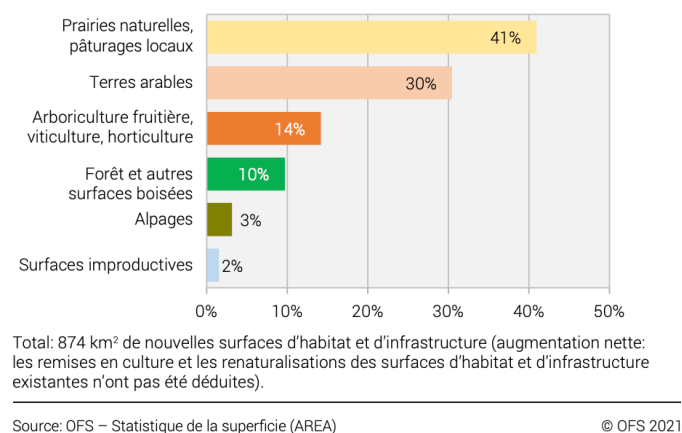
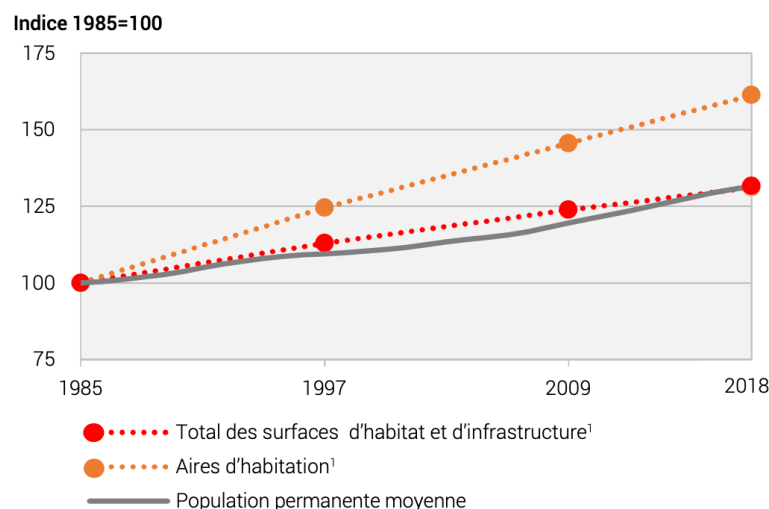


Figure 4 : Évolution des surfaces d'habitat et d'infrastructure sur la période 1985-2018, d'après leur ancienne utilisation (Biedermann, 2021).

Si l'urbanisation en général peut être tenue responsable de cette évolution, il s'agit précisément de l'étalement urbain résultant de la périurbanisation qui en est la cause principale. En effet, en Europe, entre 1950 et 2006, les surfaces urbaines ont augmenté de 78% alors que la population n'a progressé que de 33% seulement (European environment agency (EEA) ; 2006). En 2015, le milieu péri-urbain affichait une croissance quatre fois plus élevée que celle du milieu urbain (Tosics & Nilsson, 2015). Ce développement asynchrone peut être expliqué par l'extension du mode de vie péri-urbain, autant en Europe (EEA, 2017), qu'en Suisse. En effet, sur la période 1985-2009, le pourcentage propre aux surfaces d'habitations sur territoire helvétique a augmenté de 44% alors que la population n'a augmenté que de 17% (Altweg & Section Géoinformation, 2015). Plus précisément, la surface destinée aux habitations a évolué presque deux fois plus vite que la population entre 1985 et 2018 (Biedermann, 2021) (fig. 5).

## Évolution des surfaces d'habitat et d'infrastructure par rapport à la population

G 15



<sup>1</sup> Données relevées uniquement pour 1985, 1997, 2009 et 2018: ces années correspondent aux dernières années de périodes de relevés qui s'étendent sur plusieurs années.

Sources: OFS – Statistique de la superficie (AREA), Statistique de la population et des ménages (ESPOP 1985-2010, STATPOP 2011-2018)

© OFS 2021

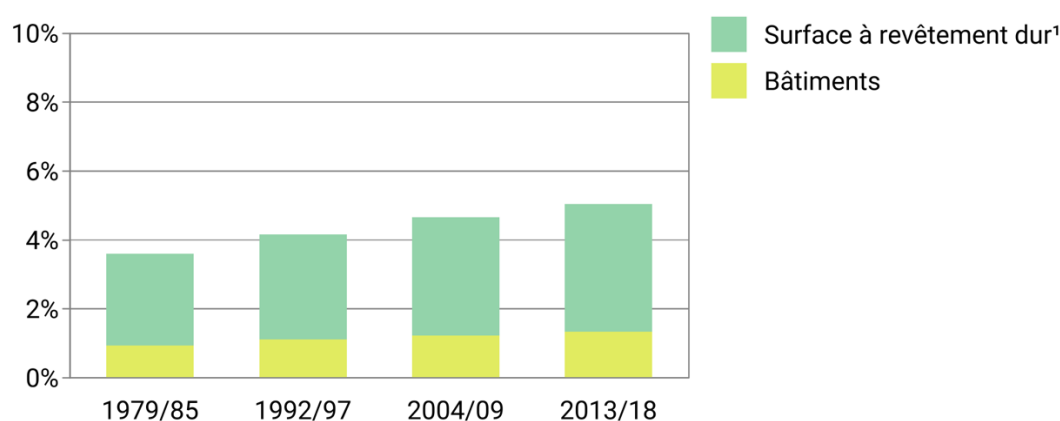
Figure 5 : Évolution des surfaces d'habitat et d'infrastructure par rapport à la population, 1985-2018 (Biedermann, 2021).

En Suisse, les conséquences de l'urbanisation sur les sols s'expriment au travers de diverses dégradations (Klaus, 2017). En ce qui concerne l'imperméabilisation des sols, celle-ci correspond à la substitution de la couverture naturelle des sols par des surfaces composées de matériaux imperméables, entraînant la perte de leurs fonctions écologiques. Cette substitution rompt la continuité des environnements de surface et de ceux du sous-sols (Delibas, Tezer & Kuzniecowa Bacchin, 2021), si bien que leur capacité de filtration et de rétention de l'eau, leur rôle dans la dégradation des polluants ainsi que leur fonction d'habitat sont altérés (Klaus, 2017 ; Biedermann, 2021). De plus, elle limite la capacité de stockage des eaux souterraines et accroît le risque d'inondation (Klaus, 2017). En 2018, 63% des surfaces dédiées à l'habitat et aux infrastructures étaient imperméabilisées. Malgré les efforts entrepris pour limiter ce phénomène, le taux d'imperméabilisation a continué d'augmenter, atteignant en moyenne 17,6 km<sup>2</sup> par an. Entre 1985 et 2018, la superficie imperméabilisée est passée de 1 487 km<sup>2</sup> à 2 081 km<sup>2</sup>, soit une augmentation de 594 km<sup>2</sup> (Biedermann, 2021). Plus largement, la part de surface imperméabilisée sur le territoire suisse a progressé de 40% entre 1985 et 2018 et correspond à 5% du territoire (Confédération suisse – Office fédéral de la statistique (OFS), 2024) (fig. 6). Ce phénomène est considéré comme l'une des formes les plus graves de dégradation des sols (Klaus, 2017). En effet, l'imperméabilisation résulte dans un

premier temps en un déclin des capacités de séquestration du carbone, des capacités de mitigation des changements climatiques, de la biodiversité des sols, du développement racinaire, de la fertilité des sols et de la production de biomasse. Dans un deuxième temps, elle limite les échanges gazeux et l'infiltration des précipitations. Finalement, elle provoque des perturbations dans les processus sol-eau ainsi que dans le cycle des nutriments (Delibas et al., 2021).

## Imperméabilisation du sol

Part de la surface imperméabilisée sur l'ensemble de la superficie



¹ asphaltée, bétonnée, artificiellement gravellée ou couverte de pierres

Source: OFS – Statistique de la superficie

© OFS 2024

Figure 6 : Évolution du pourcentage d'imperméabilisation du territoire suisse sur la période 1985-2018 (Confédération suisse (OFS), 2024).

La pollution est par la suite une deuxième source de dégradation des sols. Toutes les sources de pollution ne sont pas imputables à l'urbanisation, mais parmi celles qui en relèvent, plusieurs peuvent être distinguées, notamment l'industrie, les transports, l'artisanat et les ménages. Concernant les pollutions d'origine industrielle, deux types principaux sont généralement identifiés : d'une part, les polluants inorganiques tels que les métaux lourds (plomb, mercure, cadmium), et d'autre part, les polluants organiques, parmi lesquels figurent les dioxines polychlorés (PCDD), les furanes (PCDF), les polychlorobiphényles (PCB) ainsi que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH). Ces substances sont principalement évacuées dans les horizons profonds des sols ou via la récolte de plantes les ayant accumulés. En ce qui concerne la pollution issue des transports routiers, elle résulte principalement des gaz d'échappement, ainsi que de l'usure des freins et des pneumatiques, qui libèrent des métaux tels que le cadmium et le zinc, ainsi que des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Le réseau ferroviaire est également à l'origine de rejets de cuivre et de cadmium, bien que dans des proportions moindres (Klaus, 2017).

La compaction consiste par ailleurs en une troisième source de dégradation et touche autant les grands chantiers que les petits chantiers, où les mesures de protections sont généralement négligées (fig. 7). Dans un contexte d'urbanisation, la compaction se produit lorsque le poids des machines utilisées sur les chantiers excède la capacité portante des sols. Ce phénomène est généralement accentué par une mauvaise gestion des engins, notamment lorsqu'ils sont employés sur des terrains détrempés ou sans prise en compte de leur teneur en argile, ainsi que par une gestion inadaptée des matériaux terreux lors des travaux de décapage, de stockage ou de remise en place. En conséquence, la structure poreuse des sols, essentielle à l'eau et à l'air que ces derniers contiennent, s'affaisse et limite les fonctions écologiques des sols telles que leur capacité d'infiltration en eau et leur fertilité. La compaction résulte également en l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre par la perturbation des flux de gaz. Finalement, elle limite les usages potentiels des sols impactés (Klaus, 2017).



*Figure 7 : Sol compacté (État de Fribourg, 2018).*

Finalement, le secteur de la construction génère chaque année une quantité importante de matériaux terreux non-contaminés et pouvant être valorisés issus autant des couches supérieures des sols que de la couche sous-jacente (4 millions de m<sup>3</sup>, respectivement). La confédération identifie à ce sujet des lacunes vis-à-vis du suivi de ces matériaux, la valorisation ou l'élimination de la grande partie de ce volume n'étant pas connue, autant nationalement que qu'au niveau des cantons. Bien qu'une tendance positive soit notée quant aux chantiers nécessitant l'appui d'un pédologue, la Confédération déplore de grandes différences intercantionales dans la réglementation traitant des mouvements de terre, notamment quant à la vérification des objectifs fixés (Klaus, 2017).

## 2.4 Réactions institutionnelles globale et européenne

Le maintien de la croissance de l'urbanisation et de ses impacts dans les dégradations ne passe pas inaperçu auprès des institutions et la problématique s'est par conséquent progressivement installée en tant que telle à partir de la fin du XX<sup>ème</sup> siècle, au travers d'un regain d'intérêt pour les sols de la part de la communauté institutionnelle. Face aux dégradations majeures que subissaient les sols à ce moment, ceux-ci ont en effet à nouveau été placés parmi les priorités des politiques (Meulemans & Granjou, 2020). Dans cette mise à l'agenda, la gestion de l'urbanisation se dégage comme point saillant et essentiel dans l'élaboration d'une gestion durable des sols.

En 1977 déjà, le rôle de l'érosion hydrique et éolienne ainsi que les détériorations des diverses propriétés des sols dans le processus de dégradation des terres étaient mis en lumière par la *Conférence des Nations Unies sur la Désertification* à Nairobi (UNCDD, 1977). En 1992, le *Sommet de la Terre* à Rio appuyait plus encore sur l'importance d'un développement durable dont notamment une gestion durable des sols (Jakob, 2023). Les sols continuent de faire l'objet de l'attention des Nations Unies, notamment par leur inscription dans certains objectifs du développement durable de l'*Agenda 2030* (Grêt-Regamey, Kool, Bühlmann & Kissling, 2017 ; EEA, 2023)<sup>3</sup>.

À l'échelle européenne, en 1972, le Conseil de l'Europe adopte la *Charte européenne des Sols* et reconnaît par ce document l'importance des sols non seulement en tant que base vitale pour l'alimentation humaine et animale, mais également comme base pour des besoins tels que l'agriculture, l'urbanisation ou encore le paysage. En réaction aux diverses dégradations des sols et à leur caractère non renouvelable, le Conseil de l'Europe définit alors la protection des sols comme un enjeu majeur. La charte insiste sur la nécessité d'établir les propriétés des sols comme paramètre majeur des politiques d'aménagement des territoires afin que les besoins des sociétés humaines soient assurés. Le document souligne également que l'agriculture et la foresterie doivent intégrer des méthodes minimisant leur impact sur les sols et que le développement urbain doit adopter une forme compacte afin de limiter les pertes quantitatives et qualitatives de sol. D'autres objectifs sont également fixés, tels qu'une gestion rationnelle des sols, un renforcement de la problématique dans l'éducation, l'établissement d'un

---

<sup>3</sup> Voir par exemple les objectifs 1 (*No poverty*), 2 (*Zero hunger*), 3 (*Good health and well-being*), 6 (*Clean water and sanitation*), 11 (*Sustainable and durable cities*), 12 (*Responsible consumption and production*), 13 (*Climate action*) et 15 (*Life on land*).

inventaire des sols ainsi qu'une amélioration de la collaboration scientifique (Union européenne, 1972). Jakob (2023) retrace ensuite une appropriation croissante de la problématique : l'Union européenne reconnaît à nouveau l'importance des fonctions du sol et mentionne les services écosystémiques qui en découlent en 2002 dans une communication intitulée *Vers une stratégie thématique en faveur de la protection des sols*, propose une directive cadre pour la protection des sols en 2006, établit une feuille de route en termes de gestion durable des ressources principalement pensée à travers une réduction des dégradations et une amélioration de la qualité des sols en 2011. L'Union européenne adopte finalement en 2021 une stratégie intersectorielle sur la gestion et protection des sols aux horizons 2030-2050.

Au fil de cette mise à l'agenda international, l'urbanisation se distingue comme une thématique récurrente des publications autant onusiennes qu'européennes. Dans son *New Urban Agenda*, l'Organisation des Nations Unies souligne en effet qu'en plus d'exacerber les difficultés liées au développement telles que la pauvreté et la marginalisation, l'urbanisation consiste en un facteur majeur de dégradation environnementale (Organisation des Nations Unies (ONU), 2016). Concrètement, lorsque l'urbanisation est mal planifiée, celle-ci résulte en une extension irrationnelle des périphéries urbaines et mène à un gaspillage des ressources naturelles, comme la diminution globale des réserves en terres arables. L'ONU estime alors nécessaire d'adapter la planification spatiale afin qu'elle puisse mener à un développement urbain compact, dense, pour que les formes urbaines puissent assurer une résilience climatique, un milieu urbain de qualité et une utilisation des ressources durables. Cette adaptation doit s'opérer selon l'ONU notamment par l'adoption du métabolisme urbain – la gestion des flux d'intrants, des stocks et des flux sortants du système ville – comme dimension fondamentale dans le développement d'un urbanisme durable, le métabolisme urbain étant perçu comme le cadre nécessaire pour aborder les liens entre l'environnement et la dimension humaine. L'économie circulaire est également mise en avant en tant que principe structurant nécessaire au développement d'une stratégie de développement durable en raison de sa capacité à minimiser l'extraction de ressources naturelles (Organisation des Nations Unies, s.d.). La FAO quant à elle insiste sur l'importance de minimiser l'imperméabilisation des sols et souligne le rôle crucial de la planification spatiale en tant que levier majeur à activer (FAO, 2022).

À l'échelle européenne, la gestion de l'urbanisation est également identifiée comme un enjeu majeur, notamment dans la gestion de l'étalement urbain (EEA, 2006). Les politiques de planification spatiale sont identifiées comme des leviers majeurs permettant de limiter les impacts du développement urbain, en mettant en place notamment cinq stratégies : densifier, régénérer et contenir le milieu urbain, améliorer la gouvernance des aires urbaines et

finalement agir sur les politiques sectorielles, telles que les transports, l'environnement et le développement rural (Cotella, Evers, Umberto, Solly & Erblin, 2020). Au travers du *Pacte Vert pour l'Europe* (2019), l'Union européenne s'est également engagée dans une stratégie à l'horizon 2050 visant à utiliser la ressource sol plus durablement. Plus en détails, dans le cadre de la *Stratégie en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030* (2020), l'Europe adopte une nouvelle législation cherchant à assurer la protection des sols en limitant leurs dégradations par une utilisation circulaire de la ressource et en atteignant un objectif de zéro artificialisation nette d'ici 2050 (Commission européenne, 2017). En ce qui concerne les liens entre l'économie circulaire et la planification, le *Plan d'Action pour une Économie Circulaire* identifie le secteur de la construction comme particulièrement consommateur de ressources, constat qui invite alors les institutions à adopter l'économie circulaire comme alternative capable d'aboutir sur une utilisation plus durable des sols (Commission européenne, 2020). L'objectif d'artificialisation nette vise quant à lui à promouvoir une sobriété foncière, c'est-à-dire à limiter la consommation d'espace (Gensheimer, Rossignol, van Herwijnen, Desjardins, Devos & Leclercq, 2024) <sup>4</sup>.

## 2.5 Réaction suisse

En raison de sa position géographique centrale en Europe, de la superficie limitée de son territoire et de la forte concentration de sa population, le territoire suisse est confronté à une pression du milieu urbain s'accompagnant de dégradations entraînant une perte à la fois quantitative et qualitative des sols (Jakob, 2024). Consciente de cet enjeu, la Suisse s'engage dès 1983 dans la protection qualitative des sols avec l'adoption de la LPE <sup>5</sup>. La loi a comme but :

*« [...] de protéger les hommes, les animaux et les plantes, leurs biocénoses et leurs biotopes contre les atteintes nuisibles ou incommodantes, et de conserver durablement les ressources naturelles, en particulier la diversité biologique et la fertilité du sol. » (LPE, art.1)*

---

<sup>4</sup> L'objectif cherche à compenser la consommation des sols et est basé sur la notion d'artificialisation des sols, qui peut être définie comme étant un changement d'occupation des sols et de leur affectations, généralement transitionnant de sols naturels, agricoles ou forestiers, à des espaces fortement déterminés par les activités humaines, qu'ils soient construits ou non (Desrousseaux & Schmitt, 2018). L'artificialisation des sols renvoie alors à une partie des dégradations des sols causées par l'urbanisation (Arambourou, Bouvart, Tessé & Rostand, 2023). Bien que la notion fasse l'objet de définitions hétérogènes et d'une délimitation statistique peu précise, elle s'est vue accordée une place importante dans les débats publics et politiques portant sur la gestion des dégradations des sols (Desrousseaux & Schmitt, 2018). En tant que stratégie de compensation, le recours à cette politique devrait selon Desjardins rester la dernière option de la formule « Éviter, réduire, compenser » (Desjardins, 2023).

<sup>5</sup> Loi fédérale sur la protection de l'environnement du 7 octobre 1983 (État le 1er avril 2025), RS 814.01.

En ce qui concerne les sols, il s'agit de les protéger des atteintes « *qui sont du[es] à la construction ou à l'exploitation d'installations, à l'utilisation de substances, d'organismes ou de déchets ou à l'exploitation des sols.* » Les bases légales encadrant cette problématique sont alors la LPE elle-même et l'OSol <sup>6</sup>, document complémentaire apportant des précisions liées aux sols quant à l'application de la LPE. L'ordonnance a comme but de garantir la fertilité des sols sur le long terme en régissant le monitoring des atteintes, les mesures permettant de lutter contre la compaction et l'érosion, celles qui concerne le maniement de matériaux terreux issus des décapages, ainsi que les mesures à adopter par les cantons. Un sol fertile est alors défini par l'OSol comme étant un sol présentant :

- i) « *une biocénose diversifiée et biologiquement active* »,
- ii) « *une structure typique pour sa station* »,
- iii) « *une capacité de décomposition intacte* »,
- iv) « *un développement des plantes non-perturbé* »,
- v) « *une production végétale de bonne qualité* » et
- vi) « *une absence de menace pour l'homme et les animaux* » (Confédération suisse, 2015).

Autrement dit, la protection des sols helvétique s'opère en se basant sur la notion de fertilité, est elle-même basée implicitement sur les fonctions du sols et les cycles dans lesquels ces dernières s'inscrivent, notamment sur les fonctions d'habitat, de régulation et de production (Steiger et al., 2018).

Par la suite, la Suisse – tout comme la France (Monfort, Limasset, Mossmann, Lafeuille & Demeyer, 2020) – ne dispose pas d'une politique globale dédiée à la protection des sols ni d'une loi spécifique intégrant à la fois leur préservation qualitative et quantitative. Au lieu de cela, la protection des sols repose sur un ensemble de politiques et de lois réparties entre différents secteurs. La LAT <sup>7</sup> assure principalement une protection quantitative des sols, tandis que la LPE se concentre sur leur protection qualitative. D'autres législations, telles que la

---

<sup>6</sup> Ordonnance sur les atteintes portées aux sols du 1er juillet 1998 (État le 12 avril 2016) RS 814.12.

<sup>7</sup> Loi fédérale sur l'aménagement du territoire du 22 juin 1979 (État le 1er janvier 2019), RS 700.

LFO<sup>8</sup>, la LAgr<sup>9</sup>, la LPN<sup>10</sup>, la LChP<sup>11</sup> ou encore la LEaux<sup>12</sup>, ainsi que divers règlements encadrant la gestion des produits chimiques et des sous-sols, contiennent également des dispositions relatives aux sols (Steiger et al., 2018 ; Walter & Hänni, 2018).

Ces bases légales ont conduit par la suite à l'adoption de diverses mesures visant à limiter la dégradation des sols. Sur la base de la LPE et de l'OSol, une première série de mesures a été instaurée pour réduire la pollution chimique diffuse issue de sources variées, telles que l'utilisation d'engrais minéraux ou la pollution atmosphérique liée au trafic motorisé. Dans cette logique, les pots catalytiques sont devenus obligatoires sur les véhicules dès 1987, et, depuis 2015, la teneur en cadmium des engrais phosphatés est réglementée. Afin de limiter les atteintes chimiques persistantes aux terres agricoles et viticoles, le Conseil fédéral a instauré un plan d'action visant à réduire de moitié l'utilisation de produits phytosanitaires (et d'antibiotiques) d'ici 2027, en prenant pour référence la moyenne de la période 2021-2025. Concernant les pollutions industrielles à long terme, une cartographie des sites contaminés, tels que les anciens stands de tir ou les décharges, a été réalisée afin d'engager des travaux de décontamination d'ici 2040 (Jakob, 2023).

En matière de préservation des sols forestiers, la LFO encadre la limitation des atteintes physiques aux milieux boisés (Jakob, 2023). La LAgr a permis quant à elle dès 1993 la mise en place de paiements directs aux exploitants agricoles, favorisant ainsi des formes d'exploitations plus durables. Les paiements directs sont octroyés lorsque l'exploitation participe à l'amélioration de diverses problématiques liées à la durabilité, telles que la contribution à la biodiversité ou la contribution aux systèmes de production. Ces diverses mesures cherchent à protéger, l'environnement, les animaux, les sols (ex. couverture appropriée du sol), la biodiversité et la qualité des paysages cultivés, tout en limitant l'usage des produits phytosanitaires ou les pratiques inadéquates (Confédération suisse, Office fédéral de l'agriculture (OFAG), s.d. ; Confédération suisse, 2023a ; Jakob, 2023) Enfin, une cartographie des zones à risque d'érosion a été établie, accompagnée de mesures visant à réduire l'érosion des sols due à des pratiques inadéquates et à limiter l'eutrophisation des eaux. (Jakob, 2023)

---

<sup>8</sup> Loi fédérale sur les forêts du 4 octobre 1991 (État le 1er janvier 2025), RS 921.0.

<sup>9</sup> Loi fédérale sur l'agriculture du 29 avril 1998 (État le 1er janvier 2025), RS 910.1.

<sup>10</sup> Loi sur la protection de la nature et du paysage du 1er juillet 1966 (État le 1er janvier 2022), RS 451.

<sup>11</sup> Loi sur la chasse et la protection des mammifères et oiseaux sauvages du 20 juin 1986 (État le 1er février 2025), RS 922.0.

<sup>12</sup> Loi sur la protection des eaux du 24 janvier 1991 (État le 1er février 2023), RS 814.20.

En ce qui concerne la gestion de l'urbanisation, la révision de la LAT en 2014 vise à mieux contrôler et limiter les zones à bâtir surdimensionnées et à préserver les terres agricoles. Cette réforme favorise le développement urbain à l'intérieur des périmètres existants en plaçant la densification comme une priorité. Elle reconnaît également l'importance de la reconversion des friches industrielles et artisanales, qui totalisaient alors 150 000 hectares, et en fait un objectif majeur. En complément, plusieurs dispositifs ont été instaurés pour freiner la spéculation et la thésaurisation des parcelles en zone à bâtir, notamment une taxe sur la plus-value foncière et un délai imposé pour la réalisation des constructions. La taille des zones à bâtir a également été encadrée, avec l'introduction d'un seuil maximal de 20% de résidences secondaires par commune. Enfin, pour les constructions situées hors des zones à bâtir et dont l'implantation est dictée par leur fonction, la priorité est désormais donnée aux sols de moindre qualité ou déjà dégradés. Par ailleurs, un inventaire des surfaces d'assolement a été établi, accompagné d'un quota minimal par canton et d'une obligation de compensation en cas de perte (Jakob, 2023).

Bien que ne faisant pas partie de l'Union européenne, la Suisse s'accorde dans une certaine mesure sur la réponse européenne dans sa réponse au défi de l'urbanisation. Dans un premier temps, une limitation de consommation des sols cherche également à être développée, car la *Stratégie Sol Suisse* comprend son propre objectif de « zéro consommation nette de sol » (Conseil fédéral, 2020). Dans cette optique, toute consommation de sol liée au développement urbain doit être compensée par une réhabilitation équivalente de sol. Dans un second temps, la Suisse reconnaît elle-aussi le rôle que peut jouer l'économie circulaire dans la gestion durable des sols et cherche à faire de cette notion un fondement de sa stratégie de durabilité, notamment en ce qui concerne la gestion de ses déchets (Confédération suisse, 2024) (fig. 8 et 9). Le statu de déchet pouvant être attribué aux sols selon l'OLed, l'économie circulaire semble alors être à ce niveau aussi un élément constitutif de la réponse à la gestion durable des sols.

À titre d'exemple, dans la continuité des autorités fédérales, l'économie circulaire a été inscrite comme pilier du développement de la ville et du canton de Zürich, la population ayant voté l'inscription de la notion dans la constitution cantonale (swissinfo, septembre 2022). L'économie circulaire est également mise en avant par le canton de Vaud. Perçue comme un objectif à atteindre afin de répondre aux défis climatiques et à la gestion non durable des ressources, le Conseil d'État vaudois a placé l'économie circulaire comme pilier de son développement territorial en l'inscrivant à son tour dans sa constitution et désir se placer en

tête de proue de cette transition sociale, économique et écologique (Canton de Vaud, 2024a, 2024b) :

« Ce nouvel article constitutionnel confie ainsi à l'État et aux communes la tâche de développer l'économie circulaire dans leurs politiques publiques, en favorisant l'utilisation de matériaux respectueux de l'environnement, en particulier dans la construction, en évitant la production de déchets, et en encourageant le partage, la réutilisation, la réparation, la rénovation et le recyclage des matériaux et des biens. » (Canton de Vaud, 2024a)

En mettant l'emphasis sur le domaine de la construction, les autorités vaudoises ciblent un domaine particulièrement consommateur, autant en énergie qu'en matière (Delcourt & Romnée, 2018) et cherchent à faire figure d'exemplarité en favorisant l'utilisation de matériaux durables et la réutilisation des matériaux de construction (Canton de Vaud, 2024b). Ce dernier point ainsi que la part de responsabilité du domaine de la construction sont également relevés par la Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes (SIA), qui cherche elle aussi à favoriser une transition vers un système circulaire (Joho, 2025). Dans le même ordre d'idée, douze des plus grands acteurs du secteur de la construction suisse se sont engagés en faveur du développement de l'économie circulaire en signant la *Circular Building Charta* (Confédération suisse, 2023b).



Figure 8 : Schéma représentant un métabolisme linéaire d'une ressource (Confédération suisse, 2024).



Figure 9 : Schéma représentant un métabolisme circulaire d'une ressource, (Confédération suisse, 2024).

### 3 État de l'art

Ce chapitre a pour objectif de compléter le panorama exposé précédemment en mobilisant la littérature afin de mieux saisir les fondements des réponses institutionnelles présentées. Dans cette perspective, il proposera d'abord une analyse de la réponse suisse à travers le regard porté par les travaux scientifiques, avant de dresser un panorama des différentes manières dont les sols ont été abordés par la recherche.

#### 3.1 Évaluation de la réponse suisse

Malgré les efforts pour contenir les dégradations des sols, en 2018, la tendance perdure et la gestion des sols suisses ne peut toujours pas être qualifiée de durable. En parallèle à l'état des lieux des dégradations effectué plus en amont, le programme national de recherche 68 (PNR 68) *Utilisation durable de la ressource sol* (2013-2018) dresse un tableau de la situation au terme de son agenda et souligne les lacunes persistantes dans la protection des sols en Suisse, notamment celles en matière d'aménagement du territoire et d'urbanisme (Grêt-Regamey, Kool, Bühlman, Kissling, 2018).

Si le PNR 22 *Utilisation du sol en Suisse* (1983-1991) avait contribué à une transition vers une agriculture plus écologique et à la protection des milieux naturels, ses recommandations concernant la limitation de l'urbanisation, le marché foncier, l'acquisition d'information pédologique ou encore la coordination des politiques n'ont pas eu les effets escomptés. L'évolution de l'aménagement du territoire a principalement résulté de la pression exercée par des initiatives populaires (initiative « *Pour le paysage* »), plutôt que d'une volonté politique proactive. Par ailleurs, la collecte d'informations s'est vue affaiblie par la suppression du Service National de Cartographie des Sols et son transfert aux cantons, dont beaucoup n'ont entrepris aucune démarche en la matière depuis lors. Enfin, des lacunes majeures subsistent dans l'exécution des mesures de protection des sols : en 2018, plus de la moitié des cantons déclarent ne pas savoir comment les appliquer, et l'engagement en faveur de leur mise en œuvre, tant en termes de ressources que d'efficacité politique, demeure insuffisant (Steiger et al., 2018).

D'autres lacunes ont été identifiées par Steiger et ses collègues (2018). La LAT, dans son application, ne prend en compte les sols que dans leur dimension surfacique et ne présente aucune obligation de tenir compte de leur qualité, si ce n'est dans une acception restreinte à la fonction de production et utilisée dans la gestion des surfaces d'assolement. De plus, la séparation du milieu bâti (zone à bâtir) et du milieu non-bâti (hors zone à bâtir) instaurée en 1979, n'autorise théoriquement que les constructions dont l'emplacement est considéré

comme « *imposé par leur destination* ». Toutefois, dans la pratique, les exceptions restent trop nombreuses et le nombre de constructions en dehors de la zone à bâtir est toujours croissant. Par ailleurs, le PNR 68 estime que les nouvelles conditions instaurées par la LAT pour définir les zones à bâtir ne sont pas suffisantes pour freiner l'urbanisation. Finalement, malgré les différentes lois et ordonnances constituant la base légale de la protection des sols, cette dernière demeure trop dispersée et ne prend pas assez en compte ni la teneur en matière organiques des sols ni leur degré de compaction. Finalement, les chercheurs et chercheuses du projet concluent que la politique suisse en termes de gestion des sols manque de cohérence et d'efficacité.

Le PNR 68 propose alors plusieurs leviers d'action pour remédier aux lacunes identifiées dans la protection des sols en Suisse. De manière transversale, il s'agit de développer un indice de qualité des sols capable d'évaluer les fonctions des sols afin de répondre à la demande d'acteurs de divers domaines, tels que l'aménagement des territoires, la gestion des risques, ou encore, la sécurité alimentaire. Il s'agit aussi d'évaluer les fonctions des sols à l'échelle nationale pour en faire un critère capable de déterminer si l'utilisation d'un sol peut être qualifiée de durable. Une cartographie des sols sur l'ensemble du territoire national a finalement été identifiée comme élément essentiel à développer afin d'évaluer les fonctions des sols sur l'ensemble de la Suisse.

En ce qui concerne l'aménagement des territoires à proprement parler, il s'agit d'intégrer la notion de qualité des sols afin d'aboutir à une meilleure gestion de l'urbanisation, autant à l'intérieur des zones à bâtir qu'à l'extérieur de celles-ci. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de donner plus de poids à la multifonctionnalité des sols dans les décisions les impactant. Cette inclusion peut être réalisée en améliorant la pondération lors de la pesée des intérêts entre les différentes dimensions composant les réflexions en aménagement, en améliorant les règles d'affectation, en incluant la notion de qualité des sols dans la dimension législative, en améliorant la cartographie des sols, en optant pour une gestion de la problématique urbaine à une échelle régionale au lieu de communale, et finalement en instaurant des mécanismes de compensation, par exemple lors de l'ouverture de nouvelles zones à bâtir.

Les chercheuses et chercheurs du PNR 68 insistent par ailleurs sur la nécessité d'acquérir plus d'information pédologiques afin d'accroître les connaissances des sols suisses. Plus précisément, il est nécessaire de cartographier les sols, mais aussi de mettre sur pied un système d'information des sols (SIS). Cette plateforme d'information devrait avoir pour objectifs de permettre aux différents acteurs impliqués dans la protection des sols d'accéder

aux informations nécessaires, de favoriser la collaboration entre la recherche, ces acteurs, et les autres parties prenantes, et finalement d'assurer un monitoring des menaces pesant sur les sols.

En ce qui concerne la protection quantitative des terres agricoles, la Confédération impose aux cantons, au travers du remaniement du *Plan sectoriel des surfaces d'assolement* de 2020, un quota de surface d'assolement situé entre 438 hectares et 468 hectares. Ce quota a comme double objectif de préserver les terres agricoles les plus qualitatives des cantons afin d'assurer un approvisionnement alimentaire en cas de pénurie grave et d'agir en tant que barrière à l'urbanisation croissante (Confédération suisse – Office fédéral du développement territorial (ARE), 2020).

En parallèle de ces mesures, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), l'Office fédéral du développement territorial (ARE), l'Office fédéral des routes (OFROU), l'Office fédéral de l'agriculture (OAgri) ainsi que l'Office fédéral de la topographie (swisstopo) ont mis en place une stratégie nationale transversale visant à assurer la protection des sols sur le long terme (Conseil fédéral, 2020). Cette *Stratégie Sol Suisse* complète la stratégie pour le développement durable de 2016-2019 et s'inscrit dans le plan d'action pour la biodiversité adopté en 2017. Elle reconnaît que, jusqu'alors, la gestion sectorialisée des sols freinait leur gestion durable, malgré leur nature intersectorielle.

En effet, comme le souligne Jakob (2023), cette dispersion législative a entraîné une prise en compte fragmentée des sols, où les attentes et points de vue des différents acteurs ont été envisagés séparément, en fonction des domaines concernés, plutôt que dans une approche coordonnée et transversale. Cette absence de cohérence a limité l'efficacité des mesures de protection des sols à l'échelle nationale. En changeant d'approche, la *Stratégie Sol Suisse* met en avant une gestion intersectorielle fondée sur les fonctions des sols. Elle estime nécessaire d'intégrer ces fonctions dans toutes les décisions les impactant, afin d'être en cohérence avec l'objectif d'utilisation mesurée du sol mis en avant par l'article premier de la LAT.

La stratégie intervient alors sur huit domaines dans lesquels elle identifie des leviers d'action : i) l'aménagement du territoire, ii) l'agriculture, iii) la forêt, iv) les chantiers et les modifications de terrain, v) les manifestations en plein air, vi) l'utilisation du sol dans les territoires urbanisés, vii) la gestion des sols pollués et viii) l'engagement à l'international (Conseil fédéral, 2020). De manière transversale à ces huit domaines, la stratégie identifie trois domaines d'action principaux, à savoir, la récolte d'informations pédologiques nécessaires à l'activation des mesures, l'exécution et l'évolution de la législation, et enfin la sensibilisation

aux enjeux liés aux sols, tant auprès des acteurs concernés (planificateurs et autorités communales) que du grand public (Conseil fédéral, 2020).

Jakob (2023 ; 2024) émet toutefois des critiques à l'égard de la stratégie helvétique. Selon l'auteur, celle-ci présente des lacunes qui contribuent au maintien des dégradations. Tout d'abord, la gestion des sols en Suisse reste fortement sectorialisée, ce qui entrave une approche cohérente et transversale. Ensuite, bien que l'objectif de zéro artificialisation / consommation nette implique des actions compensatoires, notamment par la désimperméabilisation, ses modalités d'opérationnalisation demeurent mal définies. En effet, bien que le décompactage ou la remise en état d'un sol imperméabilisé constitue une amélioration, ces sols conservent souvent des pollutions résiduelles et présentent une compaction importante et des matériaux anthropiques qui altèrent leurs fonctions écologiques. En conséquence, la mise en œuvre de ces mesures demeure hétérogène et insuffisante pour atteindre l'objectif fixé. L'érosion demeure également un enjeu majeur, accentué par la diminution des surfaces de culture, des espaces végétalisés et des surfaces enherbées. Par ailleurs, la perte de matière organique reste préoccupante. Enfin, des lacunes propres à la dimension temporelle de la mise en œuvre ont été identifiées. Compte tenu du rythme actuel de l'urbanisation et des pressions sur les sols, l'échéance de 2050 apparaît trop lointaine pour être réellement efficace. De plus, l'inventaire des sols suisses, dont la disponibilité est attendue tardivement, risque de ne pas fournir les informations nécessaires en temps utile. Une partie de ces problématiques s'explique par un accès limité aux informations essentielles pour les acteurs concernés, qu'il s'agisse des cantons, des agriculteurs ou d'autres parties prenantes, restreignant ainsi la mise en œuvre de solutions adaptées (Jakob, 2023, 2024).

### 3.2 Les sols en ville

Les sols des villes sont d'une part regroupés dans les sols urbains, c'est-à-dire, tous les sols situés en milieu urbain, et de l'autre dans les sols anthropisés, c'est-à-dire les sols présentant des signes d'interventions conséquentes humaines sur une certaine profondeur (décapage, compaction, pollution, etc.). Les sols anthropisés présentent une diversité d'usage, des couvertures plus ou moins scellées et donc une forte hétérogénéité dans leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Toutefois, dans la problématique des sols, les sols urbains semblent occuper la même place que les sols dans la problématique environnementale, ceux-ci étant également méconnus. En Suisse, les sols urbains ne sont pas perçus comme une composante essentielle de la qualité de l'espace urbain par les autorités communales, les planificateurs et les propriétaires privés (Conseil fédéral, 2020). Les sols des villes restent en effet une dimension toujours méconnue et lorsque cette approche est privilégiée, les services écosystémiques qui les accompagnent sont trop souvent sous-estimés (Lothodé et al., 2020).

Malgré leur rôle crucial (ex. haute capacité de stockage de carbone et hydrique (Calzolari, Tarocco, Lombardo, Marchi & Ungaro, 2020)), la multifonctionnalité écosystémique des sols urbains n'est toujours pas reconnue comme élément participant à l'adaptation aux dérèglements climatiques en ville et n'a toujours pas fait l'objet d'une appropriation par la littérature scientifique. C'est sur ce manque de considération que débouche également la thèse doctorale de Meuleman (2017). Pour l'auteur, les sols des milieux urbains et péri-urbains sont le plus souvent peu pris en considération par les institutions scientifiques ou agricoles. Il note également la persistance d'une conception essentiellement « naturelle » des sols, qui amène la plupart des gens à les associer uniquement aux milieux agricoles ou forestiers, où ils sont envisagés pour leur fonction de production de biomasse ou de support du végétal. Blanchart, Consalès, Séré & Schwartz (2018) soulignent que dans la planification territoriale, les sols urbains ne bénéficient pas du même intérêt que leurs contreparties naturelles mais sont abordés essentiellement dans leurs dimensions surfacique et géotechnique ou comme source de pollution. Ce n'est qu'avec le développement de la nouvelle pédologie urbaine qu'est dégagé un espace permettant aux sols urbains d'être reconnus (O'Riordan, Davies, Stevens, Quinton & Boyko, 2021). Ce développement mène certains et certaines scientifiques à constater une incompatibilité entre les sols urbains et la définition naturelle des sols, ce qui à son tour les mène à remettre en question cette dernière (Brevik & Arnold, 2015). À l'opposé du pôle naturel des sols, les technosols – des substrats présentant une influence humaine considérable mais en partie capable d'assurer les fonctions des sols– peuvent s'avérer être une piste prometteuse pour adapter les villes aux changements climatiques, notamment par la création de « nouveaux sols » capables d'assumer les fonctions nécessaires (Rodríguez-Espinosa, Pérez-Gimeno, Almendro-Candel & Navarro-Pedreño 2024).

### 3.3 L'écologie politique

En ce qui concerne la réaction scientifique, si pendant longtemps les sols relevaient de la pédologie et de l'agrobiologie ou plus globalement des sciences naturelles, ils sont peu à peu identifiés comme un objet d'étude pertinent par des disciplines s'inscrivant dans les sciences humaines et sociales. En effet, le regard posé par les chercheurs sur les sols dépasse progressivement leur champ d'étude initial pour adopter une posture intégrant également des considérations sociales, culturelles, économiques et politiques. Les études résultant de ce nouvel angle d'approche mettent alors en lumière l'interdépendance des sols et des humains, si bien qu'au fil des années, les sols et les sociétés humaines sont de plus en plus considérés comme deux composantes d'un seul et même socio-écosystème, l'un et l'autre s'influençant mutuellement. La recherche aborde ces relations au travers de diverses approches tentant de fournir des pistes afin de gérer les sols plus durablement. Dans cette mouvance, les liens entre

la planification spatiale <sup>13</sup> et les sols font l'objet d'un intérêt de plus en plus marqué par la recherche, notamment car elle semble être un levier pour gérer l'urbanisation.

L'écologie politique est la première approche que l'on peut mentionner qui cherche à intégrer des considérations plus larges dans les réflexions menées autour des sols. L'écologie politique voit le jour dans les années soixante en réaction aux importantes dégradations environnementales et au manque d'importance accordé aux facteurs politiques et sociaux dans la question des problèmes environnementaux (Jones 2008 ; Boyer & Bobin, 2024). Ce sous-champ de la géographie conteste également l'idée que les sociétés et la nature sont en équilibre malgré les variations (c'est-à-dire, les dégradations). Les chercheurs et chercheuses s'y rattachant invitent alors à considérer l'état, l'économie globale, ou encore la pauvreté et les dynamiques d'exploitation comme des facteurs participant aux changements environnementaux (Jones, 2008). Depuis l'ouvrage de Blaikie publiée en 1985 (cité dans Jones, 2008) mettant en évidence le lien entre l'érosion des sols et la dimension politique, l'écologie politique s'attache à montrer que des questions environnementales telles que l'érosion des sols, leur fertilité ou encore la désertification sont loin d'être politiquement neutres. Bien que l'écologie politique ait été amenée au travers de son évolution à relativiser les effets négatifs de l'humain sur l'environnement, comme celle de la « *Theory of Himalayan Environmental Degradation* », et à considérer aussi l'effet positif de la dimension humaine (Jones, 2008), le rôle de la dimension politique dans la gestion durable de l'environnement demeure un postulat toujours en vigueur de nos jours (Lanckriet, Derudder, Naudts, Bauer, Deckers et al., 2014).

Par ailleurs, si l'écologie politique se saisit de la problématique des sols, pour certains auteurs, cette approche en tant que telle peine à se saisir de l'objet « ville », bien que ce terrain soit perçu comme crucial dans la compréhension des relations socio-naturelles (Heynen, 2014). En réaction, ces géographes urbains proposent d'abandonner la conception que les villes sont « *des espaces purement sociaux et que les processus culturels, économiques et politiques existent grâce à une magie étrange, entièrement séparés des infinies entités et organismes non-humains qui sont enrôlés dans, et aident à façonner la vie urbaine.* » (Braun, 2005, p.635, traduction personnelle de l'anglais au français) En intégrant la question humaine dans la nature urbaine, cette écologie politique urbaine conceptualise alors la ville en un hybride socio-naturel dont le métabolisme, lui aussi hybride, intègre une dimension politique

---

<sup>13</sup> Desjardins (2017, cité dans Blanchart, 2019) identifie trois niveaux à la fabrique urbaine et à la planification spatiale : l'aménagement du territoire, l'urbanisme et le bâtiment, chacune intervenant sur une échelle plus fine et localisée que la précédente. C'est dans cette acception que ce mémoire utilise cette notion.

(Zimmer, 2010). Ainsi, les questions de l'accès à l'air, à l'eau, aux espaces verts ou encore celle de l'utilisation des sols sont elles aussi politisées. Dans cette optique, l'urbanisation peut alors être considérée « *as a process of geographically arranged socio-environmental metabolisms that fuse the social with the physical, producing a « cyborg' city.* » (Swyngedouw 1996, Gandy 2005, dans Swyngedouw & Kaika, 2014, p. 465) En d'autres termes, le métabolisme peut être compris comme étant la circulation métabolique des flux, « *the merging of existing (bio)physical dynamics with the set of conditions that regulate and frame current social relations of production in this or that territorial space.* » (Swyngedouw et al., 2005, cité dans Delgado-Ramos, 2015, p. 100)

### 3.4 Le métabolisme urbain et l'économie circulaire

Par la suite, Heynen (2014) note que malgré cette nouvelle conceptualisation de l'urbain, l'analyse des métabolismes socio-écologiques actuels comme futurs reste nécessaire afin de dégager des alternatives durables, car l'urbanisation continue d'avoir des effets néfastes sur l'environnement. Dans cette optique, au terme de son analyse du métabolisme urbain de l'eau à Mexico, Delgado-Ramos (2015) conclut sur la nécessité d'adopter des nouvelles politiques capables de changer la façon dont le milieu urbain est développé et vécu. Selon l'auteur, ces nouvelles politiques doivent être basées entre autres sur une approche intégrative des différents métabolismes :

*« The design and execution of public policies needed for transforming the current trend of constructing, operating, managing, and living in cities must be proactive, imaginative, and based on an integral metabolic planning. Accordingly, urban metabolic analyses seem to be essential policy tools, but in general urban planning (which includes land planning) can be adjusted to overarching contextual changes and to historical trends and socially desirable futures. »* (Delgado-Ramos, 2015, p. 109)

Si la littérature semble témoigner d'une appropriation partielle des sols par l'écologie politique – ceux-ci restant souvent cantonnés à des analyses en milieux ruraux dans sa forme classique – certains travaux dans la continuité de l'écologie politique et se focalisant plus précisément sur l'étude des métabolismes urbains intègrent en revanche pleinement les sols dans leurs réflexions (voir par exemple : Harris, 2025). Ce courant aborde la gestion durable de l'environnement urbain depuis les métabolismes urbains, permettant ainsi de considérer les sols comme un élément à part entière des flux de matières, d'énergie et d'usages qui structurent la ville contemporaine. Les modèles établis par l'analyse du métabolisme urbain peuvent être utilisés afin d'évaluer la durabilité d'un système urbain en quantifiant les intrants, les stocks et sortants d'énergies ou de matières (Barles & Bahers, 2020 ; Sanches & Bento, 2020). Ces publications invitent ici aussi à considérer le métabolisme comme étant composé de divers

processus tenant autant du social que du naturel (Barles & Bahers, 2020). Depuis l'introduction du concept en 1965 jusqu'à nos jours, les chercheurs et chercheuses essaient alors d'une part de quantifier les flux de matières entrants et sortants du milieu urbain, et de l'autre, dans une approche plus qualitative, de mettre en lumière les « voies de métabolisme », c'est-à-dire les jeux de pouvoirs et les jeux d'acteurs se déployant sur le territoire en question (Kennedy, Pincetl & Bunje, 2011 ; Desvaux, Gouchon & Salin, 2021). Ces travaux décortiquent les métabolismes non seulement pour les analyser, mais également pour proposer des principes de design urbain pouvant être adoptés par la planification spatiale afin de favoriser un développement durable (Kennedy et al., 2011). L'étude réalisée par Hedbrant (2001) sur le territoire de la municipalité de Stockholm met par exemple en évidence un modèle permettant à la fois d'évaluer et de prédire la pollution aux métaux lourds dans différents réceptacles (eaux usées, eaux de ruissellement, décharges, sol, etc.). Dès lors, selon Barles et Bahers, la gestion non durable des ressources, dont les sols, s'explique par un métabolisme industriel dominant caractérisé par sa linéarité (2020), c'est-à-dire la mobilisation de ressources neuves et non renouvelables rejetées ensuite sous forme dégradée, de pollution (Barles, 2018). Pour l'autrice, afin d'aboutir sur une gestion durable des ressources :

*« [1] une des réponses envisageable tient en une transition socio-écologique dont l'objectif serait de rendre compatible le fonctionnement des sociétés avec celui de la biosphère [...] : une consommation moindre de matières, associée à une substitution, autant que faire se peut, du non renouvelable par le renouvelable. »*  
(Barles, 2019, p. 52)

Dans cette perspective proactive, l'approche des métabolismes urbains peut contribuer à la mise en œuvre de cette réponse, notamment en transposant la question de l'économie circulaire à la problématique urbaine, via l'urbanisme (Genois-Lefrançois, Vialleix & Scherrer, 2015 ; Laginha-Sanches & Ventura Santos Bento, 2020). Genois-Lefrançois et ses collègues définissent l'économie circulaire comme constituant un ensemble de stratégies permettant de repenser les modes de production et de consommation afin de limiter l'extraction des ressources en vue d'une optimisation de l'utilisation des ressources déjà en circulation. Cette approche systémique :

*« [...] comes as a response to the "take-make-waste" linear model, aiming to gradually decouple economic growth from the consumption of nonrenewable resources to benefit society and the environment while still providing the ground for economic development. »* (Laginha-Sanches & Ventura Santos Bento, 2020, p. 861)

Dans cette optique, Genois-Lefrançois et ses collègues (2015) estiment que penser la ville dans une logique circulaire devient pertinent pour deux raisons. D'une part, le rôle des villes dans la transition écologique est non négligeable, compte tenu de leur impact environnemental, la concentration de ressource et leur influence sur les processus économiques mondiaux. D'autre part, elles peuvent influencer la mise en œuvre d'une économie circulaire en raison des liens intrinsèques qu'elles entretiennent avec les processus d'urbanisation, avec les sols et les structures de gouvernance. Les auteurs estiment alors crucial de placer la limitation des intrants, des stocks et des sortants au centre des préoccupations de la planification spatiale. Plus précisément, les auteurs identifient quatre raisons faisant de l'urbanisme un moyen de favoriser la ville circulaire :

- i) L'urbanisme agit sur les dispositions spatiales des ressources territoriales et consiste en une arène de décisions stratégiques,
- ii) il possède la transversalité et l'interdisciplinarité nécessaire pour mettre en place les programmes multi-acteurs et multi-sectoriels dont dépend l'économie circulaire,
- iii) il est spatialisé de manière inhérente donc il permet d'agir sur le local et finalement,
- iv) il possède déjà les instruments nécessaires aux cadrages des flux (comme les plans d'affectation).

### 3.5 Les services écosystémiques des sols

La dépendance des sociétés humaines aux écosystèmes et à leurs fonctions est souvent mise en évidence par la notion de services écosystémiques (Walter, Bispo, Chenu, Langlais & Schwartz, 2015). Cette approche basée et popularisée par le *Millenium Ecosystem Assessment*, considère qu'en tant qu'écosystème, les sols peuvent être considérés comme capital naturel fournissant des services plus ou moins évidents en réponse à des demandes humaines (Walter et al., 2015), telles la régulation climatique, la purification de l'eau, l'approvisionnement en nourriture et en diverses matières premières (Arias-Navarro et al., 2024). Cette perspective présente l'avantage de favoriser la visibilité de la dépendance des sociétés humaines aux sols (Serrano, Poyat, & Boutet, 2023), de permettre la « *requalification des sols comme enjeu de conservation environnemental* » (Fournil, Kon Kam King, Granjou & Cécilion, 2018) et de permettre de mettre en réseau les acteurs liés à cette problématique (Lothodé et al., 2021) de par son rôle d'objet-frontière (Tardieu, Hamel, Mikou, Coste & Levrel, 2023).

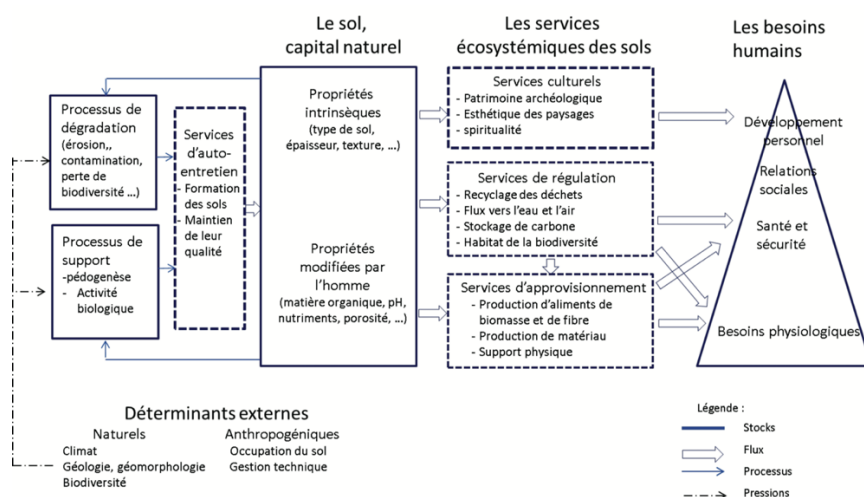


Figure 10 : Schéma établissant les sols comme fournisseurs de services écosystémiques (Walter et al., 2015).

Au niveau de la planification spatiale, l'intégration de la notion de services écosystémiques est motivée par plusieurs raisons. Delibas et ses collègues (2021) dressent un état des lieux de la question à travers une analyse de la littérature. Celle-ci témoigne d'une prise de conscience croissante des effets néfastes des changements d'utilisation des terres et, par conséquent, du rôle crucial des sols et de leurs services écosystémiques dans l'atténuation des dérèglements climatiques. Par ailleurs, les villes sont de plus en plus perçues comme des laboratoires permettant d'étudier les interactions entre les services écosystémiques, les dynamiques climatiques et l'aménagement des territoires. Enfin, l'intégration des services dans les processus décisionnels en milieu urbain est reconnue comme une nécessité.

Concrètement, plusieurs études ont mis en lumière l'utilité de l'intégration de cette approche dans les pratiques de l'aménagement et de l'urbanisme. En intégrant les services écosystémiques dans ces domaines, Grêt-Regamey, Altwegg, Sirén, van Strien et Weibel (2017) ont réussi à développer un outil d'aide à la décision capable d'équilibrer plus encore les différents enjeux socio-économiques et environnementaux liés aux changements d'utilisations des terres induits par les dynamiques d'expansion urbaine dans la région de Thun. Fürst, Luque et Geneletti (2017) ont quant à eux démontré que l'inscription du concept de service écosystémique au sein des décisions propres aux relations société-environnements permettait une cohérence accrue, à la fois entre les différentes échelles décisionnelles, mais également entre les diverses politiques sectorielles et l'aménagement du territoire. Cette inscription permet en effet de repérer des synergies, ou d'éventuels conflits et de favoriser l'harmonisation de l'implémentation des mesures, tout en élargissant l'espace décisionnel des acteurs utilisant le sol.

Les services écosystémiques souffrent toutefois de difficultés d'intégration. Dans un premier temps, Cortinovis et Geneletti (2018) mettent en lumière une intégration des services écosystémiques dans les documents de planification : dans une analyse de vingt-deux plans d'urbanisme et d'aménagement français, l'étude révèle que les services écosystémiques en milieu urbain sont reconnus par les planificateurs. Ils soulignent également que ces derniers disposent déjà d'outils permettant leur prise en compte, et qu'ils sont généralement conscients de leur potentiel pour répondre à des problématiques locales. Des irrégularités dans les services considérés doivent toutefois être soulignées. Tous les services ne sont en effet pas intégrés dans la même mesure, les services de récréation et de régulations des problèmes urbains typiques tels que la gestion des îlots de chaleurs et des eaux de ruissellement étant généralement plus intégrés que les autres services, tels que le traitement des eaux usées ou la modération des extrêmes environnementaux. Plusieurs facteurs sont proposés pour expliquer ces irrégularités. Les autrices et auteurs identifient notamment un transfert lacunaire de la connaissance scientifique vers les planificateurs. De même, peu d'indications sont généralement données sur la manière d'intégrer ces informations dans la planification et les documents présentent peu d'analyses portant sur le besoin en services et sur leurs éventuels bénéficiaires. Les services ne sont par ailleurs pas considérés comme un enjeu stratégique de la planification et finalement, une méthode adéquate pour évaluer les services fait défaut. La conclusion insiste sur la nécessité de développer une meilleure compréhension des services dans ces domaines, afin de considérer un panel plus large et ainsi permettre une meilleure considération des enjeux. La chercheuse et le chercheur soulignent également l'importance de placer les services en tant qu'enjeux de la planification spatiale afin d'améliorer l'identification et la prise en compte des besoins en services.

En ce qui concerne les services des sols, plusieurs limites à leur intégration ont pu être identifiées par Delibas et ses collègues (2021) et font échos à celle venant d'être mentionnées. Dans un premier temps, les sols ne sont pas perçus comme un enjeu prioritaire, malgré la prise de conscience effectuée. Malgré les enjeux, un déficit persistant dans la collaboration scientifique à l'échelle globale est également souligné et des règles précises permettant d'aboutir à bon management des sols font toujours défaut. Dans un second temps, une intégrations insuffisantes des services des sols dans le discours des services et dans leur cadre a été mise en évidence. En somme, les auteurs identifient un manque d'intégration des services des sols dans la planification urbaine et ce malgré la reconnaissance globale de leur importance et du besoin d'intégration dans les processus décisionnels des milieux urbains.

En ce qui concerne le processus de planification spatiale à proprement parler, Teixeira Da Silva, Fleskens, van Delden et van Der Ploeg (2018) constatent dans une analyse des documents de

planification de grandes villes globales s'étant fixé des objectifs de développement durable, que les services des sols demeurent trop souvent relégués au second plan, autant dans la phase d'élaboration des documents que dans celle de monitoring, même si la problématique est de plus en plus mise à l'agenda. Les auteurs et autrices soulignent par ailleurs la nécessité de développer des indices pouvant être intégrés dans les documents de planification afin d'évaluer et de quantifier à la fois la qualité des sols mais aussi les services écosystémiques qu'ils fournissent. De plus, l'étude met également en évidence un manque de considération des sols dans la plupart des documents de planification, car les sols ne sont en général pas considérés comme une ressource naturelle à part entière. *A contrario*, seules certaines de leurs fonctions jugées plus importantes sont intégrées, à l'image de la production de biomasse. Dans la même logique, l'étude révèle que la plupart des travaux effectués sur les services écosystémiques des sols ayant été analysés ont révélé une priorisation des services d'approvisionnement au détriment des autres. Les scientifiques concluent sur la nécessité, pour l'urbanisme et l'aménagement des territoires, de prendre davantage en considération les sols, en raison d'une intégration limitée par l'absence de classification des services et par le manque de considération des sols comme une priorité dans la planification spatiale.

### 3.6 Les sols dans leur dimension socio-culturelle – Ontologies, représentations et récits

Les sols possèdent également une dimension socio-culturelle et celle-ci apparaît au travers de la littérature comme une dimension clé dans l'élaboration d'une gestion durable des sols. Cet aspect est notamment mis en évidence par les travaux en ethnopédologie (Pérez-Rodríguez, Oriz-Solorio & del Carmen Gutiérrez-Castorena, 2023). L'ethnopédologie s'intéresse ainsi aussi bien aux pratiques locales d'usage et de gestion des sols qu'aux représentations symboliques, croyances, mythes et connaissances qui leur sont associés (Barrera-Bassols & Zinck, 2003). À l'intersection des sciences du sol, de l'anthropologie sociale, de l'agroécologie, de l'agronomie et de la géographie rurale et physique, cette discipline propose une approche élargie des sols, en les considérant à la fois comme des objets biophysiques et comme des constructions socio-culturelles.

Dans cette optique, Patzel, Grunwald, Brevik et Feller (2023) concluent leur ouvrage en soulignant l'importance des relations socio-culturelles liant les sols et les sociétés humaines. Dans leur conclusion, les scientifiques mettent en évidence les diversités de relations et leurs diverses influences sur la façon dont les sols sont gérés :

*« For example, in the shamanistic communities of Siberia, soil is considered sacred, and one does not disturb it lightly (Chaps. 5 and 16). The view of soil as a deity contrasts sharply with modern Western*

*scientific views of soil and growth economies as something to be manipulated and engineered, a view that has often led to soil degradation (Chap. 19). » (Patzel et al., 2023)*

D'autres travaux s'inscrivant dans une pensée plus-qu'humaine cherchent eux aussi à considérer les écosystèmes et les humains selon une approche relationnelle (Granjou & Meulemans, 2020 ; Phillips & Atchison, 2020 ; Maller, 2021 ; Kim et al, 2023 ; Meloni & Maller, 2024). Ces travaux cherchent à dépasser l'exceptionnalisme humain souvent reproché à l'approche des services écosystémiques en proposant une conception des relations environnementales et sociales basée sur la reconnaissance des intrications multi-espèces. Dans cette conception, écosystèmes et sociétés humaines, s'influençant les uns les autres, font partie intégrante d'un même socio-écosystème. Les sols sont eux aussi envisagés depuis ce point de vue et, ce faisant, l'éthique post-humaniste permet l'ouverture d'une réflexion critique des représentations et pratiques humaines qui entrent elles-aussi dans la composition des sols (Puig de la Bellacasa, 2019 ; Krzywoszynska & Marchesi, 2020 ; Krzywoszynska, Banwart & Blacker, 2020 ; Tironi et al., 2022 ; Krzywoszynska 2023).

La réflexion plus-qu'humaine passe par ailleurs principalement par une remise en question de la matérialité qui compose les sols. La matérialité peut être définie de manière basique comme étant ce qui compose l'environnement physique. Toutefois, elle ne se limite pas purement à cette dimension : son évolution en tant que concept l'a amené à passer d'une compréhension physique *stricto sensu* à une conception processuelle. Dans cette nouvelle compréhension, les processus influençant la forme physique de l'objet sont eux aussi considérés comme partie intégrante de l'objet en question. Cette considération résulte en une définition de la matérialité qui dépasse une division *sujet-objet* et propose de considérer la matérialité comme un processus au sein duquel différentes relations sont établies (Latham, McCormak, McNamara & McNeil, 2009). En somme, les auteurs envisagent la matérialité comme étant « [...] *a process from which identifiably discrete objects may emerge to take on a certain degree of consistency. This emergence is often shaped by certain kinds of constraints, deliberate interventions, and recalcitrant agencies.* » (p.68)

Dans cette logique, et face à l'impact des activités humaines sur les sols, les travaux mentionnés précédemment soulignent à nouveau la nécessité d'envisager la matérialité des sols elle aussi dans une optique relationnelle (Puig de la Bellacasa, 2019 ; Krzywoszynska, Banwart & Blacker, 2020 ; Krzywoszynska, 2023). Selon ces chercheuses et chercheurs, la composition des sols ne peut plus être considérée comme constituée seulement par des facteurs biophysiques mais doit également intégrer une dimension socio-culturelle. En d'autres termes, dans une perspective dualiste – que l'on cherche à dépasser –, les sols seraient composés autant

par une dimension *naturelle* que par une dimension *culturelle*, les deux interagissant l'une avec l'autre au fil de différents processus de façon à former les sols. À cela les autrices et auteurs ajoutent qu'il n'existe pas, en raison de la multiplicité des facteurs biophysiques et socio-culturels, *une* ontologie des sols, mais bien *plusieurs*. Ces ontologies occupent alors une place centrale dans la gestion durable. En effet, Krzywoszynska et Marchesi (2020) mettent en évidence l'impact des « *socioecologically destructive ontologies* », ces modèles conceptuels n'étant pas basé sur la relationnalité qui lie les sols, les humains ainsi que les autres êtres vivants et qui en conséquence conduisent à une gestion non-durable des sols. Krzywoszynska, Banwart et Blacker (2020) semblent partager cette position, en ce qu'une réflexion autour de nos systèmes de pratiques, de connaissances et de conceptualisation des sols est considérée comme la première étape vers une gestion durable des sols. En d'autres termes, intervenir sur ces trois dimensions permettrait de développer des représentations plus durables des sols, et à termes, une gestion durable.

Pour Krzywoszynska et al. (2020), il s'agirait de prendre conscience de la nécessité de concilier les activités humaines avec la préservation de la zone critique (fig. 2). Au vue de la centralité des sols dans cette zone, cette prise de conscience dépendrait alors d'un dépassement d'une vision surfacique des sols afin de les considérer dans une approche relationnelle :

*« Much of our thinking about soils focuses on soils as a surface. This surface perspective dominates in many academic disciplines as well as in non-academic soil engagements. When considering land-use changes, and their consequences for societies and ecosystems, we tend to focus on the surface processes, or, lately, those occurring in the atmosphere. But to understand how our actions affect and fit into a specific place, we need to move beyond this surface perspective and think through the connectivity of different processes that constitute a place. »* (Krzywoszynska et al., 2020)

Sans pour autant s'inscrire dans la pensée plus qu'humaine, cette nécessité de dépasser une vision surfacique des sols est également reconnue par Georges, Barbier, Delorme et Rives (2022), qui l'estiment être fondamentale pour une gestion durable des sols par la planification spatiale. Plus en détails, il s'agirait de dépasser une vision du sol fondée selon eux sur le prix, le droit d'usage et le droit de propriété, afin d'adopter une approche intégrant les six fonctions écologiques des sols, leur valeur (patrimoniale, paysagère et comme support des infrastructures), ainsi que les droits d'usage et de propriété. Ces derniers incluent cette fois des réflexions portant sur le démembrement de la propriété privée ouvrant ainsi une réflexion sur les sols en tant que bien commun. Pour les auteurs, « *[le] partage de ce nouveau cadre théorique est un préalable indispensable dans la perspective d'un projet de territoire ou d'aménagement qui tient compte du sol.* »

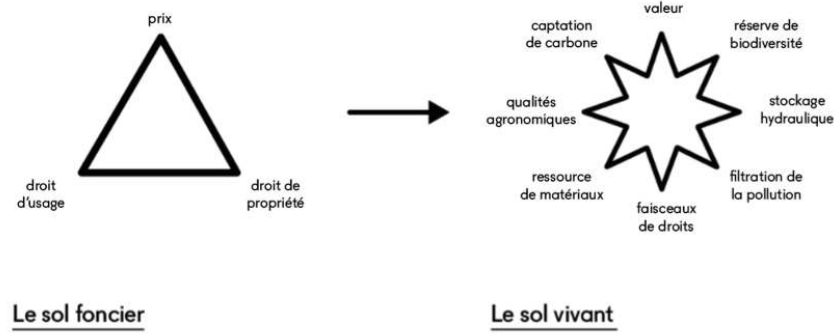


Figure 11 : Schéma de la proposition de transition d'une approche foncière des sols les abordant comme biens économiques à une approche vivante considérant également leurs fonctions écologiques (Georges et al., 2022).

Par la suite, les représentations constituent un autre élément propre à la dimension socio-culturelle, et dont l'influence sur la planification spatiale est soulignée. Une représentation peut être définie comme étant « *une structure cognitive et mentale relativement générale et abstraite [...] qui a pour fonction de conceptualiser le réel.* » (Gumuchian, 1991, cité dans Dupré, 2006, p. 66). Plus en détails, les représentations sont constituées de perceptions, que l'auteur comme étant ce qui « *ren[d] possible l'élaboration d'images, celles-ci se structurant ensuite en représentations* » (Gumuchian, 1991, cité dans Dupré, 2006, p. 66).

Dans les relations sols-sociétés, les diverses représentations des sols jouent un rôle fondamental car ce sont elles qui déterminent la conceptualisation à partir de laquelle sont définies les connaissances et, à terme, les pratiques adoptées vis-à-vis des sols (Krzywoszynska, Banwart & Blacker, 2020). Les représentations des sols prennent alors tout leur poids dans la planification spatiale lorsque Gumuchian (1991, cité dans Dupré, 2006, p. 55) souligne l'importance de les prendre en compte en aménagement du territoire :

*« Prétendre intervenir en matière de réflexion sur l'aménagement du territoire, impose une double exigence : une exigence de prise en compte impérative des représentations élaborées par chacun des groupes présents et ce, quelle que soit l'échelle étudiée ; une volonté de modifier ces représentations en intervenant de manière directe ou indirecte sur des points sensibles [...] »* (Gumuchian, 1991, cité dans Dupré, 2006, p. 55)

Plusieurs travaux mettent en évidence le rôle des représentations et des perceptions dans les rapports sols-sociétés. En ce qui concerne l'intégration des services écosystémiques dans la planification, une partie des difficultés rencontrées peuvent notamment s'expliquer par l'existence de différentiels de perception au sein de la population. Contrairement à une vision homogénéisante, les services écosystémiques en général ne sont pas perçus de manière

uniforme par l'ensemble des individus d'une société. Leur perception varie par exemple selon des facteurs tels que l'âge, le genre, le niveau de revenu, le lieu de résidence ou encore le niveau d'éducation (Martin-López et al., 2012 ; Simon et al., 2012, cités dans Prévot et Geijzendorffer, 2016). Comme le soulignent Prévot et Geijzendorffer (2016), il n'existe pas une perception unique, stable ou normative de la nature ou des services écosystémiques, mais une société donnée mobilise au contraire une pluralité de représentations et de cadres interprétatifs. Quant à l'échelle de la planification, Serrano et ses collègues (2023) interrogent les différentiels de perceptions vis-à-vis de ces services entre les autorités locales et les instances chargées de la planification spatiale, ce qui constitue un enjeu crucial pour leur prise en compte effective dans les stratégies d'aménagement.

Plusieurs travaux suggèrent de considérer les représentations des sols comme des objets d'étude à part entière, susceptibles d'éclairer des pistes d'intégration plus fines des enjeux pédologiques, tant au sein de la société civile que dans les politiques d'aménagement du territoire. En effet, les acteurs et actrices ne mobilisent pas tous et toutes les mêmes référentiels lorsqu'il s'agit d'aborder les sols. Dans la gestion des sols en agriculture, Ingram, Fry et Mathieu (2010) montrent par exemple que les perceptions divergent significativement selon que l'individu soit issu du monde scientifique ou du monde agricole. Dans le même domaine de recherche, Duruiheoma, Burek, Bonwick et Alexander (2007) relèvent que des variables telles que l'âge, le statut de propriétaire-exploitant ou le niveau d'éducation influencent également la perception des sols, ce qui met en évidence l'existence de variations intra-groupes.

Plus proche de la planification spatiale, Souami (2023) met en évidence le rôle central des récits dans la part de la fabrique urbaine portée par les institutions publiques et leur influence vis-à-vis de la protection des sols dans ce champ d'action. Celui-ci, bien que mobilisant souvent les mêmes acteurs spécifiques (collectivités locales, développeurs immobiliers, bureaux d'étude, etc.), les mêmes outils, logiques et finalités, doit selon l'auteur être considéré comme un monde social hétérogène traversé par des différences de statuts, de rôles, mais aussi d'univers professionnels et cognitifs. Dans ce contexte, les récits assurent une double fonction. D'une part, ils créent du lien entre les acteurs de cet ensemble composite, en rappelant ce qui fait cohérence dans l'histoire et les pratiques du secteur. De l'autre, pour chaque type d'acteur, ils ordonneraient les actions et les rôles afin de donner du sens au projet. En somme, le récit ne se limite pas à raconter l'action, mais contribue à sa configuration. Il participe à la structuration des pratiques en déterminant ce qui est fait, pourquoi, et comment cela s'inscrit dans une trajectoire partagée.

Par ailleurs, dans son analyse du ZAN, l'auteur montre que l'instauration de cet objectif dans les politiques françaises pousse les urbanistes et aménagistes à s'engager dans un débat sur le sens de la notion de « sol artificialisé », sur la valeur à accorder aux sols à protéger, et sur leur fonction dans et pour la nature. Dans cette perspective, les récits, pour l'auteur, « *sont des espaces et des outils de remodelage des pratiques d'aménagement* ».

## 4 Synthèse intermédiaire

L'objectif de ces deux premières parties était d'offrir un panorama de la problématique des sols, d'abord dans sa dimension globale, puis à travers le prisme de la planification spatiale. Dans cette perspective, une première section a présenté l'étendue des dégradations des sols actuelles ainsi que les réponses institutionnelles à différents niveaux, tandis qu'une seconde les a mises en regard avec les apports de la littérature. Plus en détails, la littérature a permis de mettre en perspective la réponse suisse, les éléments de réponses récurrents que sont l'économie circulaire et les objectifs de « zéro artificialisation / consommation nette » ainsi que les enjeux liés à la dimension socio-culturelle, telle que le rôle des ontologies, des récits ou encore des représentations.

Le premier constat qu'il est alors possible de poser est que les sols, en tant qu'objet multidimensionnel et multifonctionnel, font progressivement l'objet d'une mise à l'agenda, que cela soit par la communauté internationale, ou par les institutions nationales individuellement. Au niveau global, le rôle majeur que sont amenés à jouer les sols dans la réalisation d'une partie des *Objectifs du Développement Durable* (SDG) fixés par les Nations Unies (Grêt-Regamey et al., 2017 ; EEA, 2023) témoigne d'une reconnaissance de leur complexité. Cette mouvance est également présente dans les décisions européennes, comme l'indique par exemple la *Charte européenne des Sols* (Union européenne, 1972) ou encore la stratégie intersectorielle sur la gestion et protection des sols aux horizons 2030-2050 adoptée en 2021 (Jakob, 2023). La Suisse reconnaît également la complexité des sols et adopte dès 1983 au travers de la LPE une politique de protection des sols basée sur la notion de fertilité des sols. Cette première base légale cherche à protéger les sols de diverses atteintes et est par la suite complétée par d'autres lois (LFO, LChP, LPN, LAgr, LEaux) (Steiger et al., 2018 ; Walter & Hänni, 2018).

Au fil du temps et des diverses décisions, la gestion de l'urbanisation et plus spécifiquement de l'étalement urbain apparaît comme une dimension saillante des réponses institutionnelles. En effet, l'urbanisation est largement identifiée comme l'un des principaux moteurs de dégradation des sols en raison des dynamiques de consommation des sols qui lui sont liées et des impacts environnementaux considérables en résultant (Bajocco, De Angelis, Perini, Ferrara & Salvati, 2012 ; Smiraglia, Ceccarelli, Bajocco, Salvati & Perini, 2016) et reste un phénomène croissant, malgré les alertes scientifiques (Koch et al., 2013), que cela soit en Suisse (Klaus, 2017 ; Biedermann, 2021) ou au niveau européen (EEA, 2006 ; 2017). Plus précisément, c'est l'étalement urbain et ses dynamiques de consommation des sols qui sont

identifiés comme menace majeure à la préservation des fonctions des sols (EEA, 2006 ; ONU, 2016 ; FAO 2022 ; Arias-Navarro et al., 2024 ).

Le deuxième constat qui peut être posé est que, dans ce contexte, une tendance se dégageant autant de la littérature que des documents institutionnels consiste en la reconnaissance croissante du rôle central que la planification spatiale peut être amenée à jouer dans la gestion durable des sols. En effet, face au rythme constant de l'urbanisation et de l'étalement urbain, la planification spatiale apparaît à la fois dans les travaux académiques (Delgado-Ramos, 2015 ; Genois-Lefrançois et al., 2015 ; Fürst et al., 2017 ; Grêt-Regamey et al., 2018 ; Steiner et al., 2018 ; Laginha-Sanches & Ventura Santos Bento, 2020) et dans les politiques publiques (ONU, sd. ; Conseil fédéral, 2020 ; Cotella et al., 2020 ; FAO, 2022 ; Jakob, 2023 ; 2024) comme un levier d'action stratégique à activer afin de concilier les impératifs de développement territorial avec les exigences de préservation des sols. Les réponses formulées prennent alors des formes diverses, telles que l'intégration des services écosystémiques découlant des fonctions des sols (Fürst et al., 2017 ; Grêt-Regamey et al., 2017 ; Delibas et al., 2021), l'adoption d'objectif de « zéro artificialisation / consommation nette » de sol (Conseil fédéral, 2020 ; Gensheimer et al., 2024) ou encore la mise en avant d'une économie circulaire (Commission européenne, 2020 ; Confédération suisse, 2024). Dès lors, afin d'assurer cette tâche la planification spatiale doit elle aussi dépasser une vision surfacique des sols et se diriger vers une approche volumique reconnaissant leur complexité, ce qui implique de rompre avec la tendance historique encore actuellement en vigueur :

*« Depuis le milieu du XIXe siècle, la prolifération des techniques de démolition et son association à celles des travaux publics et du terrassement ont participé à évacuer la préparation du sol et, par extension, sa connaissance dans le processus de projet (Landauer, 2019, p. 23-30). À la suite de cette évolution d'ordre technique, la tabula rasa a été au cœur de la pensée et des théories de la modernité » (ibid., p. 23). Les concepteurs et leur maître d'ouvrage ont, dès lors, recentré leurs compétences sur les phases en aval des projets d'aménagement, c'est-à-dire celles de l'édification bâtie sur une surface foncière « prête à l'emploi », dégagée de toute contrainte. De même, l'urbanisme réglementaire, qui régit depuis le milieu du XXe siècle le domaine d'utilisation des sols, n'a jamais été pensé en fonction de ses qualités multidimensionnelles mais d'abord pour répondre à des logiques hygiénistes et fonctionnalistes, puis, plus récemment, pour servir le développement et l'attractivité des territoires. » (Georges et al., 2022)*

Le dernier constat que l'on peut formuler est que, quelle que soit la forme qu'elles prennent, les réponses institutionnelles semblent nécessiter une intégration plus aboutie de la notion de « sol » dans la planification spatiale – intégration reposant en partie sur des dimensions socio-culturelles. En effet, pour répondre aux injonctions formulées aux échelles internationale et nationale, la planification doit elle aussi dépasser une approche strictement foncière et surfacique des sols, afin de les envisager dans leur multifonctionnalité et leur

multidimensionnalité (Georges et al., 2022). La littérature montre que cette ouverture à la dimension pédologique passe en partie par une transformation socio-culturelle, tant au sein de la société dans son ensemble que dans le champ professionnel de la planification spatiale. En somme, la mise en œuvre d'une relation sols-sociétés durable s'inscrit dans un processus culturel : elle nécessite de développer des ontologies propices à leur protection (Krzywoszynska & Marchesi, 2020), mais aussi, chez les acteurs et actrices de la planification, des représentations et des récits permettant de saisir la complexité des sols et de produire des récits susceptibles de guider l'action (Krzywoszynska et al., 2020 ; Souami, 2023 ).

## 5 Problématique

L'état de l'art a permis de constater que les sols, en tant que base des sociétés humaines (Gobat et al., 2013), ont fait l'objet d'une reconnaissance progressive autant par la recherche au travers de leur élargissement à des disciplines mettant en évidence des enjeux socio-environnementaux, que par les institutions globales (ONU, 2016), européennes (EEA, 2006) et suisses (Steiger et al., 2018). Toutefois, les dégradations des sols persistent malgré une reconnaissance de l'urbanisation comme défi majeur pour la préservation et l'utilisation durable des sols, et ce en dépit des diverses mesures instaurées.

Face à cela, une partie de la science et des institutions s'accordent sur le fait que l'élaboration de la gestion durable des sols doit passer par une intégration de la notion dans la planification (entre autres : Grêt-Regamey et al., 2017 ; Teixeira Da Silva et al., 2018 ; Serrano et al., 2023) et par un dépassement d'une vision surfacique des sols (Conseil fédéral, 2015 ; Krywoszynska et al., 2020 ; Georges et al., 2022). L'intérêt que suscite cette piste de réflexion ne s'exprime toutefois pas uniformément dans la planification spatiale. En effet, si la question de l'intégration des sols a fait l'objet de plusieurs travaux, à l'exception de certains d'entre eux (Blanchart, 2019 ; Lothodé et al., 2020), celle de la mise en œuvre concrète des objectifs de protection des sols à l'intersection entre l'échelle de l'urbanisme opérationnel et celle du bâtiment reste absente de la littérature portant sur la planification spatiale. Celle-ci se focalise principalement sur ses deux premières dimensions, à savoir l'aménagement du territoire et l'urbanisme et traite des instruments de planification spatiale, sans toujours prolonger l'analyse jusqu'à leur traduction effective sur le terrain. Pourtant, c'est à l'échelle du projet et des bâtiments, lors de leur phases de conception puis de réalisation, que les impacts directs sur les sols peuvent se produire : compaction, mélange d'horizons, perte des capacités de stockage du carbone, etc. C'est aussi à cette même échelle qu'il est possible de mettre en œuvre des mesures d'atténuation concrètes, susceptibles de réduire les effets de l'urbanisation (O'Riordan, 2021).

En Suisse, les documents institutionnels reconnaissent non seulement la part de dégradation pouvant être imputée à la dimension du bâtiment (Klaus, 2017), mais également les enjeux spécifiques liés à sa phase d'exécution (Conseil fédéral, 2020). Les principes posés par les bases légales telles que la LPE et l'OSol ont donné lieu à des documents d'aide à l'exécution traduisant les enjeux et insistant sur l'importance d'intégrer la protection des sols à ce niveau. Ces recommandations visent notamment à préserver la quantité (éviter la perte de sol) et la qualité des sols (structure, fertilité, teneur en carbone) (Conseil fédéral, 2015).

C'est donc au niveau de la construction que ce mémoire propose d'aborder la problématique de l'intégration des sols dans la planification. Plus précisément, ce travail propose de se focaliser sur l'échelle du quartier, car celle-ci permet également d'observer comment le niveau de la construction collabore avec celui de l'urbanisme, les deux échelles pouvant être amenées à être mobilisées sur un même projet.

Dans ce contexte, ce travail tente de contribuer à cette réflexion en partant de la question suivante :

***« Quelles sont les barrières à l'intégration des sols ressenties par les acteurs de la construction et quels sont les éventuels leviers à activer afin de faciliter ce processus ? »***

Le lien entre les représentations, les connaissances et les pratiques dans la gestion durable des sols identifié par la littérature plus-qu'humaine se présentant comme déterminant par son effet structurant (Krywoszynska & Marchesi, 2020), un premier objectif de ce travail sera d'explorer le rôle que jouent les représentations dans la manière dont les sols sont pris en compte dans les projets de quartier. Un second consistera en l'identification de freins et leviers à une gestion durable des sols qu'ils soient ou non liés à ces représentations. Dans cette perspective, une hypothèse spécifique peut être posée concernant la dimension représentationnelle :

*« Dans les projets de quartier, les sols font l'objet de représentations multiples par les acteurs du domaine de la construction et cela influence leur prise en compte effective. »*

En revanche, dans une logique plus exploratoire visant à dégager les autres dimensions explicatives de la (non)prise en compte des sols, les autres types de freins ou de leviers ne font pas l'objet d'une hypothèse.

Par la suite, au vue de l'importance des niveaux relatifs aux représentations, aux connaissances et aux pratiques, ceux-ci vont structurer ce travail et ses sous-questions de recherche. L'idée n'étant pas d'effectuer un travail portant essentiellement sur la dimension socio-culturelle, ces questions de recherche ont été formulées de façon à dégager des freins et des leviers propres à la cette dimension tout comme ceux ne s'y rattachant pas :

*1) Comment les acteurs perçoivent-ils les sols? Dans quelle mesure les sols sont-ils un enjeu aux yeux des acteurs, dans la société et dans leurs pratiques ?*

- 2) *Comment les acteurs définissent-ils les sols ?*
- 3) *Comment l'information pédologique est-elle mobilisée et par quels moyens circule-t-elle ?*
- 4) *Comment les acteurs collaborent-ils entre eux ?*
- 5) *Dans quelle mesure les différentes pratiques des acteurs prennent en compte les fonctions des sols ?*
- 6) *Dans quelle mesure les diverses obligations ou recommandations sont-elles mises en œuvre ?*
- 7) *Dans quelle mesure les différentes pratiques des acteurs sont-elles influencées par la présence de conflit d'intérêt ?*

## 6 Méthodologie

Afin d'identifier les freins et les leviers d'action perçus par les acteurs de la construction concernant la prise en compte des sols, les méthodes qualitatives se sont présentées comme une démarche adéquate pour plusieurs raisons. Dans un premier temps, elles permettent de comprendre des objets difficilement saisissables, tels que les représentations ou les processus de décisions (Morange & Schmoll, 2016). Elles visent en effet à comprendre les pratiques et les expériences des acteurs et à saisir la compréhension du monde de leur point de vue : « *En d'autres termes, il s'agit de saisir les catégories ordinaires qui structurent les pratiques et les représentations du monde des enquêtés.* » Dans un deuxième temps, les méthodes qualitatives permettent aussi d'aller au plus proche des contextes dans lesquels s'inscrivent ces dimensions. En effet, les autrices soulignent que :

*« [...] les démarches qualitatives se concentre[ent] sur le « Comment ? », à savoir dans quel contexte de pratiques et de significations s'inscrit tel fait socio-spatial ou telle représentation. Elles mettent l'accent sur la spécificité, la complexité et la profondeur des faits observés. »* (Morange et Schmoll, 2016)

De plus, la démarche qualitative permet de conserver une certaine flexibilité entre démarche inductive et démarche déductive, ce qui permet au chercheur de conserver une certaine flexibilité en fonction des résultats au fil du travail (Morange & Schmoll, 2016 ; Marquet, van Campenhout & Quivy, 2022). Cette flexibilité permet finalement d'atteindre en profondeur le point de vue des acteurs (Morange & Schmoll, 2016).

### 6.1 Matériel et cas d'étude

Comme mentionné précédemment, l'objectif de ce travail est d'identifier les freins et les leviers d'action liés à la prise en compte de la qualité des sols par les acteurs de la sphère de la construction. À cette fin, l'étude prend pour terrain l'agglomération lausannoise.

L'agglomération lausannoise constitue la quatrième plus grande agglomération de Suisse en termes de population résidente permanente et la cinquième en termes d'emplois (Ville de Lausanne, 2024). Elle consiste également en une région dynamique et attractive (Ville de Lausanne, 2023 ; 24 Heures, juillet 2025). Cette attractivité se traduit par un essor démographique soutenu, tant dans la ville-centre que dans les communes environnantes (Union des villes suisses, 2024).

Face à cette dynamique, les communes membres du *Projet d'agglomération Lausanne-Morges (PALM)* ont reconnu la nécessité de densifier le tissu urbain existant. Cette densification

s'opère tant dans les centralités, comme Lausanne, Renens, Pully ou Morges que sur des sites stratégiques bénéficiant d'un bon accès aux transports publics. Les communes de Prilly, Bussigny, Lausanne, Tolochenaz, Chavannes-près-Renens, Morges ou encore Renens sont ainsi ciblées pour accueillir de nouvelles constructions, parfois sur des friches ou des terrains jusque-là non bâtis, considérés comme des opportunités pour accueillir des infrastructures ou des activités économiques (Ville de Lausanne, 2023) et susceptibles de contribuer à atténuer la pénurie de logements (Projet d'Agglomération Lausanne-Morges, 2025). Plusieurs projets illustrent cette stratégie, tels que celui d'*Églantine* à Morges, ceux des *Cèdres* et *Horizon* (fig. 12) à Chavannes-près-Renens, ou ceux des *Fiches* et des *Plaines-du-Loup* à Lausanne.

Dans ce contexte de développement urbain, l'agglomération lausannoise se présente alors comme cas d'étude adéquat pour sonder le secteur de la construction afin de faire émerger des limites ou des opportunités à l'intégration des sols en vue d'une gestion durable des sols.



Figure 12 : Chantier du quartier Horizon, Chavannes-près-Renens (Orllati, 2023).

## 6.2 Entretiens

Les entretiens visent à la production d'un discours par des acteurs interrogés, afin de recueillir des informations tout en accédant à une compréhension plus fine de leurs actions. Ils sont particulièrement adaptés lorsque l'on souhaite analyser un objet de manière approfondie et nuancée. Cette méthode permet en effet d'adopter une démarche compréhensive tout en offrant une certaine souplesse quant aux objets investigués, qu'il s'agisse de systèmes de représentations ou de pratiques sociales (Morange & Schmoll, 2016).

Dans cette optique, différents types d'entretiens ont été utilisés pour réaliser ce travail. Dans un premier temps, un entretien exploratoire a été réalisé en amont de la phase d'entretien à proprement parler. Dans un second temps, quinze entretiens semi-directifs ont été réalisés afin de recueillir les données à analyser.

En ce qui concerne l'entretien exploratoire, celui-ci est généralement mobilisé car il contribue à la construction de la problématique, à identifier les aspects du sujet à prendre en considération, à dégager de nouvelles pistes ou à en éclaircir d'autres ainsi qu'à éviter des lectures inutiles susceptibles d'entraîner une gestion inefficace du temps et de l'énergie allouées (Marquet et al., 2022).

Les entretiens semi-directifs constituent une méthode particulièrement adaptée à la collecte de discours, de récits et de matériaux discursifs permettant de mieux comprendre les représentations mentales et les pratiques des individus dans leur contexte professionnel (Sauvayre, 2021). Leur degré de liberté offre une marge d'expression qui favorise l'émergence de réponses compréhensives, au-delà de simples énoncés factuels (Morange & Schmoll, 2016). Cette technique présente ainsi l'avantage de concilier une certaine souplesse dans la conduite de l'échange avec une structure thématique préétablie permettant à l'enquêteur de poser ses questions de manière naturelle tout en laissant place à l'exploration de dimensions inattendues. Elle représente également un compromis pertinent entre la richesse des données obtenues et les contraintes de temps, tant pour l'enquêteur que pour l'enquêté (Morange & Schmoll, 2016). Enfin, ce type d'entretien se révèle particulièrement pertinent pour investiguer des phénomènes complexes tels qu'ils sont perçus et vécus par les acteurs eux-mêmes (Imbert, 2010), et permet de faire émerger des éléments souvent absents ou édulcorés dans les documents officiels, qui tendent à présenter une vision simplifiée et consensuelle (Pin, 2023).

#### 6.2.1 Entretien exploratoire

L'entretien exploratoire a été réalisé dans le courant de l'été 2024 auprès d'une personne en charge de la problématique des sols à la Direction Générale du Territoire et du Logement du canton de Vaud. Cet entretien s'est révélé particulièrement précieux car il a permis d'obtenir un aperçu de la problématique de la protection des sols depuis le niveau cantonal. Les informations recueillies ont ensuite facilité l'identification de pistes de réflexion pour la suite du travail, notamment dans l'élaboration de la problématique, des questions de recherche, ainsi que des thématiques pertinentes à explorer.

### 6.2.2 Entretiens semi-directifs

Quinze entretiens semi-directifs ont par la suite été réalisés avec divers acteurs de la construction. Leur identification a été réalisée d'une part en s'inspirant de la sélection effectuée par Blanchart (2019) dans son étude sur les acteurs de l'urbanisme opérationnel, et de l'autre en parcourant le processus d'un grand chantier type sur le site *soletconstruction.ch* (Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg (HEIA-FR), 2025). De plus, afin d'avoir un tableau plus complet, des individus impliqués dans la planification communal et la population ont été retenus. Ont alors été retenus :

- Les responsables de l'aménagement ou de l'urbanisme communal
- la maîtrise d'ouvrage (MO),
- les bureaux d'assistance à la maîtrise d'ouvrage (BAMO),
- les pédologues SPSC en charge des suivis de chantier,
- les architectes,
- les architectes-paysagistes,
- les terrassiers,
- les propriétaires privés

Par la suite, la sélection des personnes interviewées s'est appuyée sur une stratégie raisonnée combinant plusieurs critères : le type d'acteur, l'ancrage territorial, et, dans les cas échéants, la pertinence de leur activité par rapport au sujet de recherche. Pour les acteurs professionnels, une recherche internet a permis d'identifier des entreprises basées dans le bassin lausannois dont les réalisations indiquaient une implication concrète dans des projets régionaux. Chacun des acteurs de la construction est donc rattaché à une entreprise basée à proximité de Lausanne ou à Lausanne-même. Les portfolios de projets ont également été consultés pour vérifier la pertinence géographique des activités. Le degré de sensibilité aux sols pouvant transparaître des projets n'a pas été retenu comme critère déterminant dans ce choix. Au contraire, dans un souci de représentativité, seuls les critères mentionnés précédemment ont été déterminants. Les entreprises retenues ont toutes mené des mandats significatifs dans la région, ce qui garantit une connaissance du contexte local.

| Aperçu des acteurs interrogés |                                                         |                                                                                 |                                 |                     |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| Nom / Substitut<br>anonymisé  | Institution /<br>entreprise                             | Fonction                                                                        | Type d'entretien et<br>modalité | Date de l'interview |
| Julien Duc                    | Karakas et Français,<br>bureau d'ingénierie<br>des sols | Directeur adjoint –<br>section<br>environnement-<br>géologie, pédologue<br>SPSC | Semi-directif                   | 01.04               |

|                              |                                                                                                                         |                                                                                          |                                       |       |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------|
| Pédologue 2 #                | Bureau d'étude                                                                                                          | CEO, pédologue SPSC                                                                      | Semi-directif                         | 04.06 |
| Pédologue 3 #                | Bureau d'étude                                                                                                          | Pédologue SPSC                                                                           | Semi-directif                         | 01.05 |
| Robert Ischer                | Ischer<br>Développement,<br>bureau d'assistance à<br>la maîtrise d'ouvrage,<br>bureau de<br>développement<br>immobilier | Directeur,<br>développeur<br>immobilier, fondateur<br>de <i>Ischer<br/>Développement</i> | Semi-directif                         | 09.05 |
| BAMO 2 #                     | Bureau d'assistance à<br>la maîtrise d'ouvrage                                                                          | Directeur associé                                                                        | Semi-directif                         | 23.04 |
| Architecte 1 #               | Bureau d'architecture                                                                                                   | Responsable de la<br>durabilité                                                          | Semi-directif                         | 16.05 |
| Architecte-Paysagiste<br>1 # | Bureau<br>d'architecture-<br>paysagisme                                                                                 | Directeur général                                                                        | Semi-directif                         | 18.06 |
| Architecte-Paysagiste<br>2 # | Bureau<br>d'architecture-<br>paysagisme                                                                                 | Directeur                                                                                | Semi-directif                         | 15.07 |
| Daniel Perrudet              | Commune de Lonay                                                                                                        | Chef du service<br>technique et<br>responsable de<br>l'aménagement du<br>territoire      | Semi-directif                         | 19.05 |
| Terrassier #                 | Entreprise de<br>construction                                                                                           | Directeur –<br>conducteur de travaux                                                     | Semi-directif                         | 12.05 |
| Propriétaire 1 *             | Privé                                                                                                                   | –                                                                                        | Semi-directif                         | 10.05 |
| Propriétaire 2 #             | Privé                                                                                                                   | –                                                                                        | Semi-directif, sans<br>enregistrement | 16.04 |
| Propriétaire 3 #             | Privé                                                                                                                   | –                                                                                        | Semi-directif, par<br>téléphone       | 14.05 |
| Propriétaire 4 *             | Privé                                                                                                                   | –                                                                                        | Semi-directif                         | 29.05 |

Tableau 1 : Tableau descriptif des acteurs interviewés (Auteur, 2025)<sup>14</sup>.

S'agissant des propriétaires privés, leur identification a été rendue possible grâce à l'intermédiaire de M. Guillaume Raymondon, ingénieur territorial pour le compte de *Région Morges* et engagé dans une étude connexe. En permettant une insertion en parallèle de ses recherches, M. Raymondon a facilité les premiers contacts à l'occasion d'un événement public, où plusieurs propriétaires intéressés par la question de la qualité des sols se sont montrés volontaires pour participer à l'enquête. Un formulaire a également été diffusé grâce à lui afin de permettre aux volontaires de réitérer leur intérêt. De même, un chef de service communal en charge de l'aménagement et de l'urbanisme a également été intégré au corpus grâce à l'intermédiaire de M. Raymondon.

Une fois les acteurs sélectionnés, une grille d'entretien (cf. 8.1) a été élaborée en amont de la prise de contact pour assurer une certaine homogénéité dans les thématiques abordées. Afin de tenir compte des différentes réalités des acteurs, cette grille a fait l'objet de variations, sans

<sup>14</sup> Les acteurs anonymisés ont soit manifesté leur volonté de l'être (\*), soit le sont par défaut en raison de délais trop court et n'ayant pas permis d'éclaircir ce point (#).

toutefois résulter en des grilles trop distinctes les unes des autres. Cette grille découle des questions de recherche formulées au cours de l'enquête et s'organise en trois grandes parties :

- **Représentations** : Perceptions des sols en tant qu'enjeu sociétal et dans la profession de l'interviewé / au quotidien de celui-ci, définition des sols.
- **Connaissances et collaboration** : Informations mobilisées sur les sols, circulation des savoirs, interactions interprofessionnelles.
- **Pratiques professionnelles** : marges de manœuvre, contraintes techniques, économiques ou réglementaires, collaboration.

Tous les acteurs ont été contactés par un mail introductif leur présentant le cadre de la recherche ainsi que les modalités de l'entretien. La durée des entretiens a également été annoncée à ce moment comme étant comprise entre quarante-cinq minutes et une heure, ce qui correspond à la durée effectivement constatée dans la majorité des cas.

En ce qui concerne les modalités de réalisation des entretiens, ceux-ci ont été menés principalement en présentiel, dans les locaux des interviewés lorsque cela était possible. Pour les propriétaires privés, les entretiens se sont déroulés à leur domicile, à l'exception de deux cas, réalisé dans un café et par téléphone. Le choix du lieu a été laissé aussi flexible que possible afin de favoriser un cadre propice à l'échange.

À l'exception des deux entretiens aux modalités particulières, tous ont été enregistrés (avec autorisation) afin de faciliter la retranscription et minimiser la perte d'informations. La retranscription a été réalisée grâce au logiciel *Corv* mis à disposition par l'Université de Lausanne et assurant une confidentialité des données.

Les entretiens ont par la suite été analysés grâce à une analyse thématique (Paillé & Mucchielli, 2016). L'analyse thématique consiste en la « *transposition d'un corpus donné en un certain nombre de thèmes représentatifs du contenu analysé, et ce, en rapport avec l'orientation de recherche (la problématique).* » Cette thématisation permet de réaliser deux objectifs complémentaires. D'une part, il est possible de relever les éléments pertinents dans le corpus étudié, de l'autre, la méthode permet de mettre ces éléments en perspective les uns les autres afin de faire émerger dans un second temps des propos complémentaires ou opposés permettant de dégager un « *panorama* » des tendances clés du corpus. Dans cette compréhension, les entretiens ont chacun fait l'objet d'une analyse individuelle ayant comme objectif d'identifier les thèmes principaux, puis, une fois cette première étape réalisée, les entretiens ont été mis en dialogue afin de ressortir des figures-types du corpus qui ont par la

suite structuré ce travail. Les figures-types correspondent à des constructions intellectuelles au travers desquelles les tendances observées sont accentuées et facilitant l'interprétation des résultats :

*« [...] archétypales, elles désignent, en les exagérant, les thèmes qui apparaissent selon des formulations diverses et de façon récurrente dans les matériaux analysés. Elles correspondent à des figures idéales typiques (Weber, 1965) ou à ce que Chalas nomme également typologie figurative (2000). Il s'agit d'un artefact méthodologique qui permet l'analyse des représentations ou des pratiques. Cette exagération permet en effet d'amener à la conscience ce qui sinon se dérobe à la lisibilité et constitue un canevas utile à l'analyse des tendances actuelles. (Salomon Cavin, 2012)*

### 6.3 Limites méthodologiques

Plusieurs limites méthodologiques doivent être soulignées. Tout d'abord, l'échantillon est majoritairement composé d'acteurs déjà sensibles ou convaincus par la problématique de la protection des sols. Cette prédisposition peut introduire un biais dans les discours recueillis, dans la mesure où ceux-ci reflètent une forme d'adhésion préalable. Toutefois, cette homogénéité peut également s'avérer heuristique, en permettant de faire émerger un contraste entre les représentations portées par les enquêtés et celles qu'ils attribuent à d'autres acteurs de leur domaine d'action et peut en conséquence rendre compte d'une réalité nuancée.

Par ailleurs, le manque de diversité au niveau des voix composant certains profils constitue une autre limite. Il n'a notamment pas été possible de recueillir plusieurs points de vue pour les catégories des terrassiers, des architectes et des responsables de l'aménagement et de l'urbanisme, ce qui limite la représentativité des propos tenus.

Enfin, le point de vue des maitrises d'ouvrage n'est couvert que partiellement par leur proximité avec les BAMO et leur avis sur la question reste absent du corpus. Malgré les nombreuses tentatives de prise de contact et les relances, les réponses obtenues faisaient état d'un manque de disponibilité ou se sont soldées par l'absence de réponse, empêchant ainsi de recueillir leur point de vue sur la situation.

## 7 Résultats

L'analyse est organisée en trois parties, chacune abordant une dimension, à savoir les représentations, les connaissances et les pratiques. La première partie (7.1) traite des différentes représentations à partir desquelles les sols sont abordés par les acteurs et tente d'en dégager des figures-types. La seconde partie (7.2) permettra d'observer la façon par laquelle l'information pédologique circule parmi ces derniers. Finalement, la troisième partie (7.3) traitera des conséquences pratiques des deux premières parties.

### 7.1 Représentations des sols

Comme indiqué, cette partie cherche à peindre le tableau des différentes représentations des sols ayant pu être identifiées au travers des entretiens. La typologie proposée ici vise donc à dégager des figures-types, des tendances principales sans toutefois occulter la porosité entre ces catégories. Une fois cette description établie, les parties suivantes permettront d'analyser leur coexistence et de mettre en lumière d'éventuelles freins ou limites

#### 7.1.1 Les sols marginalisés

La première observation qui ressort des entretiens est que selon plusieurs interviewés, les sols n'occupent pas une place significative. Un pédologue souligne que les acteurs de la construction ne sont généralement que peu sensibilisés aux sols dans leur dimension vivante, à leurs enjeux socio-environnementaux et à la biodiversité en général, ce qui résulte en ce que ces enjeux ne soient pas saillants dans leurs pratiques (Pédologue 2). Cette marginalisation semble traverser une grande partie de la chaîne technique, tant en amont qu'en aval.

En ce qui concerne l'amont de la chaîne technique, un responsable de la durabilité dans un bureau d'architecte lausannois regrette la place marginale occupée par les sols et leurs enjeux, tant dans les représentations propres au milieu politique que dans celles de la population en général (Architecte 1). Selon lui, ce manque de visibilité conduit à une faible prise en compte des sols dans les décisions. Dans cette optique, il observe que si les arbres mobilisent aisément la population grâce à leur forte valeur symbolique lorsqu'un projet les impacte, les sols souffrent d'un soutien inexistant :

*« Les arbres, on arrive à les garder dans les projets parce qu'il y a une haute valeur sentimentale et que du coup, ça gêne, ça peut bloquer un projet politiquement. C'est-à-dire que des gens, activistes, peuvent bloquer un projet pour des arbres. Que moi, je trouve tout à fait ok. [...] Mais ça, les gens font attention parce que le [incompréhensible], il est énorme. Mais personne ne se lève pour un ver de terre. »*  
(Architecte 1)

Les arbres semblent bénéficier d'une certaine affection, car lors d'un entretien, un propriétaire privé a exprimé sa tristesse face à l'abattage d'une rangée d'arbres en face de son logement : *« C'est dommage d'abattre des arbres comme ça. C'est un être vivant, après tout. »* (Propriétaire 1)

Un propos similaire apparaît également de manière implicite auprès de Daniel Perrudet, chef du service technique en charge de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire de la commune de Lonay. Il souligne une absence de mandat des politiques à l'échelle communale lui permettant d'agir vers une gestion durable des sols, ce qui laisse également penser qu'à ce niveau, les sols ne sont pas encore perçus comme un enjeu majeur :

*« [...] Et puis les sols... On n'a pas de contraintes légales, on n'a pas d'obligations, du coup on est municipaux, on n'a pas forcément du temps pour ça. On a deux-trois qui sont sensibles, donc si on a des bons projets, oui, mais ce n'est pas des.... Cette réflexion-là, elle est laissée au canton. »* (Daniel Perrudet)

Il semble également en être ainsi dans la population, car il estime que les sols sont actuellement le parent pauvre de l'environnement et que dans la pratique, les sols restent méconnus : *« **Sol et roche, les gens mélangent, c'est la même chose.** »* Son propos rejoint également celui du responsable de la durabilité lorsqu'il souligne que même si la population est encore loin d'être réceptive à la cause environnementale, certains objets environnementaux ont fait preuve d'une plus forte assimilation, contrairement aux sols : *« Les gens ont compris un peu l'intérêt de l'eau, ils ont compris un peu l'intérêt des plantes et des plantes invasives, **mais le sol, c'est vraiment un concept.** »* Un pédologue ajoute qu'à ses yeux, la façon dont les projets qu'il accompagne sont réalisés indique que les sols n'ont pas encore été mis à l'agenda (Pédologue 3).

Au niveau de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire, bien que Daniel Perrudet mentionne une prise en compte des sols au travers des stratégies de végétalisation ou de désimperméabilisation et de la réglementation, il note que les sols ne font actuellement pas l'objet d'une protection pour leur valeur intrinsèque. Ceci semble avoir des répercussion sur l'aval de la planification, car un autre pédologue déplore l'absence de règlement dans les documents de planification territoriale (Pédologue 2). Selon lui, si certaines dimensions à enjeux sont intégrées dans ces documents, tels que le bruit, ou encore la biodiversité, les sols sont encore largement absents. Ce discours vient compléter les propos du chef du service technique communal et peut refléter une situation plus large dans laquelle l'objet sol n'est pas encore pris en compte par l'aménagement du territoire et l'urbanisme :

*« Il y a des fenêtres qui sont faites spécialement pour pouvoir régler [le bruit]. C'est un problème. La biodiversité, on veut favoriser la biodiversité, il y a un article de règlement dans le PA [plan d'affectation]. Au niveau des sols, je n'ai jamais vu un PA avec un règlement, qui est avec un article de règlement. Il y en a quelques peu, j'en ai vu, ce n'est pas vrai, j'en ai vu quelques-uns, mais alors, je les compte sur les doigts de la main, depuis 20 ans que je fais ça, où il y a vraiment un article sur la préservation de la ressource [sol]. Ça commence à venir, mais ce n'est pas la généralité. » (Pédologue 2)*

En ce qui concerne les MO et les investisseurs, Robert Ischer, l'un des directeurs de BAMO interviewés et développeur immobilier, souligne également l'importance de sensibiliser et d'éduquer les MO aux enjeux liés aux sols, ce qui laisse penser que les sols n'ont actuellement pas encore été identifiés comme un enjeu significatif par ces dernières. À ce sujet, les trois pédologues interrogés s'accordent à dire que les enjeux liés aux sols sont insuffisamment pris en compte par la MO, ce qu'ils attribuent à un manque de sensibilisation à la problématique des sols. Le premier estime que l'absence des sols en tant qu'enjeux dans la société en général se retrouve également auprès de la MO, car bien que d'autres enjeux environnementaux soient désormais intégrés à leur agenda, tels que la biodiversité, les sols restent largement absents (Pédologue 3). Le deuxième vient nuancer ces propos en précisant que la dimension financière est généralement un des facteurs les plus considérés par les investisseurs lors de leurs projets et que la rentabilité immobilière demeure le principal critère décisionnel, reléguant ainsi la biodiversité au second plan et éclipsant davantage les enjeux liés aux sols (Pédologue 2). Enfin, Julien Duc complète ce constat en notant que les responsables des choix financiers, en particulier au sein des MO, ne sont pas toujours convaincus de la pertinence ou de l'importance des enjeux environnementaux liés aux sols.

*« Il faut leur montrer. Ils ne sont pas de ce monde-là. Il ne faut pas oublier qu'on est un peu des ovnis pour eux. On vient leur parler d'une ressource qu'ils terrassent depuis la nuit des temps et qui n'a jamais forcément été prise en compte dans le Canton de Vaud. » (Pédologue 3)*

Par ailleurs, pour Robert Ischer, les sols représentent un enjeu majeur d'abord en termes de surface, en ce qu'il s'agit selon lui d'une ressource rare étant donné le faible pourcentage constructible du territoire suisse. Cette prépondérance de la vision surfacique et foncière des sols est également soulignée par le PNR 68 (Schwartz et al., 2015 ; Steiger et al., 2018 ; Lothodé et al., 2020 ; Georges et al., 2022). Toutefois, si sa vision des sols semble en partie cadrée par sa profession, le directeur reconnaît l'existence d'une diversité de définitions et de visions des sols, qui selon lui, dépendent du type d'acteur et de sa profession. Le développeur affirme avoir également conscience des enjeux liés à la biodiversité ou à la protection de la nature. Dans cette optique de pluralité des représentations, les sols représentent pour Robert Ischer un important paramètre technique à prendre en compte dans ses projets. Cette ouverture

semble être en cohérence avec la posture qu'il adopte dans ses projets, posture à travers de laquelle il cherche à saisir les enjeux de tous les acteurs afin de trouver des compromis et éviter ainsi un dogmatisme pouvant paralyser le projet. Quant au deuxième directeur de BAMO, les dynamiques propres à l'entretien n'ont malheureusement pas permis de recueillir son avis.

En ce qui concerne l'architecture, d'après un des pédologues rencontrés, les sols sont peu intégrés dans le champ d'action des architectes, l'intervention de ces derniers étant avant tout centrée sur la conception spatiale et l'implantation des bâtiments au regard des contraintes territoriales (Pédologue 2). Un deuxième pédologue interviewé ajoute par la suite que bien que des considérations liées aux sols telles que la gestion des îlots de chaleur ou la gestion des eaux de ruissellement soient parfois intégrées aux projets, celles-ci semblent se limiter aux grands projets faisant l'objet d'un concours et bénéficiant d'une forte visibilité (Pédologue 3). Par conséquent, dans les projets de moindre échelle, cette dimension est rarement prise en compte par les MO, ce qui limite son intégration dans les démarches architecturales :

*« L'architecte, ils sont formés à faire des murs, à faire des espaces. Et du coup, quand tu vas planifier un projet avec un architecte, le gars, il va te dire, ouais, bon, ben moi, tu le vois sur toutes les maquettes qui sont derrière toi, ce sont des exemples de murs, des exemples d'espacement, des exemples de contraintes de territorial et d'implantation de bâtiments. **Mais ce n'est pas leur première réalité, ce n'est pas le sol.** »*  
(Pédologue 2)

*« Comme je disais, dans les très grands projets, concours d'architecture, pour des projets emblématiques, là, il y a en général une réflexion dans ces domaines-là. **Mais tout ce qui est en dessous, ce n'est pas un enjeu pour les maîtres d'ouvrage.** Du coup, il ne réfléchissent pas beaucoup à ces questions-là. »*  
(Pédologue 3)

Le responsable de la durabilité vient ensuite étayer le propos des pédologues en soulignant que, même dans le cadre de projets soumis à concours et bien que les cahiers des charges – élaborés par des professionnels – intègrent de plus en plus des objectifs de durabilité, ceci ne garantit pas une prise en compte effective des sols. En effet, le choix final revient à un jury dont les membres ne sont souvent pas sensibilisés aux sols ni à leurs enjeux. Ceci résulte alors en une pondération des critères en défaveur d'une gestion durable des sols : *« Du coup, politiquement, on ne marche pas sur des œufs avec ça. **Personne ne comprend exactement ce que c'est le sol.** Donc personne ne fait vraiment attention. »* (Architecte 1)

Dès lors, le responsable estime que cette marginalisation des sols influence l'ensemble du projet pour deux raisons. Dans un premier temps, le cadre réglementaire est déjà établi par la planification résultant de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme. Dans un second

temps, les cahiers des charges relatifs au programme et à la superficie du projet sont généralement établis en amont de la phase de concours, si bien que la marge de manœuvre laissée aux architectes se limite essentiellement à la conception du bâtiment lui-même (Architecte 1). Bien que les architectes disposent d'une certaine marge de manœuvre en proposant des alternatives au cahier des charges capables de ménager les sols – comme des scénarios de réalisation par étapes, adaptables aux besoins et limitant l'impact sur les sols – leur capacité à intervenir sur des paramètres tels que la taille du projet, son implantation ou son programme reste restreinte en dehors de ce cadre. Dans un troisième et dernier temps, les sols – dont la problématique s'inscrit au niveau des aménagements extérieurs – représentent une contrainte infime du projet qui fait l'objet dans la plupart du temps d'un mandat séparé pris par les architectes-paysagistes. En conséquence, du point de vue de l'architecte, les sols consistent en une partie minime du projet, en « *quelque chose que l'on enlève et que l'on remplace par du construit.* » (Architecte 1) Les interviewés s'étant exprimés sur les aménagements extérieurs s'accordent sur le fait que ceux-ci sont la plupart du temps réalisés en dernier et n'ont souvent pas le budget nécessaire pour que la réalité reflète l'image directrice initiale, et non une version revue à la baisse (Julien Duc ; Pédologue 3 ; Architecte-paysagiste 1 ; Daniel Perrudet). Pour reprendre les termes du responsable de la durabilité, les sols ne constituent donc de loin pas une dimension préoccupante ou qui, le cas échéant, n'intervient que très tardivement dans la réflexion :

« [...] Et c'est important aussi de les avoir [les architectes-paysagistes] parce qu'ils apportent une vraie plus-value. Parce que, au fait, on n'a jamais vraiment... Enfin, on ne prend jamais le temps de penser aux extérieurs, nous, en tant qu'architectes. Donc, si on a une personne comme ça, elle apporte vraiment ça. **Maintenant, au niveau du projet d'architecture, si on pense au sol, au niveau... au niveau vivant, au niveau de ce qu'il apporte, sauvegarde, etc. C'est presque trop tard.** » (Architecte 1)

Un architecte-paysagiste présente un propos permettant de nuancer ce premier discours, en ce que son point de vue sur les concours et les jurys diffère de celui du responsable de la durabilité. Si ce dernier estime que les jurys sont généralement peu informés sur la question des sols, l'architecte-paysagiste estime quant à lui que dans la plupart des cas, les membres du jury possèdent souvent une formation dans l'architecture du paysage et comprennent souvent des pédologues (Architecte-paysagiste 1).

En aval de la chaîne, auprès des entreprises de la construction, la marginalisation des sols semble être moins marquée et le tableau peint par les interviewés révèle une plus forte hétérogénéité dans leur perception des sols. Les exemples donnés par un des architectes-paysagistes témoignent de ces sensibilités pédologiques contrastées parmi les entreprises :

*« J'ai un exemple typique de la méconnaissance des sols par les entreprises de paysagisme. [...] certaines entreprises de paysagisme, [...] sans savoir ce que c'est l'horizon B justement, tassaient l'horizon B alors que c'est vraiment le dernier truc à faire. L'horizon B c'est la matière la plus sensible et la plus délicate à manipuler et j'ai vu des véhicules à chenilles rouler dessus en marche avant, en marche arrière, compacter le sol le plus possible pour que ça arrive au niveau défini et ensuite, ils ont mis l'horizon A dessus. »*  
(Architecte-paysagiste 2)

*« En fait les entreprises de génie civil auxquelles j'ai pu être confronté, je n'en ai pas eu beaucoup, mais, eux ils ont quand même cette connaissance-là parce qu'ils ont l'échelle de projet, que ce soit dans la nature ou autre, de reconstitution, ils connaissent la problématique, ils savent faire des stocks de terre, de la manipulation de terre de la bonne manière, et du coup là ça marche. »* (Architecte-paysagiste 2)

Par la suite, en s'appuyant sur l'exemple des entreprises de terrassement, un pédologue met en lumière l'importance du type de terrain sur lequel l'entreprise est appelée à intervenir (Pédologue 3). La sensibilité aux sols apparaît en effet de manière plus marquée auprès des terrassiers opérant sur des chantiers situés en couronnes péri-urbaines qu'auprès de ceux intervenant en milieu urbain, là où *« il n'y a plus de sol déjà »*. Les deux autres pédologues notent par la suite que la taille de l'entreprise représente un facteur déterminant de la sensibilité vis-à-vis des sols (Julien Duc ; Pédologue 2), le second précisant que la situation actuelle présente une dichotomie entre les grandes entreprises qui se sont suffisamment appropriées l'objet sol et les petites entreprises, moins confrontées à la problématique et qui en conséquence peinent encore à le faire (Pédologue 2). Par ailleurs, en parallèle de ces différences générales de sensibilités entre les entreprises de la construction, la sensibilité aux enjeux des sols varie également à l'interne (Pédologue 3). Julien Duc précise ce propos en ajoutant que l'âge de l'interlocuteur et la taille de l'entreprise peuvent limiter la perception des enjeux, notamment en raison des habitudes :

*« C'est sûr que suivant les interlocuteurs qu'on a, l'âge qu'ils ont, la taille des entreprises... Des fois, ils n'ont pas la même sensibilité et ils ne comprennent pas vraiment... C'est un peu de dire que j'ai toujours fait comme ça, je ne vois pas pourquoi je devrais le faire autrement. C'est un peu comme quand on va pour des problèmes de ruissellement et qu'on nous dit « moi ça fait 50 ans que je vis là, il n'y a jamais eu d'eau » et puis qu'on leur dit que le temps de retour est supérieur à 100 ans.... Des fois c'est une mauvaise compréhension, une mécompréhension. [...] »* (Julien Duc)

### 7.1.2 Les sols comme enjeu technique et réglementaire

En parallèle de la première représentation des sols, les entretiens mettent en évidence une deuxième représentation, au travers de laquelle les acteurs perçoivent les sols comme un paramètre technique et réglementaire lors de la réalisation de leurs divers mandats ou dans la gestion de leurs biens.

Pour la plupart des interviewés situés sur la chaîne technique, leur représentation des sols peut être caractérisée par cet aspect, qui peut être expliqué par la nature même de leur profession et du domaine de la construction. Ce cadrage n'exclut pas la cohabitation avec la première représentation ou d'autres représentations témoignant d'une perception des enjeux environnementaux, mais elle permet aux acteurs de prendre suffisamment en compte les sols dans leurs tâches :

*« Tous ceux qui sont actifs dans le domaine de la construction, c'est une sorte de donnée technique en fait. En soi, la relation qu'ils ont au sol est définie par la technique et par la législation. Le reste, je dirais, il se fient à nous pour... pour toutes ces questions-là. » (Pédologue 3)*

Dans cette perspective, les sols sont avant tout perçus comme une contrainte dans le déroulement des projets. Plusieurs interviewés convergent sur ce point, soulignant que les exigences liées aux sols peuvent complexifier la mise en œuvre des opérations pour plusieurs raisons.

Dans un premier temps, à travers les législations fédérales et cantonales, les sols deviennent une contrainte en ce qu'il s'agit de respecter le cadre légal en vigueur. Dans cette logique, l'engagement d'un pédologue SPSC par la MO est sous-tendu par cette obligation (Pédologue 3). Le spécialiste est alors en partie engagé pour assurer que le projet reste dans le cadre légal et se voit délivrer les autorisations nécessaires à sa réalisation (BAMO 2 ; Pédologue 3). Bien que cette obligation pousse les acteurs à intégrer la question des sols dans leurs projets, selon les interviewés, cet intérêt pour la gestion des sols ne dépasse que rarement ce caractère obligatoire. En effet, un pédologue remarque que les MO ne sont généralement intéressées par les sols qu'en raison de leur rôle déterminant dans la réussite légale et rarement pour assurer un meilleur bilan environnemental :

*« Comme je l'ai dit un petit peu avant, à part les grandes collectivités ou les grandes promotions qui ont décidé d'intégrer la question environnementale dans leur projet, la plupart ne sont pas vraiment intéressées par ces questions-là. Ils sont intéressés par le respect de la législation et la réussite des objectifs techniques, mais il ne sont pas intéressés par, on va dire, le bilan environnemental global dans cette question-là. » (Pédologue 3)*

Dans un second temps, cette citation met également en évidence l'importance de la dimension technique dans la gestion des sols. Plusieurs acteurs s'accordent sur le fait que leur prise en compte constitue un enjeu technique central dans la réalisation d'un projet. Robert Ischer et son homologue soulignent notamment que la gestion des sols permet de limiter les risques

inhérents au projet et d'en faciliter la faisabilité. Ce point est également mentionné par Julien Duc, qui observe que les grandes entreprises générales réalisent presque systématiquement des études pédologiques, au même titre que celles portant sur le sous-sol ou la biodiversité afin d'établir un budget précis et d'élaborer des solutions techniques adéquates à la réalisation du projet. Plus précisément, la gestion des sols s'insère dans une matrice de contraintes articulant délais et coûts pour plusieurs raisons. Plusieurs interviewés ont tout d'abord mis en exergue l'importance de la planification de la gestion des sols afin d'éviter des coûts supplémentaires. En effet, lorsque la question des sols n'est pas anticipée, d'importants surcoûts peuvent apparaître, par exemple en raison de l'immobilisation du personnel et des machines en raison d'une météo peu clémente ou encore d'une insuffisance d'informations préalables (Julien Duc ; Pédologue 2 ; Terrassier) :

*« Donc eux, ils perdent de l'argent. Parce qu'à chaque fois, ils arrivaient sur le chantier, on va vous terrasser ça, dans deux semaines c'est fini, et tout. Et oui, mais non, en fait les machines elles restent là. T'as amené ta machine, ta machine elle coûte 250 balles de l'heure. Donc si t'as huit heures une machine qui est là et qui ne fait rien, tu as perdu de l'argent. » (Pédologue 2)*

Par la suite, la plupart des interviewés s'accorde sur le fait qu'une bonne gestion des sols permet à l'investisseur de retrouver une partie de son investissement, car les bonnes pratiques permettent généralement de minimiser les coûts. (Robert Ischer ; Pédologue 2 ; Architecte 1 ; Architecte-paysagiste 1 ; Daniel Perrudet) À titre d'exemple, un des pédologues évoque une de ses expériences lors d'un projet et mentionne l'importance des considérations de la gestion des sols, notamment en matière de stockage sur place des sols. Cette proposition de stocker les sols directement sur le site du projet en vue d'une réutilisation ultérieure, au lieu de les évacuer puis de ramener à nouveau du sol, a permis à l'investisseur d'épargner 250'000 CHF, somme jugée particulièrement significative par ce dernier (Pédologue 2). De même, un des architectes-paysagistes mentionne également une économie de 200'000 CHF sur un de ses projets, économie qui a permis de traiter les espaces extérieurs de manière qualitative et ne pas les négliger (Architecte-paysagiste 1). Cet intérêt économique est souvent identifié comme un moteur à une utilisation plus parcimonieuse des sols, les MO étant en effet enclines à limiter l'excavation lors de leurs projets pour limiter les volumes de matériaux générés (Architecte 1 ; Architecte-paysagiste 1).

Par ailleurs, la prise en compte des sols dans la gestion d'un projet permet à tous les acteurs de mieux contrôler l'aspect organisationnel lié à la dimension temporelle d'un projet. Pour la MO, les BAMO, la direction des travaux, les architectes et architectes-paysagistes, l'intégration des sols dans la planification permet de conserver une vue complète sur les

contraintes y étant liées et de pouvoir y réagir suffisamment à l'avance de façon à assurer la faisabilité du projet (Robert Ischer ; BAMO 2 ; Julien Duc ; Pédologue 2 ; Pédologue 3). Pour les entreprises de la construction, cela permet de minimiser les contraintes organisationnelles au sein de leur personnel, principalement en situation d'immobilisation du chantier qui nécessiterait de trouver un autre chantier sur lequel mobiliser le personnel afin d'éviter les pertes (Terrassier). Finalement, selon les directeurs des BAMO, une gestion des sols efficace permet de faciliter la prise de décision de la MO (BAMO 2) et d'aboutir à un projet globalement plus qualitatif, ajoute Robert Ischer.

L'un des pédologues vient affiner ce constat en soulignant que les sensibilités aux différentes contraintes techniques varient selon le degré de proximité au terrain (Pédologue 3). Les acteurs les plus proches du terrain, tels que les machinistes ou les contremaitres auraient selon lui une sensibilité plus marquée aux contraintes propres à la protection des sols – voire une proactivité – en ce qu'ils seraient d'une part moins exposés aux pressions financières et temporelles, à l'inverse des MO, BAMO et DT (sauf sensibilité environnementale particulière de leur part). Une deuxième explication est proposée par le terrassier qui voit dans le respect des mesures une condition déterminante pour la réussite de sa prestation : « *Alors après, une fois qu'on a compris l'utilité des horizons A et surtout du B, c'est clair qu'on ne reviendrait pas en arrière. [...] Pour la bien-façon des travaux, oui, bien sûr.* » (Terrassier). L'importance de la dimension technico-légale s'observe également au travers de la définition des sols du terrassier. Bien que les sols soient rattachés à une dimension environnementale plus large, leur définition reste fortement ancrée dans la dimension susmentionnée.

Selon les pédologues, cette représentation technico-légale des sols semble être courante, car en plus de se contenter de réaliser le minimum légal (Pédologue 3), les deux autres pédologues ajoutent que la plupart du temps, les sols sont perçus comme un enjeu par la MO et la DT seulement à partir du moment où le spécialiste leur fait prendre conscience des enjeux financiers et organisationnels liés à la ressource (Julien Duc ; Pédologue 2) :

« [...] si tu les sensibilises sur la finance, si tu les sensibilises sur la valeur écosystémique d'une ressource, [...] les gars se rendent bien compte qu'en fait, s'ils stockent à côté du chantier et qu'ils réutilisent cette valeur, ça a une valeur monétaire et financière qui est non négligeable. Et qu'en plus, ils améliorent leur espace. » (Pédologue 2)

Ainsi, l'intervention des pédologues permet à certains acteurs de prendre conscience que la protection des sols peut également présenter un intérêt économique. Dès lors, à défaut d'être motivés par des convictions écologiques, certains acteurs s'engagent dans la mise en œuvre de

mesures de gestion des sols principalement dans une optique de réduction des coûts, que ce soit pour éviter des surcoûts ou réaliser des économies. Les sols sont ainsi perçus comme un paramètre à la fois technique et financier, susceptible d'influencer la faisabilité et la rentabilité globale d'un projet.

En parallèle de ces deux aspects, les sols apparaissent également comme une contrainte réglementaire aux yeux de ces acteurs. Leur prise en compte est parallèlement et principalement motivée par la nécessité de se conformer aux exigences légales. Cependant, cette mobilisation reste le plus souvent cantonnée à des impératifs administratifs, sans réelle ambition d'améliorer la performance environnementale des projets. Cette représentation technico-légale des sols semble constituer un socle commun, partagé à la fois par les acteurs principalement sensibles aux dimensions économiques et opérationnelles, et par ceux qui intègrent également des enjeux environnementaux dépassant le cadre de la construction.

*« Donc le sol a un vrai impact aujourd'hui, la nature du sol a un vrai impact sur le coût final d'un projet et ça peut peser très lourd. Et de nouveau aussi, si ce n'est pas anticipé, si on n'en a pas pris compte dans le projet, dans l'approche financière, ça peut avoir des conséquences qui sont dramatiques. » (Robert Ischer)*

Par la suite, et en ce qui concerne les propriétaires privés, pour trois des quatre interviewés, (Propriétaire 1 ; Propriétaire 2 ; Propriétaire 4), leur représentation des sols est centrée principalement sur leur fonction utilitaire dans le contexte de l'habitat individuel. Les fonctions de support physique pour la végétation et d'infiltration de l'eau sont régulièrement mentionnées, notamment dans la gestion de la pluie et de la qualité des aménagements extérieurs de leurs parcelles. Les trois propriétaires estiment par exemple que la capacité de leur terrain à absorber les précipitations constitue un atout, un d'entre eux précisant n'avoir jamais eu de problème de terrain noyé grâce à la bonne infiltration de son terrain (Propriétaire 1). Néanmoins, cette reconnaissance reste instrumentale : les sols ne sont pas perçus comme un enjeu environnemental en soi, ni comme un élément à protéger au-delà de leur fonction utilitaire. Autrement dit, si leur importance est admise dans la mesure où ils conditionnent le bon usage du terrain bâti, leur valeur écologique ou leur rôle dans les écosystèmes ne sont que très rarement évoqués. Cette représentation peut également être lue dans les définitions des sols avancées par deux des propriétaires interviewés. Pour le premier, les sols sont indissociables du terrain (Propriétaire 2) ; le second précise que selon lui, les sols, la terre et le terrain *« font partie d'un tout »* (Propriétaire 4). Cette posture suggère, que dans le cadre résidentiel, les représentations des sols restent ancrées dans des logiques d'usage sans que s'opère une véritable intégration des enjeux environnementaux qui leur sont liés.

### 7.1.3 Les sols comme enjeu environnemental

La troisième et dernière représentation des sols qui peut être identifiée dans les entretiens témoigne d'une perception des enjeux liés aux sols dépassant le cadre de la technique et de la réglementation pour inclure des enjeux environnementaux, voire socio-environnementaux accordant une place plus large aux sols.

Le dernier des quatre propriétaires privés interviewés s'inscrit dans cette représentation en définissant les sols comme la couche supérieure de la croûte terrestre, d'environ un mètre, exerçant une influence sur la composition chimique de la terre. À ses yeux, les sols consistent en un écosystème et revêtent une importance sociétale majeure en raison de leur impact sur la santé des espèces vivantes telles que les arbres, les plantes et celle des êtres humains. Il leur attribue plusieurs fonctions essentielles qu'il hiérarchise de la façon suivante : support physique pour les structures bâties, régulation du ruissellement et des risques d'inondation, substrat pour la végétation, réservoir de biodiversité, production de biomasse, habitat pour une diversité d'espèces (Propriétaire 3).

Daniel Perrudet partage également cette représentation à titre personnel, tout en soulignant qu'elle est soumise à un certain cadrage dans la pratique. D'une part, à titre personnel, les sols représentent selon lui un milieu distinct des roches, actuellement sous-estimé : « *Pour moi c'est clairement un apport d'énergie et un milieu qui est sous-estimé et qu'on détruit fortement. On ne réalise pas le temps qu'il faut pour créer un sol.* » À ses yeux, les sols constituent un enjeu sociétal, dans la mesure où leur appauvrissement actuel engendrera d'important défis en matière d'approvisionnement alimentaire. De l'autre, les sols n'occupent qu'une place minime dans sa pratique. Comme mentionné précédemment, les sols ne sont pris en compte que lorsqu'il s'agit de mettre en œuvre des stratégies de végétalisation et de perméabilisation et non pas dans une optique de protection des sols en soi. De même, les sols sont généralement pris en compte dans sa pratique afin de se conformer aux dimensions légales des chantiers qu'il réalise.

Par la suite, l'un des directeurs de bureau d'architecture-paysagisme estime que les sols ne doivent pas être appréhendés uniquement sous leurs dimensions géologique et chimique, mais également dans leur dimension vivante. À ses yeux, les sols sont porteurs d'enjeux sociétaux considérables :

*« L'enjeu, à mon avis, est énorme. Complètement sous-estimé parce que c'est une ressource qui est non renouvelable, [...]. Et elle a plusieurs fonction. Je pense que la plus banale, c'est qu'elle est la base pour notre nourriture. [...] Et puis après, il y a toute la partie géographique, urbanistique, donc le sol comme*

*infrastructure pour pouvoir développer des quartiers, des infrastructures routières, etc. [...] Et puis après il y a toute la captation en CO<sub>2</sub>, il y a la captation des eaux de ruissellement, il y a la capacité de filtrage d'eau vers les nappes phréatiques, du coup c'est lié à notre eau potable, à notre hygiène de vie, à notre santé. » (Architecte-paysagiste 1)*

En d'autres termes, le professionnel reconnaît la pluralité des services écosystémiques des sols et les liens les liant au bien-être humain, que cela soit par leur rôle vis-à-vis de la sécurité alimentaire, du support des infrastructures humaines, ou dans la régulation des cycles environnementaux. Ces rôles transversaux, ainsi que les enjeux qui y sont associés, se reflètent ensuite dans sa pratique. Il note que la gestion de l'eau, tout comme le choix des végétaux, arbres ou plantes, dépendent fortement des sols présents sur le site du projet. Il souligne également que si les rendus visuels des architectes-paysagistes témoignaient autrefois d'une invisibilisation des sols en ne les représentant quasiment pas, les pratiques actuelles intègrent désormais le développement racinaires propre à chaque espèce, leur relations avec l'air et l'eau, ainsi que les interactions avec les mycorhizes (Architecte-paysagiste 1). La façon dont le second professionnel aborde les sols n'a malheureusement pas pu être recueillie.

Les trois pédologues partagent également une représentation environnementale des sols. En ce qui concerne Julien Duc, le spécialiste les décrit comme étant la « *partie vivante de la croûte terrestre* » composée des horizons A et B et formant une couche bien distincte du sous-sol, qu'il rattache à la géologie. En parallèle de leur aspect non-renouvelable, le deuxième spécialiste souligne également le rôle environnemental essentiel des sols en mentionnant leur influence dans le fonctionnement des écosystèmes, que cela soit par la production de nourriture, la filtration de l'eau ou encore la régulation thermique :

*« C'est la base de la vie. Sans sol, on ne fait rien, je veux dire, on ne se nourrit pas, on n'absorbe pas d'eau, on n'a pas de régulation de température, on n'a pas le caquet de la fonction... Enfin, toutes les fonctions des sols ne sont plus à prouver, je pense. On a une importance non négligeable de ce domaine et de cette matière, et sachant qu'en fait on ne sait pas créer des argiles, des limons et des sables. Donc forcément, c'est une ressource finie, donc il ne faut mieux pas la gaspiller, donc elle est primordiale pour la vie sur Terre. » (Pédologue 2)*

Le troisième pédologue rejoint ses homologues et considère que les sols possèdent également une dimension environnementale cruciale. Il note par ailleurs que sur le terrain, la définition mobilisée reste la définition technique et législative telle que définie par la LPE et les directives cantonales, sans que cela n'exclut une prise en compte des enjeux environnementaux (Pédologue 3).

Au sein de la pédologie, la définition des sols semble finalement faire l'objet d'un débat encore en cours. Pour le deuxième pédologue, celle-ci pourrait bénéficier d'un élargissement afin d'inclure les sols en milieu urbain. Il note que, bien que la définition naturelle et historique des sols adoptée par les services cantonaux et de nombreux pédologues ait contribué à la conservation des sols naturels, elle ne permet pas de faire face aux problématiques urbaines, telles que la gestion de la pollution ou encore le manque de sol pour adapter les villes aux dérèglements climatiques : « *Bien évidemment, le cadre légal n'est pas forcément fait pour accepter cette ambivalence, parce qu'il a été clairement posé sur les sols naturels, mais il faut trouver des solutions.* » (Pédologue 2)

#### 7.1.4 Synthèse intermédiaire

Dans la continuité des propos d'Osman (2013), les entretiens ont permis de faire émerger trois ensembles de représentations distinctes par lesquels les interviewés et les acteurs envisagent les sols – qu'ils s'inscrivent dans la construction, dans l'aménagement et l'urbanisme au niveau communal, ou qu'ils soient propriétaires. Les notions de sol, de leurs fonctions et, lorsque que ces derniers sont abordés selon cette lecture, des services écosystémiques qui y sont associés, ne sont pas perçues de manière homogène. Ce dernier point rejoint les observations de Prévot et Geijzendorffer (2016), selon lesquelles les services écosystémiques ne font pas l'objet d'une compréhension ou d'une valorisation uniforme au sein de la société.

Le premier ensemble de représentations accorde une place marginale à la multifonctionnalité et multidimensionnalité des sols et est selon les personnes interviewées, la plus répandue parmi les acteurs concernés. En effet, qu'il s'agisse des dimensions politique et planificatrice, auprès des MO et investisseurs, des architectes et des entreprises, la place accordée aux sols dans les représentations décrites par les personnes interviewées est minime. Ce faible intérêt semble être structuré par une méconnaissance des sols au niveau sociétal et dans la population, ce qui fait écho au constat déjà formulé par la littérature, notamment par Poyat (2018) et Fournil et al. (2018). Si les interviews ne permettent pas d'affirmer que cet ensemble de représentations correspond entièrement à celle envisageant les sols dans une perspective surfacique et foncière fréquemment observée en milieu urbain et péri-urbain (Schwartz et al., 2015 ; Steiger et al., 2018 ; Lothodé et al., 2020 ; Georges et al., 2022), une certaine continuité entre la littérature et les discours recueillis peut être notée. D'une part, la représentation semble généralement être absente de considérations environnementales qui pourraient être associées à une représentation volumique, ou vivante des sols. De l'autre, l'absence des sols dans les processus de projet propres à l'aménagement et l'urbanisme communal et à l'architecture n'est pas sans rappeler l'« [évacuation de] la préparation du sol et, par extension, sa connaissance dans le processus de projet » évoquée par Landauer (cité dans Georges et al., 2022). En raison de cette

pluralité, cet ensemble a été dédoublé en deux figures-types, à savoir les sols comme des impensés (en général) et les sols comme élément foncier (au niveau des acteurs de la chaîne technique).

Le deuxième ensemble de représentations témoigne d'une perception des sols ancrée dans une perspective technique et réglementaire. Pour les acteurs de la construction s'inscrivant dans cet ensemble, les sols sont avant tout perçus comme un facteur à considérer afin d'assurer la bonne réalisation du projet, tant sur les plans organisationnel, financier et réglementaire, que sur le plan qualitatif. Bien que les sols puissent être définis dans leur définition pédologique classique, cette dernière n'inclut pas toujours des préoccupations environnementales. Il en est de même en ce qui concerne les propriétaires privés, les sols étant perçus comme un paramètre à considérer pour une gestion efficace du bien.

Quant au troisième ensemble de représentations, celui-ci repose sur une perception des sols comme milieu susceptible d'être impacté par les activités humaines. Plusieurs lectures de la protection des sols cohabitent dans les entretiens s'y rattachant : circularité, services écosystémiques, sols vivants... Bien que les entretiens n'aient pas permis de départager ce qui relève précisément de chaque lecture, l'emphasis est généralement mise sur l'importance des liens sols-humains et leur enjeux non seulement dans les pratiques professionnelles mais également au niveau sociétal.

Si dans l'ensemble, une partie des acteurs semble aborder les sols depuis l'ensemble marginalisant les sols et leurs enjeux socio-environnementaux, il est toutefois à souligner que certains interviewés notent une évolution positive (Architecte 1 ; Architecte-paysagiste 1 ; Julien Duc ; Pédologue 3). En effet, plusieurs d'entre eux ont mentionné une tendance dans laquelle les sols étaient de plus en plus intégrés. Un des pédologues relève une amélioration de la prise en compte des sols dans la planification urbaine depuis les dernières cinq années (Pédologue 2), Julien Duc fait quant à lui part d'une amélioration générale au niveau du projet : *« À l'époque on était vus un peu comme des fous, mais là maintenant ça va un peu mieux. »* De même, le responsable de la durabilité remarque que bien que cela soit encore limité à un noyau restreint, les sols font l'objet d'une intégration progressive au sein de son bureau (Architecte 1). Il ajoute : *« [...] dans chaque projet, la conservation du sol est toujours un sujet maintenant, dans chaque compétition. »* L'un des architectes-paysagistes attribue cette évolution aux dynamiques concurrentielles établies par les normes SIA encadrant les concours (Architecte-paysagiste 1). Le second architecte-paysagiste mentionne quant à lui une sensibilisation du milieu de la construction aux sols ainsi qu'une démocratisation de ces derniers dans ce milieu (Architecte-paysagiste 2).

Cette évolution peut être assimilée à une transition d’une vision foncière à une vision vivante du sols, telle que présentée par Georges et al. (2022) (fig 13) ou à la prise de conscience des sociétés humaines dans la zone critique (Krzywoszynska et al., 2020).

En somme, ce qui peut déjà être mis en évidence à ce stade est que, bien que la tendance montre une intégration croissante des sols dans les représentations, ces variations de représentations peuvent constituer un frein potentiel à la prise en compte des sols au niveau du bâtiment également. Selon la représentation qui en est faite, les sols peuvent être plus ou moins pris en compte dans l’agenda, ce qui conditionne en partie leur niveau de protection. On peut également noter que lorsque les sols sont abordés selon l’approche des services écosystémiques, certains services tels que ceux d’approvisionnement, de gestion du ruissellement ou de gestion des îlots de chaleur, sont plus perçus que d’autres, ce qui rejoint également la littérature sur ce sujet (Cortinovis & Geneletti, 2018). Finalement, au vue du débat en cours portant sur la définition des sols et son adaptation au milieu urbain, la question des sols urbains semble également être moins saillante que celle des sols en général, ce qui rejoint également les constats formulés dans la littérature (Brevik & Arnold, 2015 ; Blanchart et al., 2018 ; Conseil fédéral, 2020 ; Lothodé et al., 2020).

| Tableau récapitulatif des figures-types |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nom de la figure-type                   | Définition                                                                                                                                                                                                                          | Articles clés                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Les sols impensés                       | Les sols ne sont pas perçus comme porteurs d’enjeux particuliers et ne sont en conséquence pas perçus comme nécessitant des mesures de protection.                                                                                  | Pour les sols en général : Poyat (2018) ; Fournil et al. (2018).<br>Pour les sols urbains : Lothodé et al. (2020), Schwartz et al. (2015).                                                                                                                                    |
| Les sols fonciers                       | Les sols ne sont envisagés que dans leur aspect surfacique, et se rattachent à la notion de terrain et de foncier, au prix, au droit d’usage et au droit de propriété, sans inclure de considérations volumiques ou écosystémiques. | Georges et al. (2022). Peu de littérature se concentre uniquement sur cet aspect, la plupart en prennent le contrepied pour mettre en avant une approche plus socio-environnemental. On peut toutefois mentionner Steiger et al. (2018) et la dimension surfacique de la LAT. |
| Les sols technico-réglementaires        | Les sols sont reconnus comme un volume et un facteur pouvant influencer fortement la faisabilité d’un projet et font donc l’objet de mesures de protection                                                                          | Cette figure-type semble émerger du terrain et n’a sauf erreur pas été retrouvée dans la littérature parcourue.                                                                                                                                                               |

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | particulières, mais pas de manière systématique.                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Les sols socio-environnementaux | Les sols sont perçus de manière multiple (services écosystémiques, économie circulaire, sols vivants) dans leur multidimensionnalité comme un écosystème sur lequel repose les sociétés humaines et nécessitant d'être protégé. Ils font donc l'objet de mesures de protection au fil du projet. | Gobat et al. (2013) ; Georges et al. (2022) ; Cortinovis & Geneletti (2018) ; Teixeira da Silva et al. (2018) ; Genois-Lefrançois et al. (2015) ; Barles (2019) ; Krzywoszynska et Marchesi (2020) ; Krzywoszynska et al. (2020) ; Delibas et al. (2021), Blanchart (2019) |

*Tableau 2 : Tableau récapitulatif des figures-types des représentations (Auteur, 2025).*

## 7.2 Circulation des connaissances

Dès lors que ces figures-types ont pu être identifiées, il est pertinent de s'intéresser à la dimension des connaissances, moins pour définir l'étendue des connaissances pédologiques que pour examiner l'influence des représentations sur les mécanismes par lesquels elles sont mobilisées. Dans cette perspective, cette partie se penchera dans un premier temps sur les modalités de mobilisation et de transmission de l'information pédologique lors d'un projet de quartier. Dans un second temps, les enjeux liés à la formation et à la sensibilisation des acteurs à la dimension pédologique seront abordés.

### 7.2.1 Mobilisation et transmission de l'information pédologique

Dans le contexte actuel, la prise en compte des sols dans les projets de construction repose largement sur des obligations légales et la faisabilité du projet. Lors de chantiers équivalents ou supérieurs à une surface de 5 000 m<sup>2</sup> ou de 1 000 m<sup>2</sup> linéaires, les MO sont tenues par la loi d'intégrer les enjeux pédologiques dans leur réflexion. De plus, la gestion du risque et donc, à termes, la faisabilité du projet consiste en une autre raison qui les conduit à mandater des spécialistes en la matière (BAMO 2 ; Pédologue 3). Les pédologues SPSC ont alors à charge la réalisation d'études préalables sur les caractéristiques pédologiques du site et de l'élaboration d'un document intitulé *Concept de protection des sols* (Pédologue 2 ; Pédologue 3). Ce document vise à détailler l'état initial des sols, les objectifs de leur protection, ainsi que les modalités de leur prise en compte dans le projet. Il inclut également les mesures techniques à mettre en œuvre, un bilan des matériaux terreux extraits, les plans relatifs au stockage de ces derniers, ainsi que les interventions prévues pour une éventuelle remise en culture et la restitution finale des sols (Conseil fédéral, 2020). Une fois rédigé, le *Concept de protection des sols* est transmis à la fois à la MO afin que les considérations du spécialiste soient prises en compte dans la suite du projet (BAMO 2), mais également à la Centrale des Autorisations en Matière de Construction (CAMAC), dont la validation conditionne la délivrance du permis de construire (Pédologue 2).

| Protection des sols avec suivi pédologique du chantier: Etapes de planification et répartition des tâches (d'après RPH 103 de la SIA) |                                                                      |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                       |                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Phases                                                                                                                                | Phases partielles                                                    | Maître d'ouvrage Mandant                                                                                | Direction du projet Direction des travaux                                                                                                                                                                                        | Responsable de la protection des sols                                                                                                                                                                  | Entrepreneur                                                                                                                                          | Propriétaire foncier/exploitant                  |
| Définition des objectifs                                                                                                              | Enoncé des besoins, approche méthodologique                          | Définition des objectifs en matière de protection des sols.                                             |                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                       |                                                  |
| Etudes préliminaires                                                                                                                  | Définition de l'objet, étude de faisabilité                          |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                       |                                                  |
|                                                                                                                                       | Procédure de choix de mandataires                                    | Choix des spécialistes pour le suivi pédologique.                                                       |                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                       |                                                  |
| Etude du projet                                                                                                                       | Avant-projet                                                         | Intégration de l'aspect protection des sols dans le choix des variantes. Orientation des propriétaires. | Intégration des objectifs du maître de l'ouvrage en matière de protection des sols dans la planification des travaux.                                                                                                            | Evaluation des terres.                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                       | Droit à être informé par le maître de l'ouvrage. |
|                                                                                                                                       | Projet de l'ouvrage                                                  | Acquisition des terrains. Convention pour les emprises provisoires. Orientations des propriétaires.     | Dimensionnement des emprises. Planification des travaux en fonction des objectifs du maître de l'ouvrage en matière de protection des sols. Planification des décapages, des mises en stocks et des remises en état de terrains. | Cartographie des sols. Analyse éventuelle des polluants. Cahier des charges pour le suivi pédologique des travaux. Conseil à l'auteur du projet pour l'emplacement des dépôts et emprises temporaires. |                                                                                                                                                       | Droit à être informé par le maître de l'ouvrage. |
|                                                                                                                                       | Procédure de demande d'autorisation                                  | Présentation du cahier des charges du suivi pédologique aux autorités.                                  | Etude ou notice d'impact sur l'environnement. Dossier d'enquête publique.                                                                                                                                                        | Rédaction du chapitre sur la protection des sols dans l'étude ou la notice d'impact sur l'environnement                                                                                                |                                                                                                                                                       |                                                  |
| Appel d'offres                                                                                                                        | Appels d'offres, comparaison des offres, propositions d'adjudication | Prise en compte des aspects protection des sols dans le choix des entreprises.                          | Intégration de la protection des sols dans l'appel d'offre, l'analyse des offres et la proposition d'adjudication.                                                                                                               | Conseil à l'auteur du projet pour la rédaction des appels d'offres et pour l'analyse des offres des entreprises.                                                                                       | Intégration dans le calcul et l'établissement de l'offre des objectifs du maître de l'ouvrage et des prescriptions en matière de protection des sols. |                                                  |

| Protection des sols avec suivi pédologique du chantier: Etapes de planification et répartition des tâches (d'après RPH 103 de la SIA) |                             |                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Phases                                                                                                                                | Phases partielles           | Maître d'ouvrage Mandant                                                                                                                                                                                                                                       | Direction du projet Direction des travaux                                                                                                                                                                                                                                                                            | Responsable de la protection des sols                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Entrepreneur                                                                                                                                                                              | Propriétaire foncier/exploitant                                                                                                                                                                                  |
| Réalisation                                                                                                                           | Projet d'exécution          |                                                                                                                                                                                                                                                                | Etablissement des plans d'exécutions.                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                       | Exécution de l'ouvrage      | Résiliation de baux. Indemnisation des exploitants pour les emprises temporaires. Information du public.                                                                                                                                                       | Prise de possession des emprises temporaires et définitives. Planification et surveillance des travaux touchant les sols.                                                                                                                                                                                            | Participation aux séances de chantier. Conseil à la direction des travaux en cas de conditions pédologiques limites. Suivi des décapages et du stockage des sols. Suivi de la reconstitution des sols.                                                                                                                                                     | Exécution des travaux sur les sols conformément aux lois, normes et directives, ainsi qu'aux conditions contractuelles et aux prescriptions « assurance-qualité » du maître de l'ouvrage. | Remise des terrains. Participation aux séances d'information sur l'état des travaux. Eventuellement exécution de travaux agricoles d'entretien (stockage des sols).                                              |
|                                                                                                                                       | Mise en service, achèvement | Vérification commune (réception) des terrains remis en état. Vérification commune des terrains remis en état. Indemnisation des exploitants agricoles pour la remise en culture (3 ans de prairies). Décharge du maître d'ouvrage pour la protection des sols. | Vérification commune (réception) des terrains remis en état. Suivi de l'élimination des défauts. Vérification des terrains remis en état. Suivi de l'élimination des défauts cachés. Restitution provisoire des surfaces utilisées temporairement. Restitution finale des surfaces en vue d'une utilisation normale. | Vérification commune (réception) des terrains remis en état. Conseil à la direction des travaux pour l'élimination des défauts. Vérification finale des terrains remis en état. Conseil à la direction des travaux pour l'élimination des défauts cachés. Restitution finale à la fin de la remise en culture. Présentation aux autorités de surveillance. | Vérification commune (réception) des terrains remis en état. Elimination des défauts. Vérification finale des terrains remis en état. Elimination des défauts cachés.                     | Reprise des parcelles réaménagées ou utilisées temporairement. Remise en culture. Entretien du sol durant la phase de remise en culture. Exploitation normale des surfaces après la fin de la remise en culture. |
| Exploitation                                                                                                                          | Fonctionnement              |                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                       | Maintenance                 |                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                  |

Tableau 1 : Répartition des tâches en fonction des phases du projet

Figure 13 : Tableaux récapitulatifs des étapes de planification et de la répartition des tâches le long d'un projet pouvant impacter les sols (Kündig & Petriccioli, 2010).

Si un pédologue estime que 80 % à 95 % des chantiers soumis à un suivi pédologique passent effectivement par cette procédure, le spécialiste interviewé souligne néanmoins des limites à cette approche. Les rapports réalisés sont, selon lui, rarement lus par les autres parties prenantes qui doivent faire face à de nombreuses autres contraintes, ce qui conduit à une invisibilisation des sols. Dans cette dynamique, la portée du *Concept de protection des sols* se voit restreinte lorsque le contenu de ce dernier n'est pas intégré de manière opérationnelle dans les cahiers des charges ou les soumissions. Ceci compromet sa mise en œuvre effective sur le terrain (Pédologue 2), et ce bien que l'une des missions des spécialistes consiste en une aide à l'intégration des prescriptions pédologiques dans les cahiers des charges (Pédologue 3 ;

Pédologue 2) et les documents relatifs aux soumissions et leurs conditions particulières (Julien Duc) :

*« Alors voilà, si tu fais ton concept de protection des sols, puis tu rends ton rapport, puis tu dis, « Tcho, j'ai fait mon travail, je ne suis pas mandaté pour le suivi » – parce que c'est souvent comme ça – « je ne suis pas mandaté pour le suivi de chantier, je dois faire juste mon concept de protection des sols », tu fais tes 15 passes de protection des sols avec tes belles photos, tes sondages et tout le bordel, c'est lu par le pédologue cantonal, le pédologue cantonal s'il est bien fait, il te fait « c'est cool, on n'a pas de machin, on devra juste respecter le cadre légal et terminer en au revoir, merci ». Si tu ne fais pas le travail entre les deux, « attendez, je vous ai fait un concept de protection des sols, mais pour pouvoir le respecter, il faut le faire transpirer dans les soumissions. » [...] **Donc du coup on se retrouve à suivre un chantier où il n'y a pas de mesures de protection des sols alors qu'il y avait un concept de protection des sols qui avait été fait.** »*  
(Pédologue 3)

La transcription des mesures est d'autant plus importante que les modalités d'engagement des spécialistes des sols ne favorisent pas toujours un suivi pédologique cohérent le long du projet. En effet, deux pédologues interviewés mettent en lumière un phénomène de rupture dans le suivi, précisément entre la phase de développement et la phase de réalisation du projet. Selon leur retour, il est fréquent que deux spécialistes distincts soient mandatés pour intervenir sur les deux phases du projet : l'un chargé, en amont, de collecter les données pédologiques et d'élaborer le *Concept de protection des sols*, et l'autre, en aval, d'assurer le suivi du chantier lors de sa mise en œuvre (Julien Duc ; Pédologue 2 ; Pédologue 3). Un directeur de BAMO précise que lorsque la phase de réalisation est confiée à une entreprise générale et que la responsabilité de la protection des sols est transférée à cette dernière, il incombe alors à l'entreprise mandatée de désigner un nouveau pédologue en charge de la mise en œuvre et du suivi des mesures prévues (BAMO 2). Cette dissociation entre les phases de conception et d'exécution tend à favoriser une transmission lacunaire des mesures dans les documents contractuels. L'un des pédologues relate être fréquemment mandaté pour la seconde phase du projet uniquement. Dans ces cas, bien que le concept de protection ait été établi selon la procédure, il n'est selon lui pas rare de constater une absence partielle ou totale de mesures (Pédologue 2).

Par ailleurs, ce même pédologue souligne que la capacité d'intervention pour intégrer les enjeux liés aux sols varie considérablement selon la phase d'avancement du projet. Lorsqu'il s'agit d'un projet en phase initiale, il estime être relativement aisé de proposer des ajustements ou des recommandations pertinentes, les délais étant en général larges. En revanche, une fois le projet en phase finale, les marges de manœuvre se réduisent et des contraintes de délais plus strictes, conjuguées aux risques de pénalités financières associées à l'introduction de mesures

supplémentaires rendent alors toute mise en place de mesures de protection des sols particulièrement difficile :

*« Et puis là, si on passe, le bon cas de figure, c'est quand on est tout en amont avant la soumission. Après, il y a le cas de figure moyen, on est après la soumission, mais on est suffisamment tôt pour avoir le temps de discuter avec les entreprises. Et puis après, il y a les cas de figure, on va dire de pire en pire, où il y a des chantiers qui ont des permis qui sont parfois déjà délivrés, des entreprises qui sont déjà sur le chantier ou qui sont bloquées, typiquement par les services cantonaux pour des raisons, ça peut être lié à la protection des sols, et puis là on arrête vraiment tout à la fin, et puis là les marges de manœuvre sont assez faibles. » (Pédologue 3)*

À ce propos, Julien Duc apporte souligne que dans certains cas, la mise en œuvre des mesures de protection des sols est compromise en amont par le choix délibéré de certains porteurs de projet de ne pas réaliser les études pédologiques requises, dans l'espoir d'échapper au contrôle exercé par la CAMAC. Cette prise de risque se traduit en aval par l'absence de dispositions spécifiques dans les conditions particulières des cahiers des charges (Terrassier), limitant ainsi l'effectivité des mesures de protection prévues par le cadre légal.

Un levier jugé quant à lui particulièrement efficace pour la transmission de l'information est celui des directives cantonales et des fiches d'aide à l'exécution, mentionnées par deux des trois pédologues interrogés. Selon le premier, ces outils ont significativement contribué à une meilleure intégration des enjeux pédologiques dans la planification urbaine, en facilitant la compréhension par les porteurs de projet de la nécessité de prendre en compte les sols. Bien que contraignantes et exigeantes, les directives sont perçues comme applicables (Pédologue 2). En effet, ces documents précisent explicitement les mesures à mettre en œuvre et permettent ainsi d'éviter des interprétations juridiques complexes et des négociations prolongées sur les modalités d'application, souligne Julien Duc. Ce constat vaut également pour les fiches d'aide à l'exécution, qui ont l'avantage de condenser l'information de manière claire et opérationnelle, là où certaines directives, parfois trop volumineuses, peuvent perdre en efficacité pratique :

*« Je dirais que le cadre est suffisant. Les fiches techniques, les aides à l'exécution... C'est vraiment comme une fonction un peu de, entre guillemets, médiateur entre... Ouais, et puis ça vulgarise un peu parce que la loi, ça reste des articles de loi, c'est sujet d'interprétation, c'est carré, ce n'est pas forcément très agréable à lire, le reste. On passe d'une loi à des pratiques de chantier. Voilà, c'est ce qui fait le pont entre la loi et les pratiques de chantier. Donc ça, je trouve bien. C'est vraiment, c'est pratique, c'est utile. » (Julien Duc)*

### 7.2.2 Sensibilisation, médiation et formation

Comme évoqué dans la section précédente, une partie des acteurs interrogés abordent les sols à partir d'une représentation occultant la dimension vivante des sols et les enjeux qui leur sont associés. Si le manque de sensibilisation a souvent été mentionné comme un facteur participant à la marginalisation des sols dans les représentations, les entretiens menés auprès Daniel Perrudet et des pédologues mettent en lumière les limites de la sensibilisation dans leur contexte.

S'agissant de la population, Daniel Perrudet reconnaît les apports potentiels de la sensibilisation, tout en soulignant ses limites. Selon lui, les actions de sensibilisation tendent principalement à toucher un public déjà informé ou acquis à la cause environnementale. En conséquence, les personnes peu conscientes des enjeux liés aux sols et qui constituent pourtant la cible principale de ces démarches demeurent largement inatteignables par ces dispositifs :

*« On fait des soirées, on en a fait une ou deux, ou des visites du territoire avec des spécialistes. Et ce qu'on voit, c'est que les gens qui viennent à ces événements-là sont souvent très bien informés, des fois plus que les présentateurs. Et qu'en fait, évidemment, ce qu'on cherche, ce sont les mauvais élèves, **et les mauvais élèves ne viennent pas.** »* (Daniel Perrudet)

Un autre facteur limitant l'efficacité de la sensibilisation réside dans le caractère volontaire des démarches mises en place. Dans le cas des collectivités publiques, les actions de sensibilisation relèvent d'initiatives proactives, souvent portées par des communes déjà sensibilisées à la thématique. Le responsable du service technique communal souligne ainsi que les mesures engagées dans sa commune – qu'il qualifie d'environnementalement proactive – ont été rendues possibles grâce à l'affiliation à *Région Morges*, une association régionale, et à l'inscription de ces enjeux dans une stratégie communale plus large, le *Plan Énergie et Climat Communal*, les deux étant des démarches volontaires. Cette dynamique montre que la mise en œuvre d'actions de sensibilisation dépend fortement de la volonté politique locale, ce qui en limite encore plus la portée à l'ensemble du territoire. Cet aspect volontaire est non négligeable, car un architecte-paysagiste mentionne que les communes de petite taille ne sont pas toujours réceptives aux modalités permettant de préserver les sols, tels que le volume de sol à accorder aux arbres lors de leur plantation. Selon lui, bien qu'une prise de conscience soit amorcée, ces communes doivent encore être la cible d'une sensibilisation. (Architecte-paysagiste 2).

Dans le prolongement de cette première observation, Daniel Perrudet souligne que les limites de la sensibilisation s'appliquent également aux acteurs de la construction. Selon lui, bien que

des efforts de communication soient déployés, ils se heurtent à des logiques économiques fortes : les attentes exprimées par la MO et les contraintes financières pesant sur les mandataires tendent à reléguer la question des sols au second plan. Dans de telles situations, la prise en compte des sols ne redevient prioritaire que lorsqu'un enjeu réglementaire est explicitement invoqué directement auprès de la MO, celle-ci se montrant alors souvent plus réceptive (Pédologue 3).

En parallèle de ces écueils, Julien Duc observe que certains acteurs rencontrent des difficultés à appréhender et à intégrer les évolutions législatives lorsqu'elles prennent la forme de changements jugés radicaux, passant d'un cadre permissif à des exigences strictes, tels que celui récemment effectué par le Canton de Vaud. Dans cette optique, un second pédologue exprime ses craintes vis-à-vis du renforcement du cadre réglementaire prévu par le *Plan d'action sol vaudois* publié en 2024 (Pédologue 2). Selon lui, ce renforcement exacerberait plus encore les différences entre les grandes entreprises pouvant s'adapter facilement à ces modifications car « *toujours dans le vif du sujet* » et celles de petite taille ne le pouvant pas car n'étant pas autant confrontées à la problématique. Bien qu'une des tâches des pédologues consiste en l'explication des mesures de protection des sols aux acteurs (Julien Duc ; Pédologue 2, Pédologue 3), le pédologue note que leur capacité d'influence atteint ses limites car ils assument une double fonction : celle de contrôleur, en raison de leur obligation de transmettre un rapport au canton, et de mandataire, en tant que conseiller auprès du client. Dès lors, leur pouvoir d'imposition est limité :

« [Si la DGE] me dit « *Non moi je ne peux pas venir, c'est toi, c'est SPSC* », tu vois. Nous on est toujours entre le marteau et l'enclume. Si l'entreprise fait une connerie, on se doit de le reporter à la DGE. La DGE, elle, elle applique sa directive. On reçoit des mails, quatre pages, « *Vous devez faire ça, vous devez faire ça, vous devez faire ça, vous devez faire ça.* » Le client, lui, en face, il se retrouve face à un truc qui a une exigence de la DGE, tu vois. **Et alors qu'on lui a expliqué le truc, mais bien évidemment, il peut les respecter ou pas les respecter. Moi, je ne vais pas lui taper sur la tête. Tu vois, ce n'est pas mon rôle, je ne suis pas la police.** » (Pédologue 2)

L'approche coercitive semble présenter une efficacité limitée. Ce constat est étayé par Julien Duc, qui remarque que, bien qu'une posture d'autorité puisse s'avérer nécessaire dans certaines situations, elle tend globalement à alimenter les tensions plutôt qu'à les atténuer. Si l'adoption d'un rôle de médiateur visant à sensibiliser les acteurs apparaît comme une alternative à privilégier, celle-ci se heurte pourtant à des limites, comme cela a été précédemment mis en évidence.

En parallèle, un autre spécialiste déplore l'absence de sanctions effectives en cas de non-respect des mesures de protection des sols, estimant que cette carence n'encourage pas les MO à adopter des pratiques plus vertueuses (Pédologue 3). Selon lui, les conséquences associées à la non-application des mesures sont généralement moins importantes que celles découlant du non-respect d'autres types de contraintes, notamment financières ou techniques. Dès lors, lorsque ni le rappel du cadre législatif ni les efforts de sensibilisation ne suffisent à garantir l'application des mesures de protection – celles-ci relevant alors d'une démarche volontaire – leur mise en œuvre se heurte à une impasse, que seule une réelle appropriation des enjeux liés aux sols permet de dépasser.

Pour passer outre cet obstacle, le premier pédologue suggère qu'un renforcement du rôle des services cantonaux dans l'accompagnement des projets, notamment à travers une posture davantage pédagogique et une proximité au terrain et à ses acteurs, permettrait de faciliter les échanges entre les acteurs (Pédologue 2). Dans le cas de grands projets urbains, une telle posture pourrait favoriser la mise en dialogue des contraintes réglementaires et opérationnelles, en instaurant des conditions plus propices à la compréhension mutuelle, à l'identification de solutions adaptées et à la prise en compte effective des enjeux liés aux sols. Ce type d'accompagnement constituerait ainsi un levier pertinent pour dépasser certaines incompréhensions ou blocages récurrents dans les projets :

*« Mais ça, je trouve que si la DGE ou les instances publiques faisaient plus de formation, plus de terrain, il y aurait une meilleure compréhension des objectifs, il y aurait aussi une meilleure compréhension du secteur privé qui dirait « Ah ouais non mais les mecs ils viennent, ils viennent nous rencontrer, ils ne nous imposent pas que des trucs, ils nous imposent des trucs parce qu'ils nous expliquent les trucs qu'ils nous imposent et donc du coup on est sensibilisés et donc du coup on n'est plus à même de les résoudre et le mec qui arrive avec sa petite offre à 50'000 quand en fait elle valait 15, on comprend pourquoi il a mis 50 et on est capable de la payer. » » (Pédologue 2)*

*« Donc c'est à l'office cantonal, qu'il soit bernois, vaudois, valaisan, peu importe, on s'en fout, de faire le travail de pédagogie pour expliquer pourquoi il met cette directive et qu'il renforce cette directive. Mais si tu laisses le pédologues qui est le client de la personne qui gère le sol, au bout d'un moment, qu'est-ce qui se passe ? Le mec il te dit « Autant, t'es bien gentil, ta directive, je te l'ai appliquée, mais là, tu me demandes encore de la renforcer. Mec, je suis bien gentil, mais je te payes 2500 balles » et à un moment où, voilà. » (Pédologue 2)*

Finalement, face à cette non-réceptivité des mesures de protection, plusieurs acteurs s'accordent pour reconnaître des lacunes dans les formations des acteurs. Les géotechniciens et ingénieurs ne sont, selon Julien Duc, généralement pas sensibilisés aux enjeux propres à la dimension vivante des sols en raison de leur formation qui cadre leur représentation. Pour eux,

les sols, « *c'est tout ce qui se trouve sous nos pieds, de façon indifférenciée que ce soient les horizons pédologiques ou les couches géologiques sous-jacentes.* » (Julien Duc) Le besoin de formation supplémentaire dans les cursus est également ressenti par un second pédologue qui estime nécessaire d'accorder plus de place aux sols dans les formations suivies par les architectes, les professions agricoles et celles de la construction, autant dans les cursus délivrés par les apprentissages, les universités ou les hautes écoles (Pédologue 2). De même, l'un des directeurs de bureau d'architecture-paysagisme remarque que sa sensibilité aux sols vivants a plus été développée par son parcours personnel qu'à sa formation, qui abordait les sols selon une approche physico-chimique (Architecte-paysagiste 1). C'est un constat que rejoint le pédologue lorsqu'il déplore des lacunes dans les formations des architectes-paysagistes, lacunes qu'il rencontre lors des nombreuses formations auprès de ces bureaux (Pédologue 2). Le second architecte-paysagiste interrogé, plus jeune, précise que, bien que sa formation l'ait initié à la définition pédologique des sols, il ne valorisait en pratique qu'une partie de ceux-ci avant que son regard sur la question n'évolue :

*« Pour moi le sol ça a bien évolué, dans le sens, où, Quand j'ai commencé en architecture du paysage, et même en tant que paysagiste, ce qui nous intéressait en tant qu'architecte-paysagiste, c'était la terre végétale, donc ce qui est vivant. Et en fait j'ai appris dans mon métier au bout de quelques années qu'il n'y avait pas que la terre végétale mais aussi l'horizon A et l'horizon B. Même si je l'avais appris à l'école, on valorisait que la terre végétale, et c'est ça pour moi le regard qui a évolué. »* (Architecte-paysagiste 2)

### 7.2.3 Synthèse intermédiaire

Cette partie a permis de mettre en évidence divers freins situés au niveau de la mobilisation et de la transmission de la connaissance pédologique. Un premier frein peut être trouvé dans la transmission des mesures de protection des sols, pour plusieurs raisons, tels que le faible poids des sols face aux autres contraintes du projet, la rupture du suivi pédologique entre les phases de conception et de réalisation du projet, ou encore par choix stratégique de la MO. Ces résistances ont pour conséquence une mobilisation suboptimale de l'information pédologique compromettant les mesures de protection des sols. Pour pallier ce premier frein, les interviews pointent vers les directives et aides à l'exécution cantonales, qui permettent une meilleure intégration des sols notamment par leur caractère applicable, univoque, explicite et opérationnel.

Un second frein a été identifié au niveau de la sensibilisation. Celle-ci est jugée essentielle par plusieurs interviewés, ce qui fait écho aux conclusions de la *Stratégie Sol Suisse* insistant sur l'importance d'un accroissement de la sensibilisation auprès des acteurs de la planification en général. Malgré cette reconnaissance, les effets de la sensibilisation déjà effectuée semblent être limités : le public y étant réceptif est généralement déjà sensibilisé, la nature volontaire de

la démarche résulte en une absence de mise en œuvre des autorités ne percevant pas les sols comme porteurs d'enjeux, et finalement, lorsqu'elle est dirigée vers les acteurs de la construction, ceux-ci n'y sont pas réceptifs et ne perçoivent pas les sols comme une priorité. À défaut de pouvoir assurer la prise en compte des sols par une approche coercitive, et en l'absence de conséquence en cas de non-respect des mesures, les pédologues sont pourtant dans la plupart des cas contraints de se reposer sur cette solution.



*Figure 14 : Piste en grave, en rondin, et en plaques emboitables (Techni, 2018).*

## 7.3 Pratiques

Après avoir observé les deux premiers maillons de la chaîne « représentations-connaissances-pratiques », il est désormais possible d'aborder le dernier niveau, celui relevant des pratiques. Les entretiens ont mis en évidence plusieurs thématiques présentant des points de tensions dans la prise en compte des sols : la gestion des matériaux terreux, la gestion de la pollution, la pesée des intérêts, la planification en amont de la protection des sols et finalement, la gestion globale des sols.

### 7.3.1 Gestion des matériaux terreux

La valorisation des matériaux terreux excédentaires, à savoir les horizons A et B, faisant l'objet d'une obligation de valoriser dans l'OLed (art.18, al.1, let a à c), par l'OSol ou la LPE, c'est donc logiquement que l'on retrouve cette incitation à valoriser la partie fertile de l'écorce terrestre dans les documents de la Confédération (Confédération suisse, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, (OFEFP), 2001). La valorisation des matériaux terreux est par ailleurs l'un des trois principes de base de la protection des sols sur les chantiers cherchant à limiter les pertes quantitatives et qualitatives en termes de sol, aux côtés du principe de précaution (prévenir au lieu d'assainir) et de la réduction des emprises de chantier et des décapages au minimum nécessaire (Conseil fédéral, 2020). Dans ce sens, la valorisation des matériaux terreux s'inscrit dans la logique de circularité adoptée par les institutions helvétiques (Confédération suisse, 2024). Le principe en question peut être compris comme celui favorisant :

*« [...] une réutilisation (ou un recyclage) appropriée des matériaux terreux en fonction de leur qualité. Elle peut se faire soit sur place, soit sur un autre site, par exemple dans le cadre de la remise en état de terres agricoles ou d'une réhabilitation de sols dégradés. » (Conseil fédéral, 2020, p. 24)*

La problématique de la valorisation des sols sur site est reconnue par une majorité d'acteurs pour plusieurs raisons. D'une part, un pédologue souligne que cette valorisation, tout comme la gestion des sols de manière générale, influence directement la qualité finale des aménagements extérieurs. Il précise que la nature des sols conditionne la réussite de certains aménagements, notamment végétalisés, qui ont une incidence sur les usages du lieu ainsi que sur le bien-être des usagers à travers les services écosystémiques rendus (Pédologue 3). Ce spécialiste ajoute que les possibilités de valorisation sur place sont dépendantes du programme d'aménagement : certains dispositifs nécessitent des volumes ou des types de sols particuliers, rendant leur réutilisation plus ou moins aisée.

Ce constat est partagé par un des directeurs de bureau d'architecture-paysagisme, appelé à collaborer avec des pédologues et pour qui il est essentiel que les sols du site présentent les caractéristiques adéquates afin d'assurer que la qualité d'usage des extérieurs reste en cohérence avec l'image directrice du projet (Architecte-paysagiste 1). Par ailleurs, la valorisation sur place est perçue par le professionnel comme moyen d'aboutir sur une gestion durable des sols à son niveau, car il mentionne agir selon une stratégie s'inscrivant dans la circularité, avec une adaptation des 4R classiques <sup>15</sup>:

*« Alors le problème est déjà de creuser. Donc si on peut éviter de creuser, par exemple éviter de faire des parkings souterrains, ça c'est déjà une bonne chose. Donc la première solution dans les 4 R, c'est Refuse, refuser le mandat. Après c'est Reuse, de réutiliser ce qu'on a. [...] Donc la première solution est refuser, la deuxième est de faire avec sur place, et puis la troisième est de trouver un partenaire qui a besoin des matériaux d'excavation où le sol est à proximité, pour réaménager par exemple sa surface, ou un pépiniériste qui a besoin de combler les trous, ou un agriculteur qui a besoin de la terre. »* (Architecte-paysagiste 1)

La valorisation sur place s'inscrit alors dans une logique d'optimisation des ressources visant à faire coïncider les propriétés des sols disponibles avec les exigences fonctionnelles et esthétiques définies en amont :

*« Maintenant ça se passe, il y a des architectes paysagistes qui dessinent ces extérieurs. [...] Et puis là, nous on est là pour essayer de minimiser le besoin en sol : pas faire par exemple des sols trop riches pour faire des plantations qui n'ont pas d'intérêt, des choses comme ça ou bien faire des sols qui favorisent la biodiversité, qui en général d'ailleurs sont des sols d'autant plus intéressants qui nécessitent moins d'épaisseur de sol. Faire aussi des sols qui participent à une bonne gestion des eaux au niveau du site. »* (Pédologue 3)

La problématique est également reconnue par les directeurs de BAMO. Le premier considère l'équilibrage des déblais et des remblais par les architectes-paysagistes comme une démarche souhaitable (BAMO 2). Robert Ischer précise que la valorisation sur place présente des avantages économiques en raison des coûts élevés des mouvements de terre. Un architecte-paysagiste estime en effet à 45 CHF par m<sup>3</sup> la taxe d'évacuation pour des matériaux terreux sains et à 600 CHF par m<sup>3</sup> pour des matériaux pollués (Architecte-paysagiste 1).

Bien que la valorisation sur place soit identifiée comme un enjeu par ces acteurs, sa mise en œuvre est néanmoins limitée par plusieurs freins. Un pédologue déplore en effet une

---

<sup>15</sup> Dans l'économie circulaire, les quatre « R » correspondent à la stratégie cherchant à Réduire, Réparer, Réutiliser et Recycler.

intervention trop tardive dans le projet, ce qui confronte toute tentative de valorisation aux autres contraintes du projet, souvent trop fortes dans les phases finales pour que son intervention soit réellement considérée (Pédologue 3). Par la suite, un deuxième pédologue remarque que malgré certaines avancées notables sur les projets de grande envergure, des progrès significatifs restent à accomplir vis-à-vis de cette problématique (Pédologue 2). Selon lui, si la valorisation des sols sur site est rendue possible sur certains chantiers en raison de l'importante surface disponible, sur des projets de moindre ampleur, cette concrétisation des principes législatifs et des recommandations associées se heurte à d'importantes contraintes spatiales. Ce constat est partagé par Robert Ischer, pour qui la configuration des parcelles, souvent déjà fortement contrainte par le volume bâti, limite considérablement les marges de manœuvre. Le second directeur exprime un avis similaire en soulignant le manque d'espace comme un frein majeur à la mise en œuvre de la valorisation. Enfin, cette lecture est également soutenue par le responsable de la durabilité qui reconnaît que la contrainte « place » ne laisse en général que peu de marge de manœuvre pour mettre en place des solutions de valorisation *in situ* :

*« [...] la réutilisation sur place d'éléments encombrants comme la terre, que ce soit pour en faire des éléments de construction pour construire ou que ce soit pour en faire des éléments paysagers, c'est assez difficile parce qu'il y a une des choses qu'on n'a jamais en Suisse, c'est la place. Et la deuxième chose qui coûte très très cher, c'est le stockage. Donc ça, ce sont des problèmes que les gens qui construisent ne veulent pas avoir. Donc on peut, des fois, même pas. [...] **Donc, en fait, cet aspect place, il est déterminant pour ça. Tu ne verras pas, à part pour des chantiers très particuliers, du stockage sur site ou du réemploi sur site.** » (Architecte 1)*

Cette citation permet de mettre en évidence non seulement que la valorisation sur place est rarement effectuée en raison de la contrainte spatiale, mais également que le stockage des matériaux terreux consiste lui aussi en une problématique. La plupart des acteurs ayant précédemment déploré l'impossibilité de réutiliser les sols sur place faisaient également référence à cette problématique dans leurs propos. En conséquence, si une alternative consiste en un stockage hors site dans une relative proximité (BAMO 2), la majorité des cas semble résulter en un stockage hors site nécessitant un transport sur des distances totales allant de 20 km et 100 km (Architecte 1 ; Architecte-paysagiste 1 ; Pédologue 2 ; Pédologue 3 ; Robert Ischer ; BAMO 2 ; Terrassier). Certains interviewés ont fait part d'une incompréhension, voire d'une frustration, quant à l'impossibilité de stocker les matériaux terreux sur des surfaces agricoles à proximité du site du projet, l'affectation de la parcelle agricole ne correspondant pas à l'usage envisagé par son affectation, ce qui résulte en une non-entrée en matière par les services cantonaux (BAMO 2 ; Julien Duc ; Pédologue 2). À ce propos, un pédologue déplore l'interdiction découlant de la LAT et la non-disposition du Service de la Direction Territoriale

(SDT, actuellement DGTL) vis-à-vis de ce qu'il perçoit comme étant une solution à cette problématique :

*« Là, [dans une commune de la région], ça a été fait comme ça et puis on a mis les sols parce qu'il y avait tellement de sols qu'on les a mis [sur une parcelle agricole à proximité] puis on les a revalorisés in situ et hop terminé mais si tu demandes l'autorisation, tu ne l'as pas. [...] C'est hyper contradictoire et ça il faut que l'article de la... qui change... Le SDT et donc le Service du Développement Territorial, ils ne sont pas enclins à faire changer ça. Moi ça commence gentiment à me saouler parce qu'en fait à cause de ça, dans certains cas on gaspille de la ressource, c'est-à-dire qu'en fait on décape, on n'a pas de place de stockage, ça part ailleurs, c'est échangé sur le marché – t'inquiète pas, c'est bon, t'inquiète, ils la revalorisent la terre, soit sur des gravières, soit sur des carrières, soit sur des petits chantiers, peu importe – mais on perd de l'information, on perd de la ressource, il y a aussi plein de cas où en fait, il n'y a pas de revalorisation, donc décharge. » (Pédologue 2)*

L'un des directeurs de BAMO ajoute que lorsque le stockage sur une parcelle agricole est autorisé, l'objectif de protection des sols lié à la construction rentre souvent en conflit avec les objectifs similaires propre à l'agriculture, tels que la prévention contre les potentielles pertes de culture pouvant résulter du tassement des sols et de leur compaction (BAMO 2). C'est ce genre de conflits que souligne également Julien Duc lorsqu'il mentionne rencontrer des difficultés avec les services cantonaux. Bien qu'il comprenne que chacun des services cherche à atteindre ses propres objectifs, il regrette toutefois ces situations compliquant la protection des sols. Ces conflits entre les différents objectifs cantonaux sont attribués par un autre pédologue à une « mise en silo » des services, situation qu'il estime pouvoir être en partie réglée par un dialogue transversal entre les services impliqués dans le projet :

*« La pédologie dit qu'il faut sauver le sol. L'affectation dit qu'il faut se fier à la loi. La forêt dit qu'il faut rester à 10 mètres. C'est difficile à... On nous impose de faire des choses, mais... Des fois, on n'a pas tous les... Comment dire ? **On nous met des bâtons dans les roues. Ce ne sont pas forcément les promoteurs, mais les services de l'État.** » (Julien Duc)*

*« Mon a priori c'est que oui, c'est qu'en fait les services ne se parlent pas, parce qu'ils ont d'autres priorités, parce qu'ils ne se parlent pas, parce qu'ils ne sont pas dans les mêmes bâtiments, parce qu'ils ne se comprennent pas, qu'aujourd'hui on n'a personne qui veut aussi prendre le devant dans ces services parce qu'ils sont fonctionnaires et qu'en fait voilà ce n'est pas une critique c'est une façon de fonctionner. [...] **Je pense qu'en fait, il faut avoir une approche effectivement transversale.** » (Pédologue 2)*

Ces retours d'expériences permettent de mettre en lumière une tension entre la réalité du terrain vécue par les acteurs et les préconisations formulées par les autorités. En effet, bien que la persistance du stockage de matériaux terreux sur des parcelles agricoles sans autorisation soit explicitement déplorée dans le document *Sol et Construction* (Conseil Fédéral, 2015), il semblerait que cette pratique perdure moins en raison d'une volonté de fraude délibérée que

parce qu'elle est, selon plusieurs acteurs, perçue comme une solution de bon sens à plusieurs niveaux. En l'absence d'alternatives, cette modalité est en effet parfois considérée comme la plus pragmatique et durable pour gérer temporairement les matériaux, malgré son caractère irrégulier au regard de la législation en vigueur.

La solution « par défaut » du stockage distant hors site n'est en effet pas absente de désavantages. Au contraire, une frustration a été exprimée par la plupart des acteurs quant à ceux-ci. Certains interviewés estiment en effet que des telles modalités de stockage résultent souvent en une perte d'information, une perte de qualité et un gaspillage de la ressources sols en raison d'une traçabilité lacunaire. Selon le terrassier interviewé, pour autant que la traçabilité des matériaux de l'horizon C soit suffisante en raison du besoin informationnel des responsables des décharges, celle des matériaux des horizons A et B souffre d'une absence de suivi spécifique (Terrassier). Les pédologues rejoignent également ce propos, car l'un d'entre eux estime que l'évacuation des matériaux terreux comprend un risque de perte informationnelle vis-à-vis de la ressource (Pédologue 2). Un second spécialiste ajoute, que bien que la législation impose un suivi de la filière d'évacuation, de l'usage prévu des sols à valoriser, le processus demeure, en pratique, opaque (Pédologue 3). Ceci s'oppose donc à la volonté de transparence du législateur (Confédération suisse, 2020). Il n'est en effet pas rare que les matériaux quittent le chantier et soient pris en charge par une entreprise sans avoir une vision précise sur leur devenir. Le spécialiste ajoute également que les matériaux ne font que rarement l'objet d'une demande d'information complémentaire par les autorités. Bien que Robert Ischer se dise globalement satisfait du niveau actuel de traçabilité, cette appréciation semble constituer une exception parmi les avis exprimés.

Par ailleurs, le responsable de la durabilité estime qu'en l'absence de label imposant une attention particulière à la qualité des matériaux terreux rapatriés, l'absence de contrôle de la qualité de ces matériaux ouvre la porte à des pratiques frauduleuses permettant la livraison de matériaux de moindre qualité, tels que des remblais, à la place du produit souhaité (Architecte 1). L'un des pédologues et l'un des directeurs de BAMO regrettent également que l'évacuation distante hors site aboutisse parfois à une non-valorisation par une mise en décharge (Pédologue 2, BAMO 2).

Un autre aspect déploré par certains acteurs par rapport au stockage distant hors site sont les émissions de CO<sub>2</sub> libérées dans le processus d'évacuation et de rapatriement. L'un des architectes-paysagistes fait l'exercice du calcul des émissions pour un cycle d'orientation dans le canton de Genève, canton manquant de place de stockage et stockant ces matériaux en France voisine : pour 80'000 m<sup>3</sup> évacués, ce sont 660'000 km parcourus, 200 m<sup>3</sup> de diesel

consommés et 520'000 kg de CO<sub>2</sub> rejetés, sans compter les autres formes de nuisances et de dépenses, tels que le bruit généré, les microplastiques issus de l'abrasion des pneus ou encore la rémunération des employés (Architecte-paysagiste 1). Si la situation genevoise diffère de celle du canton de Vaud en ce que ses espaces de stockages sont fortement limités, un directeur de BAMO regrette quand même le coût environnemental de ces va-et-vient :

*« Des fois on se dit que c'est vrai que c'est dommage de prendre de la terre qui serait possible à remettre et puis de l'emmener dans une décharge. C'est aussi dommage de charger avec des engins qui polluent. On charge dans un camion, le camion va vider dix kilomètres plus loin, il va verser sur un terrain, et puis à la fin du chantier, un an après, il va rechercher ça. Donc on reprend une pelle, on reprend un camion, on retourne sur la route, puis on vient remblayer: » (BAMO 2)*

Par la suite, une partie des interviewés s'accorde sur le fait que le stockage hors site représente pour certains acteurs une perte économique considérable (Robert Ischer ; BAMO 2 ; Architecte 1 ; Architecte-paysagiste 1 ; Pédologue 2). Les camions franchissant rapidement le kilométrage maximal permettant de limiter les pertes, les frais logistiques du stockage hors site font de cette modalité une option difficilement rentable (Architecte 1). Par exemple, dans le cas du cycle d'orientation genevois, les coûts relatifs à l'excavation et l'évacuation des matériaux terreux s'élèvent selon l'architecte-paysagiste à 3'600'000 CHF (Architecte-paysagiste 1). Le prix des matériaux peut par la suite fluctuer entre son évacuation et son rapatriement. À titre d'exemple, l'économie de 250'000 CHF réalisé sur un chantier grâce à un stockage sur site par l'un des pédologues peut à nouveau être mobilisée (Pédologue 2).

En ce qui concerne les leviers potentiels pouvant faciliter la gestion des matériaux terreux, lorsque le cahier des charges limite le recours à des ajustements programmatiques, il est possible, selon certains interviewés, de mettre en avant des plateformes facilitant la mise en réseau entre les acteurs disposant de matériaux à évacuer et ceux recherchant ce type de ressource : *« Il y a plein de monde qui a besoin de la terre, qui ne se connaissent pas forcément. La plateforme permet de mettre ces différents [acteurs] ensemble. » (Architecte-paysagiste 1)*

Selon un architecte-paysagiste, cette démarche présente un réel potentiel dans la mesure où il est souvent difficile d'identifier les acteurs pertinents au moment opportun (Architecte-paysagiste 1). Ce constat est également partagé par le terrassier, qui souligne que les échanges de matériaux se font le plus souvent par le biais de réseaux informels et de relations personnelles, en l'absence de dispositifs formalisés ou de systèmes structurés facilitant ce type de mise en relation (Terrassier). L'architecte-paysagiste estime qu'une telle démarche peut limiter les coûts liés à l'excavation et à l'évacuation des matériaux terreux et représenter une opportunité économique pour le preneur des matériaux, ceux-ci étant gratuits. Les deux

interviewés estiment néanmoins que l'utilisation de ces plateformes n'est pas aisée. L'architecte-paysagiste estime qu'identifier un acteur souhaitant récupérer les matériaux au moment du chantier peut nécessiter une réflexion importante pour l'architecte, les matériaux n'étant pas stockés sur site et nécessitant donc d'être repris dans la foulée des décapages. (Architecte-paysagiste 1). Le terrassier note quant à lui que les plateformes existantes peinent à s'imposer en raison du poids des habitudes dans les pratiques du secteur et de la difficulté à identifier des opportunités véritablement pertinentes (Terrassier).

### 7.3.2 Gestion de la pollution

Une autre préoccupation qui se dégage d'une partie des entretiens effectués consiste en la gestion de la pollution due aux substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS), à la dioxine et aux métaux lourds (mercure, plomb, cuivre). Deux des pédologues ont fait part de leur inquiétude vis-à-vis de cette problématique qu'ils considèrent comme une des limites actuelles et futures à la protection des sols sur les chantiers (Julien Duc ; Pédologue 2). Cette problématique s'exprime à travers deux dimensions : la gestion des matériaux terreux pollués ainsi que les matériaux utilisés en architecture. Elle met en évidence que, s'agissant de la pollution, la protection des sols ne se limite pas à la phase de décapage et de terrassement, mais inclut également les phases qui succèdent au gros œuvre jusqu'à la finalisation.

S'agissant de la gestion des matériaux terreux pollués, plusieurs interviewés s'accordent sur le fait que la présence de sols contaminés constitue aujourd'hui une problématique courante, si ce n'est pas omniprésente dans les projets de construction (Julien Duc ; Pédologue 2 ; Architecte-paysagiste 1 ; BAMO 2). Deux enjeux principaux se dégagent à ce propos. Le premier concerne la valorisation des matériaux pollués décapés. En principe, l'exportation en vue d'une valorisation hors site n'est possible que si les seuils de pollution sont équivalents entre sites et que certaines valeurs prédéfinies ne sont pas dépassées, explique Julien Duc. Dès lors, les acteurs cherchent majoritairement à favoriser une valorisation sur place, notamment en équilibrant les volumes de déblais et de remblais (Pédologue 3), mais cette stratégie se heurte aux contraintes précédemment évoquées portant sur les matériaux terreux sains.

Le second enjeu a trait à l'évaluation de la pollution et à l'évacuation des matériaux concernés. À ce sujet, un directeur de BAMO déplore le manque de finesse des diagnostics actuels (BAMO 2). Selon lui, ceux-ci tendent à entraîner une évacuation excessive des matériaux, notamment dans les cas où la pollution est localisée, ou diffuse mais peu intense. L'évacuation des matériaux pollués est décrite comme étant plus complexe que sa contrepartie saine, notamment en raison de la recherche de filière (Terrassier) et de son coût, la taxe de mise en décharge passant de 45 CHF à 600 CHF par m<sup>3</sup> (Architecte-paysagiste 1). Le directeur du

BAMO exprime ainsi le besoin d'outils d'analyse plus précis afin de mieux adapter les mesures aux caractéristiques de la contamination afin d'aboutir à une évacuation plus cohérente :

*« Ça, c'est une des contraintes qu'on rencontre. Je n'ai pas la solution, mais ce sont des contraintes qu'on rencontre où finalement, l'analyse et le côté pollution va vite prendre le pas en se disant, il y a deux, trois tests pollués, tout est pollué et puis ça coûte une fortune. On évacue tout, puis ça coûte une fortune. Donc peut-être qu'avec plus de tolérance et de flexibilité, de la même façon, peut-être qu'on pourrait développer des technologies qui amélioreraient la sensibilisation, la capacité de cerner exactement le type de pollution et le degré de pollution à des endroits pour optimiser des évacuations et des coûts. » (BAMO 2)*

La question de l'évaluation des matériaux contaminés est également soulevée par les pédologues, en ce que le premier estime que les seuils découlant du principe de précaution sont inadaptés pour répondre à la problématique de la pollution, bien que permettant de minimiser la prise de risque : « **On a un cadre légal sur la pollution des sols qui est infernal. C'est historique. On a pris en compte des seuils qui sont beaucoup trop bas.** » (Pédologue 2) Selon lui, compte tenu de l'ampleur des pollutions, respecter les seuils actuels impliquerait de mettre en décharge la majorité des sols, ce qui se révélerait non seulement infaisable mais laisserait aussi en suspens la question des matériaux destinés à remplacer ceux évacués. À titre d'exemple, le spécialiste mentionne le canton de Genève et son plan de gestion des PFAS :

*« [...] Donc à chaque fois que tu touches à un sol avec PFAS. [...] C'est le premier plan de gestion des PFAS de Genève. Ils se sont faits [reprendre] par l'OFEV. [...] Parce qu'ils ont été trop en avance sur la décision de l'OFEV. La décision de l'OFEV sur les PFAS elle est attendue pour le mois de septembre. Et eux, ils ont anticipé l'histoire et puis ils ont pris les cinq PFAS les plus importants et ils demandent de faire les analyses PFAS dans tous les sols de la ville de Genève. Et si ça dépasse les seuils, poubelle. Ils n'ont plus un gramme de sol sur Genève. » (Pédologue 2)*

C'est un propos que rejoint également Julien Duc lorsqu'il exprime des doutes quant à l'adéquation entre l'adoption d'une législation stricte et ses seuils bas et la réalisation d'objectifs environnementaux globaux, notamment en ce qui concerne l'omniprésence des polluants tels que les PFAS. En effet, à ses yeux, la mise en pratique d'une législation stricte résulterait en une incohérence :

*« Parce qu'aujourd'hui, pourquoi on devrait évacuer en Hollande des terres qui sont dans un champ alors que le champ d'à côté est la même chose et qu'ils vont continuer à le cultiver ? Soit on se dit qu'ils se complètent et qu'on n'utilise plus. Soit on essaie de se dire qu'on accepte qu'on ait fait de la merde à l'époque. Pour cette utilisation, c'est toléré. Pour aller faire un gazon chez quelqu'un, c'est toléré. Pour aller faire des buttes de plantation dans une haie, c'est toléré. C'est ça que je pense que ça va commencer. Parce que demain, aujourd'hui, c'est les PFAS. Puis dans deux ans, c'est autre chose. » (Julien Duc)*

En ce qui concerne les potentielles solutions apportées par les acteurs vis-à-vis de cette problématique, les pédologues souhaiteraient que la législation et les acteurs cantonaux adoptent une approche plus pragmatique. Pour Julien Duc, il s'agirait de capitaliser sur l'influence positive des directives cantonales en élaborant des directives spécifiques à la gestion de la pollution des sols, intégrant les réalités des pratiques de chantier et les contraintes propres à la construction. Selon lui, ces directives permettraient d'apporter un cadre plus clair et opérationnel que la législation actuelle, souvent sujette à interprétation. Il souligne toutefois l'importance de préserver une certaine souplesse réglementaire, notamment à travers la possibilité de dérogations, telles que celles déjà existantes portant sur le cuivre, afin de tenir compte des particularités de chaque situation. À ses yeux, un tel dispositif offrirait aux pédologues une marge de manœuvre accrue pour proposer des solutions adaptées aux enjeux du projet et conciliables avec les intérêts des différentes parties prenantes. Le spécialiste plaide également pour un soutien renforcé des autorités cantonales face aux difficultés rencontrées sur le terrain. Pour l'autre, il s'agirait d'abandonner le paradigme actuel et de transitionner vers un paradigme « du terrain ». Il serait nécessaire de reconnaître l'omniprésence de la pollution et de prévoir des solutions plus flexibles permettant de ménager la ressource sol sans toutefois mettre en péril les fonctions des sols et les organismes en dépendant (Pédologue 2). Les deux propositions se rejoignent alors sur le fait qu'il soit nécessaire de trouver des solutions adaptées au terrain et à partir de celui-ci. En plus de cette flexibilisation du cadre légal, les deux spécialistes des sols estiment qu'il serait envisageable de valoriser les sols moyennement pollués afin de réaliser des aménagements extérieurs :

*« Par contre, pour ce qui est des projets d'aménagement urbain, c'est une filière de valorisation, clairement, pour les sols. [...] C'est clairement une nouvelle chance d'avoir une nouvelle filière de valorisation des sols. Et puis surtout, en fait la législation permet de valoriser les sols peu pollués dans des ouvrages d'aménagement civil, de génie civil. Parce qu'en fait, on sait qu'à force de rouler à côté, les terres, elles vont être polluées ou échappées. **Donc en fait, ça donne une filière de valorisation pour des sols qui ont des très bonnes propriétés agro-biologiques, mais qui malheureusement sont pollués. On ne pourrait pas les réutiliser dans un jardin-potager ou chez les gens.** » (Julien Duc)*

*« Mais par contre, comme le cadre légal et comme le politique dit principe de précaution, on dit « aïe, aïe, aïe, non, on met tout en décharge. » Mais on gaspille de la ressource alors qu'en fait, on pourrait utiliser ces sols, pour en revenir au sol, qui sont moyennement pollués, pas avec des... On s'entend, hein ? Mais il faut élargir le truc, quoi. **Parce qu'on est en train de perdre de la ressource. Et ça devient ingérable. Parce que tout est pollué, là.** » (Pédologue 2)*

Les sols en milieu urbain étant en grande partie pollués (Pédologue 3), cette solution permettrait ainsi à la ville de se fournir en matériaux terreux adéquats à valoriser en l'utilisant

dans ses aménagements extérieurs et ainsi soutenir les stratégies d'adaptation aux dérèglements climatiques en milieu urbain. De plus, ces modalités permettraient aux entrepreneurs de s'épargner les frais onéreux de mise en décharge. Julien Duc souligne néanmoins une limite à cette proposition, le volume total de matériaux pollués étant trop élevé pour qu'il soit absorbé uniquement par cette filière.

Par ailleurs, le responsable de la durabilité du bureau d'architecture a fait part de ses préoccupations propres à son domaine (Architecte 1). Ces préoccupations se concentrent d'une part sur la phase de construction en soi, et de l'autre sur les matériaux utilisés dans le bâti dans son ensemble.

En ce qui concerne la phase de réalisation, le responsable de la durabilité déplore une gestion lacunaire des eaux de chantier. Selon lui, à l'exception des eaux de nettoyage et des boues de lavage liées au traitement du béton, les eaux ne font pas l'objet d'un filtrage ou d'autres précautions particulières. Ceci résulte en la libération de micropolluants dans les sols et les eaux, notamment lorsque les précipitations viennent à ruisseler sur des matériaux dangereux.

Dans la même logique, le responsable met en évidence la problématique des micropolluants de façade (Coutu, Del Giudice, Rossi, & Barry, 2012) et remarque que des polluants sont relâchés de manière importante dans les sols jusqu'à cinq ans après la réalisation, lorsque les précipitations ruissellent sur les façades, notamment sur les peintures composant les crépis ou sur l'acier *Corten*<sup>16</sup> :

« Par exemple, si on reprend les métaux lourds, toutes ces belles façades en Corten, c'est du fer rouillé en gros, c'est rouge. Il y a un grand mouvement espagnol qui adore ça. Tout ça, ce sont des métaux lourds. Dès qu'il pleut, ça délave. » (Architecte 1)

Le responsable indique également que dans l'état actuel, la labélisation constitue la seule barrière limitant l'usage de ces matériaux et permettant de prendre des mesures adéquates pour éviter la contamination des sols et des eaux. En effet, les labels tels que *Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz* (SNBS), le *WELL Building Standard* ou la certification délivrée par la *Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen* (DGNB), imposent une limitation en termes de surface de façade pouvant être réalisée en utilisant des matériaux polluants et rendent obligatoire la pose de récupérateurs d'eau de pluie et de filtres à métaux lourds et autres

---

<sup>16</sup> L'acier *Corten* correspond à un type d'acier dont la surface s'oxyde de manière autonome. La patine résultant de cette oxydation en fait un matériau populaire en architecture.

polluants. Les labels sont alors selon lui le seul moyen de prendre en compte à la fois la santé des utilisateurs et celle de l'environnement. Corrélativement, leur absence dans un projet implique généralement une absence totale de traitement de cette problématique :

*« Il n'y a que dans les labels que j'ai cités avant où ils obligent de limiter le nombre de mètre carré de ces matériaux. Et quand on met une façade en métal, avec des métaux qui peuvent être délavés, ils demandent de mettre un récupérateur d'eau et un filtre à métaux. C'est le seul moment dans tous les bâtiments du monde où il y a ce genre de protection. Tout le reste, les bâtiments, ils recrachent leurs métaux ou leurs micropolluants directement dans l'environnement ou dans les eaux d'infiltration. » (Architecte 1)*

### 7.3.3 Technosols construits

Dans la continuité de ces leviers, l'utilisation de technosols construits consiste en une solution *bottom-up* portée par plusieurs interviewés, notamment un des pédologues (Pédologue 2). Cette solution vise à valoriser les matériaux d'excavation issus des sols urbains en les transformant en des substrats fertiles, dits *technosols construits*. L'objectif visé est d'apporter une solution à la demande croissante d'horizons A et B en milieu urbain. Selon le spécialiste, le ralentissement du mitage du territoire helvétique a résulté en une diminution des décapages des terres agricoles et donc en une baisse de l'offre disponible en horizons A et B. Les matériaux issus des parcelles agricoles décapées étant alors utilisés pour remettre en état les anciennes décharges afin de les rendre compatibles avec les critères des surfaces d'assolement, ces horizons font défaut lorsque les villes cherchent à s'adapter aux dérèglements climatiques, notamment par leurs stratégies de végétalisation ou de perméabilisation. La création de substrat fertile permettrait alors de trouver un substitut pour mettre en œuvre ces stratégies. En parallèle de ce premier objectif, cette solution permet de valoriser les matériaux terreux pollués afin d'éviter leur mise en décharge. Finalement, selon le site internet du spécialiste, les transports générés par le stockage de matériaux ainsi que le coût de transport peuvent être respectivement réduits de 90% et 50%.

Cette solution a également été identifiée par le responsable de la durabilité (Architecte 1) et par un des architectes-paysagistes (Architecte-paysagiste 1), qui s'accordent sur le fait que les technosols offrent une opportunité de réduire le recours au décapage des surfaces agricoles pour satisfaire la demande des villes. Selon le responsable, cette approche ouvre la voie à une gestion plus renouvelable des sols en ville, et l'architecte-paysagiste remarque une intégration croissante des technosols dans ses pratiques. À ses yeux, les technosols présentent l'avantage de permettre la réalisation des aménagements dessinés par l'image directrice du projet, sans exercer une pression supplémentaire sur le milieu agricole. De plus, leurs caractéristiques en

ferait des matériaux mieux adaptés aux fonctions spécifiques qui leur sont assignées dans les projets d'aménagement :

*« Par exemple, j'ai des surfaces qui sont imperméabilisées, beaucoup, beaucoup, et puis j'ai le besoin de planter un maximum d'arbres pour ombrager, pour qu'elles évapotranspirent, etc. et de promouvoir la croissance de ces arbres. Du coup, on travaille de plus en plus avec des technosols, ce sont des mélanges terre-pierre, en gros, qui ont plus de capacités d'accueillir les eaux de ces chaussées imperméabilisées, par exemple, on peut les amener; on peut charger ces fosses en eau. Il y a des volumes d'eau et d'air à disposition pour optimiser la croissance, mais aussi pour répondre à cette contrainte des revêtements imperméabilisés. » (Architecte-paysagiste 1)*

Le second architecte-paysagiste souligne aussi l'intérêt de cette innovation, car à ses yeux, elle permet de favoriser la valorisation sur place des matériaux terreux lorsque des matériaux terreux sont déjà accessibles sur site et peuvent alors servir à la création de substrats fertiles grâce à une « pépinière » sur place. De manière générale, la technologie permettrait également de minimiser la pression sur les sols qui résulte de leur exploitation (Architecte-paysagiste 2).

Toutefois, les différences de représentations et de définitions des sols entre les pédologues sont perçues par les interviewés comme une limite à l'intégration de cette innovation dans les pratiques. Selon le pédologue, si l'approche naturelle des sols adoptée par les autorités cantonales et l'agro-pédologie en général a résulté en l'adoption d'un cadre légal également basé sur cette représentation et ayant eu des effets positifs sur la protection des sols, ce cadre résulte actuellement en une résistance des autorités vis-à-vis des technosols. Ces derniers sont en conséquence difficilement considérés pour la raison qu'ils ne correspondent pas à la définition naturelle des sols. Les capacités des technosols pourraient pourtant être assimilées à celles des sols naturels : ils assureraient, dans une certaine mesure, et selon le spécialiste, les mêmes fonctions d'accueil pour la biodiversité, d'infiltration des eaux et d'habitat pour la végétation (Pédologue 2). Cette résistance est également mise en lumière par l'architecte-paysagiste lorsqu'il mentionne avoir affaire aux responsables cantonaux, leur définition des sols étant plus ou moins ouverte à la notion de technosols :

*« Ça dépend vraiment sur quelles personnes on tombe. On peut être accueilli favorablement avec cette idée de technosol. Comment on peut se faire éjecter selon la personne qui est responsable, parce que vu que c'est cantonal, il y a une approche rurale et il y a une approche urbaine, et la personne en charge souvent, elle a une des deux approches, elle n'a pas les deux. » (Architecte-paysagiste 1)*

#### 7.3.4 Pesée des intérêts

À l'image de la pesée des intérêts s'effectuant aux niveaux de l'aménagement et de l'urbanisme (Grêt-Regamey et al., 2017), la prise en compte des sols est également limitée par une pesée des intérêts en leur défaveur. Un premier groupe d'interviewés met en évidence qu'actuellement la pondération des intérêts relatifs à la protection des sols s'opère principalement au niveau de la MO et qu'elle demeure, selon eux, largement insuffisante (Robert Ischer ; BAMO 2 ; Pédologue 3). Plusieurs facteurs sont avancés par ces interviewés pour expliquer cette lacune. Selon le pédologue, plus les acteurs se situent en amont de la chaîne technique – techniciens, DT, BAMO, MO –, plus leur éloignement du terrain tend à diminuer le poids accordé à la protection des sols dans l'arbitrage entre les différentes contraintes (Pédologue 3). Comme cela a déjà été évoqué, la protection des sols constitue une préoccupation pour les machinistes, notamment en raison de son lien direct avec la qualité de l'exécution. À l'inverse, les acteurs plus en amont doivent composer avec des pressions accrues liées aux contraintes techniques, temporelles et financières, si bien que les sols ne sont que trop rarement considérés. Le pédologue compare ces acteurs à des « *centres de soupapes* » :

« [Les BAMO et la DT] ont vraiment énormément de contraintes opposées qu'ils doivent respecter. Je pense que c'est un travail difficile. Et ça explique pourquoi les discussions à ces niveaux-là, c'est là où elles sont les plus conflictuelles, je pense. » (Pédologue 3)

Le spécialiste estime par la suite que ce déséquilibre est renforcé par certaines modalités de fonctionnement du marché, telles que le recours aux mandats forfaitaires qui tendent à exercer une pression supplémentaire sur les trois premières contraintes et à réduire la marge de manœuvre nécessaire aux acteurs pour prendre en compte les sols de manière adéquate. Cette priorisation semble pouvoir en partie expliquer la pondération dans les projets de grande envergure, dans la mesure où le responsable de la durabilité ajoute que lors d'un projet, « *il y a des choses dans l'ordre de complexité. Avoir une ventilation qui marche, c'est bien avant que d'avoir un sol qui fait pousser des plantes.* » (Architecte 1) Le constat s'applique aussi bien aux projets dépassant le seuil des 5 000 m<sup>2</sup> ou 1 000 m linéaires et nécessitant un suivi pédologique qu'aux chantiers de moindre ampleur. Le pédologue observe que les priorités des propriétaires privés portent généralement davantage sur la qualité du bâti plutôt que sur celle des sols, le respect des contraintes liées à la première dimensions ayant selon lui plus de poids que les sols dans le rendu final (Pédologue 3). En écho à ce propos, deux des propriétaires regrettent la mauvaise qualité des sols de leur terrain qu'ils attribuent à des mouvements de terres inadéquats lors de la réalisation du chantier (Propriétaire 1 ; Propriétaire 2).

De plus, plusieurs interviewés soulignent que les sols ainsi que les aménagements extérieurs constituent souvent des dimensions négligées. Selon eux, en plus de ne bénéficier que d'un budget limité (Architecte-paysagiste 2), les aménagements extérieurs sont un poste sur lequel il est possible d'effectuer des coupes sans susciter de mécontentement de la part de la MO (Architecte-paysagiste 1 ; Julien Duc ; Daniel Perrudet), bien que souvent, cela résulte en des économies moindres et peu satisfaisantes au vu de l'impact sur les aménagements extérieurs du projet (Architecte-paysagiste 1 ; Architecte-paysagiste 2).

Un dernier aspect favorisant une pesée des intérêts insuffisante est l'absence de conséquence en cas de non-application des mesures de protection. L'architecte-paysagiste rappelle à ce propos que la concrétisation du *Concept de protection des sols* proposé dépend en partie de la volonté de la MO (Architecte-paysagiste 1). Un directeur de BAMO précise cette implication en soulignant qu'à la différence du secteur public où la pondération des intérêts intègre davantage les dimensions collectives du financement et l'objectif d'exemplarité des autorités, le secteur privé est souvent prêt à prendre plus de risque et à reléguer les enjeux pédologiques au second plan (BAMO 2).

Dès lors, dans un processus décisionnel et stratégique de gestion du risque, le caractère non-compressible des contraintes financières, techniques et temporelles conduit la MO à les considérer comme prioritaires, reléguant au second plan, voire invisibilisant, la contrainte liée à la protection des sols, laquelle peut être compressée en raison de sa nature quasi volontaire.

#### 7.3.5 Planification en amont

Par la suite, les acteurs s'inscrivant dans le projet à proprement parler s'accordent sur l'importance déterminante d'une planification en amont de la protection des sols. Également identifiée comme point clé par *Sol et Construction* il y a dix ans (Conseil fédéral, 2015), cette insertion doit être réalisée dès les premières phases du projet, antérieurement à la mise en soumission, au lancement de l'appel d'offres et au choix des mandataires (Julien Duc ; Pédologue 2 ; Pédologue 3 ; Robert Ischer ; BAMO 2 ; Terrassier) (fig. 13, chap. 7.2.1). Selon les interviewés, cette anticipation constitue un levier majeur pour assurer une gestion adéquate des sols. Elle permettrait en effet d'intégrer les enjeux liés aux sols dans les réflexions initiales du projet, de garantir une meilleure coordination entre les parties prenantes, d'optimiser la mise en œuvre des mesures de protection tout au long du processus de réalisation et de préserver la marge de manœuvre nécessaire aux acteurs pour réaliser les mesures de protection des sols. Toutefois, un pédologue remarque que la méconnaissance ainsi que le manque de formation limitent cette intégration malgré ses avantages (Pédologue 2).

Anticiper la protection des sols comporte en effet plusieurs avantages. Dans un premier temps, l'insertion d'un spécialiste au stade de la conceptualisation du projet permet à tous les acteurs d'être sensibilisés aux enjeux des sols et à leurs implications (Pédologue 3 ; Robert Ischer), autant techniques qu'environnementales (Pédologue 2). Cette démarche permet également de justifier et de clarifier auprès de la MO et des autres acteurs impliqués que les mesures de protection des sols ne constituent pas une dépense superflue ni excessive (Pédologue 2). Au contraire, elles s'inscrivent dans une logique de gestion du risque susceptible de minimiser des dépenses imprévues et importantes pouvant mettre en péril le projet. Il s'agit ainsi de déconstruire certaines appréhensions persistantes vis-à-vis des coûts induits par ces mesures, appréhensions fréquemment exprimées par les MO, comme l'a souligné l'un des directeurs de BAMO ainsi qu'un des architectes-paysagistes (Robert Ischer, Architecte-paysagiste 2).

La planification en amont permet également de créer un espace de concertation au sein duquel les différents acteurs peuvent exprimer leurs enjeux respectifs et prendre en compte ceux des autres, en vue d'atteindre un compromis. Ce temps d'échange est jugé fondamental par deux pédologues, dans la mesure où leur mission repose en grande partie sur la recherche de solutions acceptables pour l'ensemble des parties prenantes (Julien Duc ; Pédologue 3). Les deux spécialistes estiment ainsi qu'une partie non-négligeable de leur pratique professionnelle consiste à comprendre les perspectives et les contraintes des autres intervenants afin de formuler des propositions qui répondent à la fois aux exigences du projet et aux impératifs de protection des sols. Le rôle crucial de ce dégagement est également reconnu par Robert Ischer, car cet espace permet selon lui aux acteurs d'adopter une posture collaborative et compréhensive nécessaire à l'élaboration de compromis satisfaisant (Robert Ischer).

Une intégration en amont de la question sol est également l'occasion pour les pédologues de s'assurer en partie que les mesures qui découlent du *Concept de protection des sols* soient bel et bien insérées dans les documents d'exécution tels que les conditions particulières des cahiers des charges, les appels d'offres et les soumissions (Julien Duc ; Pédologue 2 ; Pédologue 3). Comme présenté précédemment, cette mention dans les documents conditionne non seulement la dimension financière et temporelle du projet, mais également sa dimension pédologique. La démarche permet en outre d'assurer le passage de l'information pédologique de la connaissance à la pratique.

Finalement, l'intégration précoce des enjeux pédologiques dans la planification d'un projet constitue l'un des leviers les plus efficaces pour minimiser les risques opérationnels auxquels ce dernier peut être exposé (Robert Ischer ; BAMO 2 ; Julien Duc ; Pédologue 2 ; Pédologue 3 ; Terrassier). En anticipant les problématiques identifiées jusqu'alors, cette

approche permet de mobiliser les ressources temporelles et financières nécessaires à leur gestion adéquate. S'agissant notamment de la gestion des matériaux terreux – qu'ils soient sains ou pollués – une planification en amont offre la possibilité d'identifier des filières de valorisation et de prévoir des espaces de stockage adaptés. Cette approche permet également d'anticiper des modalités de suspension du chantier en cas de conditions météorologiques défavorables ou autres éléments imprévisibles.

En outre, la planification anticipée permet à la MO de mieux appréhender les contraintes spécifiques du projet avant son lancement. Ce gain de visibilité contribue à une pesée des intérêts plus équilibrée, dans la mesure où les exigences liées à la protection des sols sont intégrées dès l'origine et ne viennent pas s'ajouter de manière imprévue aux contraintes financières, techniques et temporelles déjà présentes (Robert Ischer ; BAMO 2 ; Architecte-paysagiste 1 ; Terrassier ; Julien Duc ; Pédologue 2 ; Pédologue 3) Cette visibilité permet également de préserver la marge de manœuvre des acteurs. En effet, un pédologue estime que les entreprises sont généralement enclines à respecter les mesures de protection, pour autant qu'elles ne soient pas soumises à des pressions financières et temporelles excessives (Pédologue 3). Sans planification en amont, les marges de manœuvres sont non-existantes et les pédologues *« arrivent comme un cheveu sur la soupe »* (Julien Duc ; Pédologue 2). Le troisième pédologue ainsi que Robert Ischer soulignent l'importance de cette insertion précoce :

*« Et puis après, l'intégration pour nous c'est surtout d'être assez tôt dans le projet pour qu'on puisse influencer un peu les grandes options. [...] Parce que si la contrainte financière est très serrée sur [les entreprises qui touchent le sol], elles vont avoir tendance à privilégier cet objectif-là et à faire les travaux de manière à rester dans le budget. Elles n'ont pas forcément la marge de manœuvre nécessaire pour attendre, pour utiliser des machines qui sont plus petites, qui ont vraiment moins, voire utiliser une autre solution technique qui permettrait de ménager le sol mais qui leur ferait perdre du temps, leur ferait perdre de l'argent, avoir des pénalités, ne pas respecter les délais. »* (Pédologue 3)

*« Donc le sol a un vrai impact aujourd'hui, la nature du sol a un vrai impact sur le coût final d'un projet et ça peut peser très lourd. Et de nouveau aussi, si ce n'est pas anticipé, si on n'en a pas du compte dans le projet, dans l'approche financière, ça peut avoir des conséquences qui sont dramatiques. »*  
(Robert Ischer)

En ce qui concerne l'insertion des professionnels prenant part aux aménagements extérieurs, les interviewés concernés regrettent une insertion souvent trop tardive dans le processus de projet, limitant l'adoption de solutions favorisant la protection des sols (Architecte-paysagiste 1 ; Architecte-paysagiste 2 ; Pédologue 3) En parallèle aux raisons mentionnées jusqu'ici, un des architectes-paysagistes précise que cette situation est fréquente dans les

projets de quartier, et qu'elle s'explique par une combinaison de facteurs propres à chaque cas : priorisation du bâti sous la pression des délais, manque de compétences spécifiques au sein de l'équipe de pilotage, décisions de la MO, ou encore taille d'équipe inadaptée à la complexité du projet. Ces éléments contribuent à un déficit de coordination et d'organisation au sein du comité de pilotage.

*« Dans les constructions liées au bâtiment, on nous appelle trop tard. [...] on est censé rattraper le retard et il y a déjà des prises de décisions qui ont été faites au niveau financier, au niveau des équipes de mandataire, et du coup on arrive trop tard pour dire « il aurait fallu faire ça, il aurait fallu faire ça » [...] Du coup c'est ça pour nous, ce qu'on dit souvent c'est qu'on est la cinquième roue du carrosse, **on nous oublie tout le temps parce qu'ils ont d'autre priorité au niveau du bâtiment.** » (Architecte-paysagiste 2)*

*« **La clé est vraiment le moment où on intervient.** Si cette proposition se fait très en amont, lors d'une phase de concours, par exemple, ou dès la séance kick-off avec les autres mandataires, on ne peut pas dire « trop tard, on a déjà établi telle et telle chose, on est déjà dans telle et telle phase. » » (Architecte-paysagiste 1)*

*« Et puis là on sort un petit peu aux mêmes questions, c'est que souvent on est trop tard dans le projet, où il y a tellement d'autres contraintes on n'arrive pas à faire valoir ça. » (Pédologue 3)*

Malgré ces effets positifs, la planification de la protection des sols lors de la phase de conceptualisation du projet n'apporte de solution qu'à une partie seulement des freins identifiés. En effet, si sa mise en place permet d'agir sur les freins se situant essentiellement à l'interne de la chaîne technique du projet, elle n'apporte que peu de solutions vis-à-vis des freins situés plus en amont, tels que l'absence de sanction en cas de non-respect des mesures, les difficultés liées à la valorisation sur place et à l'évacuation des matériaux terreux, ou encore les seuils de pollution jugés trop bas. De plus, la planification en amont ne permet pas de résoudre l'absence de mandat ressenti au niveau communal. Finalement, en raison de ce qu'il opère en aval des phases de concours, ce levier ne permet pas d'influencer la proposition contenue dans le cahier des charges soumis aux participants, proposition dont « *les grands gestes, les grands impacts, sont déjà joués.* » (Architecte 1)

### 7.3.6 Gestion globale des sols

Plusieurs interviewés ont finalement exprimé leur souhait que la problématique des sols soit pleinement prise en compte par les domaines de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire au niveau communal. Selon eux, l'intégration de la problématique dans ces domaines consisterait en un levier fort afin de répondre à la partie restante des freins identifiés. En ce qui concerne la tendance actuelle, bien que l'augmentation du nombre de plan d'affectation de quartier intégrant la question des sols soit relevée par deux pédologues (Pédologue 2 ;

Pédologue 3), le premier note que dans la plupart des cas, les sols restent absents de ces documents :

*« Au niveau des sols, je n'ai jamais vu un PA avec un règlement qui est avec un article de règlement. Il y en a quelques peu, j'en ai vu, ce n'est pas vrai, j'en ai vu quelques-uns, mais alors, je les compte sur les doigts de la main, depuis vingt ans que je fais ça, où il y a vraiment un article sur la préservation de la ressource. Ça commence à venir, mais ce n'est pas la généralité. »* (Pédologue 2)

Plus précisément, l'un des pédologues regrette que les pratiques actuelles de gestion des sols demeurent largement cantonnées à l'échelle du chantier, ce qui limite fortement une valorisation efficiente des matériaux terreux. Cette échelle de gestion restreinte génère non seulement des pertes en termes de ressources pédologiques et financières, mais implique également des transports de matériaux inutiles. À titre d'illustration, le pédologue évoque un projet mené en ville de Lausanne, dans lequel l'absence de planification à l'échelle du quartier a conduit à l'évacuation non optimisée de l'horizon B, avec pour conséquence un surcoût logistique et une perte évitable de matériaux. Selon le pédologue, une mesure s'inscrivant dans une gestion à l'échelle du quartier, telle qu'une place de stockage, aurait pu éviter une telle situation. À l'inverse, dans un autre secteur du même projet, il rapporte avoir réussi à mettre sur pied un système ayant non seulement servi au stockage sur site, mais également à la valorisation sur place dans les aménagements extérieurs. Cet exemple met en lumière les bénéfices multiples qu'une planification à l'échelle du quartier peut offrir, en ce qu'elle permet de répondre plus efficacement aux enjeux liés au stockage, à la valorisation des matériaux terreux. Ce faisant, la pression financière pesant sur la MO peut être réduite, ce qui libère un espace de négociation pour une meilleure pesée des intérêts et donc, à terme, une meilleure prise en compte des sols (Pédologue 2).

Les deux pédologues interrogés s'accordent également sur la nécessité d'aller au-delà de cette échelle intermédiaire, en développant des dispositifs de planification à l'échelle communale et urbaine (Pédologue 2 ; Pédologue 3). Pour l'un d'eux, cela implique d'intégrer les études pédologiques et les concepts de protection des sols dès l'élaboration des plans d'affectation afin d'éviter que les sols ne soient invisibilisés dans les processus d'aménagement, de favoriser la discussion et la recherche de compromis (Pédologue 2). Le responsable de la durabilité rejoint cette position lorsqu'il affirme que la mise en place de stratégies de préservation des sols devrait s'opérer non seulement à l'échelle des plans d'affectation, par exemple sous la forme de surface de sol à ne pas impacter, mais également au niveau cantonal (Architecte 1). Selon lui, une telle approche permettrait d'éviter une application trop dogmatique des règles

et de renforcer la capacité des collectivités à procéder à une pesée des intérêts équilibrée au sein de l'ensemble du tissu urbain.

*« Le sol se gère au niveau du territoire. Si on le gère au niveau de la construction architecturale, c'est fini. On a déjà perdu. Et au niveau du chantier, c'est mort. » (Architecte 1)*

Daniel Perrudet vient ensuite étayer cette proposition. Selon lui, l'intégration des sols dans les plans d'affectation de quartier ou communaux consiste en un levier prometteur pour tendre vers une meilleure protection des sols. À ses yeux, les plans de quartier représentent une opportunité pour la commune d'intervenir sur la phase de conceptualisation des projets afin de préserver les sols. Les plans d'affectation de quartier nécessitant obligatoirement l'approbation des autorités communales, il s'agit dès lors d'une modalité permettant par son effet de cadre de s'assurer que les sols soient pris en compte dans les phases situées en aval. En l'absence de ce cadre légal et contraignant, le chef de service souligne que les stratégies locales restent vulnérables, dans la mesure où leur mise en œuvre dépend largement de l'adhésion des propriétaires privés, laquelle peut faire défaut et compromettre l'ensemble du projet.

Afin d'illustrer son propos, Daniel Perrudet évoque un projet de quartier en cours dans lequel l'inscription d'objectifs par la commune a pu être garantie, tels qu'une quantité fixe de pleine terre afin d'assurer ses stratégies de végétalisation et de perméabilisation du territoire communal. Le chef de service souligne également que selon le degré d'implication de la commune dans le projet, la marge de manœuvre dégagée pour protéger les sols est plus ou moins conséquente. Dans le projet en cours, la commune, en partie propriétaire, a ainsi pu faire inscrire dans le cahier des charges relatif aux aménagements extérieurs des clauses en faveur des sols. De même, consciente du caractère trop souvent marginal de cette dernière dimension, la création de cellules hypothécaires a pu être imposée au promoteur afin de s'assurer que les aménagements ne soient pas négligés.

La planification au niveau communal peut donc être favorisée par l'inscription de conditions particulières dans les plans de quartier (Daniel Perrudet), et à un niveau plus englobant, par l'intégration d'études pédologiques ou de concept de protection des sols dans les plans d'affectation (Pédologue 3).

### 7.3.7 Synthèse intermédiaire

L'analyse des pratiques des acteurs au travers des entretiens a permis de mettre en évidence plusieurs freins et leviers à la protection des sols au niveau du projet de quartier. Ainsi, la

gestion des matériaux non-pollués et pollués, l'utilisation des technosols construits, la pesée des intérêts, la planification en amont et la planification globale représentent des dimensions porteuses d'enjeux particuliers.

En matière de gestion des matériaux terreux non-pollués, deux enjeux émergent des entretiens : la valorisation sur site et le stockage. La valorisation sur place est largement reconnue par les acteurs interrogés, notamment parce qu'elle permet de garantir la qualité des aménagements extérieurs, d'optimiser l'utilisation des ressources pédologiques, et de réduire les coûts ainsi que les impacts liés aux transports. Dans ce sens, elle peut participer à la transition vers une économie circulaire et s'accorde avec les propos de Georges et al. (2022) (fig. 15).

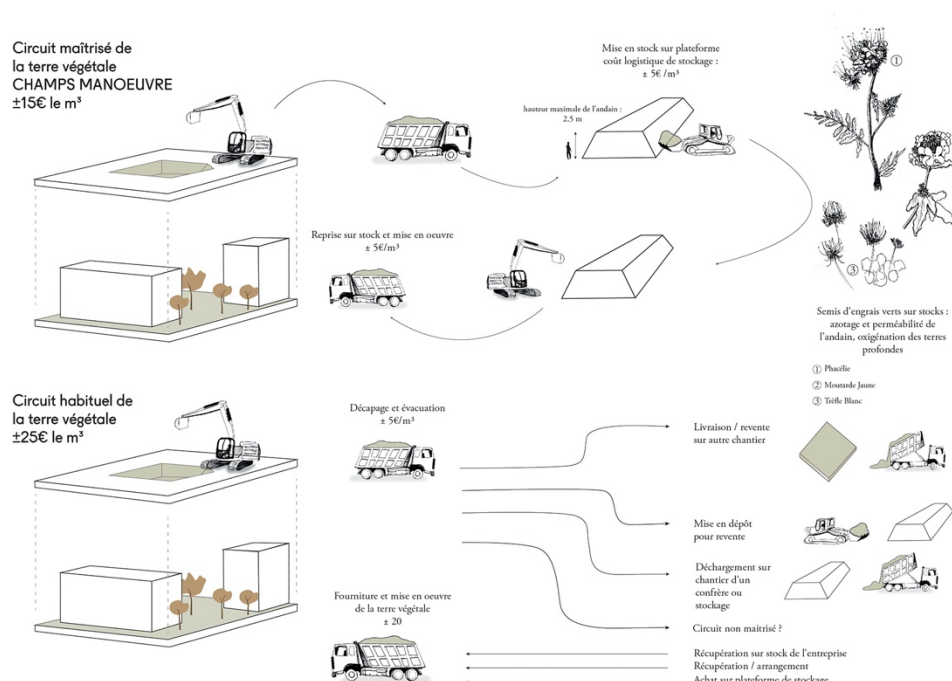


Figure 15 : Schéma représentant en haut une gestion courte et circulaire, plus ou moins sur site, des sols dans un projet, et en bas une gestion hors site et linéaire des sols (Georges et al., 2022).

Le stockage sur site est également perçu comme souhaitable pour les deux dernières raisons. Toutefois, plusieurs freins limitent la mise en œuvre de ces pratiques. Les possibilités de valorisation sur site sont en effet restreintes par le manque d'espace disponible ainsi que l'intervention tardive des spécialistes. Ces deux obstacles majeurs peuvent être rattachés à des représentations marginalisant les sols, car le premier dépend des choix propres aux programmes, et le deuxième des choix de la MO. En ce qui concerne le stockage, les difficultés tiennent d'un manque de place (également constaté par Georges et al., 2022), en partie pour les mêmes raisons et au refus des autorités cantonales d'approuver certaines solutions

alternatives, comme l'utilisation temporaire de surfaces agricoles, ou à des conflits avec d'autres objectifs de protection des sols tels que la préservation de la production agricole. Ces freins mènent à des solutions de repli peu optimales, telles que l'évacuation des matériaux terreux ou leur stockage hors site distant, générant des pertes économiques, informationnelles et environnementales. Parmi les leviers identifiés par les personnes interrogées figurent la mise en place de labels permettant d'assurer la traçabilité des matériaux terreux ainsi qu'une meilleure prise en compte transversale des enjeux pédologiques par les services cantonaux, ce qui résonne avec le constat posé par le PNR 68 au sujet de l'aménagement et de l'urbanisme (Grêt-Regamey et al., 2017). Par extension, la gestion des matériaux pollués est confrontée aux mêmes freins, auxquels s'ajoute trois particularités. La première est le fait que les filières d'évacuation sont plus restreintes, plus onéreuses et plus distantes que celles pour les sols non pollués. La deuxième réside dans la question des seuils au-delà desquels un sol est considéré comme pollué. Sur ce dernier point, au vue de la quasi-omniprésence des polluants témoignée par les interviewés, ceux-ci souhaiteraient voir une flexibilisation des seuils et des possibilités de valorisation afin de préserver la ressource. La dernière particularité porte sur les eaux de chantier et les micropolluants de façade et touche principalement la phase post-réalisation des projets. Des leviers adéquats consisteraient en la promotion de labels, l'adoption générale de filtre empêchant l'infiltration des polluants dans les sols ainsi que l'adoption de traitements des eaux durant les chantiers.

Dans la continuité des matériaux terreux, les technosols construits sont identifiés par certains acteurs comme une opportunité sur laquelle se reposer afin de faciliter la mise en œuvre des stratégies d'adaptation des villes face aux dérèglements climatiques. Cette innovation permettrait de s'absoudre de la dépendance aux sols naturels utilisés pour la réhabilitation des décharges en surfaces d'assolements, de revaloriser les matériaux d'excavation et donc de diriger le milieu urbain vers une logique d'utilisation moins linéaire et circulaire des sols (Fabbri, 2021). L'activation de ce levier est toutefois pour l'instant restreinte en raison des difficultés liées à la définition des sols en vigueur dans les services cantonaux car n'étant pas considéré comme des sols naturels.

La pesée des intérêts, en plus de devoir être améliorée au niveau de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme (Grêt-Regamey et al., 2017), semble devoir également être améliorée au niveau de la construction. Dans l'état actuel, les entretiens montrent que lorsque celle-ci est déléguée à la MO, elle reste en effet insuffisante car à l'exception d'une sensibilité environnementale particulière, la MO est jugée par les interviewés comme trop éloignée du terrain pour que les sols soient perçus comme un enjeu de poids égal aux autres contraintes financières, techniques et réglementaires, autant sur les grands que petits chantiers. Cette

invisibilisation des sols est exacerbée par le caractère non-contraignant du concept de protection des sols, si bien que les sols apparaissent souvent comme une contrainte compressible dans les stratégies de gestion du risque. Bien que la représentation technique et réglementaire puisse favoriser une intégration des sols, la nature de cette considération consiste également en une limite, en ce qu'en l'absence de préoccupations environnementales, elle ne suffit pas à assurer une protection des sols systématique.

Par la suite, la planification en amont de la protection des sols semble être le levier situé à l'interne du processus le plus fortement mis en évidence par les personnes interviewées. Celle-ci permet en effet d'agir sur plusieurs freins rencontrés. Elle permet dans un premier temps de s'assurer que toutes les parties prenantes soient conscientes de la problématique des sols, de justifier la démarche de protection et de déconstruire les éventuelles appréhensions vis-à-vis des mesures qui en découlent. Dans un second temps, elle permet à l'ensemble des acteurs du projet d'exprimer les enjeux propres à leurs tâches respectives et offre un espace de concertation afin de trouver une solution adéquate pour toutes dimensions du projet, sol y compris. Cette meilleure visibilité couplée à une meilleure gestion du risque préservant les marges de manœuvre permet dans la foulée d'assurer une pondération plus en faveur des sols lors de la pesée des intérêts. Malgré ces nombreux avantages, la planification en amont de la gestion des sols demeure encore trop souvent dépendante du choix de la MO.

La planification globale autant au niveau du quartier que communal ou urbain semble finalement être aussi un levier permettant de compenser certains freins précédemment mentionnés. Planifier au niveau du quartier et non seulement du chantier permet d'identifier des solutions adéquates favorisant la valorisation et le stockage sur place des sols. En conséquence, la planification globale agit également sur la pesée des intérêts, car elle vient soulager la pression financière résultant des modalités d'évacuation par défaut des matériaux terreux. Ainsi, une marge de manœuvre suffisante peut être conservée pour considérer les sols. La planification globale permet par ailleurs de dégager un espace de concertation favorisant la recherche de compromis. Finalement, l'insertion des sols à cet échelon de la planification permet d'intégrer la protection des sols dans les conditions cadres du projet et évite que celle-ci se révèle lacunaire en raison des multiples contraintes propres au processus interne du projet.

## 8 Discussion

Ce travail avait comme objectif d'interroger différentes dimensions liées aux sols, telles que les représentations, la circulation de la connaissance et les pratiques afin de faire émerger d'éventuels freins ou leviers à actionner en vue d'une gestion durable des sols au dernier échelon de la planification spatiale, celui de la construction. Afin d'atteindre cet objectif, le cas de l'agglomération lausannoise s'est présenté comme terrain d'étude prometteur en raison des diverses pressions exercées sur son territoire pouvant favoriser l'urbanisation. Les résultats obtenus grâce aux quinze entretiens semi-directifs réalisés auprès des acteurs de la construction et en marge de ce secteurs ont permis d'identifier deux problématiques présentant des points de tensions qui témoignent de freins pouvant être rattachés aux trois dimensions susmentionnées. Ce chapitre vise à mettre les résultats en perspective grâce à la littérature afin de répondre à la problématique, à l'hypothèse et aux questions ayant guidé ce travail, à savoir :

**« Quelles sont les barrières à l'intégration des sols ressenties par les acteurs de la construction et quels sont les éventuels leviers à activer afin de faciliter ce processus ? »**

« Dans les projets de quartier, les sols font l'objet de représentations multiples par les acteurs du domaine de la construction et cela influence leur prise en compte effective. »

*1) Comment les acteurs perçoivent-ils les sols? Dans quelle mesure les sols sont-ils un enjeu aux yeux des acteurs, dans la société et dans leurs pratiques ?*

*2) Comment les acteurs définissent-ils les sols ?*

*3) Comment l'information pédologique est-elle mobilisée et par quels moyens circule-t-elle ?*

*4) Comment les acteurs collaborent-ils entre eux ?*

*5) Dans quelle mesure les différentes pratiques des acteurs prennent en compte les fonctions des sols ?*

*6) Dans quelle mesure les diverses obligations ou recommandations sont-elles mises en œuvre ?*

*7) Dans quelle mesure les différentes pratiques des acteurs sont-elles influencées par la présence de conflit d'intérêt ?*

## 8.1 Limites et opportunités à la gestion circulaire des sols

À l'image de l'Union européenne (Commission européenne, 2020), la Confédération suisse a récemment adopté la notion d'économie circulaire comme principe directeur de sa gestion des déchets (Confédération suisse, 2024), statu que peuvent posséder les sols lors d'un projet (OLed). Dans cette mouvance, l'économie circulaire a récemment été inscrite à la constitution du Canton de Vaud (Canton de Vaud, 2024a).

L'application de cet article constitutionnel relevant autant du Canton que des communes, il s'agit dès lors d'un cadre avec lequel l'échelon opérationnel devra composer. Sans prétendre avoir réalisé une analyse du métabolisme des sols dans l'agglomération lausannoise, les entretiens ont pu donner un aperçu du système sol, si bien que plusieurs points de tension peuvent être identifiés, chacun témoignant de freins compromettant une gestion circulaire des sols.

Dans un premier temps, la question des matériaux terreux et de leur valorisation et du stockage doit être soulignée. Bien que l'objectif de circularité relève indirectement d'une obligation légale (OLed), au travers de la valorisation sur site ou hors site, les résultats montrent qu'en réalité la mise en œuvre de cet objectif se révèle difficile. La programmation des projets étant déjà saturée et n'accordant qu'une marge de manœuvre très faible, les possibilités de valorisation sur place sont donc limitées. Autrement dit, cette première possibilité de « fermer la boucle » des sols et de constituer une utilisation circulaire de proximité sur le projet est difficilement réalisable. La valorisation hors site, adoptée par défaut, constitue alors en une solution de qualité inférieure en raison de l'accroissement des flux sortants du systèmes causés par les pertes de sols potentielles, du rejet inévitable de CO<sub>2</sub> et de polluants dus à l'abrasion des pneus résultant des transports superflus. Dans le même registre, la question du stockage sur site est elle aussi confrontée à ces problèmes, étant donné que la place limitée rend difficile sa réalisation et que la solution du stockage de proximité sur parcelle agricole est généralement refusée par les autorités cantonales. En conséquence, les flux sortants sont également accrus, le stockage hors site devenant lui aussi une solution par défaut.

Dans un second temps, un deuxième point de tension propre à la circularité des sols peut être identifié au niveau de la gestion des matériaux pollués. Leur gestion circulaire est aussi confrontée aux problèmes venant d'être mentionnés, mais la problématique est complexifiée par la définition des seuils de détermination de la pollution. Bien qu'établis en fonction du principe de précaution, les entretiens montrent que ces seuils qualifient de pollués une quantité considérable de matériaux, ce qui en conséquence favorise une gestion linéaire des sols. En

effet, les matériaux pollués nécessitent souvent une évacuation lointaine – dans d’autres cantons voire d’autres pays – ce qui accroît les flux sortants du système. Face à cela, une alternative circulaire serait l’activation de la filière permettant de revaloriser les sols pollués en milieu urbain, milieu déjà largement pollués selon un pédologue (Pédologue 3). Cette filière permettrait alors de revaloriser les matériaux terreux pollués afin de réaliser diverses stratégies d’adaptation climatique telles que la gestion du ruissellement ou des îlots de chaleurs, sans que l’usage final n’expose pour autant la population à un danger accru. Malgré cela, la législation actuelle ne permettant pas de se reposer sur cette solution et résultant en la mise en décharge des matériaux pollués, un métabolisme linéaire persiste. À une échelle plus locale, la question des eaux de chantiers et des micropolluants de façade se présente également comme un point sur lequel agir. Si dans l’état actuel, peu de mesures semblent adresser cette problématique, les labels peuvent constituer un levier à actionner afin de tendre vers une alternative durable.

En parallèle de cette économie de ressources, bien que les technosols puissent eux aussi contribuer au développement d’une gestion circulaire des sols, cette alternative est actuellement limitée par les définitions des sols en vigueur dans les services cantonaux. Non seulement cette technologie permet de valoriser les matériaux d’excavation, mais elle permet également, dans les contextes appropriés, d’assurer les fonctions recherchées à même titre qu’un sol naturel. Ainsi, les technosols construits permettent de ne pas se reposer uniquement sur les sols, non-renouvelables à l’échelle humaine, ce qui s’inscrit dans la réflexion de Barles :

*« [I]’une des réponses envisageable tient en une transition socio-écologique dont l’objectif serait de rendre compatible le fonctionnement des sociétés avec celui de la biosphère [...] : une consommation moindre de matières, associée à une substitution, autant que faire se peut, du non renouvelable par le renouvelable. »*  
(Barles, 2019, p.52)

Finalement, un dernier point de tension a été repéré grâce aux entretiens au niveau de l’échelle de planification du chantier autant à l’interne (en amont) qu’à l’externe (au niveau global). En ce qui concerne la planification en amont, l’intégration précoce des sols dans les réflexions permet d’agir sur les problématiques de la valorisation et du stockage ainsi que d’assurer que les mesures soient concrétisées, ce qui résulte respectivement en une minimisation des sortants et une réduction de la consommation de ressources. Quant à la planification globale, qu’elle soit à l’échelle du quartier, de la ville ou de la commune, son absence participe à la production de flux sortants. À l’inverse, une planification au niveau du quartier permet d’identifier des solutions de stockage sur site et de favoriser la valorisation sur place. Au niveau de la commune ou de la ville, la planification permet d’agir sur l’ensemble du processus du projet en assurant

que les sols soient considérés, ce qui permet de conserver la marge de manœuvre permettant d'avoir une approche circulaire vis-à-vis de la gestion des matériaux terreux.

En somme, bien qu'une approche circulaire des sols consiste en une approche prometteuse pour une gestion durable des sols, celle-ci reste pour l'instant limitée par des contraintes propres à la réglementation et à la planification du projet. Une première partie de ces freins – la question des seuils, des technosols, de la valorisation en ville et du stockage sur parcelle agricole – peuvent être outrepassés par une adaptation de la législation. L'autre partie, c'est-à-dire les freins propres au manque de place en général et aux planifications en amont et globale, peuvent alors être dépassés en activant des leviers situés au niveau de la planification spatiale communale, à l'exemple des cellules hypothécaires, des plans de gestion des matériaux, des conditions particulières dans les plans de quartiers, ou encore de l'intégration d'études pédologiques et de concept de protection des sols dans les plans d'affectation. Ceci rejoint le constat posé par Genois-Lefrançois et al. (2023) qui note que l'urbanisme peut favoriser l'économie circulaire en ce qu'il permet de cadrer les flux d'intrants et de sortants grâce aux outils à sa disposition. Dans la lecture faite de la définition de l'urbanisme proposée par les auteurs, ce constat peut également s'appliquer à l'aménagement du territoire.

## 8.2 Influence des représentations

Le premier ensemble de représentations accorde une place marginale à la multifonctionnalité et multidimensionnalité des sols et est selon les personnes interviewées la plus répandue parmi les acteurs concernés. Ce faible intérêt semble être structuré par une méconnaissance des sols au niveau sociétal et dans la population, ce qui fait écho au constat déjà formulé par la littérature, notamment par Poyat (2018) et Fournil et al. (2018). Si les interviews ne permettent pas d'affirmer que cet ensemble de représentations correspond entièrement à celle envisageant les sols dans une perspective surfacique et foncière fréquemment observée en milieu urbain et péri-urbain (Schwartz et al., 2015 ; Steiger et al., 2018 ; Lothodé et al., 2020 ; Georges et al., 2022), une certaine continuité entre la littérature et les discours recueillis peut être notée. D'une part, la représentation semble généralement être absente de considérations environnementales qui pourraient être associée à une représentation volumique, ou vivante des sols. De l'autre, l'absence des sols dans les processus de projet propres à l'aménagement et l'urbanisme communale et à l'architecture n'est pas sans rappeler l'« [évacuation de] *la préparation du sol et, par extension, sa connaissance dans le processus de projet* » évoquée par Landauer (cité dans Georges et al., 2022).

Trois ensembles de représentations distincts ont pu être dégagés grâce à l'analyse. Ceux-ci se différencient notamment par le degré d'intégration qu'ils réservent aux notions des sols. Le

premier ensemble accorde aux sols une place marginale et s'aligne avec les propos de Poyat (2018) et de Fournil et al. (2018). Si l'analyse ne permet pas d'affirmer avec certitude que cette vision se limite à une approche purement surfacique (Schwartz et al., 2015 ; Steiger et al., 2018 ; Lothodé et al., 2020 ; Georges et al., 2022), il apparaît néanmoins que de manière générale, elle n'intègre ni les dimensions pédologiques des sols, ni les enjeux socio-environnementaux qui leur sont associés. Par ailleurs, les acteurs de la construction semblent présenter une représentation s'alignant avec la vision foncière des sols décrite par Georges et al. (2022), Schwartz et al. (2015) et Lothodé et al. (2020). Le deuxième ensemble traduit une intégration plus approfondie des sols, dans la mesure où ceux-ci sont envisagés à travers leur définition pédologique, certains acteurs manifestant une conscience accrue de l'importance de la structure des sols. Toutefois, en l'absence de sensibilité environnementale particulière, cette reconnaissance reste cantonnée à des considérations principalement techniques ou réglementaires, si bien que les sols sont perçus comme une contrainte supplémentaire, souvent compressible, à prendre en compte dans les projets, sans que leurs fonctions environnementales ne soient systématiquement intégrées. Enfin, le troisième ensemble de représentations contient diverses lectures actuelles de la gestion durable des sols qui se rejoignent dans la place qu'elles accordent à l'interdépendance qui lie les sols et leurs fonctions aux activités humaines et donc dans leur attention aux sols dans les pratiques qui en découlent.

Ceci permet alors d'affirmer que les sols font l'objet de représentations diverses dans le domaine opérationnel de l'urbanisme et de la construction, ce qui complète le tableau peint par la littérature sur les représentations des sols (Ingram, Fry & Mathieu, 2010 ; Duruiheoma, Burek, Bonwick & Alexander, 2015 ; Krywoszyńska., Banwart, & Blacker, 2020 ; Krywoszyńska & Marchesi, 2020 ; Serrano, Poyat & Boutet, 2023 ). De même, l'analyse permet également de rejoindre les propos de Poyat (2018) et Fournil et al. (2018) lorsque les scientifiques concluent que les sols restent une dimension méconnue. Dès lors, cette méconnaissance des enjeux liés aux sols exerce une influence systémique sur la planification spatiale, dont l'imbrication des niveaux n'est pas sans évoquer celle des poupées russes. En effet, une large part des difficultés identifiées dans l'analyse semble s'enraciner, de manière plus ou moins directe, dans la représentation dominante. Ainsi, l'intégration en amont d'un pédologue dépend largement de la sensibilité du maître d'ouvrage à la question des sols – qu'elle soit peu perçue, d'ordre technico-réglementaire ou environnemental. Lorsque les sols sont envisagés comme un paramètre technique, leur prise en compte peut certes être favorisée en raison des avantages financiers, réglementaires ou logistiques que les mesures permettent, mais elle demeure vulnérable face à ces contraintes jugées prioritaires, particulièrement en cas d'imprévu. Ce cadrage technique peut également justifier une absence d'intégration du

spécialiste, perçue comme un risque acceptable dans une logique de compromis ou d'optimisation stratégique. Même lorsqu'un pédologue est mobilisé, son intervention peut rester symbolique, visant principalement à satisfaire les exigences administratives sans que les mesures préconisées ne soient effectivement transcrites dans les cahiers des charges ou suivies d'effet. De manière similaire, l'absence de toute mention des sols dans les cahiers des charges des concours apparaît comme le reflet d'une non-considération de leurs enjeux environnementaux. Pour certains interviewés, cette omission en amont du processus traduit un manque d'impulsion au niveau de l'urbanisme communal, lui-même limité par l'absence de mandat politique en la matière. Or, cette dernière résulte d'un manque de sensibilisation des élus, qui reflète, à son tour, un déficit d'attention à ces enjeux dans la société en général. Cette chaîne ascendante illustre à quel point les représentations structurent en profondeur les pratiques de planification et de gestion des sols, bien au-delà des seuls choix individuels.



*Figure 16 : Vue aérienne du quartier Églantine, Morges, (MorgesAvenir, s.d.).*

## 9 Conclusion

Cette recherche a permis de faire émerger des freins et des leviers à la prise en compte des sols dans le secteur de la construction. L'analyse auprès des acteurs impliqués dans les projets de quartier en région lausannoise a permis de montrer en quoi les représentations agissaient de manière structurante sur la circulation de la connaissance pédologique et sur les pratiques.

Malgré la mise à l'agenda d'une gestion de l'urbanisation et de ses dégradations par la Suisse et dans la planification spatiale, dans le secteur de la construction, les sols continuent d'être marginalisés au travers de représentations ne reconnaissant pas leur complexité. Ces représentations semblent prendre leur source en amont déjà du processus de projet, dans la planification, la formation donnée aux acteurs de la construction, et la société en général. Leur présence impacte ensuite la prise en compte des sols dans le projet de manière structurante et vient déterminer la qualité pédologique du projet. Cet effet structurant prend notamment la forme d'une résistance aux prescriptions de protection qui s'exprime au travers d'une priorisation des enjeux techniques, réglementaires et financier et d'une relégation des enjeux pédologiques à un second plan. Ces résultats soulignent l'importance de la dimension socio-culturelle dans l'élaboration d'une réponse à la crise globale des sols par le secteur de la construction et met en évidence la nécessité d'engager une réflexion sur la façon dont les sols sont abordés, dans ce secteur, mais également dans la société au sens large.

Malgré ces résultats, certaines limites inhérentes à ce travail doivent être soulignées. Elles concernent tant les méthodes mobilisées pour réaliser cette étude, les notions qui cadrent ce travail et finalement les solutions proposées au terme de cette dernière. En ce qui concerne les méthodes, si la démarche qualitative a permis de mettre en évidence des freins et des opportunités à la gestion durable des sols autant au niveau de l'économie circulaire que des représentations dans la planification, l'étude bénéficierait d'un complément quantitatif afin de capturer le point de vue d'un nombre d'acteurs plus large et d'avoir un tableau encore plus détaillé de la situation en région lausannoise. Si cette approche mixte n'a pas pu être adoptée en raison des contraintes temporelles de ce travail, il s'agit d'une opportunité pour de futures recherches. Aussi, en raison de ces contraintes, le nombre d'interviewés par type d'acteurs a dû être limité, si bien que certains résultats sont basés sur un point de vue lui aussi limité. Finalement, le point de vue des maitrises d'ouvrage sur la problématique n'a pas pu être recueilli et fait défaut.

Par la suite, à l'exception de la troisième représentations, les contraintes temporelles de l'étude n'ont pas permis d'identifier d'autres alternatives aux deux premières représentations. De

même, ce travail n'a pas pu fournir une réflexion quant aux moyens de favoriser le développement de représentations accordant une place adéquate aux sols en vue de la crise actuelle.

Finalement, sans pourtant chercher à ancrer ce travail dans ces notions, le travail peut sembler mettre en avant les réponses s'inscrivant dans les approches des services écosystémiques et circulaire. Si ces approches se révèlent fréquemment être des éléments constitutifs des réponses institutionnelles et scientifiques à la crise des sols, elles consistent en des réponses situées présentant elles aussi des limites. Sans vouloir présenter ici toute l'étendue du débat, l'on peut souligner les critiques dénonçant le maintien d'un anthropocentrisme au travers duquel la nature se voit attribuée une valeur extrinsèque et non intrinsèque, ce qui soulève des questionnements quant à l'éthique à partir de laquelle aborder les sols (Schröter et al., 2014 ; Nurminen, 2025).

Différentes pistes de réflexions futures se dégagent alors au terme de ce travail. Dans un premier temps, il s'agirait d'explorer plus encore le métabolisme urbain des sols afin de saisir plus finement l'état des intrants, des stocks et des sortants du système. Ceci permettrait de repérer les lieux sur lesquels intervenir, mais également de visibiliser à la fois les modes de gestion non-durables et durables des sols et de rendre légitime la recherche d'alternatives favorables à une gestion durable des sols, qu'elle soit circulaire ou sous une autre forme. Dans un deuxième temps, afin d'éviter les écueils venant d'être mentionnés, et afin de dépasser une approche envisageant les sols uniquement pour leur valeur extrinsèque, il s'agirait de réfléchir plus encore sur l'intégration de représentations favorisant une reconnaissance des sols comme objet nécessitant intrinsèquement d'être protégé – à l'image du *care*, notion appliquée aux sols par la littérature plus qu'humaine (Krzywoszynska, 2021). Finalement, à l'image de Prager et Curf (2016), afin de comprendre plus en détail l'influence des représentations sur les sols, il s'agirait d'élucider les modèles mentaux constituant les représentations. Ceci permettrait d'explicitier le fonctionnement et les canaux par lesquels ces dernières influencent les connaissances et les pratiques liées à la protection des sols.

## 10 Bibliographie

### 10.1 Textes législatifs

CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE. Loi fédérale sur la protection de l'environnement du 7 octobre 1983 (État le 1er avril 2025), RS 814.01. [En ligne] [https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1984/1122\\_1122\\_1122/fr](https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1984/1122_1122_1122/fr), consulté le 20.07.2025.

CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE. Loi fédérale sur l'aménagement du territoire du 22 juin 1979 (État le 1er janvier 2019), RS 700. [En ligne] [https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1979/1573\\_1573\\_1573/fr](https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1979/1573_1573_1573/fr), consulté le 10.08.2025.

CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE. Loi fédérale sur les forêts du 4 octobre 1991 (État le 1er janvier 2025), RS 921.0. [En ligne] [https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1992/2521\\_2521\\_2521/fr](https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1992/2521_2521_2521/fr), consulté le 10.08.2025.

CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE. Loi fédérale sur l'agriculture du 29 avril 1998 (État le 1er janvier 2025), RS 910.1. [En ligne] [https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/3033\\_3033\\_3033/fr](https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/3033_3033_3033/fr), consulté le 10.08.2025.

CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE. Loi sur la protection de la nature et du paysage du 1er juillet 1966 (État le 1er janvier 2022), RS 451. [En ligne] [https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1966/1637\\_1694\\_1679/fr](https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1966/1637_1694_1679/fr), consulté le 10.08.2025.

CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE. Loi sur la chasse et la protection des mammifères et oiseaux sauvage du 20 juin 1986 (État le 1er février 2025), RS 922.0. [En ligne] [https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1988/506\\_506\\_506/fr](https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1988/506_506_506/fr), consulté le 10.08.2025.

CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE. Loi sur la protection des eaux du 24 janvier 1991 (État le 1er février 2023), RS 814.20. [En ligne] [https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1992/1860\\_1860\\_1860/fr](https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1992/1860_1860_1860/fr), consulté le 10.08.2025.

CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE. Ordonnance sur les atteintes portées aux sols du 1er juillet 1998 (État le 12 avril 2016), RS 814.12. [En ligne] [https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/1854\\_1854\\_1854/fr](https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/1854_1854_1854/fr), consulté le 20.07.2025.

CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE. Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets du 4 décembre 2015 (État le 22 avril 2025), 814.600. [En ligne] <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2015/891/fr>, consulté le 23.07.2025.

### 10.2 Documents administratifs

ALTWEG, D. & SECTION GÉOINFORMATION. (2015). L'utilisation des sols en Suisse – Exploitation et analyse. Neuchâtel, Office fédéral de la statistique (OFS). [En ligne] <https://www.bfs.admin.ch/asset/fr/349275>, consulté le 20.07.2025.

BIEDERMANN, F. (2021). L'utilisation du sol en Suisse – Résultats de la statistique de superficie 2018. Office fédéral de la statistique (OFS), Neuchâtel. [En ligne] <https://www.bfs.admin.ch/asset/fr/19365052>, consulté le 20.07.2025.

CANTON DE VAUD. (2024a). Communiqué du conseil d'État – Contre-projet à l'initiative « Sauvons le Mormont ». [En ligne] <https://www.vd.ch/typo3temp/assets/pdfs/le-conseil-detat-veut-faire-de-leconomie-circulaire-un-pilier-du-developpement-du-canton.pdf>, consulté le 20.07.2025.

- CANTON DE VAUD. (2024b). Économie circulaire et révision de la loi sur la gestion des déchets. [En ligne] <https://www.vd.ch/actualites/decisions-du-conseil-detat/seance-du-conseil-detat/decision/id/108164cf-9dc4-40e9-ad7f-bb9f446c3aa>, consulté le 20.07.2025.
- COMMISSION EUROPÉENNE. (2017). Questions-Réponses sur la stratégie de l'UE pour les sols. [En ligne] [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/fr/qanda\\_21\\_5917/QANDA\\_21\\_5917\\_FR.pdf](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/fr/qanda_21_5917/QANDA_21_5917_FR.pdf), consulté le 21.07.2025.
- COMMISSION EUROPÉENNE. (2020). Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions – A new *Circular Economy Action Plan* for a cleaner and more competitive Europe. [En ligne] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>, consulté le 20.07.2025.
- CONFÉDÉRATION SUISSE. (2023a). 30 ans des paiements directs – succès et défis. [En ligne] <https://www.news.admin.ch/fr/nsb?id=98755>, consulté le 22.07.2025.
- CONFÉDÉRATION SUISSE. (2023b) Circular economy in construction – Twelve big players move forward. [En ligne] <https://www.news.admin.ch/en/nsb?id=96078>, consulté le 07.08.2025.
- CONFÉDÉRATION SUISSE. (2024). Économie circulaire. [En ligne] <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/economie-consommation/economie-circulaire.html>, consulté le 20.07.2025.
- CONFÉDÉRATION SUISSE – OFFICE FÉDÉRAL DE L'AGRICULTURE (OFAG). (s.d.). Paiements directs. [En ligne] <https://www.blw.admin.ch/fr/paiements-droits>, consulté le 22.07.2025.
- CONFÉDÉRATION SUISSE – OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT (OFEV). (2015). Sols et constructions – État de la technique et des pratiques. Berne, Office fédérale de l'environnement (OFEV). [En ligne] <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sol/publications-etudes/publications/sols-et-constructions.html>, consulté le 20.07.2025.
- CONFÉDÉRATION SUISSE – OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT (OFEV). (2021). Évaluation des sols en vue de leur valorisation – Aptitude des sols à leur valorisation – Un module de l'aide à l'exécution « Construire en préservant les sols ». [En ligne] <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sol/droit/aides-execution-sol.html>, consulté le 20.07.2025.
- CONFÉDÉRATION SUISSE – OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORÊTS ET DU PAYSAGE (OFEFP). (2001). Instruction – Évaluation et utilisation des matériaux terreux. [En ligne] [https://soletconstruction.ch/methodes/Mthodes/Directives/OFEV\\_Instructions,%20Evaluation%20et%20utilisation%20matériaux%20terreux\\_2001.pdf](https://soletconstruction.ch/methodes/Mthodes/Directives/OFEV_Instructions,%20Evaluation%20et%20utilisation%20matériaux%20terreux_2001.pdf), consulté le 20.07.2025.
- CONFÉDÉRATION SUISSE – OFFICE FÉDÉRAL DE LA STATISTIQUE (OFS). (s.d.). Évolution de l'utilisation du sol. [En ligne] <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/espace-environnement/utilisation-couverture-sol/evolution.html>, consulté le 22.07.2025.
- CONFÉDÉRATION SUISSE – OFFICE FÉDÉRAL DE LA STATISTIQUE (OFS). (2024). Indicateur d'environnement – Imperméabilisation du sol. [En ligne] <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/espace-environnement/indicateurs-environnement/tous-les-indicateurs/etat-environnement/impermeabilisation-sol.html>, consulté le 23.07.2025.
- CONFÉDÉRATION SUISSE – OFFICE FÉDÉRAL DU DÉVELOPPEMENT TERRITORIAL (ARE). (2020). Plan sectoriel des surfaces d'assolement. [En ligne] <https://www.are.admin.ch/are/fr/home/developpement-et-amenagement-du-territoire/strategie-et-planification/conceptions-et-plans-sectoriels/plans-sectoriels-de-la-confederation/sda.html>, consulté le 20.07.2025.
- CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE. (2020). Stratégie Sol Suisse pour une gestion durable des sols. Conseil fédéral suisse, Berne. [En ligne] <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sol/publications-etudes/publications/strategie-sol-suisse.html>, consulté le 20.07.2025.

- ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. (2008). Spatial planning – Key instrument for development and effective governance – With special reference to countries in transition. [En ligne] [https://unece.org/sites/default/files/2022-01/spatial\\_planning\\_e.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2022-01/spatial_planning_e.pdf), consulté le 20.07.2025.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). (2006). Urban sprawl in Europe – The ignored challenge. [En ligne] [https://www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2006\\_10/eea\\_report\\_10\\_2006.pdf/view](https://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_10/eea_report_10_2006.pdf/view), consulté le 20.07.2025.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). (2017). Landscape in transition – An account of 25 years of land cover change in Europe. [En ligne] <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/landscapes-in-transition>, consulté le 20.07.2025.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). (2023). Soil and United Nations Sustainable Development Goals. [En ligne] <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/soil-and-united-nations-sustainable>, consulté le 06.08.2025.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2022). Urbanization and soil sealing. [En ligne] <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/8f842c13-0473-4ec6-b4a9-0fb7a6c89906/content>, consulté le 20.07.2025.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2025). Land use planning. [En ligne] <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/land-use-planning/basic-knowledge/en/>, consulté le 20.07.2025.
- HAUTE ÉCOLE D'INGÉNIERIE ET D'ARCHITECTURE FRIBOURG (HEIA-FR). (2025). Sols et construction. [En ligne] <https://soletconstruction.ch/Pages/default.aspx>, consulté le 20.07.2025.
- KLAUS, G. (2017). Sols suisses – État et évolution – 2017. Office fédéral de l'environnement, Berne. [En ligne] <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sol/publications-etudes/publications/sols-suisses.html>, consulté le 20.07.2025.
- KÜNDIG, C. & PETRICCIOLI, F. (2010). Gestion des terres végétales – Exigences du services des routes. [En ligne] [https://www.vd.ch/fileadmin/user\\_upload/organisation/dgmr/Documents\\_techniques/Travaux/Terres\\_vegetales\\_Presentation\\_exigences\\_SR.pdf](https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/organisation/dgmr/Documents_techniques/Travaux/Terres_vegetales_Presentation_exigences_SR.pdf), consulté le 07.08.2025.
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES – CHIEF EXECUTIVES BOARD FOR COORDINATION. (2016). Urbanization and sustainable development – A United Nations system input to a new urban agenda. [En ligne] [https://unsceb.org/sites/default/files/imported\\_files/Urbanization%20and%20Sustainable%20Development\\_a%20UN%20system%20input%20to%20the%20New%20Urban%20Agenda-ODS\\_0.pdf](https://unsceb.org/sites/default/files/imported_files/Urbanization%20and%20Sustainable%20Development_a%20UN%20system%20input%20to%20the%20New%20Urban%20Agenda-ODS_0.pdf), consulté le 20.07.2025.
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES. (s.d.). New economics for sustainable development – Circular economy. [En ligne] [https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/circular\\_economy\\_14\\_march.pdf](https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/circular_economy_14_march.pdf), consulté le 20.07.2025.
- PROJET D'AGGLOMÉRATION LAUSANNE-MORGES. (2025). Rapport principal – Volume A. [En ligne] <https://lausanne-morges.ch/rapports/rapport-2025/>, consulté le 23.07.2025.
- UNION EUROPÉENNE. (1972). Charte européenne des sols. [En ligne] <https://rm.coe.int/09000016804e57ea>, consulté le 20.07.2025.
- VILLE DE LAUSANNE – SERVICE DE L'ÉCONOMIE – OFFICE D'APPUI ÉCONOMIQUE ET STATISTIQUE. (2023). Lausanne Région – Aperçu statistique 2024. [En ligne] <https://www.lausanne.ch/officiel/statistique/lausanne-region-et-la-suisse/lausanne-et-la-region.html>, consulté le 20.07.2025.
- VILLE DE LAUSANNE – SERVICE DE L'ÉCONOMIE – OFFICE D'APPUI ÉCONOMIQUE ET STATISTIQUE. (2024). Lausanne et les villes suisses – City statistics 2024. [En ligne] <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.lausanne.ch/.binary>

Data/website/path/lausanne/officiel/statistique/lausanne-region-et-la-suisse/lausanne-et-la-suisse/contentAutogenerated/autogeneratedContainer/coll/0/linkList/0/websitedownload/Lausanne-et-les-villes-suissees-2024.2024-10-28-15-06-45.pdf&ved=2ahUKewjFtZuY79KOAxWbywIHHQ25GzEQFnoECCcQAQ&usg=AOvVaw3l2baFFVCBFuWzQD1EvYey, consulté le 23.07.2025.

### 10.3 Littérature scientifique

- ANTONI, V. & KRASZWESKI, M. (2018). L'état des sols en France – L'artificialisation et les autres sources de dégradation. *Annales des Mines – Responsabilité & Environnement*, 3(91), 13-18. [En ligne] <https://stm.cairn.info/revue-responsabilite-et-environnement-2018-3-page-13?lang=fr>, consulté le 20.07.2025.
- ARAMBOUROU, H., BOUVART, C., TESSE, S. & ROSTAND, J. (2023). L'artificialisation des sols – Un phénomène difficile à maîtriser. [En ligne] <https://www.strategie-plan.gouv.fr/publications/lartificialisation-sols-un-phenomene-difficile-maitriser>, consulté le 08.08.2025.
- ARIAS-NAVARRO, C., BARITZ, R. & JONES, A. (eds.). (2024). The state of soils in Europe – A fully evidenced, spatially organised assessment of the pressures driving soil degradation. [En ligne] [https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public\\_path/docs/JRC137600\\_01.pdf](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/docs/JRC137600_01.pdf), consulté le 20.07.2025.
- ASSENNATO, F., SMIRAGLIA, D., CAVALLI, A., CONGEDO, L., GIULIANI, C., RIITANO, N., STROLLO, A., & MUNAFÒ, M. (2022). The impact of urbanization on land – A biophysical-based assessment of ecosystem services loss supported by remote sensed indicators. *Land*, 11(2). [En ligne] <https://doi.org/10.3390/land11020236>, consulté le 20.07.2025.
- BAJOCCO, S., DE ANGELIS, A., PERINI, L., FERRARA, A., & SALVATI, L. (2012). The impact of land use/land cover changes on land degradation dynamics – A mediterranean case study. *Environmental Management*, 49(5), 980-989. [En ligne] <https://doi.org/10.1007/s00267-012-9831-8>, consulté le 20.07.2025.
- BARRERA-BASSOLS, N. & ZINCK, J.A. (2003). Ethnopedology – A worldwide view on the soil knowledge of local people. *Geoderma*, 111(3-4), 171-195. [En ligne] [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001670610200263X?casa\\_token=J6QVKPs1gaEAAAAA:X4Kw9DePmx4uIWShzQL7Qx-6-MGRimbyY5K\\_1gWbPvfBsGXav8pgNWX\\_oHBhFm3oLW3zNe8Tguxp](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001670610200263X?casa_token=J6QVKPs1gaEAAAAA:X4Kw9DePmx4uIWShzQL7Qx-6-MGRimbyY5K_1gWbPvfBsGXav8pgNWX_oHBhFm3oLW3zNe8Tguxp), consulté le 09.08.2025.
- BARLES, S. (2018). L'aménagement et l'urbanisme – Disciplines de l'interface, interdisciplines. *Revue européenne des sciences sociales*, 56(1), 203-218, DOI : 10.4000/ress.4043. [En ligne] <https://journals.openedition.org/ress/4043>, consulté le 20.07.2025.
- BARLES, S. (2019). Métabolisme urbain, transition socio-écologique et relation ville-campagne. *Pour*, 236(4), 46-54. [En ligne] <https://doi.org/10.3917/pour.236.0049>, consulté le 23.07.2025.
- BARLES, S., & BAHERS, J.-B. (2020). Transition ou consolidation du régime dominant – Le métabolisme urbain en question. *Flux*, N° 116-117(2), 1-5. [En ligne] <https://doi.org/10.3917/flux1.116.0001>, consulté le 20.07.2025.
- BAUMHARDT, R., STEWART, B., & SAINJU, U. (2015). North American soil degradation – Processes, practices, and mitigating strategies. *Sustainability*, 7(3), 2936-2960. [En ligne] <https://doi.org/10.3390/su7032936>, consulté le 20.07.2025.
- BLANCHART, A. (2019). Vers une prise en compte des potentialités des sols dans la planification territoriale et l'urbanisme opérationnel (thèse de doctorat). Agronomie, Université de Lorraine, France. [En ligne] <https://theses.hal.science/tel-02075744/>, consulté le 23.07.2025.
- BLANCHART, A., CONSALES, J. N., SÉRÉ, G., SCHWARTZ, C. (2018). Consideration of soil in urban planning documents – A french case study. In *Journal of Soils and Sediments*, 19(8), 3235-3244, DOI : <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2028-x>, [En ligne] <http://link.springer.com/10.1007/s11368-018-2028-x>, consulté le 06.06.2024.

- BOYER, A-L. & BOBIN, M. (P)réserver l'environnement aux États-Unis – Géohistoire du rapport ambigu d'une société à son territoire. *Géocofluences*, juin 2024. [En ligne] <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-regionaux/etats-unis-espaces-de-la-puissance-espaces-en-crisis/articles-scientifiques/geohistoire-protection-environnement>, consulté le 20.07.2025.
- BRAUN, B. (2005). Environmental issues – Writing a more-than-human urban geography. *Progress in Human Geography*, 29(5), 635-650. [En ligne] <https://doi.org/10.1191/0309132505ph574pr>, consulté le 20.07.2025.
- BREVIK, E.C. & ARNOLD, W.R. (2015). Is the traditional pedologic definition of soil meaningful in the modern context ?. *Soil Horizons*. DOI: 10.2136/sh15-01-0002. [En ligne] <https://www.researchgate.net/publication/275953628>, consulté le 20.07.2025.
- CALZOLARI, C., TAROCCO, P., LOMBARDO, N., MARCHI, N., & UNGARO, F. (2020). Assessing soil ecosystem services in urban and peri-urban areas – From urban soils survey to providing support tool for urban planning. *Land Use Policy*, 99, 105037. [En ligne] <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105037>, consulté le 20.07.2025.
- CORTINOVIS, C., & GENELETTI, D. (2018). Ecosystem services in urban plans – What is there, and what is still needed for better decisions. *Land Use Policy*, 70, 298-312. [En ligne] <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.017>, consulté le 20.07.2025.
- COTELLA, G., EVERS, D., UMBERTO, J. R., SOLLY, A. & ERBLIN, B. (2020). EPSON U – Sustainable urbanisation and land-use practices in european regions. [En ligne] [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/rest/cms/upload/24082020\\_125113\\_espon\\_super\\_final\\_report\\_annex\\_5\\_\\_handbook.pdf](https://ec.europa.eu/regional_policy/rest/cms/upload/24082020_125113_espon_super_final_report_annex_5__handbook.pdf), consulté le 20.07.2025.
- COUTU, S., DEL GIUDICE, ROSSI, L. & BARRY, D.A. (2012). Modelling of facade leaching in urban catchments. *Water Resources Research*, 48(12). [En ligne] <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2012WR012359>, consulté le 20.07.2025.
- DELCOURT, E., & ROMNÉE, A. (2018). L'économie circulaire dans le secteur de la construction. *Revue Scientifique des Ingénieurs Industriels*, (32). [En ligne] <https://www.isilf.be/wp-content/uploads/revues-articles/Articles/ISILF18p143ecam.pdf>, consulté le 20.07.2025.
- DELGADO-RAMOS, G. (2015). Water and the political ecology of urban metabolism – The case of Mexico City. *Journal of Political Ecology*, 22(1). [En ligne] <https://doi.org/10.2458/v22i1.21080>, consulté le 20.07.2025.
- DELIBAS, M., TEZER, A., & KUZNIECOW BACCHIN, T. (2021). Towards embedding soil ecosystem services in spatial planning. *Cities*, 113, 103150. [En ligne] <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103150>, consulté le 20.07.2025.
- DEREK, G., JOHNSTON, R., PRATT, G., WATTS, M. & WHATMORE, S. (2009). *The dictionary of human geography, 5th edition*. Blackwell Publisher.
- DESJARDINS, M. (2023). L'objectif de « Zéro artificialisation nette » dans les documents d'urbanisme – Densifier, recycler, compenser. *Les Cahiers Nantais – Revue annuelle de l'Institut de géographie et d'aménagement de Nantes Université (IGARUN)*. [En ligne] [https://cahiers-nantais.fr/docannexe/file/1619/cn2021\\_dejardins.pdf](https://cahiers-nantais.fr/docannexe/file/1619/cn2021_dejardins.pdf), consulté le 08.08.2025.
- DESROUSSEAUX, M. & SCHMITT, B. (2018). Réduire l'impact de l'artificialisation des sols. *L'Économie politique*, 78(2), 54-68. [En ligne] <https://doi.org/10.3917/leco.078.0054>, consulté le 08.08.2025.
- DESROUSSEAUX, M., BÉCHET, B., LE BISSONNAIS, Y., RUAS, A. & SCHMITT, B. (coord.). (2019). *Sols artificialisés – Déterminants, impacts et leviers d'action*. Éditions Quae, Versailles. [En ligne] <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/22792>, consulté le 22.07.2025.
- DESVAUX, P., GOUCHON, M. & SALIN, M. (2021). Le métabolisme urbain – Comprendre la ville par ses flux. *Regards croisés sur l'économie*, 0(1), 64-73. [En ligne] [https://ideas.repec.org/a/cai/rcedec/rce\\_028\\_0064.html](https://ideas.repec.org/a/cai/rcedec/rce_028_0064.html), consulté le 20.07.2025.

- DRAGOVIĆ, N., & VULEVIĆ, T. (2020). Soil degradation processes, causes, and assessment approaches. In W. LEAL FILHO, A. M. AZUL, L. BRANDLI, A. LANGE SALVIA, & T. WALL (eds.), *Life on Land* (pp. 1-12). Springer International Publishing. [En ligne] [https://doi.org/10.1007/978-3-319-71065-5\\_86-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-71065-5_86-1), consulté le 20.07.2025.
- DUMONT, G.-F. (2020). L'urbanisation du monde – Pourquoi, jusqu'où ? *Politique étrangère, Automne*(3), 113-128. [En ligne] <https://doi.org/10.3917/pe.203.0113>, consulté le 20.07.2025.
- DUPRÉ, S. (2006). Perceptions et représentations géographiques – Un outil pour aménager les forêts touristifiées ? *Téoros – Revue de recherche en tourisme*, 25(2), 53. [En ligne] <https://doi.org/10.7202/1071068ar>, consulté le 20.07.2025.
- DURUIHEOMA, F. I., BUREK, C. V., BONWICK, G., & ALEXANDER, R. (2015). Farmer's perception of soil – Implication for soil conservation and sustainable agriculture in the UK. *Global Journal of Agricultural Research*, 3(3), 11-24. [En ligne] [https://www.researchgate.net/publication/284185977\\_FARMERS'\\_PERCEPTION\\_OF\\_SOIL\\_IMPLICATIONS\\_FOR\\_SOIL\\_CONSERVATION\\_AND\\_SUSTAINABLE\\_AGRICULTURE\\_IN\\_THE\\_UK](https://www.researchgate.net/publication/284185977_FARMERS'_PERCEPTION_OF_SOIL_IMPLICATIONS_FOR_SOIL_CONSERVATION_AND_SUSTAINABLE_AGRICULTURE_IN_THE_UK), consulté le 20.07.2025.
- FABBRI, D., PIZZOL, R., CALZA, P., MALANDRINO, M., GAGGERO, E., PADOAN, E., & AJMONE-MARSAN, F. (2021). Constructed Technosols – A strategy toward a circular economy. *Applied Sciences*, 11(8), 3432. [En ligne] <https://doi.org/10.3390/app11083432>, consulté le 20.07.2025.
- FOURNIL, J., KON KAM KING, J., GRANJOU, C. & CÉCILLION, L. (2018). Le sol – Enquête sur les mécanismes de (non) émergence d'un problème public environnemental. *Vertigo, la revue électronique en sciences sociales*, 18(2). [En ligne] <https://journals.openedition.org/vertigo/20433>, consulté le 24.07.2025.
- FÜRST, C., LUQUE, S., & GENELETTI, D. (2017). Nexus thinking – How ecosystem services can contribute to enhancing the cross-scale and cross-sectoral coherence between land use, spatial planning and policy-making. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 13(1), 412-421. [En ligne] <https://doi.org/10.1080/21513732.2017.1396257>, consulté le 20.07.2025.
- GENOIS-LEFRANÇOIS, P., VIALLEIX, M., & SCHERRER, F. (2024). Approche du métabolisme urbain – Un portrait des modes d'adoption pour le déploiement urbain de l'économie circulaire. *Revue Organisations & territoires*, 32(3), 33-54. [En ligne] <https://doi.org/10.1522/revueot.v32n3.1675>, consulté le 20.07.2025.
- GENSHEIMER, M., ROSSIGNOL, N., VAN HERWIJNEN M., DESJARDINS, X., DEVOS, T. & LECLERCQ, A. (2024). Note d'orientation –Trajectoires de zéro artificialisation nette des sols (ZAN) – Politiques et pratiques à travers l'Europe. [En ligne] [https://www.observatoire-des-territoires.gouv.fr/sites/default/files/2025-01/2024\\_10\\_24%20ESPON%20Draft%20Policy%20Brief%20NNLT\\_FR.pdf](https://www.observatoire-des-territoires.gouv.fr/sites/default/files/2025-01/2024_10_24%20ESPON%20Draft%20Policy%20Brief%20NNLT_FR.pdf), consulté le 09.08.2025.
- GEORGES, A., BARBIER, T., DELORME, M. & RIVES, C. (2022). Du sol foncier au sol vivant – Retours sur expériences d'un projet de territoire dans l'Yonne et d'un projet d'aménagement à Nantes [En ligne] <https://journals.openedition.org/paysage/31650>, consulté le 10.08.2025.
- GOBAT, J.-M., ARAGNO, M. & MATTHEY, W. (2013). *Le sol vivant – Bases de pédologie – Biologie des sols. 3ème édition revue et augmentée*. Presses polytechniques et universitaires romandes.
- GRANJOU, C., & MEULEMANS, G. (2023). Bringing soils to life in the human and social sciences. *Soil Security*, 10. [En ligne] <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2022.100082>, consulté le 20.07.2025.
- HEDBRANT, J. (2001). Stockhome : A spreadsheet model of urban heavy metal metabolism. *Water, Air, & Soil Pollution, Focus* 1, 55-66. [En ligne] <https://doi.org/10.1023/A:1017543802533>, consulté le 20.07.2025.
- GRÊT-REGAMEY, A., ALTWEGG, J., SIRÉN, E.A, VAN STRIEN, M.J. & WEIBEL, B. (2016). Integrating ecosystem services into spatial planning – A spatial decision support tool. *Landscape and Urban Planning*, 165, 206-219, [En ligne] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204616300615>, consulté le 30.09.2024.

- GRÉT-REGAMEY, A., KOOL, S., BÜHLMANN, L., KISSLING, S. (2017). Un agenda du sol pour l'aménagement du territoire. Berne. [En ligne] [https://www.nfp68.ch/SiteCollectionDocuments/NFP68\\_TS3\\_Raumplanung\\_FR.pdf](https://www.nfp68.ch/SiteCollectionDocuments/NFP68_TS3_Raumplanung_FR.pdf), consulté le 30.09.2024.
- HARRIS, L. (2025). Soils in motion: the metabolism of New York City's urban grounds. *Landscape Research*. [En ligne] <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01426397.2025.2526498?needAccess=true>, consulté le 11.08.2025.
- HERRICK, J. E. (2000). Soil quality – An indicator of sustainable land management? *Applied Soil Ecology*, 15(1), 75-83. [En ligne] [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00073-1](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00073-1), consulté le 20.07.2025.
- HEYENEN, N. (2014). Urban political ecology I – The urban century. *Progress in Human Geography*, 38(4), 598-604. [En ligne] <https://doi.org/10.1177/0309132513500443>, consulté le 20.07.2025.
- HILLE, J. (1997). The concept of environmental space – Implications for policies, environmental reporting and assessments. [En ligne] <https://www.europeansources.info/record/the-concept-of-environmental-space-implications-for-policies-environmental-reporting-and-assessment/>, consulté le 20.07.2025.
- IMBERT, G. (2010). L'entretien semi-directif – À la frontière de la santé publique et de l'anthropologie. *Recherche en soins infirmiers*, 102(3), 23-34. [En ligne] <https://doi.org/10.3917/rsi.102.0023>, consulté le 20.07.2025.
- INGRAM, J., FRY, P. & MATHIEU, A. (2010). Revealing different understandings of soil held by farmers and scientists in the context of soil protection and management. *Land Use Policy*, 27, 51-60. DOI : 10.1016/j.landusepol.2008.07.005 [En ligne] [https://www.researchgate.net/publication/223955172\\_Revealing\\_different\\_understandings\\_of\\_soil\\_held\\_by\\_scientists\\_and\\_farmers\\_in\\_the\\_context\\_of\\_soil\\_protection\\_and\\_management](https://www.researchgate.net/publication/223955172_Revealing_different_understandings_of_soil_held_by_scientists_and_farmers_in_the_context_of_soil_protection_and_management), consulté le 21.07.2025.
- JAKOB, F. (2023). Politiques publiques sectorielles suisses de lutte contre la dégradation des sols. *EchoGéo*, 66. [En ligne] <https://doi.org/10.4000/echogeo.26231>, consulté le 20.07.2025.
- JAKOB, F. (2024). Politique et action publique de lutte contre la dégradation des sols – Les angles morts de la Stratégie Sol Suisse. Dans BONNEAU, E (éd.), *L'urbanisme en transition – Écologisation et coopération*. Presse Universitaires de Bordeaux, Pessac. [En ligne] [https://serval.unil.ch/fr/notice/serval:BIB\\_4BBF97CA09F6](https://serval.unil.ch/fr/notice/serval:BIB_4BBF97CA09F6), consulté le 20.07.2025.
- JONES, S. (2008). Political ecology and land degradation – How does the land lie 21 years after Blaikie and Brookfield's *Land Degradation and Society*? *Geography Compass*, 2(3), 671-694. [En ligne] <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2008.00109.x>, consulté le 20.07.2025.
- KARLEN, D., & RICE, C. (2015). Soil Degradation – Will humankind ever learn? *Sustainability*, 7(9), 12490-12501. [En ligne] <https://doi.org/10.3390/su70912490>, consulté le 20.07.2025.
- KENNEDY, C., PINCETL, S., & BUNJE, P. (2011). The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. *Environmental Pollution*, 159(8-9), 1965-1973. [En ligne] <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.022>, consulté le 20.07.2025.
- KOCH, A., MCBRATNEY, A., ADAMS, M., FIELD, D., HILL, R., CRAWFORD, J., MINASNY, B., LAL, R., ABBOTT, L., O'DONNELL, A., ANGERS, D., BALDOCK, J., BARBIER, E., BINKLEY, D., PARTON, W., WALL, D. H., BIRD, M., BOUMA, J., CHENU, C., ... ZIMMERMANN, M. (2013). Soil Security – Solving the global soil crisis. *Global Policy*, 4(4), 434-44. [En ligne] <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12096>, consulté le 20.07.2025.
- KRZYWOSZYNSKA, A. (2023). Taking soil sare seriously – A proposition. In Patzel, N., Grunwald, S., Brevik, E.C., Feller, C. (eds) *Cultural Understanding of Soils*. Springer, Cham. [En ligne] [https://doi.org/10.1007/978-3-031-13169-1\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-031-13169-1_19), consulté le 24.07.2025.

- KRYWOSZYNSKA, A. & MARCHESI, G. (2020). Toward a relational materiality of soils. *Environmental Humanities*, 12(1). [En ligne] <https://doi.org/10.1215/22011919-8142297>, consulté le 24.07.2025.
- KRZYWOSZYNSKA, A., BANWART, S.A. & BLACKER, D. (2020). To know, to dwell, to care – Towards an actionable, place-based knowledge of soils. In SALAZAR, J.F., GRANJOU, C., KEANES, M., KRYWOSZYNSKA, A. & TIRONI, M. (eds.) *Thinking with soils – Material politics and social theory* (pp.87-105). Bloomsbury academic, London.
- LAGINHA-SANCHES, T.L., VENTURA SANTOS BENTO, N. (2020). Urban metabolism – A Tool to accelerate the transition to a circular economy. In LEAL FILHO, W., MARISA AZUL, A., BRANDLI, L., GÖKÇİN ÖZUYAR, P., WALL, T. (eds.) *Sustainable cities and communities – Encyclopedia of the UN sustainable development goals*. Springer, Cham. [En ligne] [https://link.springer.com/rwe/10.1007/978-3-319-95717-3\\_117#citeas](https://link.springer.com/rwe/10.1007/978-3-319-95717-3_117#citeas), consulté le 20.07.2025.
- LANCKRIET, S., DERUDDER, B., NAUDTS, J., BAUER, H., DECKERS, J., HAILE, M., & NYSEN, J. (2015). A political ecology perspective of land degradation in the north ethiopian highlands. *Land Degradation & Development*, 26(5), 521-530. [En ligne] <https://doi.org/10.1002/ldr.2278>, consulté le 20.07.2025.
- LATHAM, A., MCCORMAK, D., MCNAMARA, K., MCNEIL, D. (2009). *Key concept in urban geography*. Sage, Los Angeles.
- LOTHODÉ, M., SÉRÉ, G., BLANCHART, A., CHÉREL, J., WAROT, G., & SCHWARTZ, C. (2020). Prendre en compte les services écosystémiques rendus par les sols urbains – Un levier pour optimiser les stratégies d'aménagement. *Étude et Gestion des Sols*, 27(numéro spécial-Fonctions des sols et services écosystémiques), 361-376. [En ligne] [https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03254385v1/file/EGS\\_2020\\_27\\_Lothode\\_361-376-3.pdf](https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03254385v1/file/EGS_2020_27_Lothode_361-376-3.pdf), consulté le 20.07.2025.
- MARQUET, J., VAN CAMPENHOUDT, L. & QUIVY, R. (2022). Manuel de recherche en sciences sociales, 6<sup>ème</sup> édition. Armand Colin, Malakoff. [En ligne] <https://shs.cairn.info/manuel-de-recherche-en-sciences-sociales--9782200633950?lang=fr>, consulté le 20.07.2025.
- MCBRATNEY, A., FIELD, D. J., & KOCH, A. (2014). The dimensions of soil security. *Geoderma*, 213, 203-213. [En ligne] <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.013>, consulté le 20.07.2025.
- MEULEMANS, G., & GRANJOU, C. (2020). Les sols, nouvelle frontière pour les savoirs et les politiques de l'environnement. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 14(4). [En ligne] <https://doi.org/10.4000/rac.14027>, consulté le 20.07.2025.
- MONFORT, D., LIMASSET, E., MOSSMANN, J.-R., LAFEUILLE, C., & DEMEYER, L. (2020). Sensibiliser les acteurs de l'aménagement à l'importance des fonctions du sol et des services rendus lors de projets de reconversion de friches urbaines – Retour d'expérience en métropole lilloise. *Étude et Gestion des Sols*, 27, 377-392. [En ligne] <https://brgm.hal.science/hal-02969536/document>, consulté le 20.07.2025.
- MORANGE, M., SCHMOLL, C., avec la collaboration de TOUREILLE, É. (2016). Les outils qualitatifs en géographie – Méthodes et applications. Armand Colin, Malakoff. [En ligne] <https://doi.org/10.3917/arco.range.2016.01>, consulté le 20.07.2025.
- NURMINEN, M. (2025). Questioning Anthropocentric Utilitarianism: Expanding Ethical Horizons in the Circular Economy. *Circular Economy and Sustainability*. [En ligne] <https://doi.org/10.1007/s43615-025-00675-4>, consulté le 12.08.2025.
- O'RIORDAN, R., DAVIES, J., STEVENS, C., QUINTON, J. N., & BOYKO, C. (2021). The ecosystem services of urban soils – A review. *Geoderma*, 395, 115076. [En ligne] <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115076>, consulté le 20.07.2025.
- O'RIORDAN, R. (2021). Principles for soils in planning and construction – Soils in planning and construction task force Sept 2022. [En ligne] <https://www.lancaster.ac.uk/lec/sustainable-soils/2021/10/06/soils-in-planning-and-construction-task-force/>, consulté le 20.07.2025.

- OSMAN, K.T. (2013). *Soils – Principles, properties and management*. Springer Netherlands, Dordrecht. [En ligne] <https://link.springer.com/10.1007/978-94-007-5663-2>, consulté le 20.07.2025.
- PAILLÉ, P. & MUCCHIELLI, A. (2016). Chapitre 11 – L'analyse thématique. Dans PAILLÉ, P. & MUCCHIELLI, A. *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales – Quatrième édition*. Armand Colin, Malakoff. [En ligne] <https://shs.cairn.info/analyse-qualitative-en-sciences-humaines-et-social--9782200614706-page-235?lang=fr>, consulté le 24.07.2025.
- PATZEL, N., GRUNWALD, S., BREVIK, E.C. & FELLER, C. (2023). Chapter 26 – Summary and conclusions – Understanding of soil-cultural Relations. In PATZEL, N., GRUNWALD, S., BREVIK, E.C. & FELLER, C. (eds.) *Cultural understanding of soils – The importance of cultural diversity and of the inner world*. Springer, Switzerland.
- PEREZ-RODRIGEZ, G., ORIZ-SOLORIO, C. A. & DEL CARMEN GUTIERREZ-CASTORENA, MA. (2023). Ethnopedology, its evolution and perspectives in Soil Security – A review. *Soil Security*, 13. [En ligne] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667006223000382>, consulté le 11.08.2025.
- PIN, C. (2023). L'entretien semi-directif. Dans *LIEPP Methods Brief / Fiches méthodologiques du LIEPP*. [En ligne] <https://sciencespo.hal.science/hal-04087897>, consulté le 30.09.2024.
- PRÉVOT, A.-C. & GEIJZENDORFFER, I. (2016). Chapitre 5 – Biodiversité, services écosystémiques et bien-être. Dans ROCHE, P., GEIJZENDORFFER, I., LEVREL, H. & MARIS, V. (eds.) *Valeurs de la biodiversité et services écosystémiques*. Éditions Quae, Versailles Cedex. [En ligne] <https://stm.cairn.info/valeurs-de-la-biodiversite-et-services-ecosystemiq--9782759224425-page-89?lang=fr&tab=premieres-lignes>, consulté le 20.07.2025.
- PUIG DE LA BELLACASA, M. (2019). Re-animating soils – Transforming human-soil affections through science, culture and community. *The Sociological Review Monographs*, 67(2), 391-407. [En ligne] <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0038026119830601>, consulté le 24.07.2025.
- RODRÍGUEZ-ESPINOSA, T., PÉREZ-GIMENO, A., ALMENDRO-CANDEL, M. B., & NAVARRO-PEDREÑO, J. (2024). Constructing soils to mitigate land occupation by urban expansion and metabolism to improve healthy cities. *Land*, 13(9), 1383, DOI. [En ligne] <https://doi.org/10.3390/land13091383>, consulté le 20.07.2025.
- ROUHANI, A., SKOUSEN, J., & TACK, F. M. G. (2023). An overview of soil pollution and remediation strategies in coal mining regions. *Minerals*, 13(8), 1064. [En ligne] <https://doi.org/10.3390/min13081064>, consulté le 20.07.2025.
- SALOMON CAVIN, J. (2012). Entre ville stérile et ville fertile, l'émergence de l'agriculture urbaine en Suisse. *Environnement urbain*, 6. [En ligne] <https://www.erudit.org/en/journals/euc/2012-v6-euc0411/1013710ar/>, consulté le 07.08.2025.
- SAUVAYRE, R. (2021). *Initiation à l'entretien en sciences sociales*. Armand Colin, Malakoff. [En ligne] <https://shs.cairn.info/initiation-a-l-entretien-en-sciences-sociales--9782200630836?lang=fr>, consulté le 20.07.2025.
- SCHRÖTER, M., VAN DER ZANDEN, E.H., VAN OUDENHOVEN, A.P.E., REMMEL, R.P., SERNA-CHAVEZ, H.M, DE GROOT, R.S. & OPDAM, P. (2013). Ecosystem services as a contested concept – A synthesis of critiques and counter-arguments. *Conservation Letters*, 7(6), 514-523. [En ligne] [https://www.researchgate.net/publication/259934996\\_Ecosystem\\_Services\\_as\\_a\\_Contested\\_Concept\\_A\\_Synthesis\\_of\\_Critique\\_and\\_Counter-Arguments](https://www.researchgate.net/publication/259934996_Ecosystem_Services_as_a_Contested_Concept_A_Synthesis_of_Critique_and_Counter-Arguments), consulté le 09.08.2025.
- SCHWART, C., SÉRÉ, G., STAS, M., BLANCHART, A., MOREL, J-L. & CONSALÈS, J-N. (2015). Quelle ressource sol dans les villes pour quels services et quels aménagements ?. *Innovations Agronomiques*, 45, 1-11. [En ligne] <https://hal.science/hal-01282566>, consulté le 07.08.2025.

- SERRANO, J., POYAT, Y., & BOUTET, D. (2023). Préservation des sols et perception des services écosystémiques des sols dans les espaces périurbains. *Canadian Journal of Regional Science*, 46(2), 40-51. [En ligne] <https://doi.org/10.7202/1100213ar>, consulté le 20.07.2025.
- SOUAMI, T. (2023). « Zéro artificialisation nette » en aménagement – compter et conter la nature en ville pour changer les pratiques ?. *Développement durable et territoires – Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 14(3). [En ligne] <https://journals.openedition.org/developpementdurable/23244>, consulté le 07.08.2025.
- SMIRAGLIA, D., CECCARELLI, T., BAJOCCHIO, S., SALVATI, L., & PERINI, L. (2016). Linking trajectories of land change, land degradation processes and ecosystem services. *Environmental Research*, 147, 590-600. [En ligne] <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.11.030>, consulté le 20.07.2025.
- STEIGER, U., KNÜSEL, P. & REY, L. (2018). Utiliser la ressource sol de manière durable – Synthèse générale du programme national de recherche «Utilisation durable de la ressource sol» (pnr 68). Comité de direction du PNR 68, Berne. [En ligne] <https://www.snf.ch/fr/WZblHrmQfn8427FE/page/pointrecherche/programmes-nationaux-de-recherche/pnr68-utilisation-durable-de-la-ressource-sol>, consulté le 20.07.2025.
- SWYNGEDOUW, E., & KAIKA, M. (2014). Urban political ecology – Great promises, deadlock... and new beginnings?. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 60(3), 459-481. [En ligne] <https://doi.org/10.5565/rev/dag.155>, consulté le 20.07.2025.
- TARDIEU, L., HAMEL, P., MIKOU, M., COSTE, L., & LEVREL, H. (2023). L'approche par les services écosystémiques peut-elle permettre une meilleure mise en visibilité de la nature dans les processus de planification urbaine ? *Développement durable et territoires*, 14(3). [En ligne] <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.23548>, consulté le 20.07.2025.
- TEIXEIRA DA SILVA, R., FLESKENS, L., VAN DELDEN, H., & VAN DER PLOEG, M. (2018). Incorporating soil ecosystem services into urban planning – Status, challenges and opportunities. *Landscape Ecology*, 33(7), 1087-1102. [En ligne] <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0652-x>, consulté le 20.07.2025.
- TIRONI M., KEARNES, M., KRZYWOSZYNSKA, A., GRANDJOU, C. & SALAZAR, J.-F. (2022). Soil theories – Relational, decolonial, inhuman. In SALAZAR, J.F., GRANJOU, C., KEANES, M., KRYWOSZYNSKA, A. & TIRONI, M. (eds.). *Thinking with soils – Material politics and social theory* (pp.15-38). Bloomsbury academic, London.
- TOSICS, I. & NILSSON, K. (2015). Why the peri-urban ?. In Piorr, A., Ravetz, J. & Tosics, I. (éds.). *Peri-urbanisation in Europe – Towards european policies to sustain urban-rural futures*. Forest & Landscape University of Copenhagen, Copenhagen. [En ligne] [https://www.researchgate.net/publication/275349764\\_Peri-Urbanisation\\_in\\_Europe](https://www.researchgate.net/publication/275349764_Peri-Urbanisation_in_Europe), consulté le 20.07.2025.
- VIRTO, I., IMAZ, M., FERNÁNDEZ-UGALDE, O., GARTZIA-BENGOETXEA, N., ENRIQUE, A., & BESCANSÀ, P. (2014). Soil degradation and soil quality in western Europe – Current situation and future perspectives. *Sustainability*, 7(1), 313-365. [En ligne] <https://doi.org/10.3390/su7010313>, consulté le 20.07.2025.
- WALTER, C., BISPO, A., CHENU, C., LANGLAIS, A. & SCHWARTZ, C. C. (2015). Les services écosystémiques des sols – Du concept à sa valorisation. *Cahiers Demeter*, 15, 53-68. [En ligne] [https://shs.hal.science/halshs-01137484/file/2015\\_Walter\\_cahier%20demeter\\_1.pdf](https://shs.hal.science/halshs-01137484/file/2015_Walter_cahier%20demeter_1.pdf), consulté le 19.07.2025.
- WALTER, F. & HÄNNI, E. (2018) Vers une politique durable des sols – Synthèse thématique 5 du programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (pnr 68). Berne. [En ligne] <https://www.snf.ch/fr/WZblHrmQfn8427FE/page/pointrecherche/programmes-nationaux-de-recherche/pnr68-utilisation-durable-de-la-ressource-sol>, consulté le 20.07.2025.
- ZIMMER, A. (2010). Urban Political Ecology. Theoretical concepts, challenges, and suggested future directions. *ERDKUNDE*, 64(4), 343-354. [En ligne] <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2010.04.04>, consulté le 20.07.2025.

## 10.4 Autres sources

- CHASSOT, D. (2018). Rapport technique, domaine de l'environnement – Contenu – Protection des sols et pédologie sur les chantiers. [En ligne] [http://www.techni.ch/technifin/haupt/environnement/sujet\\_0009%20pdf/2018\\_Rapport\\_protection\\_des\\_sols\\_v2.pdf](http://www.techni.ch/technifin/haupt/environnement/sujet_0009%20pdf/2018_Rapport_protection_des_sols_v2.pdf), consulté le 07.08.2025
- ÉTAT DE FRIBOURG. (2025). Compactage du sol. [En ligne] <https://www.fr.ch/energie-agriculture-et-environnement/sol/compactage-du-sol>, consulté le 11.08.2025.
- JOHO, C. (2025). Concevoir et construire à l'heure de l'économie circulaire. [En ligne] <https://cms.sia.ch/fr/api/getMedia/1039>, consulté le 20.07.2025.
- MORGESAVENIR. (s.d.). Églantines. [En ligne] <https://www.morgesavenir.ch/projets/archive/eglantine-85>, consulté le 07.08.2025.
- ORLATTI. (2023). Quartier Horizon Dornig. [En ligne] <https://www.orlati.ch/realisations/travaux-speciaux/anchor-jet/quartier-horizon-dornig-610>, consulté le 23.07.2025.
- SWISSINFO.CH. (Septembre 2025). Zurich to enshrine the circular economy in constitution. [En ligne] <https://www.swissinfo.ch/eng/politics/zurich-to-enshrine-the-circular-economy-in-constitution/47928262>, consulté le 07.08.2025.
- UNION DES VILLES SUISSES. (2024) « Le développement urbain est un thème fort à Lausanne ». [En ligne] <https://staedteverband.ch/1362/fr/laquo-le-developpement-urbain-est-un-theme-fort-a-lausanne-raquo?share=1>, consulté le 20.07.2025.
- 24 HEURES. (Juillet 2025). Lausanne affiche une croissance solide malgré le climat mondial. [En ligne] <https://www.24heures.ch/lausanne-affiche-une-croissance-solide-malgre-le-climat-mondial-186969529383>, consulté le 23.07.2025.

## 11 Annexes

### 11.1 Grille d'entretien

#### 11.1.1 Maîtrises d'ouvrage et bureaux d'assistance à la maîtrise d'ouvrage

##### ⊥ Définition et perceptions des sols (3)

- 1. Quelle définition donneriez-vous au « sol » ?
- 2. À vos yeux, dans quelle mesure les sols représentent-ils un enjeu dans notre société ? Pourquoi ?
- 3. Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur la place qu'occupe la gestion des sols au sein de la maîtrise d'ouvrage lors de vos divers projets ?
  - (*Si intérêt*) Quels sont selon vous les principaux critères qui motivent cet intérêt ?
  - (*Si absence d'intérêt*) Comment expliqueriez-vous cette absence d'intérêt ?

##### ⊥ Connaissances liées aux sols (1)

- 4. Lors d'un projet de quartier / lotissement, dans quelle mesure consultez-vous ou réalisez-vous des études afin d'avoir plus d'information sur les sols du site de projet ?
  - (*Si oui*) Quelles sont-elles et pourquoi vous intéressent-elles ? Comment les utilisez-vous par la suite ?

- (*Si non*) Qu'est-ce qui pourrait expliquer cet absence d'intérêt ?

#### ⊥ **Collaboration entre acteurs (3)**

- 5a. (*MO*) Vous arrive-t-il de vous associer avec des pédologues ou des bureau d'assistance à la maîtrise d'ouvrage (BAMO) avec compétence pédologique ?
  - (*Si oui*) À quelle(s) phase(s) du projet interviennent-ils et quelles sont leurs tâches ?
  - (*Si non*) Comment cette absence de collaboration pourrait être expliquée ?
- 5b. (*BAMO*) Vous arrive-t-il de vous associer avec des pédologues ?
  - (*Si oui*) À quelle(s) phase(s) du projet interviennent-ils et quelles sont leurs tâches ?
  - (*Si non*) Comment cette absence de collaboration pourrait être expliquée ?
- 6. Dans quelle mesure la définition des sols est-elle partagée par les différents corps de métier ?
  - (*Si hétérogénéité des définitions*) Cette hétérogénéité de définitions a-t-elle des conséquences sur la façon dont les sols sont gérés ?
- 7. Dans quelle mesure intégrez-vous des exigences liées à la gestion des sols (maniement des sols en place, circulation des machines, etc.) dans les cahiers des charges destinés à la maîtrise d'œuvre et aux entreprises ?
  - (*Si oui*) Quels sont les critères ou les contraintes qui influencent ces choix
  - (*Si non*) Comment cette absence pourrait être expliquée ?

#### ⊥ **Conflits d'intérêt (1)**

- 8. Dans quelle mesure la gestion des sols entre-t-elle en tension avec vos différentes contraintes lors de vos mandats (budgétaires, temporelles, techniques, nature de la tâche, collaboration avec les autres parties prenantes...) ?
  - (*Si arbitrage*) Comment l'arbitrage entre la gestion des sols et les autres priorités du projet est-il réalisé ? (Quels critères, quelle pondération...) Pouvez-vous donner un exemple concret ?
  - (*Si arbitrage*) Selon vous, qu'est-ce qui pourrait faciliter cet arbitrage ?
  - (*Si mention difficulté collaboration*) Selon vous, qu'est-ce qui pourrait faciliter cette collaboration ?

#### ⊥ **Gestion des sols et des matériaux terreux (1)**

- 9. Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur la valorisation des matériaux terreux dans vos projets ? (Utilisation sur place, importation / exportation)
  - (*Si intérêt*) Quels sont les principaux critères qui motivent cet intérêt ?
  - (*Si absence d'intérêt*) Comment expliqueriez-vous cet absence d'intérêt ?
  - (*Si frein*) Selon vous, que pourrait-on faire pour réduire l'impact de ces freins ?

#### ⊥ **Cadre légal (1)**

- 10. Dans quelle mesure estimeriez-vous que le cadre légal dans lequel vous évoluez actuellement favorise la protection des sols ?
  - (*Si non*) Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur ce qui vous limite en ce qui concerne le cadre légal ? Que faudrait-il faire selon vous pour que la gestion des sols soit plus simple de votre côté ?

### 11.1.2 Pédologues

#### ⊥ **Définition et perceptions des sols (3)**

- 1. Quelle définition donneriez-vous au « sol » ?
- 2. À vos yeux, dans quelle mesure les sols représentent-ils un enjeu dans notre société ? Pourquoi ?

- 3. Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur la place qu'occupe la gestion des sols dans le domaine de la construction / de l'urbanisme opérationnel ? Et dans votre métier ?
  - (*Si intérêt*) Quels sont selon vous les principaux critères qui motivent cet intérêt ?
  - (*Si absence d'intérêt*) Comment expliqueriez-vous cette absence d'intérêt ?

#### ⊥ **Connaissances liées aux sols (2)**

- 4. Lors d'un mandat dans le cadre d'un projet de lotissement / de quartier, dans quelle mesure les différents documents d'exécution qui vous sont transmis par la maîtrise d'ouvrage contiennent-ils des informations / exigences en termes de gestion des sols du site ?
  - (*Si oui*) Lesquelles retiennent votre attention et pourquoi ? Est-ce que vous pourriez me donner un exemple concret ?
  - (*Si non*) Selon vous, qu'est-ce qui peut expliquer cet absence ? Dans quelle mesure est-ce que cela impact la réalisation des tâches pour lesquelles vous êtes mandatés ?
  - (*Si impact négatif*) Selon vous, qu'est-ce qui pourrait être mis en place afin d'améliorer cette situation ?
- 5. Dans quelle mesure réalisez-vous des études pédologiques afin de compléter les données préexistantes ?
  - (*Si non*) Dans quelle mesure est-ce que cela impact la réalisation des tâches pour lesquelles vous êtes mandatés ?
  - (*Si impact*) Selon vous, qu'est-ce qui pourrait être mis en place afin d'améliorer cette situation ?

#### ⊥ **Collaboration (3)**

- 6. Dans quelle mesure collaborez-vous avec les autres acteurs du projet ? À quelles phases du projet et dans quel but ?
  - (*Si oui*) Comment décrieriez-vous ces collaborations en termes de prise en compte des sols sur les chantiers ?
  - (*Si non*) Comment expliqueriez-vous cela ?
- 7. Comment les données pédologiques sont-elles mobilisées par la suite ? Influencent-elles les décisions prises pendant le projet ?
  - (*Si oui*) Comment ?
  - (*Si non*) Comment expliqueriez-vous cela ?
- 8. Dans quelle mesure la définition des sols est-elle partagée par les différents corps de métier ?
  - (*Si hétérogénéité des définitions*) Cette hétérogénéité de définitions a-t-elle des conséquences sur la façon dont les sols sont gérés ?

#### ⊥ **Conflits d'intérêt (1)**

- 9. Dans quelle mesure la gestion des sols entre-t-elle en tension avec vos différentes contraintes lors de vos mandats (budgétaires, temporelles, techniques, collaboration avec les autres corps de métier...) ? Si oui, pouvez-vous donner un exemple concret ?
  - (*Si arbitrage*) Comment l'arbitrage entre la préservation des sols et les autres priorités du projet est-il réalisé ? (Quels critères, quelle pondération...)

#### ⊥ **Gestion des sols et des matériaux terreux (1)**

- 10. Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur la valorisation des matériaux terreux dans vos projets ? (Utilisation sur place, importation / exportation)
  - (*Si intérêt*) Quels sont les principaux critères qui motivent cet intérêt ?
  - (*Si absence d'intérêt*) Comment expliqueriez-vous cet absence d'intérêt ?
  - Existe-t-il des freins à leur réutilisation sur site ? Si oui, lesquels ?
  - (*Si frein*) Selon vous, que pourrait-on faire pour réduire l'impact de ces freins ?

## ⊥ **Cadre légal (1)**

- 11. Dans quelle mesure estimeriez-vous que le cadre légal dans lequel vous évoluez actuellement favorise la protection des sols ?
  - (*Si non*) Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur ce qui vous limite en ce qui concerne le cadre légal ? Que faudrait-il faire selon vous pour que la gestion des sols soit plus simple de votre côté ?

### 11.1.3 Maitrises d'œuvre

## ⊥ **Définition et perceptions des sols (3)**

- 1. Quelle définition donneriez-vous au « sol » ?
- 2. À vos yeux, dans quelle mesure les sols représentent-ils un enjeu dans notre société ? Pourquoi ?
- 3. Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur la place qu'occupe la gestion des sols dans le milieu de la construction / urbanisme opérationnel ? Et dans votre métier ?
  - (*Si intérêt*) Quels sont selon vous les principaux critères qui motivent cet intérêt ?
  - (*Si intérêt*) Dans quelle mesure cet intérêt se retrouve-t-il dans le livrable du projet ?
  - (*Si absence d'intérêt*) Comment expliqueriez-vous cette absence d'intérêt ?

## ⊥ **Connaissances liées aux sols (2)**

- 4. Lors d'un projet de lotissement / de quartier, dans quelle mesure les différents documents d'exécution qui vous sont transmis par la maîtrise d'ouvrage contiennent-ils des informations / exigences en termes de gestion des sols du site ?
  - (*Si oui*) Lesquelles retiennent votre attention et pourquoi ? Est-ce que vous pourriez me donner un exemple concret ?
  - (*Si oui*) Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur la façon dont ces informations / exigences sont mobilisées dans la suite du projet ?
  - (*Si non*) Selon vous, qu'est-ce qui peut expliquer cet absence ? Dans quelle mesure est-ce que cela impact la réalisation des tâches pour lesquelles vous êtes mandatés ?
- 5. Dans quelle mesure mobilisez-vous des études pédologiques afin de compléter les données préexistantes ?
  - (*Si non*) Dans quelle mesure est-ce que cela impact la réalisation des tâches pour lesquelles vous êtes mandatés ?
  - (*Si impact*) Selon vous, qu'est-ce qui pourrait (solution) ?

## ⊥ **Collaboration (2)**

- 6. Dans quelle mesure collaborez-vous avec les autres corps de métier du projet ? (Pédologue, maîtrise d'ouvrage, entreprises...) À quelles phases du projet et dans quel but ?
  - (*Si oui*) Comment décririez-vous ces collaborations en termes de prise en compte des sols sur les chantiers ?
  - (*Si non*) Comment expliqueriez-vous cela ?
- 7. Dans quelle mesure la définition des sols est-elle partagée par les différents corps de métier ?
  - (*Si hétérogénéité des définitions*) Cette hétérogénéité de définitions a-t-elle des conséquences sur la façon dont les sols sont gérés ?

## ⊥ **Conflits d'intérêt (1)**

- 8. Dans quelle mesure la prise en compte de la qualité des sols entre-t-elle en tension avec vos différentes contraintes lors de vos mandats (budgétaires, temporelles, techniques, collaboration avec les autres corps de métier...) ? Si oui, pouvez-vous donner un exemple concret ?

- (*Si arbitrage*) Comment l'arbitrage entre la gestion des sols et les autres priorités du projet est-il réalisé ? (Quels critères, quelle pondération...)

#### ⊥ **Gestion des sols et des matériaux terreux (1)**

- 9. Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur la valorisation sur place des matériaux terreux dans vos projets ? (Utilisation sur place, importation / exportation)
  - (*Si intérêt*) Quels sont les principaux critères qui motivent cet intérêt ?
  - (*Si absence d'intérêt*) Comment expliqueriez-vous cette absence d'intérêt ?
  - Existe-t-il des freins à leur réutilisation sur site ? Si oui, lesquels ?
  - (*Si frein*) Selon vous, que pourrait-on faire pour réduire l'impact de ces freins ?

#### ⊥ **Cadre légal (1)**

- 10. Dans quelle mesure estimeriez-vous que le cadre légal dans lequel vous évoluez actuellement favorise la protection des sols ?
  - (*Si non*) Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur ce qui vous limite en ce qui concerne le cadre légal ? Que faudrait-il faire selon vous pour que la protection des sols soit plus simple de votre côté ?

### 11.1.4 Entreprises

#### ⊥ **Définition et perceptions des sols (3)**

- 1. Quelle définition donneriez-vous au « sol » ?
- 2. À vos yeux, dans quelle mesure les sols représentent-ils un enjeu dans notre société ? Pourquoi ?
- 3. Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur la place qu'occupe la gestion des sols dans le milieu de la construction / de l'urbanisme opérationnel ? Et dans votre métier ?
  - (*Si intérêt*) Quels sont selon vous les principaux critères qui motivent cet intérêt ?
  - (*Si absence d'intérêt*) Comment expliqueriez-vous cette absence d'intérêt ? (Par exemple : manque de temps, d'argent, de volonté de la MO ou ME...)

#### ⊥ **Connaissances liées aux sols (2)**

- 4. Dans quelle mesure le cahier des charges de la maîtrise d'ouvrage et / ou la maîtrise d'œuvre exigent-elles des compétences en termes de gestion des sols ?
  - (*Si oui / Si non*) Comment cela impacte-il la façon dont les sols sont gérés à votre échelle ?
- 5. Lors d'un projet, dans quelle mesure les différents documents d'exécution qui vous sont transmis par la maîtrise d'ouvrage / maîtrise d'œuvre contiennent-ils des informations / exigences en termes de gestion des sols du site ?
  - (*Si oui*) Lesquelles retiennent votre attention et pourquoi ?
  - (*Si oui*) Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur la façon dont ces informations / exigences sont mobilisées dans la suite du projet ?
  - (*Si non*) Selon vous, qu'est-ce qui peut expliquer cette absence ? Dans quelle mesure est-ce que cela impacte la réalisation des tâches pour lesquelles vous êtes mandatés ?

#### ⊥ **Collaboration entre acteurs (2)**

- 6. Dans quelle mesure collaborez-vous avec les autres corps de métier du projet ? (Pédologue, maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre...)
  - (*Si oui*) Comment décririez-vous ces collaborations en termes de gestion des sols sur les chantiers ?
  - (*Si non*) Comment expliqueriez-vous cela ?

- 7. Dans quelle mesure la définition des sols est-elle partagée par les différents corps de métier ?
  - (*Si hétérogénéité des définitions*) Cette hétérogénéité de définitions a-t-elle des conséquences sur la façon dont les sols sont gérés ?

#### ⊥ **Conflits d'intérêt (1)**

- 8. Dans quelle mesure la gestion des sols entre-t-elle en tension avec vos différentes contraintes lors de vos mandats (budgétaires, temporelles, techniques, collaboration avec les autres corps de métier...) ? Si oui, pouvez-vous donner un exemple concret ?
  - (*Si arbitrage*) Comment l'arbitrage entre la gestion des sols et les autres priorités du projet est-il réalisé ? (Quels critères, quelle pondération...)

#### ⊥ **Gestion des sols et des matériaux terreux (1)**

- 9. Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur la valorisation des matériaux terreux dans vos projets ? (Utilisation sur place, importation / exportation)
  - (*Si intérêt*) Quels sont les principaux critères qui motivent cet intérêt ?
  - (*Si absence d'intérêt*) Comment expliqueriez-vous cet absence d'intérêt ?

#### ⊥ **Cadre légal (1)**

- 10. Dans quelle mesure estimeriez-vous que le cadre légal dans lequel vous évoluez actuellement favorise la protection des sols ?
  - (*Si non*) Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur ce qui vous limite en ce qui concerne le cadre légal ? Que faudrait-il faire selon vous pour que la protection des sols soit plus simple de votre côté ?

### 11.1.5 Personnels d'administration en charge de l'urbanisme et aménagement

#### ⊥ **Définition et perceptions des sols (3)**

- 1. Quelle définition donneriez-vous au « sol » ?
- 2. À vos yeux, dans quelle mesure les sols représentent-ils un enjeu dans notre société ? Pourquoi ?
- 3. Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur la place qu'occupent la gestion des sols dans la l'urbanisme / aménagement communal ? par exemple, dans les politiques publiques, les règlements...
  - (*Si intérêt*) Quels sont selon vous les principaux critères qui motivent cet intérêt ? Pourquoi ?
  - (*Si absence d'intérêt*) Comment expliqueriez-vous cette absence d'intérêt ?

#### ⊥ **Sols et politiques publiques (1)**

- 4. Dans quelle mesure les sols font-ils l'objet de documents réglementaires / politiques locales ? (Directement ou indirectement : par exemple, stratégie d'arborisation, de désimperméabilisation, adoption d'indice de pleine terre, stratégie d'entretien des espaces verts, règlement lors de projet de construction...)
  - (*Si intérêt*) Selon vous, quelles sont les principales contraintes (réglementaires, économiques, organisationnelles...) qui empêchent une meilleure prise en compte des sols ?
  - (*Si intérêt*) À l'inverse, quelles actions pourraient être mises en place pour lever ces freins ?
  - (*Si absence d'intérêt*) Comment expliqueriez-vous cette absence d'intérêt ?

#### ⊥ **Sol, politiques publiques et propriété privée (1)**

- 5. Dans quelle mesure les sols des parcelles privées font-ils l'objet de règlement / politique locale ?
  - (*Si oui*) Selon vous, quelles sont les principales contraintes qui empêchent une meilleure prise en compte des sols à cette échelle ? À l'inverse, quelles actions pourraient être mises en place pour lever ces freins ?
  - (*Si non*) Pour quelles raisons cette volonté n'atteint-elle pas le domaine privé ?

#### ⊥ **Connaissances / collaboration (3)**

- 6. Dans quelle mesure êtes-vous appelés à collaborer avec d'autres acteurs en ce qui concerne la gestion des sols ? (Les élus, les grands promoteurs, les privés...)
- 7. Dans quelle mesure collaborez-vous avec des professionnels en gestion des sols ?
  - (*Si oui*) qu'est-ce qui motive cette collaboration ?
  - (*Si non*) Comment cette absence pourrait être expliquée ?
- 8. Est-ce que tous les acteurs partagent la même définition ?
  - (*Si non*) dans quelle mesure est-ce que ces différences impactent vos tâches en termes de gestion des sols ?

#### ⊥ **Conflit d'intérêt, arbitrage (1)**

- 9. Dans quelle mesure vos tâches / objectifs en termes de gestion des sols entrent-elles en tension avec les diverses contraintes avec lesquelles vous devez composer (ex. contraintes budgétaires, temporelles, techniques...) ou différents objectifs ? (ex objectif de mobilité, logement...) ?
  - (*Si arbitrage*) Comment l'arbitrage / pesée des intérêts entre les objectifs de gestion des sols et les autres priorités du projet est-il réalisé ? (Quels critères, quelle pondération...) Pouvez-vous donner un exemple concret ?

#### ⊥ **Cadre légal (1)**

- 10. Dans quelle mesure estimeriez-vous que le cadre légal dans lequel vous évoluez actuellement favorise la protection des sols ?
  - (*Si non*) Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur ce qui vous limite en ce qui concerne le cadre légal ? Que faudrait-il faire selon vous pour que la protection des sols soit plus simple de votre côté ?

### 11.1.6 Propriétaires privés

#### ⊥ **Définition et perceptions des sols (3)**

- 1. Quelle définition donneriez-vous au « sol » ?
- 2. À vos yeux, les sols représentent-ils un enjeu dans notre société ? Pourquoi ?
- 3. Parmi les diverses fonctions qu'assument les sols (Ex. Support pour la végétation, régulation de l'eau de pluie, support pour le bâti, habitat pour la biodiversité, stockage de carbone...), lesquelles vous semblent prioritaires dans la gestion de votre terrain et pourquoi ?

#### ⊥ **Connaissances (3)**

- 4. Dans quelle mesure connaissez-vous la nature ou les caractéristiques des sols de votre parcelle ? (Ex. Remblais, terre végétale, fertilité...)
  - (*Si oui*) Ces caractéristiques influencent-elles le type d'aménagement que vous réalisez sur votre parcelle ? Pour quelles raisons ?
- 5. Dans quelle mesure considéreriez-vous ces informations comme utiles à la gestion de votre bien ?
  - (*Si oui / Si non*) Pourquoi ?
- 6. Dans quelle mesure des informations sur la qualité des sols vous sont accessibles ?

- (*Si oui*) Lesquelles, et par quel canal pouvez-vous y accéder ? (Ex. jardineries, experts, collectivités, associations, commune, voix officielle...)
- (*Si oui*) Les informations obtenues étaient-elles suffisantes ? Selon vous, qu'est-ce qui pourrait être mis en place pour favoriser l'accès à ces informations ?

⊥ **Pratiques (4)**

- 7. Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur ce qui est important à vos yeux en termes d'aménagement extérieurs ?
  - (*Si végétation importante*) Lorsque vous êtes amenés à planter des arbustes / végétaux, dans quelle mesure les caractéristiques des sols exercent-elles une influence sur ce que vous plantez ?
- 8. Lorsque vous réalisez des travaux d'aménagement extérieur (Ex. Terrasse, allée, jardin...), quels sont les critères principaux qui guident vos choix et pourquoi ? (Ex. L'esthétique, le coût, la facilité d'entretien, la perméabilité, la fertilité, d'autres aspects...) ? Comment pondérez-vous ces divers critères ?
- 9. Est-ce que vous pourriez m'en dire plus sur la gestion des eaux claires sur votre parcelle (Ex. Eaux de pluie, ruissellement...) ?
- 10. Selon vous, dans quelle mesure la fertilité des sols peut être considérée comme un enjeu dans la gestion de votre parcelle ? (*Si oui / Si non*) Pourquoi ?
  - (*Si oui*) Vous arrive-t-il d'améliorer la fertilité de votre parcelle ? Est-ce que vous pourriez m'en dire plus à ce sujet ?
  - (*Si non*) Comment pourrait-on expliquer cet absence d'intérêt ?

⊥ **Par rapport aux services écosystémiques (1)** (à demander seulement si mention)

- 11. Dans quelle mesure estimez-vous que votre parcelle puisse être amenée à participer/favoriser/maintenir à [services écosystémiques] à l'échelle de votre quartier ?