

Vers une politique durable des sols

Felix Walter Elvira Hänni

Vers une politique durable des sols

Synthèse thématique ST5 du Programme national de recherche
« Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68)

Avant-propos

La politique suisse en matière de sol est une entité hétérogène à deux pôles : une considération quantitative du sol dans l'aménagement du territoire s'oppose à une considération qualitative dans la protection de l'environnement et l'agriculture. Au cours des deux dernières décennies, diverses réglementations juridiques ont conduit à ménager davantage la ressource sol. La révision de la première loi sur l'aménagement du territoire (LAT 1) laisse espérer un ralentissement notable de l'utilisation des terres arables dans les prochaines années. Une prise en compte globale et cohérente du sol a cependant fait défaut jusqu'à présent.

Réunir les approches évoquées était un des objectifs centraux du Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68). Les auteurs de la synthèse thématique 5 « Vers une politique durable des sols » rassemblent les éléments élaborés et des informations complémentaires venant des deux domaines pour les combiner en un agenda de politique des sols. Ils montrent les champs d'action pouvant mener à une politique durable en matière de sol dans une perspective globale. Ces différents éléments sont encore à l'état brut. Ils doivent être concrétisés et développés par différents acteurs du monde politique et de la société. Le PNR 68 conclut également que des progrès vers une utilisation durable de la ressource sol ne sont possibles que par des échanges intensifs entre les différents acteurs et par une communication renforcée entre toutes les parties concernées. Ces échanges se sont mis en place parallèlement aux travaux de recherche et ont été entretenus intensivement pendant les travaux de synthèse du PNR 68. La recherche et la pratique se sont ainsi encouragées mutuellement. Il en est de même pour les projets de stratégie des sols élaborés en parallèle par les offices fédéraux.

Comme souvent, un PNR ne peut pas couvrir tous les aspects importants d'un sujet. Par exemple, les auteurs indiquent clairement que le PNR 68 traite à peine du droit foncier et des aspects économiques. Vu l'importance de l'immobilier et du foncier sur le marché financier et le fonctionnement très différent des marchés fonciers à l'intérieur et à l'extérieur de la zone à bâtir, il reste encore à faire pour examiner la qualité du sol par rapport à ces aspects.

Cette synthèse thématique a jeté un pont entre la recherche et la mise en œuvre politique. De nombreuses pierres sont déjà posées – c'est maintenant à la politique et à la pratique de poursuivre la construction, de découper les éléments plus précisément et de les compléter.

Prof. Dr. Emmanuel Frossard

*Président du Comité de direction du Programme national de recherche
« Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68)*

Table des matières

Avant-propos → 5

Table des matières → 6

Résumé → 8

1 De quoi est-il question ? → 13

Introduction

1.1 Les quatre dimensions du sol → 13

1.2 Situation de départ telle que définie par les projets du PNR
et les autres synthèses thématiques → 13

2 Où sommes-nous et où allons-nous ? → 16

Etat du sol et objectifs d'une politique durable des sols

2.1 Etat du sol → 16

2.2 Objectifs actuels pour le sol : différentes interprétations → 18

2.3 Système d'objectifs pour une utilisation durable du sol et du territoire → 19

3 Qu'est-ce qui exerce un impact sur le sol ? → 22

Scénarios et actions requises

3.1 Modèle d'impact d'une utilisation durable du sol → 22

3.2 Scénarios pour l'utilisation de la ressource sol → 22

3.3 Lacunes en matière d'objectifs et actions requises → 24

4 Quelle influence la politique peut-elle exercer ? → 28

Champs d'action et mesures

4.1 Aperçu de la politique actuelle et de ses champs d'action → 28

4.2 CA1 : Aménagement du territoire et mesures globales → 31

4.3 CA2 : Agriculture → 46

4.4 CA3 : Foresterie → 57

4.5 CA4 : Autres secteurs économiques, habitat, infrastructures → 61

4.6 CA5 : Immissions et sols pollués → 65

4.7 CA6 : Coopération internationale → 68

- 4.8 CA7 : Bases politiques et mesures complémentaires → 69
- 4.9 Bilan de la possible contribution des mesures aux objectifs → 73

5 Comment les recommandations peuvent-elles être mises en œuvre ? → 75
Acceptation et exécution

- 5.1 Acceptation → 75
- 5.2 Gouvernance du sol : compétences et financement → 75

6 Et après ? → 78
Feuille de route pour une politique durable des sols

Annexe → 82

-
- A1 Le Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68) → 82

Les projets de recherche du PNR 68 → 84

-
- A2 Index des illustrations → 88

Index des tableaux → 88

Glossaire → 89

Liste des abréviations → 92

Bibliographie → 93

Remerciements → 99

Impressum → 100

Résumé

La synthèse thématique ST5 du PNR 68, «Vers une politique durable des sols» rassemble les résultats des différents projets du Programme national de recherche «Utilisation durable de la ressource sol» (PNR 68) ainsi que d'autres études et documents politiquement pertinents dans ce domaine.

Une utilisation durable du sol vise à préserver sur le long terme aussi bien les surfaces non urbanisées (quantité) que les fonctions du sol (qualité). Les mesures permettant de réduire les pertes quantitatives et qualitatives ont été réunies au sein d'une «Feuille de route pour une politique durable des sols» de la Suisse qui est présentée ci-après :

1 Considérer conjointement les aspects quantitatifs et qualitatifs (Champ d'action 1)

La qualité du sol doit être prise en compte de manière renforcée dans l'aménagement du territoire, tout comme les instruments et les influences de la planification spatiale doivent être intégrés de manière renforcée à la protection qualitative du sol.

→ Une politique des sols ne saurait être durable sans que les perspectives de l'aménagement du territoire (surfaces, protection quantitative du sol) et celles de la préservation de la qualité du sol ne convergent en une seule et même vision tridimensionnelle. Il s'agit non seulement d'améliorer la compréhension manifestée vis-à-vis des «autres» spécialistes mais aussi d'élaborer les outils nécessaires. Il convient d'utiliser les bases développées dans le cadre du PNR 68 pour définir un indicateur du sol (IS) qui permette une meilleure prise en compte de la qualité du sol dans les décisions d'aménagement. Les influences et les instruments du développement territorial doivent parallèlement être intégrés de manière renforcée à la protection qualitative du sol.

2 Réduire et limiter la consommation de sol (Champs d'action 1 et 2)

Le sol constituant une ressource non renouvelable, il apparaît à long terme indispensable d'en réduire la consommation.

→ La ST5 met en exergue trois instruments pouvant être envisagés afin de réduire et de limiter la consommation de sol : la taxe sur l'utilisation du sol, le contingentement des points d'indice de qualité pédologique et l'élargissement du plan sectoriel des surfaces d'assolement (PD SDA) à toutes les fonctions écologiques du sol. Tous ces instruments offrent des opportunités, mais leur mise en œuvre exigera aussi de relever quelques défis. Si la consommation de sol doit absolument être limitée, seule une obligation de compensation – où superficie et qualité détermineront la surface à compenser – permettra d'atteindre cet objectif.

3 Éviter les atteintes portées aux sols par l'exploitation agricole et forestière, l'urbanisation et les infrastructures (Champs d'action 2, 3, 4 et 5)

Différentes mesures contribueraient à les ramener à un niveau supportable.

→ La question fondamentale de l'utilisation future des sols organiques (marais) ou la réduction des risques de glissements de terrain par l'implantation d'espèces variées dans une forêt de protection comptent parmi les mesures qui ont été étudiées plus en détail et recommandées dans le cadre du PNR 68.

4 Accorder une importance accrue aux composantes internationales (Champ d'action 6)

La Suisse est coresponsable de l'utilisation des sols et des atteintes portées aux sols à l'étranger.

... La Suisse devrait s'engager encore plus activement en faveur de la protection du sol au sein des organismes internationaux et jouer aussi un rôle précurseur sur le plan national. Pour ce faire, la politique, l'administration et les autorités doivent prendre en considération les conséquences internationales des décisions nationales adoptées en matière de politique des sols et intégrer des aspects écologiques et sociétaux aux règles de comportement (devoir de diligence) devant être respectées lorsque des investissements suisses sont réalisés dans des pays du Sud.

5 Améliorer les informations du sol – Comblent les lacunes observées en matière de données et de connaissances (Champ d'action 7)

Des bases de données exhaustives, des indicateurs solides et des modèles fiables contribuent de manière décisive à une utilisation durable du sol. A cet égard, il convient de citer en particulier les scénarios et les études prospectives visant à protéger quantitativement et qualitativement le sol.

... Le PNR 68 recommande de réaliser progressivement une cartographie nationale des sols afin de pouvoir élaborer une « Plateforme d'information des sols suisse » (PIS-CH) grâce à laquelle les données pédologiques recueillies seront ensuite mises à la disposition de tous sous une forme facilement accessible. Etablir une cartographie nationale des sols constitue un investissement rentable. Outre les informations du sol faisant défaut, d'autres lacunes doivent encore être comblées, car de nombreuses questions économiques et sociales n'ont pu être abordées dans le cadre du PNR 68 en dépit des travaux de recherche conséquents qu'il a permis de mener à bien. Les corrélations existant entre santé du sol et qualité des denrées alimentaires nécessitent par ailleurs d'être étudiées de manière plus approfondie.

6 Améliorer la compréhension du sol (Champ d'action 7)

La sensibilisation aux problèmes du sol doit être accrue.

... Il est impératif que des groupes d'acteurs essentiels – comme les services administratifs (en particulier ceux chargés de l'aménagement du territoire), la politique et la recherche mais aussi les utilisateurs du sol (exploitants agricoles et forestiers, acteurs économiques et privés) – soient sensibilisés à la valeur du sol. Il est indispensable de satisfaire à cette condition préalable si l'on veut s'assurer que les instruments d'aménagement du territoire et de protection du sol soient acceptés et véritablement efficaces. Un plan en dix points visant à améliorer l'adhésion rencontrée par les directives établies en matière d'aménagement du territoire et de protection du sol résume les résultats des recherches dont ce thème a fait l'objet.

Illustration 1

Contribution de la feuille de route aux objectifs d'une politique durable des sols.

- + Contribution positive
- Contribution négative

Performance économique

- Eco1 Permettre une utilisation du sol par l'économie
- Eco2 Eviter les charges financières
- Eco3 Gérer efficacement l'utilisation du sol

Responsabilité écologique

- Env1 Garantir la qualité du sol
- Env2 Garantir la quantité de sol
- Env3 Enrayer le changement climatique

Solidarité sociale

- Soc1 Solidarité régionale, sociale et intergénérationnelle
- Soc2 Préserver les valeurs socioculturelles
- Soc3 Promouvoir et protéger la santé humaine

	Eco1	Eco2	Eco3	Env1	Env2	Env3	Soc1	Soc2	Soc3
CA1 Aménagement du territoire et mesures globales									
Endiguer la perte de sol	-	-	+	+	+				
Répartition territoriale appropriée	+		+	+	+		+		
CA2 Agriculture									
Minimiser la perte de matière organique du sol	+ ¹	-	+	+	-	+			
Réduire les apports de polluants et les impacts climatiques	+ ¹	-		+					+
Empêcher la compaction des sols	+ ¹	-		+					
Empêcher l'érosion	+ ¹	-	+	+					
CA3 Foresterie									
Mesures contre l'acidification des sols forestiers	+ ²	-		+					+
Empêcher la compaction des sols	+ ²	-		+					
Réduire la perte de sol due aux glissements	+ ²	-		+	+				+
Préserver la matière organique du sol		-		+		+			
CA4 Autres secteurs économiques, habitat, infrastructures									
Réduire les besoins en surfaces	+	-			+				
Préserver de manière ciblée les fonctions des sols urbanisés		-		+					
Gérer adéquatement les matériaux terreux		-		+	+				
Réduire les atteintes dues aux transports		-		+		+			
CA5 Immissions et sols pollués									
Harmoniser la gestion des sols pollués			+	+					+
Renforcer l'exécution des réhabilitations du sol			+	+					
CA6 Coopération internationale									
				+	+	+	+		+
CA7 Bases politiques et mesures complémentaires									
Données pédologiques de référence	En tant que base pour différentes mesures								
Sensibilisation aux thèmes du sol	→ Contribution indirecte aux objectifs								
Comblen les lacunes									
Contribution générale et indirecte aux objectifs	+	+	+			+	+	+	+

Exploitation économique possible si les fonctions du sol sont préservées :

¹ dans l'agriculture

² dans la foresterie

7 Renforcer la collaboration (point 5.2)

Intensifier la collaboration entre la Confédération, les cantons, les communes et les associations professionnelles, et plus spécifiquement entre les acteurs de la protection du sol et de l'aménagement du territoire, peut contribuer notablement à une utilisation durable de la ressource sol.

... La stratégie nationale pour le sol actuellement élaborée par l'administration fédérale constitue une approche valable, qui doit néanmoins être complétée et intégrer d'autres acteurs. Un défi de taille consiste à améliorer la collaboration entre les spécialistes de la « protection du sol » et de l'« aménagement du territoire » qui peinent souvent à se « comprendre ». Des travaux de médiation sont par conséquent indispensables afin qu'un dialogue constructif puisse s'établir entre les experts compétents.

La ST5 propose de nombreuses mesures détaillées réparties entre sept champs d'action. L'illustration 1 résume les différentes manières dont elles peuvent contribuer à l'atteinte des objectifs d'une politique durable des sols : performances économiques, responsabilité écologique et solidarité sociale.

Les recommandations d'action émises ont pour principal objectif de préserver le sol en termes qualitatifs et quantitatifs. Par conséquent, et comme le fait apparaître l'illustration 1, si les mesures proposées permettent de mieux assumer la responsabilité écologique inhérente à la protection du sol, leur mise en œuvre s'effectue parfois aux dépens des performances économiques à court terme. Néanmoins, une économie pérenne ne saurait exister si la qualité du sol s'appauvrit inexorablement.

La protection du sol et la préservation des espaces paysagers ouvrent toujours indirectement le débat sur des questions de répartition régionale, de distribution sociale et d'équité intergénérationnelle. Si l'on souhaite que les générations de demain disposent encore d'une marge de manœuvre décisionnelle, c'est aujourd'hui qu'il faut veiller à ce que le sol ne soit pas irrémédiablement détérioré.

Le PNR 68 a réuni des éléments importants au sens d'une politique globale dédiée à l'utilisation durable et à la protection de la ressource sol. La ST5 a pour vocation de compléter cette mosaïque. Quelques questions n'ont pas été examinées ou élucidées et certains aspects nécessitent encore d'être concrétisés. Considérés dans leur ensemble, les éléments présentés forment néanmoins un socle solide sur lequel se laisse établir une future politique durable des sols en Suisse. Si la mise à disposition de telles bases relève d'un Programme national de recherche, leur mise en œuvre incombe aux acteurs compétents qui ont été majoritairement impliqués à un stade précoce et ont œuvré à la recherche de solutions.

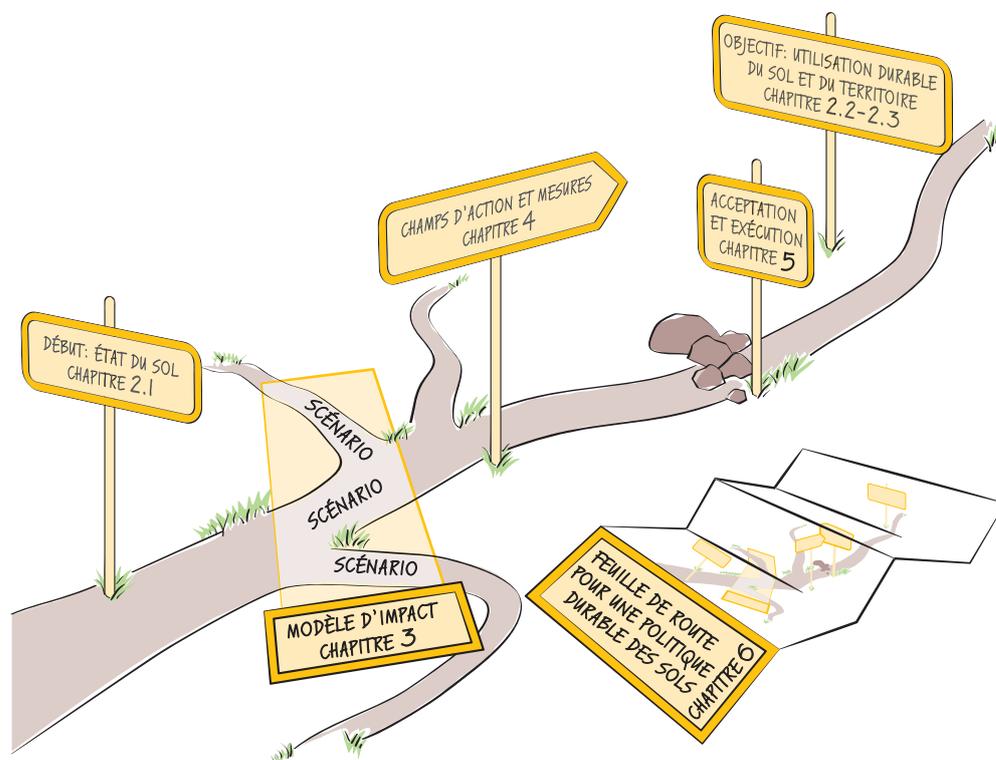
Présentation de la ST5

La ST5 a été élaborée comme suit :

Le **chapitre 1** replace la ST5 dans le contexte général des projets et des autres synthèses thématiques (ST) du PNR 68. Point de départ d'une politique durable des sols, le **chapitre 2** dresse le bilan de l'état du sol en Suisse, expose les principales menaces et problèmes induits par les utilisations actuelles et formule les objectifs d'une politique durable du sol. En s'appuyant sur un modèle d'impact et trois scénarios simplifiés, le **chapitre 3** présente une réflexion sur les facteurs d'influence qui met en lumière les lacunes présentées par les objectifs définis et les mesures politiques requises pour les combler. Le **chapitre 4** explicite comment les mesures politiques déterminent l'évolution future dans de nombreux champs d'action. Il inclut les recommandations issues des projets du PNR 68 ainsi que des propositions supplémentaires. La mise en œuvre de mesures s'apparente à un parcours d'obstacles. Elles doivent être acceptées par la population, ancrées dans la loi, exécutées par les institutions adéquates et dotées de financements suffisants. Le **chapitre 5** se penche sur ces questions et analyse comment surmonter les obstacles potentiels. Le **chapitre 6** résume les recommandations formulées en une feuille de route ouvrant la voie à une politique durable des sols.

Illustration 2
Vers une politique durable
des sols.

Illustration : N. Stadelmann, Lucerne.



De quoi est-il question ?

Introduction

1.1 Les quatre dimensions du sol

«Politique durable des sols» – cette formule est une vision de la future gestion de la précieuse ressource que constitue le sol. Ce regard novateur se doit de le considérer aussi bien en tant que surface (aspect bidimensionnel) – comme le fait principalement l'aménagement du territoire – qu'en tant que «terrain fertile» aussi riche que diversifié dans sa verticalité (aspect tridimensionnel). Il convient donc d'appréhender le sol comme un espace en trois dimensions qui est soumis à une quatrième: le temps. Pour ouvrir la voie à

une politique durable des sols, différents aspects écologiques, économiques et sociaux doivent par ailleurs être pris en compte. La ST5 contribue à l'élaboration d'une telle perspective globale.

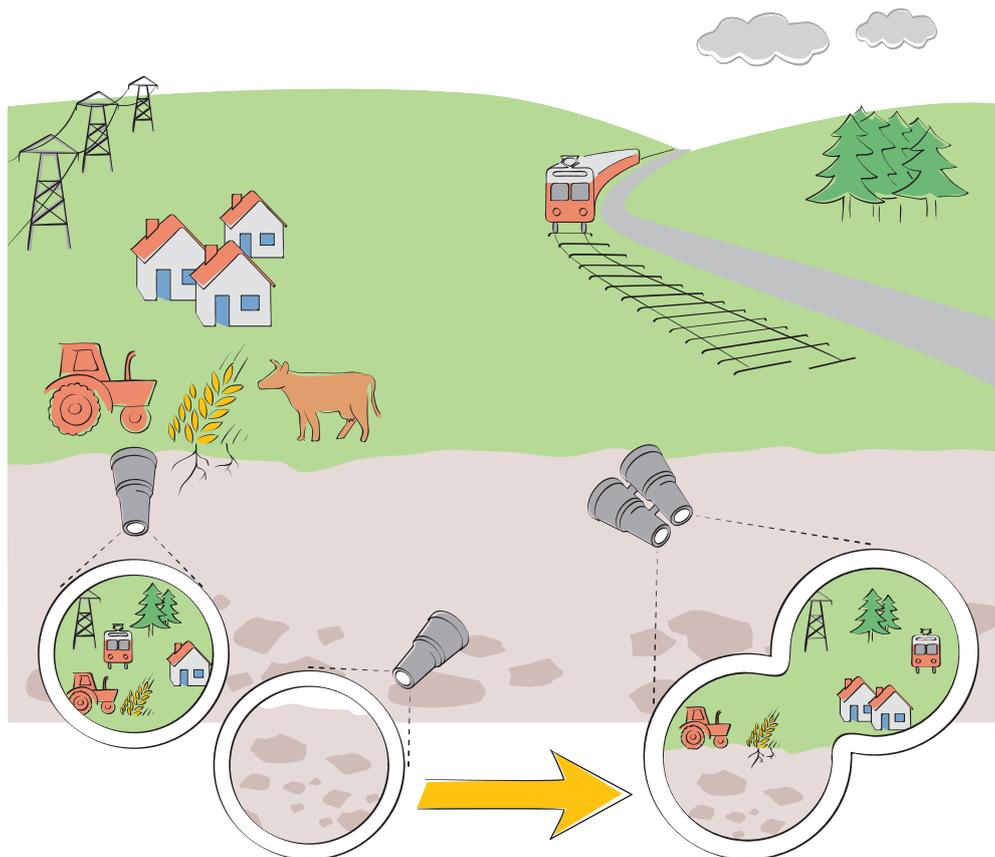
1.2 Situation de départ telle que définie par les projets du PNR et les autres synthèses thématiques

La synthèse thématique ST5 du PNR 68, «Vers une politique durable des sols», a pour vocation de rassembler les résultats politiquement pertinents des projets du PNR 68 et d'en présenter les éléments

Illustration 3
D'une approche bidimensionnelle à une compréhension quadri-dimensionnelle du sol.

Souvent exclusivement perçu comme une étendue, le sol remplit d'importantes fonctions sous sa surface. Les processus biologiques, chimiques et physiques à l'œuvre dans le sous-sol évoluent au fil du temps.

Illustration : N. Stadelmann, Lucerne.



permettant de développer une politique durable des sols. Si de nombreuses recommandations ont été élaborées dans le cadre du PNR 68, elles ne couvrent qu'une partie de ce qui pourrait constituer une « politique durable des sols » et ne peuvent offrir à elles seules une perspective globale. Dans le but d'apporter une contribution aussi étayée que possible à une politique durable des sols, la ST5 considère, outre les résultats du PNR 68, d'autres études et documents et intègre également les connaissances spécialisées des membres des groupes principal et de suivi.

Le PNR 68 a abouti à cinq synthèses thématiques (ST). La ST5 s'envisage comme un complément des autres ST – en particulier de la ST3 « Un agenda du sol pour l'aménagement du territoire »¹ qui traite des questions de planification spatiale. Synthèse moins approfondie mais plus

étendue, elle replace les éléments politiquement pertinents des projets de recherche et des autres ST dans un contexte global (ill. 4) et fournit par là même des bases sur lesquelles se laisse élaborer une stratégie nationale pour le sol.

Les ST du PNR 68 s'appuient par ailleurs sur un concept fondamental qui met en exergue la « contribution du sol aux services écosystémiques » (ill. 5, p. 15).

Une politique des sols globale se doit également d'aborder la question essentielle de la propriété et du droit à disposer du sol et, par voie de conséquence, celle de l'équité entre les régions, les pays et les générations. Ces questions ont néanmoins été exclues de la ST5 dans la mesure où le PNR 68 ne fournit pas de résultats de recherche sur ces thèmes et où leur examen dépasserait le cadre fixé.

Illustration 4
Intégration de la ST5 en tant que synthèse politique.

Toutes les ST du PNR 68 comprennent des éléments issus des projets de recherche et des éléments externes. La ST4 constitue une synthèse transversale des questions en lien avec les données et les méthodologies. La ST5 recense les aspects politiquement pertinents de tous les domaines thématiques du PNR 68 et de toutes les ST, sachant que le recoupement – volontairement – le plus important s'observe avec la ST3.

- Eléments des projets du PNR 68
- ◆ Eléments externes au PNR 68

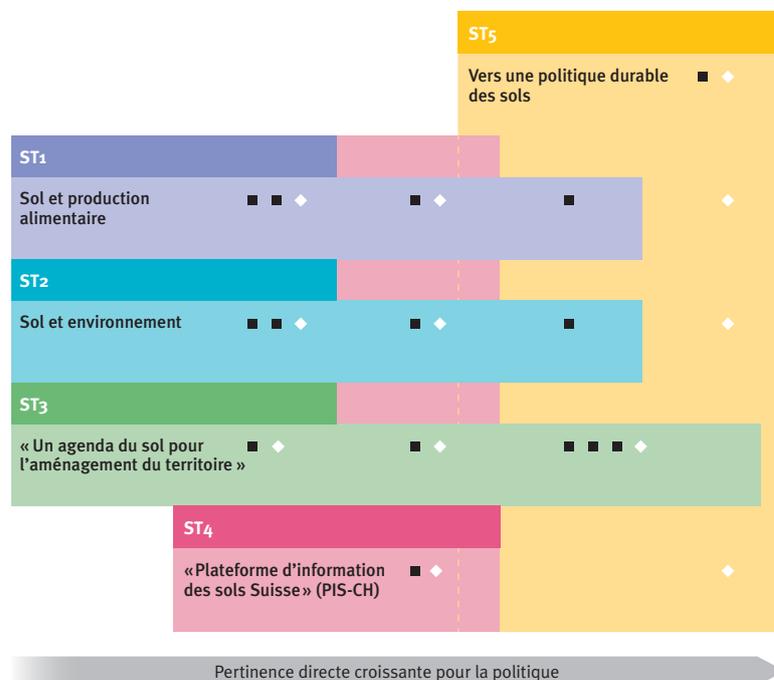
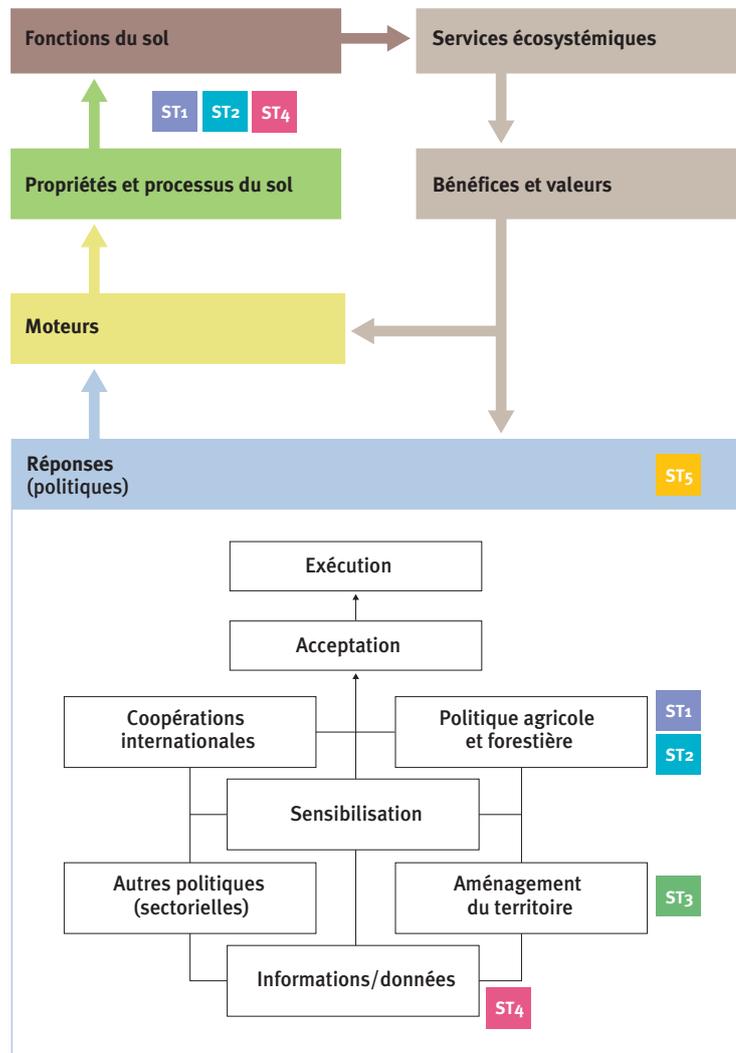


Illustration 5
 Contribution du sol aux services écosystémiques (adapté d'après²) et positionnement des synthèses thématiques.

La ST5 s'intéresse à toutes les réponses politiques et aux facteurs qui influencent la qualité du sol. Si la ST3 est centrée sur l'aménagement du territoire, les trois autres ST sont principalement consacrées aux questions relevant des fonctions du sol et de leur gestion.



Où sommes-nous et où allons-nous ?

Etat du sol et objectifs d'une politique durable des sols

2.1 Etat du sol

Entre 1985 et 2009, les surfaces urbanisées ont progressé de 584 km² en Suisse, soit une superficie plus importante que celle du lac de Genève³. Les surfaces urbanisées couvrent entre-temps 7,5% du territoire (chapitre 2 de la ST3¹). Ces sols sont en grande partie imperméabilisés ou compactés. Leurs fonctions s'en trouvent altérées voire détruites, ce qui signifie qu'ils ne peuvent plus assurer leurs fonctions de production, d'habitat, de régulation, ni de fournisseurs de matières premières et d'archivage⁴.

Même si la plus récente Statistique de la superficie constate que la progression de l'urbanisation ralentit en Suisse occidentale⁵, l'imperméabilisation demeure une menace majeure pour le sol. Par ailleurs, les surfaces urbanisées augmen-

tent généralement au niveau des sols qui sont précisément les plus précieux (projet COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES du PNR 68).

En dehors de l'imperméabilisation, d'autres utilisations exercent aussi un impact sur les propriétés du sol et, par voie de conséquence, sur ses fonctions qui peuvent s'en trouver altérées⁶:

- L'exploitation agricole peut en particulier entraîner une érosion ou une compaction des sols, se traduire par des apports excessifs de fertilisants et de polluants ou induire une perte de matière organique (mos)⁷ et de biodiversité. Le rapport d'état 2016 des objectifs environnementaux pour l'agriculture met en exergue de nombreux problèmes et révèle que diverses questions sont toujours en suspens quant aux sols utilisés à des fins agricoles⁸:

Illustration 6
Fonctions du sol.

Source: Magazin Umwelt 4/2011, BAFU.



Fonction de production
Fonction de support



Fonction de régulation
Fonction de fournisseur de
matières premières



Fonction d'habitat
Fonction d'archivage



– Au plan national, il n'existe aucun aperçu exhaustif de la teneur en polluants des sols suisses. La fertilité des sols et la santé humaine sont néanmoins menacées en différents endroits par des polluants inorganiques qui pénètrent dans le sol par le biais d'additifs destinés à l'alimentation animale, d'engrais ou de produits phytosanitaires.

– L'érosion des sols n'a fait l'objet que d'un relevé partiel. Plus d'un tiers des terres arables sont considérées comme potentiellement menacées par l'érosion. Sur certains sites, l'érosion revêt une ampleur considérable et menace l'épaisseur et la fertilité du sol. Sur les alpages aussi, il existe un risque que les sols ne puissent pas suffisamment se reconstituer en cas d'utilisation intensive⁶.

– Les données sont également lacunaires en ce qui concerne la compaction. Et la tendance actuelle, qui privilégie l'emploi de machines agricoles toujours plus grosses et toujours plus lourdes, ne tend probablement pas à améliorer le problème.

– La perte de mos menace tous les sols utilisés à des fins agricoles. Ils présentent en effet une teneur en matière organique nettement plus faible que ceux des prairies et des pâturages^{6,9}. La problématique est particulièrement marquée pour des sols riches en carbone (marais) utilisés dans l'agriculture et la foresterie. L'assèchement de ces sols durant des décennies a entraîné une perte complète de la mos et, par suite, de leur potentiel de production (projet SOLS MARÉCAGEUX du PNR 68).

– Des études démontrent qu'une utilisation agricole intensive risque d'entraîner une perte de biodiversité⁶. Les données font cependant encore défaut quant à

l'évolution connue par la biodiversité du sol au cours des dernières années.

■ Outre la perte de mos qu'elle entraîne, l'exploitation forestière présente également un risque de compaction et d'acidification pour les sols forestiers:

– Près de 2 % des surfaces forestières praticables de la Suisse sont dégradées par des chemins et des pistes, soit une superficie de 13 300 hectares. Ces sols sont soumis à un risque de compaction¹⁰.

– L'acidification résultant des apports diffus de polluants aériens constitue une autre menace conséquente pour les sols forestiers. Les apports azotés tolérables sont dépassés sur 95 % des surfaces forestières¹¹. Ces sols sont soumis à un risque de compaction. Ces apports azotés excessifs concernent également 98 % des hauts-marais, 76 % des bas-marais et 49 % des prairies sèches⁶ et perturbent l'approvisionnement en nutriments assuré par le sol.

■ L'utilisation du sol en tant que support pour la construction, les transports et autres infrastructures provoque en premier lieu son imperméabilisation. Néanmoins, les émissions et rejets dont elle s'accompagne peuvent également induire d'autres dégradations. Les polluants aériens provenant de cheminées non équipées de filtres, l'épandage à grande échelle d'engrais à base de déchets (par ex. boues d'épuration, composts), la combustion ou l'élimination illégale des déchets ont ainsi par le passé déjà participé à la pollution des sols¹². Le long des routes très fréquentées, une bande de cinq à dix mètres de largeur est souvent fortement polluée⁶. La plupart des polluants sont généralement retenus par le sol où ils s'accumulent pendant des décennies. Pour des raisons

historiques, il n'existe par conséquent plus aucun sol absolument exempt de pollution en Suisse.

En tant que principal puits de carbone, le sol joue par ailleurs un rôle prépondérant dans le contexte du changement climatique⁹. Ce bouleversement s'accompagne à son tour de nouvelles menaces pour le sol. La fréquence et l'intensité des intempéries extrêmes devraient ainsi progresser ainsi que les risques de glissements de terrains superficiels (projet STABILITÉ DES SOLS du PNR 68).

En résumé, le sol et sa qualité sont menacés de différentes façons en Suisse: imperméabilisation, compaction, érosion, perte de mos, acidification et pollution. Ces menaces s'avèrent d'ores et déjà alarmantes dans certains cas. Des données sur l'état du sol ne sont néanmoins pas (encore) disponibles au plan national.

2.2 Objectifs actuels pour le sol : différentes interprétations

Les objectifs d'une utilisation durable du sol, c'est-à-dire qui lui permette de remplir ses fonctions et de fournir ses services écosystémiques (SES) de manière pérenne, sont consignés dans de nombreux documents nationaux et internationaux^{1,13,14}. La durabilité est ancrée en tant qu'objectif dans l'article 73 de la Constitution fédérale suisse, et l'«Agenda 2030» des Nations Unies formule des objectifs de développement durable de portée globale (ODD), en faveur desquels la Suisse s'est également prononcée. La cible 15.3 concerne directement le sol: d'ici à 2030, il s'agit concrètement «de restaurer les terres et sols dégradés, et de s'efforcer de parvenir à un monde sans dégradation des sols»¹⁵. D'autres objectifs de durabilité – comme la sécurité alimentaire, la

santé et la production durable – entretiennent également un rapport étroit avec la ressource sol.

Bien que l'«Agenda 2030» ne soit pas un instrument contraignant en droit international public, le Conseil fédéral «souhaite s'engager pour le concrétiser aux niveaux national et international»¹⁶. Au sens du concept de «durabilité forte», les objectifs écologiques doivent être respectés en dépit des exigences économiques et sociales. La consommation du sol et la perte de qualité du sol devraient ainsi être plafonnées (pas de perte nette). Néanmoins, des objectifs contraignants ou des valeurs limites ont pour l'instant uniquement été fixés pour les surfaces d'assolement (SDA), et non de manière générale pour la consommation de surfaces, la qualité ou les fonctions du sol. A l'heure actuelle, les scientifiques sont également dans l'impossibilité d'indiquer clairement où ces limites doivent se situer¹⁷.

A l'inverse, il apparaît évident que, même en tenant compte des objectifs économiques et sociaux, la perte de sol et de fonctions du sol ne peut se poursuivre indéfiniment (point 2.1, p. 16).

Face à cette situation, un constat s'impose: des valeurs cibles contraignantes, mesurables et délimitées dans le temps doivent être définies – idéalement, de manière différenciée selon les régions – dans le cadre d'un processus démocratique afin de préserver les sols et leurs fonctions¹. En dehors des réflexions écologiques, des aspects économiques et sociaux devraient naturellement être intégrés à un tel processus. Les approches visant à introduire des plafonds ou des contingents, similaires à ceux mis en œuvre pour les SDA, constituent un premier pas en ce sens (point 4.2.1, p. 31)¹. Plusieurs cantons

ont d'ores et déjà épuisé leur contingent de sda, ou l'auront épuisé d'ici quelques années, ce qui constitue un frein au développement urbain sur le plan pratique. Pour l'heure, il n'existe cependant aucun instrument qui limite globalement la consommation de sol en Suisse et les atteintes qui lui sont portées.

Si tant est que ces atteintes soient prises en considération lors des décisions actuelles, elles le sont généralement dans le cadre d'une pesée d'intérêts relevant d'un cas particulier. Cette démarche se rapproche plus du concept de «durabilité faible», qui n'exclut pas les préjudices écologiques lorsque ceux-ci sont compensés par d'autres avantages.

La Suisse utilisant et exploitant sous différentes formes des sols étrangers, elle est également coresponsable de la dégradation globale des sols^{18,19}. Ce thème important dépasse le cadre de la présente synthèse, mais il a fait l'objet de deux projets du PNR 68 et il est brièvement abordé au point 4.7.

Conclusion: s'il apparaît clairement que des limites doivent être fixées à la perte de sol, la question de savoir où ces limites doivent être fixées demeure pour le moins floue. Il est hautement souhaitable que la définition de telles valeurs s'inscrive dans un processus démocratique. A cet égard, il pourrait s'avérer utile que les différentes exigences – parfois opposées – dont le sol fait l'objet soient consignées dans un système d'objectifs, dispositif qui est décrit plus en détail ci-après.

2.3 Système d'objectifs pour une utilisation durable du sol et du territoire

Comme précédemment exposé, aucun objectif quantitatif n'a encore été fixé en

matière de «politique des sols». Les décisions actuelles – tout comme un éventuel processus visant à définir les objectifs correspondants – relèvent de la mise en balance de différents aspects: les besoins économiques, écologiques et sociaux doivent être satisfaits de manière «équilibrée», ce qui n'est souvent pas possible sans conflits d'objectifs («compromis»). Afin de servir de base de discussion et de mettre en lumière les conflits d'objectifs dont il est ici question, un système d'objectifs simple et fondé sur des systèmes usuels de critères de durabilité est présenté ci-dessous (tab. 1, p. 20)^{20,21} (projet PLATEFORME DE DÉCISION DU PNR 68).

Trois critères sont définis pour chaque dimension de durabilité. Des propriétés dites de gouvernance axées sur la qualité des processus sont également proposées²². Ces dernières complètent les objectifs économiques, environnementaux et sociaux qui ciblent un état en leur adjoignant des critères qui indiquent la «voie à suivre» (tab. 2, p. 21).

Le système d'objectifs met en lumière l'importance non seulement écologique mais aussi économique et sociale que revêt la ressource sol. Il est essentiel que la politique des sols prenne cette conjoncture en considération. Le système d'objectifs sert également à mettre en évidence les diverses répercussions des différentes recommandations d'action (chapitre 4, p. 28). A l'inverse, les critères présentés ne sont pas (ou pas encore) opérationnalisés (synthèse thématique ST4 du PNR 68 «Plateforme d'information des sols suisse» [PIS-CH]²³).

Comme mentionné, certains objectifs peuvent potentiellement entrer en conflit. L'utilisation du sol à des fins économiques (Eco1) – par exemple, en tant que

Tableau 1
Système d'objectifs pour une utilisation durable du sol et du territoire.

Dimension	Critères	Description
Performance économique	Eco1 Permettre une utilisation du sol par l'économie	– Les besoins économiques des utilisateurs sont satisfaits (habitat, travail, exploitation agricole et forestière, infrastructures, tourisme, etc.).
	Eco2 Éviter les charges financières	– Les budgets publics et privés sont ménagés (faibles coûts des mesures de prévention et d'exécution et de réparation des dommages).
	Eco3 Gérer efficacement l'utilisation du sol	– La gestion de l'utilisation du sol s'effectue sur la base d'un système efficace qui offre de véritables incitations à long terme, en particulier par l'intermédiaire du système de prix, en tenant compte des aspects écologiques et sociaux.
Responsabilité écologique	Env1 Garantir la quantité du sol	– Une perte de sol quantitative, en particulier de terres arables, est évitée. – Le sol est protégé en tant qu'espace vital pour la flore et la faune.
	Env2 Garantir la qualité du sol	– Les fonctions du sol sont préservées. – Le sol est protégé des menaces qualitatives (compaction, érosion, mouvements de terrain gravitaires, perte de matière organique, perte de biodiversité, contamination, acidification/eutrophisation, salinisation, inondations, imperméabilisation).
	Env3 Enrayer le changement climatique	Afin de contribuer à la protection du climat, – le sol est protégé en tant que puits de carbone et – les émissions exerçant un impact climatique sont minimisées ou évitées.
Solidarité sociale	Soc1 Viser une solidarité régionale, sociale et intergénérationnelle	– Equilibre social : des utilisations équitables sont possibles pour tous les groupes sociaux. – Equité régionale : une utilisation équitable est possible dans toutes les régions de la Suisse. – Solidarité entre les générations : les générations futures pourront aussi disposer de la ressource sol dans une quantité et une qualité encore suffisantes. – Solidarité internationale : les activités de la Suisse (en particulier importations, investissements à l'étranger) prennent en considération les exigences des autres pays envers leurs sols.
	Soc2 Préserver les valeurs socioculturelles	– La signification du sol pour la culture (par ex. agriculture traditionnelle), les loisirs et le tourisme (paysages) est préservée.
	Soc3 Promouvoir et protéger la santé humaine	– Une production de denrées alimentaires saines demeure possible. – Les besoins pertinents en matière de santé (par ex. calme, repos à la campagne) sont satisfaits.

Tableau 2
Propriétés axées sur les processus d'une politique durable des sols.

Dimension	Critères	Description	
Qualité des processus d'une politique durable des sols	Q1	Garantir la transparence, la fonctionnalité et la cohérence des structures et des processus	<ul style="list-style-type: none"> – Institutions et processus fonctionnels et efficaces – Définition claire des droits et des obligations, en particulier en ce qui concerne les droits d'utilisation et de protection – Mécanismes performants de résolution des conflits
	Q2	Promouvoir la participation	<ul style="list-style-type: none"> – Prise en compte des acteurs pertinents – Possibilités de contribution suffisantes – Transparence des processus
	Q3	Préserver l'adaptabilité	<ul style="list-style-type: none"> – Capacité d'apprentissage – Capacité à réagir rapidement et efficacement aux changements – Accès aux ressources, aux technologies et aux connaissances

lieu d'habitat ou de travail – et la préservation en parallèle de la quantité et de la qualité du sol représentent à cet égard un défi de taille.

Certains objectifs sont interdépendants, ou bien se recoupent. A titre d'exemple, une production de denrées alimentaires saines (Soc3) n'est possible que si le sol est disponible en quantité suffisante (Env1) et dans la qualité requise (Env2) pour l'exploitation agricole. Par principe, la qualité du sol ne peut être garantie que sur les sols non imperméabilisés (Env2), raison pour laquelle l'objectif Env2 est tributaire de l'objectif Env1.

Le système d'objectifs soulève de nombreuses questions auxquelles il n'est pas possible de répondre dans le cadre de la ST5. Dans quelle mesure ces objectifs peuvent-ils être quantifiés et étayés par des indicateurs? Jusqu'à quel point peuvent-ils être respectivement mis en perspective? Où se situent les limites de la capacité du sol, en particulier en cas de perte irréversible de fonctions écolo-

giques? Est-il possible, opportun voire urgent de définir des valeurs cibles pour la quantité et la qualité du sol (point 2.2): quelle superficie peut-on encore imperméabiliser, autrement dit quelle superficie de sol de bonne qualité doit-on préserver?

Comme indiqué plus haut, il n'apparaît pas clairement où ces limites devraient se situer. Force est néanmoins de constater qu'à long terme, il se révélera indispensable de freiner puis de stopper l'imperméabilisation des sols et la dégradation de leurs fonctions écologiques¹. La question qui se pose est la suivante: à quelle vitesse et avec quels moyens ce changement peut-il intervenir sans que les objectifs économiques et sociaux soient négligés – car une politique durable des sols se doit de prendre en considération toutes les dimensions impliquées.

Qu'est-ce qui exerce un impact sur le sol ?

Scénarios et actions requises

3.1 Modèle d'impact d'une utilisation durable du sol

Le modèle d'impact sur lequel se fonde le modèle conceptuel de la ST5 s'appuie sur le concept fondamental du PNR 68, à savoir la « contribution du sol aux services écosystémiques »². Ce dernier est présenté ci-dessous sous une forme extrêmement simplifiée. La moitié supérieure de l'illustration 7 indique comment la quantité et la qualité du sol se traduisent par des bénéfices pour les êtres humains, l'environnement et l'économie. Comme précisé, les facteurs et les mesures politiques (champs jaune et bleu) sont au centre de la ST5. Ces derniers influencent l'utilisation du sol et du territoire (champ vert) :

- Les facteurs connaissent des variations qui sont en partie dues à des influences exogènes (par ex. croissance démographique), mais qui peuvent également relever de mesures politiques (par ex. type d'utilisation du sol, politique commerciale internationale). L'évolution enregistrée par les facteurs – qui sera ultérieurement représentée sous forme de différents scénarios (point 3.2) – entraîne à son tour des modifications de la demande en sol, des conditions cadres relatives à l'utilisation du sol ou des techniques utilisées.
- La politique réagit en premier lieu aux changements effectifs ou attendus des bénéfices et des valeurs. Si des objectifs économiques, sociaux ou écologiques ne sont plus atteints, il est nécessaire d'apporter une réponse politique. Elle définit alors des mesures dans différents secteurs (exploitation agricole et forestière ou aménagement du territoire), mais aussi dans des domaines politiques (environnement, infrastructures, migration, tourisme et politique régionale) afin d'optimiser l'utilisation du sol et, par exemple, de réduire

la pression s'exerçant sur cette ressource. Les activités politiques intersectorielles, comme la coopération internationale, l'information et la sensibilisation, s'avèrent également pertinentes. L'un des principaux défis consiste à relier les instruments et les perspectives de l'aménagement du territoire (bidimensionnels) à la politique qualitative des sols (tridimensionnelle). (Des modifications des facteurs ou de l'utilisation du territoire peuvent également déclencher des réactions politiques, celles-ci n'ont néanmoins pas été intégrées au graphique par souci de simplification.)

- Seules les mesures politiques acceptées sont mises en œuvre au moyen d'un instrument correspondant. Afin que celles-ci puissent au final exercer leurs effets, leur exécution doit être effective. La ST5 décrit également à quoi ressemblent l'acceptation et l'exécution de diverses mesures à différentes étapes du cycle politique (réflexion, décision, mise en œuvre/exécution, évaluation).
- La qualité du sol évolue et la quantité de sol se modifie en fonction de l'endroit et de la manière dont les acteurs utilisent cette ressource (cercle marron). Ces facteurs déterminent dans quelle mesure le sol peut encore assurer ses fonctions et quels sont les SES qu'il est capable de fournir. Les SES génèrent un bénéfice ou une valeur pour la société et l'économie (champs marron). Un système d'objectifs, tel qu'exposé au point 2.3, constitue l'une des possibilités de représenter ces valeurs.

3.2 Scénarios pour l'utilisation de la ressource sol

L'une des lacunes de la politique des sols menée jusqu'à présent est qu'il est difficile de discerner dans quelles conditions

Illustration 7
Modèle d'impact et concept
de la ST5.

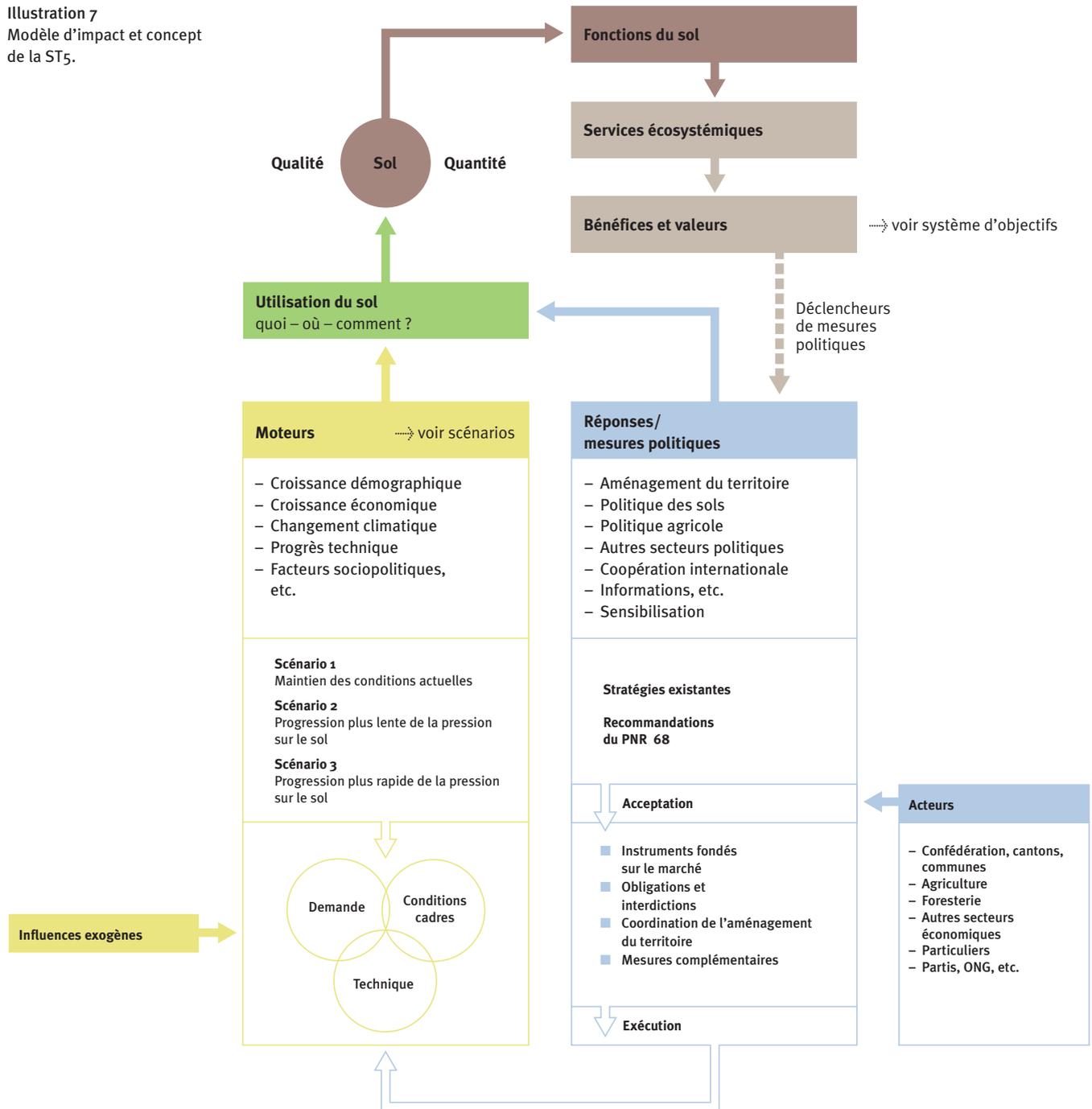
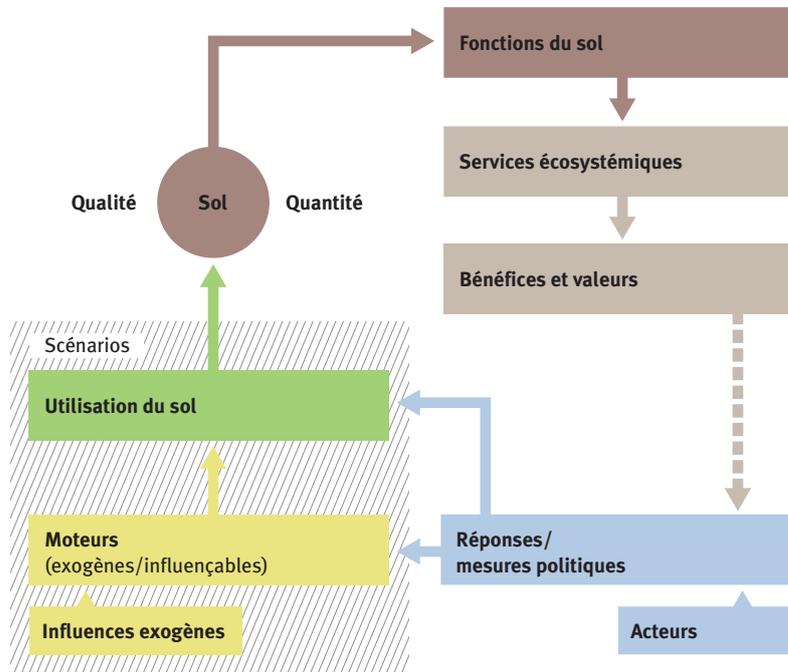


Illustration 8
Intégration des scénarios
au modèle d'impact.



certaines objectifs (par ex. écologiques) ne sont plus atteints. A titre d'illustration, si la politique climatique définit clairement scénarios, valeurs cibles et actions requises, ces bases font entièrement, ou partiellement, défaut en ce qui concerne la politique des sols. Dans le cadre de la présente synthèse, il n'était pas possible d'élaborer des scénarios quantitatifs exhaustifs. Afin d'étayer la réflexion qualitative relative à l'utilisation future des sols, trois scénarios seront examinés :

Scénario (de référence) 1 :

« Maintien des conditions actuelles »

Scénario 2 :

« Progression plus lente de la pression sur le sol »

Scénario 3 :

« Progression plus rapide de la pression sur le sol »

Ces scénarios sont présentés dans le tableau 3. Si des quantifications approximatives ont été utilisées afin d'éclairer certains aspects et ne sont pas fondés sur des modélisations. Ils visent à mettre en évidence quels sont les facteurs et les influences exogènes qui exercent un impact sur l'utilisation du sol et quels sont les cas dans lesquels la pression s'exerçant sur les sols progresse ou régresse (Ill. 8). Ces scénarios ont permis d'estimer les mesures requises pour que certains objectifs puissent être atteints (extrapolation rétrospective).

3.3 Lacunes en matière d'objectifs et actions requises

Les trois scénarios (tab. 3, p. 26–27) mettent en évidence comment l'évolution de différents facteurs pourrait modifier l'utilisation future du sol. Ils font par ailleurs

apparaître que la « politique des sols » au sens strict n'est pas la seule à déterminer ces évolutions qui relèvent davantage de divers facteurs parfois difficiles à influencer. La représentation desdits facteurs illustre précisément la complexité de la question du sol.

Les trois scénarios retenus font apparaître des conflits d'objectifs. Le scénario 2 apporte des améliorations écologiques qui vont de pair avec des préjudices économiques. Privilégiant une utilisation fortement axée sur l'économie, le scénario 3 entraîne des nuisances écologiques élevées. Le scénario 1 se situe entre les deux.

La principale conclusion est que la quantité et la qualité du sol demeurent sous pression même en cas de croissance démographique et économique faible et de réchauffement climatique modéré. Aucune des évolutions envisagées par les trois

scénarios ne parvient à supprimer entièrement la pression exercée sur le sol. Il est par conséquent urgent d'agir – et ce, même si les conditions cadres devaient évoluer dans une direction favorable au sol¹.

Contrairement à ce qui est le cas dans d'autres domaines politiques, par exemple, en matière de climat ou d'énergie, des scénarios solides, basés sur des aspects quantitatifs et mettant en lumière les mesures à adopter font toujours défaut pour le sol. Etablir des modèles de ce type apparaît très difficile du fait des disparités régionales et des propriétés complexes et corrélées présentées par les sols. Le projet MITAGE du PNR 68 a néanmoins élaboré des approches en sens (encadré, ci-dessous). Afin de pouvoir évaluer et de mieux identifier les actions politiques requises, il serait judicieux de poursuivre leur développement.

Projet MITAGE du PNR 68

Le projet MITAGE du PNR 68 fournit des éléments essentiels pour élaborer des « scénarios du sol ». Il s'appuie sur différents modèles prédictifs prenant en considération la croissance démographique, la surface accaparée par habitant, les besoins en surfaces agricoles, le degré d'intervention et de régionalisation pour déterminer quel sera le mitage du territoire en 2035. En ce qui concerne le degré d'intervention, le projet différencie si une avancée de la forêt peut ou non être autorisée au-dessus de 900 mètres d'altitude et s'il est permis de construire sur des terres arables uniquement à l'intérieur des zones à bâtir ou également en dehors de celles-ci. En cas de régionalisation marquée, la croissance urbaine se concentre plus fortement sur les centres régionaux et les villages et moins sur les zones résidentielles. Si l'utilisation du sol se poursuivait comme jusqu'à présent, les zones urbanisées croîtraient de 23,4% d'ici 2035 et les surfaces boisées de 3,1% tandis que les surfaces agricoles exploitées de manière intensive et les pâturages reculeraient respectivement de 10% et 3%²⁴.

Le projet identifie également les principales causes du mitage :

- Accessibilité
- Mobilité (part des pendulaires au sein de la population)
- Prospérité des communes

Le projet s'était limité à observer l'évolution du mitage et de l'utilisation du territoire. A l'inverse, les trois scénarios de la ST5 examinent en détail la qualité du sol et son utilisation, mais uniquement d'un point de vue qualitatif.

Tableau 3

Scénarios pour l'utilisation de la ressource sol: chiffres clés²⁴⁻²⁷.

* Projet MITAGE du PNR 68

** Le projet démontre que le degré de mitage est plus important dans les communes prospères, ce qui tend à augmenter la pression s'exerçant sur les sols. Un PIB plus élevé par habitant augmenterait par suite aussi la demande en surfaces.

Principaux facteurs d'influence	Impact sur l'utilisation du sol
Croissance démographique: de 2015 à 2035 selon les scénarios de l'évolution démographique de l'ORS ²⁸	Un accroissement de la population induit une hausse des besoins en : <ul style="list-style-type: none"> – Lieux d'habitat et de travail – Surfaces dédiées à la mobilité – Surfaces pour la production de denrées alimentaires (ou des importations)
Croissance économique	La croissance économique induit une hausse des besoins en : <ul style="list-style-type: none"> – Lieux d'habitat et de travail ** – Surfaces dédiées aux loisirs et à la mobilité
Changement climatique et dangers naturels: scénarios de non-intervention sur les émissions A1B et A2, ainsi que scénario de stabilisation RCP3PD d'après les scénarios du changement climatique en Suisse CH2011 ²⁹	Impact du changement climatique sur la qualité du sol (selon la stratégie climatique): <ul style="list-style-type: none"> – Progression de l'érosion – Baisse de la stabilité des pentes – Baisse de l'humidité du sol – Dégradation et composition de l'humus, minéraux du sol – Modification de la capacité de stockage du CO₂
Progrès technique	Le progrès technique permet des solutions innovantes, par ex. dans l'exploitation du sol.
Facteurs sociopolitiques	
Sensibilisation à la rareté de la ressource sol	De meilleures informations peuvent accroître la reconnaissance de l'importance et de la valeur de la ressource sol dans les décisions.
Accessibilité (intégrer éventuellement les perspectives d'évolution du transport)	Une bonne accessibilité est considérée comme un facteur de mitage*, à l'inverse une desserte réduite ou onéreuse, en particulier du trafic individuel motorisé (TIM), freine le mitage.
Structures d'habitat et de travail (densité vs mitage)	Si des implantations centrales sont privilégiées pour les structures d'habitat et de travail, la croissance économique et urbaine se concentre dans les villes → densité plutôt que mitage* → perte quantitative de sol plus faible.
Comportement alimentaire	Une consommation individuelle plus élevée et la focalisation sur les produits carnés et lactés ainsi que la régionalisation de l'alimentation induisent une hausse des besoins en surfaces agricoles ³¹ .
Structures sociales et démographiques modifiant les besoins en surface habitable par habitant	Entre autres: plus de ménages à une personne, vieillissement de la population → hausse de la consommation de surface habitable par habitant*
Facteurs internationaux	
Politique commerciale internationale / Globalisation	L'ouverture des marchés permet l'achat de denrées alimentaires à l'étranger → moins de terres sont exploitées en Suisse, mais la pression exercée sur les agriculteurs augmente parallèlement, si bien qu'ils tendent à choisir des formes d'exploitation plus extensives.
Politique migratoire	Ouverture des marchés du travail → migration plus élevée → hausse de la demande de logements → croissance démographique, autres exigences en termes d'alimentation ³¹

Scénario de référence 1 : « Maintien des conditions actuelles »	Scénario de référence 2 : « Progression <u>plus lente</u> de la pression sur le sol »	Scénario de référence 3 : « Progression <u>plus rapide</u> de la pression sur le sol »
Croissance modérée : + 18,2 % à 9,9 millions d'habitants	Croissance faible : + 11,5 % à 9,3 millions d'habitants	Croissance élevée : + 25,2 % à 10,5 millions d'habitants
L'économie suisse poursuit sa croissance au rythme habituel.	La croissance de l'économie suisse ralentit ou régresse.	La croissance de l'économie suisse s'accélère.
Augmentation des changements d'après le « scénario de non-intervention A1B » (réchauffement de 2,7 à 4,1 °C d'ici la fin du 21 ^{ème} siècle, catastrophes naturelles plus fréquentes et plus violentes, à moyen terme : baisse des précipitations de 18 à 24 %)	Faible augmentation des changements d'après le « scénario de stabilisation » (émissions réduites de 50 % d'ici 2050, réchauffement de 1,2 à 1,8 °C d'ici la fin du 21 ^{ème} siècle, à moyen terme : baisse des précipitations de 10 %)	Augmentation des changements (un peu plus forte que le scénario A1B) d'après le « scénario de non-intervention A2 » (réchauffement de 3,2 à 4,8 °C d'ici la fin du 21 ^{ème} siècle, catastrophes naturelles plus fréquentes et plus violentes, à moyen terme : baisse des précipitations de 21 à 28 %)
Le progrès technique contribue à pallier la pénurie de ressources.	Le progrès technique est fortement encouragé et contribue notablement à la résolution des problèmes.	Le progrès technique ne réussit pas à contribuer notablement à la résolution des problèmes.
Reconnaissance constante de la valeur du sol	Reconnaissance fortement accrue dans les milieux politiques et au sein de la population.	Intérêt moindre pour la ressource sol, les intérêts économiques à court terme prédominent.
Accessibilité constante, en particulier des régions rurales, légère progression de la mobilité	Progression réduite de l'accessibilité, progression réduite de la mobilité	Forte progression de l'accessibilité, forte progression de la mobilité
Urbanisation faible/durable (d'après les perspectives d'évolution du transport 2040, scénario « Balance » ³⁰)	Urbanisation accentuée (d'après les perspectives d'évolution du transport 2040, scénario « Focus » ³⁰)	Pas d'urbanisation mais mitage (d'après les perspectives d'évolution du transport 2040, scénario « Sprawl » ³⁰)
Légère hausse de la consommation par habitant, tendance à une alimentation plus pauvre en viande et plus régionale	Pas de hausse de la consommation par habitant, alimentation végétarienne comme standard	Hausse de la consommation par habitant et de la consommation de produits carnés et lactés
Les facteurs favorisant la consommation de surfaces augmentent légèrement.	Les facteurs favorisant la consommation de surfaces régressent légèrement.	Les facteurs favorisant la consommation de surfaces augmentent fortement.
Poursuite de l'évolution actuelle de la libéralisation	Libéralisation accrue	Fermeture des marchés et régionalisation croissante
Migration stable	Recul de la migration	Progression massive de la migration

Quelle influence la politique peut-elle exercer ?

Champs d'action et mesures

4.1 Aperçu de la politique actuelle et de ses champs d'action

Ce chapitre offre un bref aperçu des stratégies et mesures actuelles en lien avec l'utilisation du sol. D'une manière générale, les politiques suivantes peuvent être différenciées :

Politiques de gestion des utilisations du sol et des atteintes en résultant

- Politiques intersectorielles et coordonnées : politique d'aménagement du territoire, climatique, d'adaptation au changement climatique, etc.
- Politiques agricole et forestière
- Développement de l'urbanisation et aménagement du territoire
- Politiques sectorielles pertinentes pour le sol : politique des transports, énergétique, touristique, régionale ou migratoire

Politiques de gestion des atteintes qualitatives portées au sol (« protection du sol classique »)

- Régulation des émissions dues à différents types d'utilisation (souvent en lien avec les politiques sectorielles mentionnées plus haut, par ex. dans l'agriculture)
- Régulation des atteintes (immissions) et gestion des sols pollués

Bases politiques et mesures complémentaires

- Informations du sol : données et modèles
- Mesures d'information et de sensibilisation

Coopération internationale

En se fondant sur cette subdivision, des propositions de mesures découlant du PNR 68 et d'autres travaux sont présentées ci-après. Les approches actuelles de la politique des sols de la Suisse en constituent le point de départ et sont donc brièvement résumées au préalable³² :

A l'heure actuelle, la Suisse ne dispose ni d'une politique intégrée des sols ni d'une loi abordant la protection quantitative et qualitative du sol d'un point de vue global⁷. La protection quantitative du sol est principalement assurée par le droit de l'aménagement du territoire, la protection qualitative du sol est essentiellement régie par la loi sur la protection de l'environnement (LPE). Outre les prescriptions relatives à la gestion des atteintes portées au sol (art. 33–35), cette dernière contient également des dispositions particulières quant à sa protection, par ex. dans le domaine des déchets ou de la pollution atmosphérique. La loi sur les forêts (LFo), la loi sur l'agriculture (LAg), la loi sur la protection de la nature et du paysage (LPN) et les législations relatives à la chasse et à la pêche formulent également des principes afin de protéger le sol en tant que ressource naturelle et espace vital. De nombreux règlements concernent par ailleurs directement ou indirectement le sol et les atteintes qui lui sont portées, par ex. au titre de la protection des eaux ou de la législation sur les produits chimiques, tout comme diverses prescriptions – toutefois lacunaires – concernant les utilisations du sous-sol^{34,35}.

Pour le moment, une coordination systématique de la protection quantitative et qualitative du sol fait cependant encore largement défaut en Suisse dans la mesure où la protection quantitative du sol, autrement dit l'aménagement du territoire, ne tient pas systématiquement compte des différentes propriétés du sol. La loi (LAT) et l'ordonnance (OAT) sur l'aménagement du territoire (voir entre autres art. 1, al. 2 LAT) ont au moins le mérite d'évoquer la protection du sol et de ses fonctions écologiques. La protection des SDA (art. 1, al. 2 et art. 15, al. 2 LAT) constitue également une première approche allant dans le sens

Illustration 9
Stratégies pertinentes en matière de sol et projets de réforme de la Confédération³³.

- Transsectoriel
- Sol
- Aménagement du territoire
- Forêt
- Agriculture

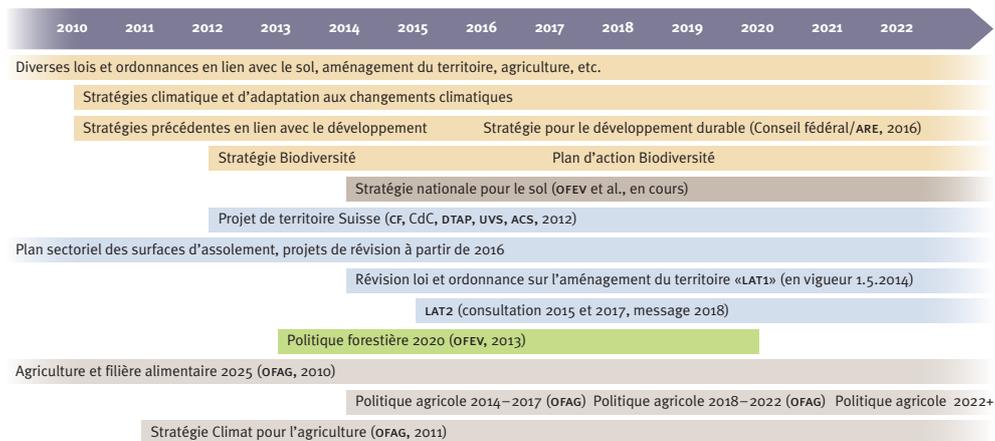


Illustration 10
Champs d'action pour mesures politiques.

Cette illustration représente la structure des champs d'action déterminés par la ST5 dans le but d'une utilisation durable de la ressource sol. Il en ressort que les diverses utilisations quantitatives des surfaces sont tout autant prises en compte que leur dimension qualitative. Les émissions et immissions, qui résultent

directement de certaines utilisations ou portent indirectement atteinte au sol par le biais de l'air ou de l'eau, sont représentées par des flèches. Le champ d'action 7 « Bases politiques et mesures complémentaires » reprend des thèmes transversaux (informations du sol, sensibilisation et recherche).

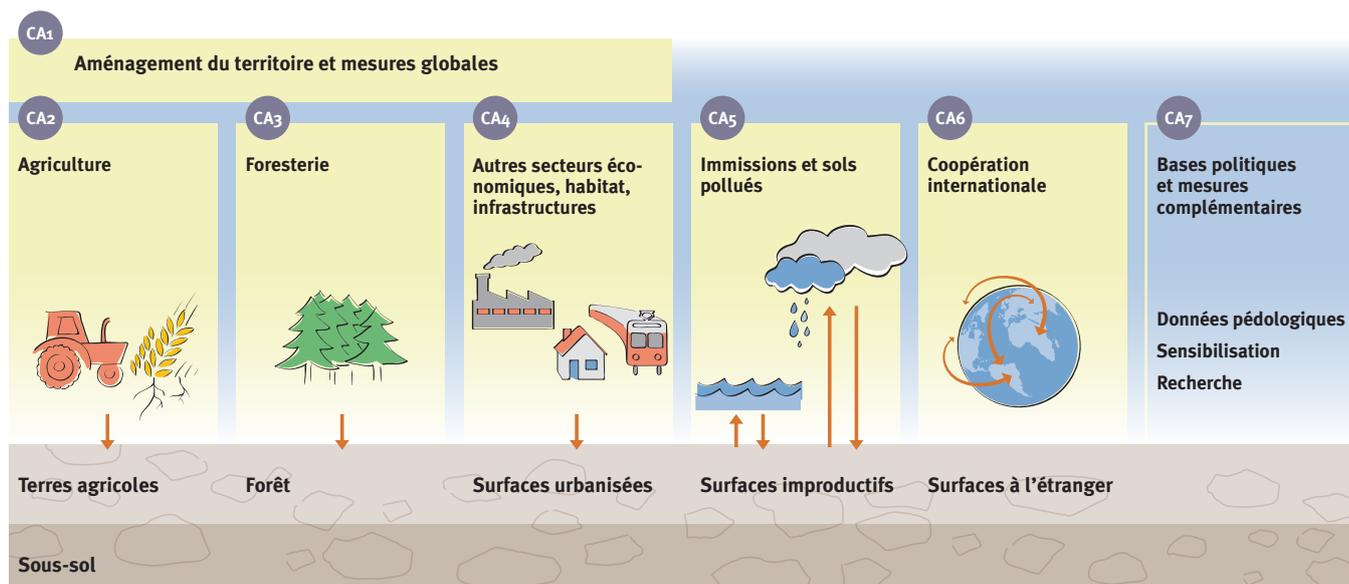
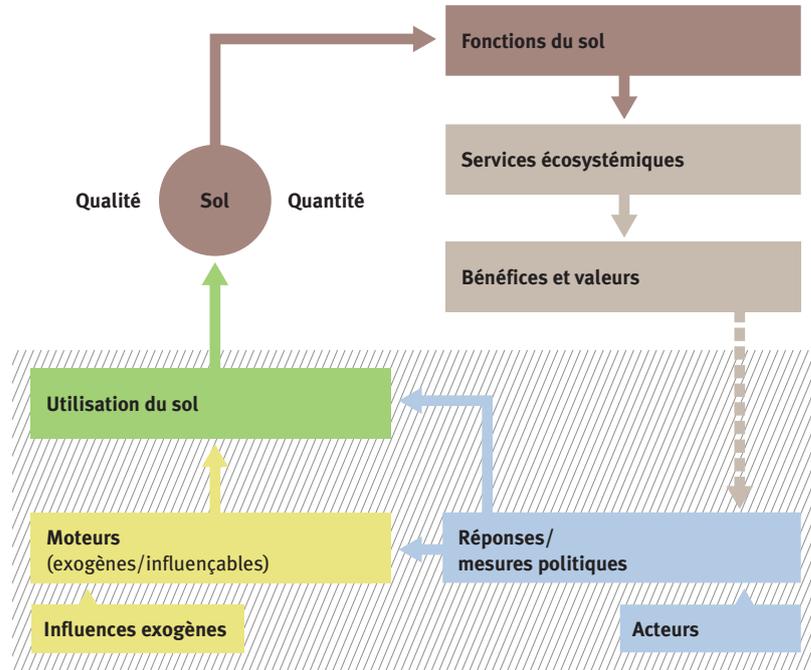


Illustration 11
Détermination des mesures à adopter : focalisation sur le modèle d'impact.



d'une coordination de la protection quantitative et qualitative du sol¹.

Diverses stratégies actuellement poursuivies par la Confédération visent le développement d'une politique du sol pertinente³³. L'illustration 9 représente certaines stratégies sur un axe temporel. La ST3 traite en détail de la politique actuelle dans le domaine de l'aménagement et du territoire. Le premier rapport intermédiaire relatif à la stratégie pour la protection du sol ainsi que le site Internet de l'OFEV donnent un aperçu de la protection qualitative du sol^{7,36}.

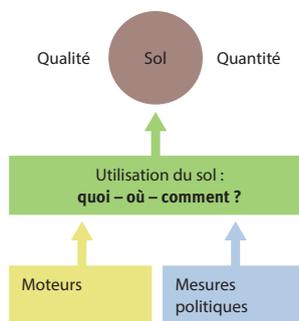
La présente synthèse rassemble ci-après des mesures politiques visant à garantir à long terme la quantité et la qualité du sol. Pour chaque champ d'action, il est indiqué quels sont les facteurs et les mesures politiques existantes qui exercent

une influence spécifique sur une utilisation du sol précise. Il est possible d'en déduire les obstacles à surmonter pour garantir la quantité et la qualité du sol et identifier finalement les mesures ad hoc. La démarche adoptée est axée sur le modèle d'impact précédemment présenté (point 3.1, p. 22).

Les mesures mises en exergue se fondent sur les résultats des différents projets du PNR 68 et les quatre autres synthèses thématiques (qui font plus loin l'objet d'encadrés séparés). Elles intègrent également des éléments issus d'un document préliminaire élaboré par l'OFEV afin de définir des orientations générales pour la gestion durable du sol⁷ ainsi que d'autres publications pertinentes. Les recommandations d'action formulées à la fin de chaque champ d'action résument les mesures les plus importantes.

4.2 CA1 : Aménagement du territoire et mesures globales

Illustration 12
Champ d'action 1 dans le contexte du modèle d'impact.



Facteurs particulièrement pertinents

- Croissance démographique
- Croissance économique : exigences croissantes en matière d'utilisation

Mesures politiques particulièrement pertinentes

- Aménagement du territoire, par ex. plans sectoriels, plans directeurs, révision loi d'aménagement du territoire

Principaux défis

- Expansion des surfaces urbanisées et dédiées aux transports et perte de sol due à l'imperméabilisation
- Répartition territoriale inappropriée des zones à bâtir
- Intégration de la qualité du sol

Par « aménagement du territoire », on entend la coordination de toutes les activités et exigences à incidence spatiale. Il s'agit de déterminer quelles surfaces affecter à quelles utilisations à l'avenir. L'aménagement du territoire constitue donc un champ d'action qui concerne la protection du sol tant par nature et qu'au sens d'une gestion globale. Du point de vue de la protection du sol, il ne s'agit pas exclusivement d'accaparer des surfaces, mais aussi de protéger la qualité du sol et ses fonctions les plus importantes : le sol de haute qualité doit être préservé et protégé autant que possible de l'imperméabilisation. Pour ce faire, l'aménagement du territoire doit intégrer de manière renforcée le critère de la qualité du sol aux processus de gestion et de pesée des intérêts. De nombreuses zones à bâtir sont aujourd'hui situées dans des lieux qui apparaissent inappropriés, non seulement d'un point de territo-

rial (par ex. desserte insatisfaisante des TP), mais aussi parce que leur délimitation néglige la qualité du sol.

« Intégrer la qualité du sol à l'aménagement du territoire » constitue par conséquent l'un des principaux objectifs du champ d'action 1 – et du PNR 68 en général – et cet objectif sous-tend toutes les autres mesures. Cela signifie que l'aménagement du territoire ne doit plus uniquement considérer le sol comme un support de construction, mais l'envisager aussi comme un prestataire de services écosystémiques (loisirs, denrées alimentaires saines, protection contre les crues, etc.) au travers des fonctions (par ex. de production et de régulation) qu'il assume (point 2.1, p. 16). Par sol de bonne qualité, il faut donc entendre un sol qui remplit des fonctions significatives et fournit d'importants SES. Intégrer la qualité du sol à l'aménagement du territoire représente un objectif particulièrement ambitieux. Du fait des tâches de coordination et de protection en lien avec le sol qui lui incombent traditionnellement, ce domaine doit en effet déjà supporter une forte pression pour répondre à des exigences toujours plus nombreuses et plus diversifiées.

4.2.1 Endiguer la perte de sol

a) Aperçu

Au cours des dernières décennies, les surfaces urbanisées ont fortement progressé en Suisse (point 2.1, p. 16). Entre 1985 et 2009, elles se sont ainsi accrues de 6,5% par habitant et poste d'emploi³. Si l'urbanisation enregistre un ralentissement, tout au moins en Suisse occidentale, sa progression n'en demeure pas moins rapide⁵. Quelque 60% des surfaces situées en zone urbaine sont imperméabilisées et ne peuvent plus exercer leurs fonctions écologiques. Freiner l'étalement des zones ré-

sidentielles constitue donc un objectif prioritaire si l'on souhaite juguler les pertes quantitatives et qualitatives de sol.

De nombreux instruments d'aménagement du territoire sont d'ores et déjà mis en œuvre à différents échelons étatiques. Des dispositifs additionnels ont été élaborés et étudiés dans le cadre des projets du PNR 68. Ceux dont l'impact est plus important que celui des instruments précé-

demment mis en place et qui rencontrent parallèlement une adhésion satisfaisante dans le cadre des processus politiques présentent un intérêt particulier. Parmi l'éventail de solutions proposées, aucune ne s'avère optimale en soi³⁷. Par conséquent, l'on aurait plutôt intérêt à combiner les instruments existants – en partie optimisés – à de nouveaux dispositifs.

Nouveaux instruments proposés par les projets du PNR 68

Le projet COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES du PNR 68 présente, en collaboration avec sanu durabilis, un aperçu des instruments dont l'utilisation pourrait être envisagée dans le cadre de l'aménagement du territoire^{37,38}. Il identifie les instruments suivants comme étant « de premier choix » :

- Points d'indice de qualité pédologique (PI) d'après le concept de protection des sols mis en œuvre à Stuttgart (digression, p. 35)¹.
- Protection des sols fertiles et écologiquement précieux: cet instrument de planification réglementaire, qui exclut le sol de haute qualité du classement en zone à bâtir, garantit qu'il soit préservé dans son intégralité.
- Compensation financière en cas de renonciation à l'expansion des zones résidentielles : un renoncement à une expansion des zones résidentielles est pris en considération, autrement dit indemnisé, dans le cadre d'une compensation financière intercommunale.
- Organisation spatiale fonctionnelle avec compétences de planification parallèles: la planification territoriale (plans directeurs et d'affectation) est élaborée parallèlement à l'échelon des agglomérations et des communes.

Le projet INSTRUMENTS POLITIQUES du PNR 68 s'est consacré à trois nouveaux instruments dont les effets et l'acceptation ont été étudiés :

- Taxe d'utilisation des sols : avec prise en compte de la qualité du sol et du mitage.
- Contingentement des points d'indice de qualité pédologique : une consommation maximale de points d'indice est fixée ; également inspiré du concept de protection des sols mis en œuvre à Stuttgart.
- Contingentement des sols de bonne qualité : les sols à indice pédologique élevé sont identifiés et seule une partie d'entre eux peut faire l'objet d'un zonage ou d'une construction.

Au moyen de différents scénarios, le projet PLATEFORME DE DÉCISION du PNR 68 a étudié quelles seraient les répercussions de la prise en compte des SES et des fonctions du sol dans l'aménagement du territoire. Les résultats obtenus démontrent que la ressource sol serait de manière générale mieux protégée. Situés entre les lacs de Greifen, de Pfäffikon et de Zurich, la plupart de sols de la région d'étude assument des fonctions relativement similaires, si bien que la prise en compte de ce facteur n'exerce qu'un faible impact. Les SES divergent en revanche plus fortement, en particulier en ce qui concerne les prestations récréatives (espaces de loisirs, sports et activités de plein air) et leur prise en considération influe plus notablement sur les décisions d'aménagement du territoire. D'après les modèles, ce sont surtout les surfaces agricoles présentant un faible potentiel de SES qui font les frais de ce scénario qui prévoit de les imperméabiliser en priorité. La modélisation considérant la fonction de production comme un SES, il ne s'agit néanmoins généralement pas des meilleurs sols agricoles.

L'urbanisation ne saurait être restreinte sans privilégier le développement intérieur. Pour atteindre cet objectif, il est entre autres nécessaire que les cantons et les communes parviennent à bien gérer les surfaces. Leurs efforts en ce sens doivent être soutenus par la recherche, la diffusion de bonnes pratiques et, le cas échéant, par une adaptation de la législation en vigueur¹. Les projets du PNR 68 ont globalement développé des instruments intéressants et en partie novateurs. Il convient à cet égard de mentionner spécialement le guide consacré aux instruments politiques qui a été

élaboré dans le cadre du projet COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES du PNR 68 en collaboration avec sanu durabilitas³⁸. Il comprend des fiches d'information sur de nombreux instruments qui explicitent comment ils pourraient être mis en pratique et quels sont les avantages et les inconvénients qu'ils présentent. Les discussions nouvellement entamées à propos des instruments destinés à intégrer la qualité du sol à l'aménagement du territoire, les recherches effectuées sur les instruments existants de compensation des plus-values ou les syn-

Taxe sur la plus-value : soutien limité des déclassements

Les terrains nouvellement classés comme constructibles par les communes voient leur valeur fortement augmenter. L'instrument de la taxe sur la plus-value exige des propriétaires fonciers qu'ils reversent une partie de cette valeur ajoutée. La première révision partielle de la loi sur l'aménagement du territoire (LAT 1) a établi que les cantons devaient introduire une taxe d'au moins 20% afin de compenser ces plus-values. Le projet COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES du PNR 68 a consacré une étude de cas aux taxes contractuelles qui avaient volontairement été introduites par les communes du canton de Berne avant même la mise en œuvre de la LAT 1. De nombreuses communes n'avaient pas adopté de taxe sur la plus-value, car elles considéraient que celle-ci constituait un frein au développement. Cette étude de cas a révélé que la future mise en œuvre de la taxe sur la plus-value se heurtait à deux problèmes : si celle-ci permet de compenser la valeur ajoutée résultant de l'aménagement du territoire et, par voie de conséquence, les bénéfices engendrés par le classement de terrains en zone à bâtir, elle échoue à encourager directement les déclassements. Lorsque les zones à bâtir sont surdimensionnées, il est rare que de nouvelles soient délimitées. Des taxes sur la plus-value n'ont donc pas à être versées et leur contribution au financement des compensations pour déclassement s'en trouve de fait très limitée. Et lorsque des compensations sont exigibles, elles ne concernent généralement pas les communes qui perçoivent les revenus de ces taxes. Il faudrait donc plutôt envisager de recourir à des mécanismes de compensation mutualisés à l'échelon intercommunal ou cantonal ainsi qu'à d'autres instruments incitatifs pour promouvoir les déclassements^{39, 40}.

Instrument novateur : syndicats d'améliorations foncières et d'aménagement du territoire dans le canton de Vaud

Le projet COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES du PNR 68 s'est également intéressé à l'instrument en cours d'élaboration que constituent les syndicats d'améliorations foncières et d'aménagement du territoire de plusieurs sites dans le canton de Vaud. Celui-ci apparaît prometteur dans la mesure où les droits d'établir des zones constructibles surdimensionnées pourraient être retirés aux communes périurbaines et transférés aux agglomérations afin d'y densifier des zones adaptées. Afin d'obtenir la meilleure configuration possible, le projet recommande entre autres de n'impliquer qu'un nombre limité de propriétaires fonciers.

dicats d'améliorations foncières et d'aménagement du territoire s'avèrent également d'une grande utilité.

b) Tester les instruments d'aménagement du territoire prenant en considération la qualité du sol

L'un des principaux objectifs de la protection du sol est d'endiguer la perte de sol de haute qualité. Trois instruments intégrant la qualité du sol à l'aménagement du territoire ont été analysés plus en détail dans le cadre des projets *COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES ET INSTRUMENTS POLITIQUES* du PNR 68 (encadré, p. 36).

■ **Taxe d'utilisation du sol**

Il s'agit d'un instrument d'économie de marché incitatif. Lorsqu'une surface est utilisée à des fins de construction, une taxe unique dépendant non seulement de la surface mais aussi de la qualité du sol deviendrait exigible : plus la qualité du sol serait bonne, plus la taxe serait élevée. Cet instrument financier permettrait ainsi de protéger de la construction les surfaces de qualité élevée.

■ **Contingentement des points d'indice de qualité pédologique**

Comme dans le concept de protection des sols mis en œuvre à Stuttgart (digression, p. 35), le capital total de qualité du sol serait évalué (par ex. via des points d'indice). Un contingent de points d'indice pouvant être consommés serait ensuite fixé. Par ailleurs, les contingents pourraient être répartis de manière à pouvoir être négociés.

Une simulation réalisée dans le cadre des projets *COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES ET INSTRUMENTS POLITIQUES* du PNR 68 a démontré l'efficacité du contingentement des points

d'indice de qualité pédologique. Il permet en effet de préserver une qualité élevée du sol à plus long terme. Le fait d'affecter des sols de haute qualité à la construction entraînant la consommation d'une grande partie du contingent, le développement intérieur s'en trouverait privilégié et les nouveaux bâtiments seraient en priorité érigés sur des sols considérés comparativement comme de moindre qualité. Il existe néanmoins un risque que de nouveaux points d'indice soient attribués aux cantons ou aux communes une fois leurs contingents épuisés. Afin d'éviter cela, la ST3 propose que la Suisse fixe des valeurs limites communes à l'échelle nationale en matière de consommation de la qualité du sol¹.

Au plan international, le problème est cependant encore loin d'être résolu : limiter la consommation des sols suisses ne réduit pas la consommation de sols étrangers, qui devrait par ailleurs tendre à s'accroître si la consommation de sol devient plus difficile ou plus onéreuse en Suisse.

■ **Plan sectoriel SDA PLUS**

Elargissement du plan sectoriel SDA (PS SDA) aux surfaces à multifonctionnalité élevée, c'est-à-dire qui présentent globalement une bonne qualité de sol (projets *COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES ET INSTRUMENTS POLITIQUES* du PNR 68) : par principe, le PS SDA permet d'identifier les meilleurs sols et de définir un contingent minimal de «sols de bonne qualité» à préserver. Selon l'actuel PS SDA, les sols sont classés comme des SDA lorsqu'ils présentent une aptitude culturelle élevée. Outre la fonction de production du sol, le PS SDA PLUS considère d'autres fonctions (régulation ou habitat) voire des SES (prestations récréatives, production) comme déterminants lorsqu'il s'agit d'identifier les sols de «bonne qualité».

Contrairement à ce que permettrait un contingentement des points d'indice, la perte de sols de bonne qualité ne pourrait pas être compensée par la préservation de sols de moindre qualité grâce à un PS SDA PLUS. Une première simulation a montré que, d'un point de vue quantitatif, cet instrument n'apporte pas non plus une

protection réellement accrue de la qualité des sols agricoles par rapport à l'actuel PS SDA⁴¹. Ce résultat n'est pas vraiment surprenant, car la plupart des meilleures terres arables sont profondes et fertiles et affichent un très bon régime hydrique, si bien qu'elles sont déjà protégées en tant que SDA. Par conséquent, protéger les SDA

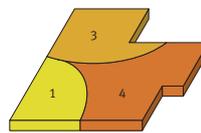
Digression Concept de protection des sols de la ville de Stuttgart⁴²

Introduit à Stuttgart en 2006, ce concept de protection des sols est considéré comme précurseur. Son caractère novateur réside dans le fait qu'il prend en compte la qualité du sol, qui n'est plus uniquement considéré comme une surface bidimensionnelle, lors de la planification, de la gestion et de l'évaluation du développement des zones résidentielles⁴³.

Pour ce faire, la ville de Stuttgart a répertorié les futures surfaces constructibles en pondérant leur valeur. Pour appliquer cet instrument, il est nécessaire que la qualité du sol soit déterminée sur la base d'une évaluation globale de la fonctionnalité des sols. Chaque surface se voit attribuer un niveau de qualité du sol (compris par ex. entre un et dix points d'indice). Les surfaces sont ensuite multipliées par les points d'indice afin d'obtenir le capital global de points d'indice pédologiques disponibles dans un certain périmètre, en l'occurrence la ville de Stuttgart. Les sols déjà imperméabilisés et les zones protégées ne sont pas pris en considération. Le concept de protection des sols fixe la consommation maximale de points d'indice de qualité pédologique (PI) pouvant être tolérée (contingentement). Enfin, ce contingent est exploité de manière ciblée. A Stuttgart, cela signifie concrètement que les taux de consommation baissent d'année en année tandis que le développement intérieur est simultanément renforcé.



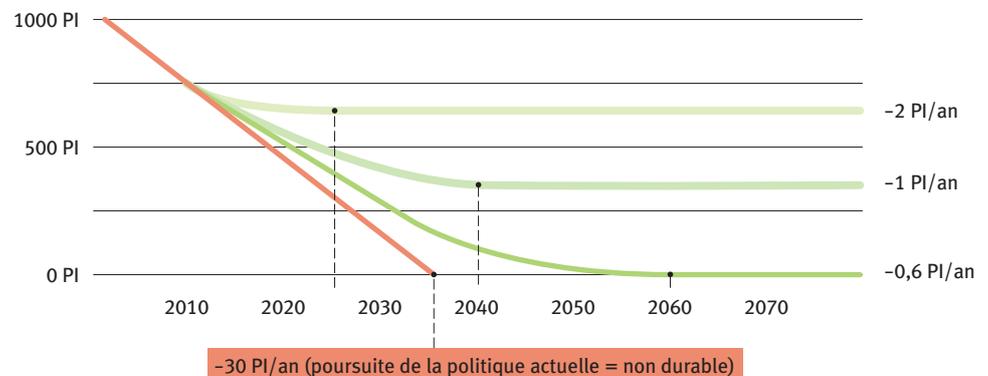
Le sol est une
« surface » → quantité



... et aussi une
« valeur » → qualité

Illustration 13
Scénarios pour la consommation de points d'indice dans le cadre du concept de protection des sols de la ville de Stuttgart.

Si les taux de consommation ne reculaient pas chaque année, les points d'indice de qualité pédologique (PI) seraient consommés dès 2035 et Stuttgart aurait uniquement la possibilité de se développer vers l'intérieur⁴³.



Efficacité des instruments politiques – résultats des projets du PNR 68

Projet du PNR 68/

Impact mesuré en termes de :

Résultat :

COMPENSATION DES PLUS-VALUES
ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES

→ Développement territorial
adapté des zones résidentielles

Gestion communale ou suprarégionale ?

Le projet indique les raisons pour lesquelles l'urbanisation devrait être gérée à l'échelon suprarégional. Les communes ne sont pas assez étendues pour pouvoir compenser les plus-values et les moins-values économiques et écologiques résultant de l'expansion urbaine. Le projet fournit des arguments et des recommandations afin que la gestion intercommunale telle que prescrite par la LAT 1 soit perfectionnée. Du point de vue de l'aménagement du territoire, il apparaît dans de nombreux cas judicieux de permettre, par ex. au moyen de coefficients d'utilisation plus élevés, la réalisation d'une plus-value dans les zones centrales. La compensation de cette plus-value pourrait générer des fonds afin d'indemniser les communes ayant renoncé à un « développement ». Des systèmes compensatoires existent déjà indirectement du fait de la péréquation financière et de la compensation des charges, mais ils pourraient être remplacés par un instrument spécifique.

COMPENSATION DES PLUS-VALUES
ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES

→ Pertes de SES

Plans de zones ou instruments basés sur le marché ?

Dans le cadre d'une modélisation, les plans de zones habituels ont été comparés à des instruments incitatifs basés sur le marché visant à contrôler l'utilisation du sol. La taxe d'utilisation du sol ou le contingentement des points d'indice – éventuellement associé à une négociation des contingents – en constituent des exemples. Ce sont le type de commune et les SES que le sol lui fournit ou qui sont pris en compte dans la modélisation qui déterminent l'instrument le mieux adapté. Le projet recommande par conséquent que tout instrument choisi à l'échelon communal soit spécifiquement adapté aux conditions locales.

INSTRUMENTS POLITIQUES
PLATEFORME DE DÉCISION

→ Pertes de qualité du sol

Instruments basés sur le marché ou réglementaires ?

Lors des analyses de modèles, les instruments basés sur le marché se sont révélés aussi efficaces que les instruments réglementaires. En ce qui concerne les instruments basés sur le marché (par ex. taxes), il faudrait que des taux élevés soient exigés pour exercer un impact réel, ce qui nuit à leur acceptation. L'adhésion rencontrée dépend aussi fortement de l'instrument en lui-même, de son intensité et surtout de l'implication personnelle du public cible. Il n'est donc pas possible de se prononcer de manière générale sur le type d'instrument le « mieux » adapté, mais les instruments basés sur le marché pourraient tout à fait recueillir l'adhésion nécessaire pour trouver leur place dans l'aménagement du territoire.

MITAGE

→ Degré de mitage

Instruments basés sur la négociation ou réglementaires ?

Les instruments basés sur la négociation apparaissent adaptés voire nécessaires pour les projets complexes ou dans les communes importantes afin d'équilibrer les intérêts et de rencontrer une bonne acceptation. Les instruments réglementaires simples sont plus faciles à utiliser et suffisants pour les projets de moindre envergure. Dans la mesure où les ressources humaines sont généralement plus limitées et où les projets tendent à être moins importants dans les petites communes, le projet parvient à la conclusion que les instruments réglementaires leur sont plus adaptés.

revient souvent aussi à protéger d'autres fonctions importantes du sol. Ce constat n'est néanmoins pas généralisable: par exemple, la production agricole intensive porte en partie atteinte à la fonction d'habitat, de sorte que le concept de protection multiscalair du **PS SDA PLUS** se révélerait avantageux dans de telles circonstances.

Au lieu d'être utilisés à large échelle, de tels instruments pourraient également être appliqués à un périmètre restreint. A Stuttgart, le contingentement des points d'indice est ainsi limité à la ville de Stuttgart. Cela entraîne néanmoins d'autres problèmes: les grands projets de construction peuvent, par exemple, être transférés à la limite de l'agglomération dans des secteurs où le contingentement ne s'applique plus. Le risque est le même lorsque la qualité du sol n'est contingentée que dans certaines communes ou cantons. Il n'en demeure pas moins que les instruments évoqués pourraient être introduits à titre d'essai.

Quelques projets du **PNR 68** ont étudié l'efficacité des instruments politiques (encadré, p. 32). Ces réflexions devraient être prises en considération lors de la conception concrète et de la sélection des instruments à utiliser.

L'impact des instruments proposés a pour l'instant uniquement été testé au moyen de modélisations. Avant qu'ils puissent être utilisés dans la pratique, il serait nécessaire que leur développement concret soit poursuivi. Leur efficacité en termes de protection de la qualité du sol dépend également des types de sol présents dans la commune ou la région concernée, des aspects (indicateurs) de la qualité du sol pris en considération et des données pédologiques disponibles. Les modélisations du projet **PLATEFORME DE DÉCISION** du

PNR 68 ont, par exemple, démontré que les sols de la région étudiée – l'Oberland zurichois – étaient relativement homogènes dans les réserves de zones à bâtir et que la prise en compte de leur qualité n'exerçait, par conséquent, qu'un faible impact sur l'aménagement du territoire: quelle que soit la surface sélectionnée, l'implantation de nouvelles constructions affecterait de toute façon des sols de bonne qualité. Le résultat serait tout autre si les **SES**, et en particulier les prestations récréatives (espaces de loisirs, sports et activités de plein air), étaient intégrées au processus décisionnel. La structure résidentielle s'en trouverait de fait influencée, car les prestations récréatives relèvent d'une répartition spatiale très hétérogène et prédominent dans des zones spécifiques. La prise en compte des propriétés du sol influe plus notablement sur les décisions d'aménagement dans les régions où la qualité des sols présente de plus fortes variations, ce qui explique qu'un impact plus marqué soit obtenu lorsqu'il est recouru à des cartes du sol à haute résolution qui font apparaître les différences existant à plus petite échelle.

Indicateurs du sol pour la Suisse

L'étude focalisée **INDICATEURS DU SOL** du **PNR 68** a vérifié si deux indices de qualité pédologique différents seraient applicables à la Suisse. L'indice Wolff correspond à l'indicateur utilisé à Stuttgart (digression, p. 35), l'indice **SQUID** a lui été développé par l'équipe du projet. Les fonctions du sol jouent un rôle déterminant dans leur calcul: une carte a ainsi été établie pour chaque fonction du sol et chaque site. Dans le cas de l'indice **SQUID**, l'équipe du projet est allée encore plus loin en évaluant les **SES** fournis par le sol. Les évaluations relatives à chaque site ont ensuite été agrégées afin d'établir un indice de qualité pédologique compris entre 1 et 5.

Le manque d'informations du sol constitue le principal obstacle à la mise en œuvre des trois instruments proposés – taxe d'utilisation du sol, contingentement des points d'indices pédologiques et élargissement du *PS SDA*. A l'heure actuelle, des données pédologiques homogènes ne sont pas disponibles au plan national et il n'est pas non plus prévu d'en recueillir sur l'ensemble du territoire (détails au CA7, p. 69). Les informations correspondantes permettraient d'élaborer un indice pédologique simple – fondé sur les fonctions ou les *SES* du sol – afin de procéder à l'évaluation de la qualité du sol nécessaire à l'application des trois instruments précités. Le *PNR* a lancé une étude focalisée dans le but d'élaborer un tel indice pédologique (encadré, p. 37). La route sera encore longue avant que ce projet n'aboutisse: la ST4 estime en effet que deux à trois décennies seront nécessaires avant que les données pédologiques nécessaires n'aient été recueillies dans toute la Suisse²³.

Pour que les instruments d'aménagement intégrant la qualité du sol bénéficient d'un taux d'adhésion élevé, il est essentiel qu'ils s'appuient sur un indice de qualité pédologique fiable. Ceci a également été confirmé par les discussions menées à l'occasion d'un atelier qui a réuni des représentants de plusieurs services administratifs et organisations autour des premiers résultats du *PNR 68* en janvier 2016. Les décisions qui seraient prises sur la base d'un indicateur sont trop importantes pour se fonder sur des données approximatives ou incomplètes. Il est donc nécessaire de disposer d'un indice fiable basé sur des informations solides.

c) Vérifier les mécanismes de compensation
L'un des principaux problèmes rencontrés par l'aménagement du territoire est que la gestion du développement est générale-

ment orientée vers les besoins. Les zones à bâtir sont délimitées et élargies en fonction des estimations futures. Il n'existe par conséquent aucun contingentement global des sols exempts de constructions – même si le *PS SDA* établit une sorte de «contingent partiel» des surfaces d'assolement et si d'autres dispositions protègent la forêt, les marais, les sites *IFP*, etc. Du point de vue de la protection du sol, aucun instrument ne permet donc de limiter efficacement à l'échelle du territoire les sollicitations croissantes imposées au sol.

La compensation obligatoire de l'utilisation des sols de haute qualité constitue donc une approche intéressante.

- Le projet *COMPENSATION MULTICRITÈRE* du *PNR 68* propose de prendre en compte la qualité du sol dans la compensation des classements – et plus seulement la capacité de production au sens d'une compensation des *SDA* (encadré, p. 39).

- La ST3 pousse la réflexion dans la même direction et recommande que lorsque l'urbanisation s'effectue au détriment de sols de haute qualité en raison des conditions cadres prévalant, la perte de sol correspondante fasse dans la mesure du possible l'objet d'une compensation équivalente.

Un mécanisme de compensation – des *SDA* en priorité mais aussi des sols de bonne qualité dès que les bases de données seront disponibles – constitue un instrument fondamental pour assurer une protection du sol plus extensive. Des initiatives politiques en ce sens existent déjà: la Commission de gestion du Conseil national propose que la protection des terres cultivables et une éventuelle obligation de compensation en cas de sollicitation de surfaces d'assolement soient inscrites

dans la législation fédérale⁴⁴. Le canton de Berne a d'ores et déjà ancré une obligation de compensation des surfaces d'assollement. Ces mesures permettent au moins de protéger quantitativement les meilleures terres cultivables. Il serait néanmoins encore possible de les étendre aux sols présentant une multifonctionnalité élevée. De premières expériences recueillies dans le canton de Berne confirment la réserve formulée dans le cadre du projet COMPENSATION MULTICRITÈRE : il est difficile de trouver des surfaces de compensation. Il serait nécessaire d'établir un marché – c'est-à-dire une offre recensant de possibles surfaces de compensation – et une négociation ou une détermination des prix basée sur

le marché entre les offreurs et les demandeurs afin que les compensations puissent s'effectuer de manière efficace.

Il est également débattu d'une approche compensatoire dans le cadre de la deuxième révision de la LAT (LAT 2). La construction hors zone à bâtir doit ainsi être autorisée sous certaines conditions : lorsque d'autres bâtiments sont démolis et que les utilisations n'en deviennent pas globalement plus importantes, plus intensives ou plus dérangeantes. Un indice de qualité pédologique pourrait à ce titre aider à déterminer si la compensation est équivalente.

Critères pour la comparaison des surfaces de compensation

Le projet COMPENSATION MULTICRITÈRE du PNR 68 avait pour objectif de développer un indicateur simplifié permettant de comparer directement la qualité d'une surface devant être urbanisée à celle d'une surface de compensation. Le projet n'étant pas achevé lors de l'élaboration de la ST5, seuls des résultats provisoires sont disponibles :

- Lorsque des SDA sont utilisées à des fins de construction et compensées par d'autres SDA, les critères applicables aux SDA sont remplis. A l'aide d'un indicateur simplifié de la fonction de production du sol, l'équipe du projet a néanmoins démontré que les surfaces de remplacement étudiées étaient généralement de moins bonne qualité, de sorte que, même en cas de compensation des SDA, l'on assiste à une perte de qualité du sol.
 - L'indicateur utilisé afin de déterminer les surfaces de compensation doit par conséquent être élargi et ne plus être uniquement basé sur les critères SDA actuellement en vigueur : d'autres fonctions du sol doivent être prises en compte (compensation multicritère).
 - Dans le cadre d'un atelier, les chercheuses et chercheurs ont discuté du concept de la compensation multicritère avec des experts en la matière. Leurs conclusions font apparaître qu'il est généralement difficile de trouver des surfaces adaptées à une compensation, si bien que les débats menés pour déterminer quel sol devrait être sélectionné en fonction des différentes qualités rencontrées s'avèrent souvent prématurés. Les réflexions relatives à la compensation multicritère devraient par suite être intégrées dès que possible au processus de planification. Dans le cas de certains projets, elles conduisent parfois à réexaminer voire à réduire les sollicitations imposées au sol. Le fait qu'une compensation multicritère soit requise a également entraîné une certaine confusion parmi les parties prenantes dans la mesure où la différence vis-à-vis de la compensation des SDA ne leur apparaissait pas clairement. Un amalgame étant souvent opéré entre les concepts de SDA et de qualité du sol, l'équipe du projet recommande d'élaborer une définition harmonisée et compréhensible de cette dernière.
 - Il est essentiel que l'instrument de la compensation soit élargi en introduisant des critères multiples à l'échelon national, sans quoi le développement urbain risque de se déplacer vers les régions moins protégées.
-

A l'échelon européen également, il est question d'intégrer la qualité du sol aux mécanismes compensatoires. Il s'agit de ne pas de déclasser des terrains de même qualité, mais de mettre en place une compensation réelle: lorsqu'une surface est utilisée à des fins de construction, une autre surface doit être revalorisée, remise en culture ou réhabilitée afin que la qualité du sol s'améliore dans un autre endroit. Selon des recherches réalisées sur mandat de la Commission européenne, une telle compensation permettrait de stabiliser l'imperméabilisation nette des sols d'ici 2050⁴⁵. Savoir si de telles revalorisations sont possibles à des coûts acceptables, dans une mesure suffisante et avec un gain de qualité satisfaisant est cependant toujours sujet à controverses.

4.2.2 Répartition territoriale appropriée des zones exploitées et protégées

L'aménagement du territoire vise en premier lieu à déterminer dans quels périmètres le développement urbain doit s'effectuer, quels sont les sites à classer en zone protégée et quelles surfaces doivent être préservées pour l'exploitation agricole et forestière. La mesure «répartition territoriale appropriée des zones exploitées et protégées» est étroitement liée à la mesure «endiguer la perte de sol». Toutes deux ont pour objectif de freiner et de gérer l'expansion spatiale des zones résidentielles de manière à préserver autant que possible la qualité du sol. Un développement territorial judicieux va néanmoins au-delà dans la mesure où il met en balance différentes utilisations et différents aspects liés à la qualité du sol.

a) Intégrer la qualité du sol à la pesée des intérêts

Grâce au PS SDA, et plus encore à la LAT 1, les SDA bénéficient d'une protection spéciale dans le cadre de l'aménagement du

territoire. Les cantons sont tenus de préserver le contingent minimal déterminé qui leur a été attribué. La fonction de production revêt ainsi une place à part. Les projets COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES ET INSTRUMENTS POLITIQUES du PNR 68 proposent que le critère appliqué aux SDA soit élargi à toutes les autres fonctions du sol (point 4.2.1b, p. 34).

Le remaniement actuel du PS SDA constituerait une occasion propice d'étendre cette protection aux sols multifonctionnels. Comme déjà mentionné, il manque pour ce faire les données pédologiques nécessaires (CA7, Bases politiques, p. 69). La ST3 s'interroge surtout sur la manière dont la qualité du sol pourrait acquérir une pondération plus importante dans la pesée des intérêts (encadré, p. 41).

b) Freiner le mitage – promouvoir le développement intérieur

Après avoir connu un ralentissement temporaire, le mitage (glossaire, p. 89) a enregistré de 2002 à 2010 une progression à nouveau similaire à celle qu'il avait atteinte entre 1960 et 1980⁴⁶. La fragmentation du paysage s'accompagne de problèmes tant écologiques qu'économiques: une urbanisation morcelée requiert des surfaces plus importantes et exige des infrastructures plus complexes (alimentation en eau et assainissement, desserte en transports et alimentation en électricité), ce qui induit des coûts plus élevés. Lorsqu'une nouvelle viabilisation s'effectue dans le cadre d'une expansion urbaine consommatrice de surfaces, elle entraîne des coûts par habitant jusqu'à trois fois supérieurs à ceux résultant d'une densification résidentielle⁴⁷. La révision partielle de la LAT et l'OAT propose des bases juridiques fondamentales pour orienter le développement urbain vers l'intérieur et vers le milieu bâti existant.

Outre la densification qu'il implique, l'objectif visant à orienter l'urbanisation vers les zones déjà construites pourrait également signifier que le développement urbain doit s'effectuer de préférence à la périphérie des villes et des villages et à proximité des zones résidentielles et des

infrastructures existantes. Ce qui fait sens d'un point de vue infrastructurel se révèle toutefois souvent problématique en termes de protection du sol. Les villes et les villages ont pour la plupart été établis dans des lieux qui offraient des terres cultivables de bonne qualité. Si l'on construit

Pesée des intérêts – plus de poids pour le sol ?

La ST3 émet de nombreuses propositions sur la manière dont la qualité du sol pourrait bénéficier d'une plus grande considération au niveau des lois et des ordonnances. La pesée des intérêts doit être renforcée en termes de transparence et de référence et la qualité du sol acquérir, ce faisant, une plus grande importance :

- Les buts de l'aménagement du territoire ancrés dans la loi (art. 1 LAT) pourraient directement être complétés par le critère de la qualité du sol. A l'heure actuelle, elle stipule uniquement que les mesures d'aménagement du territoire visent entre autres à protéger le sol.
- La pesée des intérêts pourrait être affermie si un article spécifique de la LAT était consacré au processus de pondération et de décision. En complément, la prise en compte des points d'indice de qualité pédologique pourrait être introduite et prescrite par le biais d'une ordonnance.
- Dans l'intérêt de la qualité du sol, la pesée des intérêts devrait par ailleurs intervenir aussi précocement que possible. Les autorités de planification pourraient par ailleurs être tenues d'en exposer les détails dans un rapport.

S'appuyant sur différents projets du PNR 68, la ST3 identifie d'autres possibilités d'intégrer la qualité du sol à la pesée des intérêts dans le cadre de l'aménagement du territoire (point 4.3 de la ST3¹) :

- Les surfaces contribuant à préserver au maximum la qualité du sol et à remplir un objectif défini par les autorités de planification pourraient être identifiées grâce à une modélisation ciblée. Le modèle d'optimisation du projet COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES du PNR 68 identifie, par exemple, les surfaces qui entraîneraient une progression minimale du mitage et permettraient parallèlement de préserver autant que possible la qualité du sol – déterminée par un indice – si elles accueilleraient des constructions. Ces surfaces pourraient être envisagées en priorité dans le cadre de nouveaux projets de construction.
- Une plateforme conviviale pourrait indiquer aux autorités de planification quelles répercussions leurs projets auraient sur la qualité du sol afin de les soutenir dans leurs décisions. Le projet PLATEFORME DE DÉCISION a, par exemple, développé une plateforme qui offre une représentation graphique des fonctions et des SES du sol qui disparaîtraient si un périmètre délimité était utilisé à des fins de construction. Selon la ST3, il serait judicieux que de tels outils de visualisation et de pronostic soient davantage utilisés dans l'aménagement du territoire. Toutefois, cela exige que suffisamment d'informations du sol soient mises à disposition (CA 7).
- D'après la ST3, une planification supracommunale contribue également à ce que la qualité du sol soit mieux prise en compte dans la pesée des intérêts. Comme le constate le projet COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES du PNR 68, la qualité du sol n'est pas répartie de manière homogène entre les communes. Une planification suprarégionale permettrait par conséquent d'orienter de manière ciblée les constructions vers les sols de moindre valeur. Néanmoins, une planification suprarégionale n'assurera une meilleure préservation de la qualité du sol que si les autorités compétentes se sont réellement fixé pour objectif de la préserver. Il s'agit donc d'une mesure avale qui présuppose que la qualité du sol ait été prise en considération dans la pesée des intérêts.

autour des zones résidentielles existantes, il est fort probable que des terres fertiles soient accaparées (projet COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES du PNR 68)⁴⁸. Des conflits d'objectifs émergent donc entre aménagement du territoire et protection du sol. Restreindre le mitage du territoire ne doit par conséquent pas être entendu comme un but en soi mais comme une démarche exigeant que la qualité du sol soit constamment prise en considération.

Si la volonté de freiner l'étalement urbain est régulièrement affirmée au niveau politique, la mise en œuvre pratique laisse quant à elle à désirer. Les deux projets MITAGE et INSTRUMENTS POLITIQUES du PNR 68 recommandent par suite de doter l'exécution de moyens efficaces en mettant plus de ressources à disposition de l'aménagement du territoire dans les régions rurales, ou en renforçant la planification au niveau régional (encadrés). L'utilisation d'un instrument complémentaire destiné à lutter spécifiquement con-

Des ressources suffisantes pour un aménagement du territoire plus durable

Dans le cadre du projet MITAGE du PNR 68, une enquête a été réalisée auprès de toutes les communes suisses quant à leur structure administrative et à l'utilisation d'instruments politiques. Elle a révélé que les communes très peuplées disposent de ressources plus importantes pour la planification. Cela leur permet d'employer des instruments efficaces et basés sur des incitations. Les communes de petite taille et celles de la zone rurale au contraire connaissent souvent un manque de ressources pour la planification et ne peuvent pas faire intervenir les mêmes instruments. Il serait par conséquent avisé de renforcer les capacités de planification dans les petites communes en leur permettant, par exemple, d'accéder à une offre de conseil abordable. Cependant, dans la mesure où 90 % des communes font aujourd'hui déjà appel à des bureaux de planification externes, d'autres solutions sont recherchées. L'équipe du projet propose que les communes se regroupent au sein d'unités locales de planification afin de coordonner les processus correspondants. Les cantons pourraient les soutenir dans cette démarche ou recourir à cette fin explicitement à des incitations. Depuis 2014, la LAT exige expressément que les plans d'affectation soient approuvés à l'échelon supracommunal.

Une taxe d'utilisation du sol innovante pour un développement territorial judicieux

Le projet INSTRUMENTS POLITIQUES propose d'introduire une taxe d'utilisation du sol dont le montant serait déterminé par un « facteur de mitage supplémentaire ». Le but est de mettre en place un indice (par ex. par l'intermédiaire du taux d'utilisation) qui prenne en compte l'utilisation de la parcelle nouvellement bâtie et reflète sa situation au regard de l'aménagement du territoire : distance jusqu'à la prochaine parcelle constructible, au centre-ville, etc. (par ex. par l'intermédiaire de l'indicateur de mitage du WSL qui se base sur un projet du Programme national de recherche « Développement durable de l'environnement construit » du PNR 54)⁴⁹. Cela implique que plus une parcelle constructible contribuerait à l'étalement urbain, plus la taxe d'utilisation correspondante serait élevée, l'objectif étant de freiner la dispersion de l'habitat. Le projet a analysé l'impact et l'acceptation de cet instrument. Les résultats démontrent que si l'indicateur de mitage est le seul facteur à déterminer le montant de la taxe d'utilisation du sol, les nouvelles constructions seront surtout érigées à la périphérie des zones résidentielles où se situent principalement les meilleurs sols. La perte de qualité du sol en résultant apparaît donc plus importante qu'anticipé. Par conséquent, une telle taxe d'utilisation serait uniquement efficace si un indice de qualité pédologique complémentaire participait à la détermination de son montant.

tre le mitage – par ex. à travers une taxe d'utilisation du sol proportionnelle au degré de mitage – pourrait également être envisagée.

S'il est important de mieux appliquer les instruments existants, il convient également de recourir à des dispositifs nouveaux, ou optimisés, et d'éliminer les incitations inopportunes qui ont en partie été instaurées par d'autres secteurs politiques. La politique fiscale continue par exemple de favoriser les longs trajets pendulaires et, par voie de conséquence, l'habitat décentralisé. La propriété immobilière est également fortement encouragée. Ni les transports ni les autres infrastructures ne sont facturés à des prix qui couvrent les coûts et respectent le principe de causalité⁴⁷. Les influences et les possibilités de correction de ces incitations inopportunes devraient être analysées de manière approfondie, comme cela a été le cas dans les domaines de la mobilité et de la biodiversité^{50, 51}.

c) Enrayer la construction hors zone à bâtir

Le concept de zone à bâtir sert en principe à déterminer les surfaces qui seront à l'avenir affectées à la construction et celles qui ne le seront pas. En 2016, approximativement 38% des zones résidentielles étaient néanmoins situées en dehors des zones à bâtir⁵², seule une partie de ces constructions servant par ailleurs réelle-

ment à un usage agricole au sens strict. Dans le cadre de la deuxième étape de la révision de la LAT (LAT 2) des solutions ont été proposées afin de mieux réglementer la construction hors zone à bâtir (HZB) (état juin 2017) : les constructions nouvellement érigées hors zone à bâtir doivent par exemple être liées à une destination conforme à la zone et démolies si leur destination d'origine disparaît. Certains allègements et des approches plus flexibles (« Approche en matière de planification et de compensation ») étant proposés, il est difficile de discerner si cette nouvelle réglementation permettra d'enrayer la construction HZB⁵³.

La question de la qualité du sol n'est pour l'instant guère abordée en cas de construction hors zone à bâtir. C'est pourtant précisément dans ce domaine que les fonctions du sol devraient être prises en considération lors des processus de planification et de décision, car il existe une forte probabilité que ces constructions soient érigées sur des sols de haute qualité. Le manque de ressources et de méthodes dont souffre l'exécution et certaines lacunes en matière de données pédologiques freinent néanmoins une mise en pratique. L'impact d'une obligation de compensation ou de l'application d'instruments d'aménagement prenant en compte la qualité du sol devrait être analysé (point 4.2.1, p. 31). La ST3 formule des recom-

Éliminer les incitations inopportunes d'autres politiques sectorielles

La ST3 constate que les conditions cadres économiques influent fortement sur le mitage du territoire et qu'il serait par conséquent approprié de miser de manière renforcée sur des instruments de marché. Les recherches effectuées ont permis d'identifier les mesures suivantes :

- vérité des coûts dans le secteur des transports,
 - répartition des coûts de viabilisation respectant le principe de causalité,
 - suppression des avantages fiscaux accordés en faveur de la propriété du logement (point 4.2.2 de la ST3¹).
-

mandations complémentaires afin de réduire la perte de sol hors zone à bâtir (voir aussi les recommandations du Contrôle parlementaire de l'administration⁵⁴): une imposition des plus-values foncières et une compensation doivent être prévues pour les utilisations non agricoles hors zone à bâtir. Afin de renforcer l'exécution, la base de données devrait par ailleurs être améliorée et un monitoring des constructions HZB être établi au plan national (recommandations et point 3.3.2 de la ST3). De la même manière, une attention accrue devrait être accordée au démantèlement des constructions non utilisées situées hors zones à bâtir (« nettoyage »). L'approche en matière de planification et de compensation proposée en 2017 dans le cadre de la LAT 2 constitue un premier pas en ce sens.

d) Vérifier le statut de protection de la forêt

La forêt bénéficie aujourd'hui d'une protection absolue, et c'est là une importante raison expliquant pourquoi l'expansion urbaine s'est jusqu'à présent surtout effectuée au détriment des terres agricoles. Le projet COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES

Assouplissement de la protection de la forêt : quel impact ?

Dans la zone étudiée du canton de Zurich, les modélisations du projet COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES du PNR 68 ont révélé que si la protection de la forêt était assouplie, 27% des nouvelles constructions seraient érigées sur des sols forestiers et non plus sur des sols agricoles, ce qui serait avantageux du point de vue de la protection des terres cultivables. En revanche, si l'objectif est de préserver autant que possible les SES, édifier des bâtiments sur des sols forestiers ne constitue pas une véritable alternative⁵⁵.

du PNR 68 a modélisé quelles seraient les répercussions d'un assouplissement de la protection de la forêt (encadré) : la protection du sol et celle de la forêt bénéficieraient par principe d'une pondération équivalente lors de la pesée des intérêts (point 4.3.2 de la ST3)⁵⁵.

La politique s'est également emparée du thème de l'assouplissement de la protection de la forêt. Si l'on se fonde sur une enquête réalisée dans le cadre de la mise en œuvre de l'initiative parlementaire sur la « Flexibilisation de la politique forestière en matière de surface », aucun changement ne se dessine pour l'instant⁴⁴.

Les mesures du CA1 ciblent en premier lieu à préserver le sol en termes de qualité et de quantité. Pour ce faire, il est proposé de recourir à des instruments permettant de gérer plus efficacement l'utilisation du sol (ill. 25, Eco3, p. 74). Certains de ces instruments sont associés à des compensations financières pouvant éventuellement entraîner une augmentation des charges pour certains acteurs (Eco2). L'endigement des pertes de sol peut souvent affecter l'économie à court et à moyen termes, c'est-à-dire, s'effectuer au détriment de surfaces économiquement exploitables (Eco1). La répartition territoriale appropriée vise néanmoins à ce que cela ne s'effectue pas uniquement aux dépens de l'économie, raison pour laquelle ces mesures exercent une influence positive sur l'utilisation économique du sol (Eco1).

Recommandations d'actions et contributions aux objectifs d'une politique durable des sols

Endiguer la perte de sol

- Endiguer la perte de sol en complétant et en optimisant les instruments actuels de l'aménagement du territoire.
- Compléter l'éventail d'instruments, en particulier avec des instruments prenant en compte la qualité du sol et les SES fournis.

Les instruments suivants méritent notamment d'être analysés de manière approfondie (ST3, projets COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES, MITAGE, INSTRUMENTS POLITIQUES, PLATEFORME DE DÉCISION, COMPENSATION MULTICRITÈRE du PNR 68) :

- Contingement obligatoire à l'échelle nationale ou cantonale de points d'indice de qualité pédologique
- Taxe d'utilisation du sol
- Elargissement du PS SDA aux surfaces à haute fonctionnalité, c'est-à-dire présentant une qualité du sol globalement élevée
- Etude d'une obligation de compensation pour certaines surfaces, par ex. à court terme pour les SDA et à moyen terme pour les surfaces de haute qualité en général
- Meilleure régulation de la construction hors zone à bâtir, par ex. : imposition des plus-values, obligation de compensation et stratégies de démantèlement

La concrétisation et l'acceptation de telles mesures – parfois radicales – nécessitent encore de relever des défis de taille et d'éclaircir certains points importants.

Répartir de manière appropriée les zones exploitées et protégées

- Prise en compte de la qualité du sol dans la pesée des intérêts, par ex. :
 - en révisant et élargissant le PS SDA (PS SDA PLUS),
 - en renforçant la pesée des intérêts au niveau de la LAT et de l'OAT,
 - en introduisant la qualité du sol ou des modélisations et plateformes de visualisation adaptées permettant de représenter l'impact de certains projets sur la qualité du sol.
- Encouragement des planifications supracommunales et vérification des mécanismes de compensation supracommunaux.
- Développement de méthodes permettant la prise en compte de la qualité du sol, en particulier en ce qui concerne les constructions hors zone à bâtir.
- Analyse et suppression des incitations inopportunes résultant d'autres politiques sectorielles.

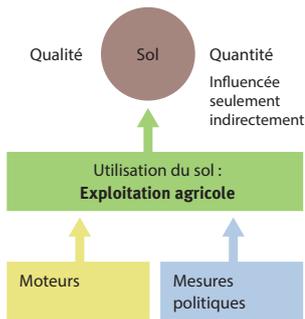
Illustration 14
Contribution du champ d'action 1 « Aménagement du territoire » aux objectifs d'une politique durable des sols.

- ⊕ Contribution positive
- ⊖ Contribution négative

CA1 Aménagement du territoire et mesures globales		Eco1	Eco2	Eco3	Env1	Env2	Env3	Soc1	Soc2	Soc3
Endiguer la perte de sol		⊖	⊖	⊕	⊕	⊕				
Répartition territoriale appropriée		⊕		⊕	⊕	⊕		⊕		
Performance économique :		Responsabilité écologique :			Solidarité social :					
Eco1	Permettre une utilisation du sol par l'économie	Env1	Garantir la qualité du sol	Soc1	Solidarité régionale, sociale et intergénérationnelle					
Eco2	Éviter les charges financières	Env2	Garantir la quantité de sol	Soc2	Préserver les valeurs socioculturelles					
Eco3	Gérer efficacement l'utilisation du sol	Env3	Enrayer le changement climatique	Soc3	Promouvoir et protéger la santé humaine					

4.3 CA2 : Agriculture

Illustration 15
Champ d'action 2 dans le contexte
du modèle d'impact.



Facteurs particulièrement pertinents

- Réchauffement climatique
- Pression économique : exploitation intensive

Mesures politiques particulièrement pertinentes

- Politique agricole, notamment paiements directs, prescriptions, etc.

Principaux défis

- Compaction
- Erosion due à l'exploitation agricole
- Perte de mos due à l'exploitation agricole
- Apports de polluants par l'agriculture

La préservation de la qualité des sols agricoles constitue l'axe principal du CA2. Pour l'agriculture, le sol remplit en premier lieu une fonction de production. Du fait du travail effectué avec des machines ou des résidus de produits phytosanitaires, le sol est fortement sollicité. Exploiter le sol d'une manière écologiquement et économiquement durable représente un défi important et difficile à relever. L'agriculture joue donc un rôle primordial dans la préservation de la qualité du sol – d'autant que les surfaces agricoles représentent un peu plus d'un tiers du territoire suisse⁵⁶. Outre des terres de bonne qualité, il est également essentiel pour l'agriculture de disposer de suffisamment de surfaces, objectif auquel le PS SDA s'efforce en particulier de répondre. Si le CA2 ne s'intéresse qu'aux mesures relatives à la protection qualitative du sol, celles-ci contribuent indirectement à préserver à long terme suffisamment de surfaces agricoles utiles, dans la mesure où la production ne saurait être écologiquement et économique-

ment viable sans un sol de qualité correspondante. Les scénarios présentés ont démontré que les sols agricoles sont les premiers à disparaître, même lorsqu'un scénario favorise leur protection.

Des recommandations ayant trait à quatre sous-domaines seront examinées ci-après :

- Perte de matière organique du sol
- Apport de polluants et impact climatique
- Compaction des sols
- Erosion

4.3.1 Minimiser la perte de matière organique du sol due à l'exploitation agricole

La matière organique du sol (mos) se compose de tous les matériaux organiques (carbonés) vivants (biomasse) et morts (par ex. humus). La mos joue un rôle essentiel pour différentes fonctions du sol comme la stabilité, la capacité de rétention d'eau et la biodiversité⁹. La synthèse thématique ST2 «Sol et environnement» du PNR 68 examine les aspects qui influent sur la perte de mos. En dehors du changement climatique, la manière dont le sol est utilisé revêt à cet égard une importance primordiale : la matière organique de tous les sols agricoles est menacée. Comme le démontrent des essais à long terme, la mos des terres cultivables suisses diminue, très vraisemblablement parce qu'elles étaient auparavant utilisées comme prairies. Les sols marécageux accusent également une perte de mos particulièrement marquée.

a) La perte de MOS dans l'agriculture

L'un des principaux objectifs de la protection du sol est de réduire la perte de mos. L'agriculture connaît différents moyens d'y remédier. La ST2 résume ces mesures qui concernent plus particulièrement l'utilisation du sol à des fins de production agricole :

- A travers l'enfouissement de résidus de récolte ou de compost, la fertilisation organique peut réduire les pertes de carbone et préserver ainsi la mos.
- La culture de prairies artificielles pluri-annuelles à racine profonde, la culture ciblée de plantes permettant d'amender le sol (engrais verts) et l'enfouissement de matière organique sous forme d'engrais de ferme peuvent même surcompenser la perte résultant d'une année de cultures commerciales. L'épandage de fumier est néanmoins limité du fait du risque de pollution aquatique et aérienne induit par le phosphore et l'azote qu'il contient. Pour mettre en œuvre les mesures de compensation correspondantes, les exploitations agricoles doivent non seulement cultiver la terre mais également pratiquer un élevage raisonné (cheptel, espèce, intensité), ce qui est aussi le cas dans la plupart des régions suisses.

Outre ces mesures bien connues, la ST2 recommande de développer des concepts innovants. Dans ce contexte, elle mentionne en exemple l'intégration dans l'agriculture d'éléments dits « agroforestiers » : des essences pluriannuelles sont plantées sur des surfaces affectées à la culture commerciale de plantes annuelles. Du carbone parvient ainsi dans le sol par l'intermédiaire des arbres, ce qui augmente la mos.

En Suisse, la pâture du bétail dans les forêts a été interdite en 1902 par la loi sur la police des forêts. Aujourd'hui, les lois forestières cantonales permettent un tel usage mais n'autorisent pas que les surfaces agricoles empiètent sur la forêt.

Les mesures décrites visent à préserver ou à augmenter la mos par l'intermédiaire d'un apport de carbone. Cet effet est connu et son usage est répandu. En revanche, la manière précise dont cet apport de carbone est influencé par différentes formes d'exploitation, les espèces ou variétés de plantes et les conditions climatiques demeure relativement méconnue. Ces aspects ont été étudiés de façon approfondie par le projet ENTRÉES DE CARBONE du PNR 68 (encadré).

b) Cas particulier des sols organiques

Les sols organiques, dont font partie les sols marécageux, présentent une teneur élevée en substances organiques et sont particulièrement vulnérables à la perte de mos. Contrairement à ce qui est le cas pour les sols d'origine minérale, la perte de carbone organique ne peut pas être compensée dans les sols organiques. Leur assèchement et leur exploitation entraînent une accélération de l'activité biologique du sol qui favorise la dégradation de la matière organique. Ce processus induit également la libération dans l'atmo-

Quelle quantité de carbone les racines apportent-elles dans le sol ?

Le projet ENTRÉES DE CARBONE du PNR 68 visait à déterminer la quantité de carbone entrant dans le sol par le biais des racines des grandes cultures suisses. Il s'agissait en outre de déterminer dans quelle mesure les modes d'exploitation agricole, espèces et variétés de plantes influent sur ces entrées. Les résultats indiquent que l'intensité de l'exploitation agricole, en particulier le mode de fertilisation, n'influence pas les entrées de carbone dues aux cultures de maïs, de blé et de colza ni la quantité de la biomasse racinaire. Les variétés modernes se distinguent par des racines moins profondes que les variétés anciennes et apportent vraisemblablement aussi moins de carbone dans le sol.

sphère de quantités importantes de CO₂ à effet climatique. La mos représentant pratiquement la totalité des composants solides des sols organiques, sa perte conduit à une importante réduction volumique. Plusieurs millimètres à centimètres de sol disparaissent ainsi chaque année (affaïssement de la tourbe), raison pour laquelle

les agriculteurs procèdent régulièrement à des revalorisations du sol. D'un point de vue écologique et climatique, l'exploitation des sols organiques s'avère donc hautement problématique (encadré).

La libération de gaz à effet de serre représente un facteur de coûts élevé pour

Défis de taille pour l'exploitation des sols organiques

Le projet SOLS MARÉCAGEUX parvient à la conclusion qu'une utilisation agricole ou forestière n'est pas compatible avec la préservation des écosystèmes marécageux. A des vitesses variables, leur exploitation conduit à une perte presque totale de mos et, par voie de conséquence, à une disparition de l'habitat que constitue le sol avec toutes ses fonctions (capacité de captation du carbone et de rétention d'eau, production, stockage des gaz à effet de serre). Les utilisations très extensives ainsi que les forêts des hauts marais constituent les seules exceptions. L'apport de matière organique fraîche n'accélère pas la dégradation de la tourbe mais ne permet pas non plus de la compenser. Exploiter les sols marécageux n'apparaît donc pas recommandé, que ce soit d'un point écologique ou climatique. Le projet a par ailleurs mis en évidence les résultats suivants :

- Une démarche de cet ordre requiert une base de données fiable. Pour garantir un recensement précis des surfaces de sols organiques et de leur état, il est préférable de s'appuyer sur des mesures in situ ciblées des caractéristiques du sol, qui permettront de valider et de compléter les estimations existantes, réalisées sur la base du sig. Cela se traduira notamment par une cartographie des sols organiques à partir des données du terrain.
- Une remise en eau des sols organiques exploités par l'agriculture combinée à une forte extensification des pratiques ou à un abandon d'exploitation peut constituer une option pour restaurer la mos et les fonctions du sol ayant disparu. En tant que forme d'exploitation extensive, la paludiculture (utilisation agricole spécifique des marais humides ou remouillés) offrirait une solution en ciblant la culture de matières premières renouvelables résistantes à l'eau. Le potentiel de ce mode de culture n'a encore jamais été étudié en Suisse et n'a jusqu'ici fait l'objet que de rares recherches au niveau international. Opter pour la paludiculture implique cependant de renoncer à d'autres utilisations plus attractives, engendre des coûts supplémentaires et peut également entraîner la libération d'autres éléments nutritifs dans les cours d'eau ou l'atmosphère. L'équipe du projet propose que la réintroduction des aides fédérales soit envisagée pour la paludiculture. Il convient par ailleurs de se demander si l'abandon d'exploitation pourrait être considéré comme une mesure compensatoire dans le cadre des projets de compensation carbone. La recherche devrait parallèlement déterminer s'il existe des utilisations économiquement intéressantes des sols organiques à même de préserver leur capacité de captation du carbone et de rétention d'eau.
- Une autre option consisterait à décider sciemment de poursuivre l'exploitation des sols organiques et de consentir à leur dégradation progressive, à la perte de leurs fonctions et aux émissions de gaz à effet de serre qui en résultent. Une telle approche se traduirait par la destruction progressive de ressources non renouvelables et, en repoussant le problème à plus tard, ne solutionnerait ni la modification des pratiques d'exploitation potentiellement nécessaire sur ces surfaces ni la question de l'avenir économique des agriculteurs concernés.
- L'équipe du projet recommande aussi de mieux protéger les marais naturels encore présents sur le territoire. Pour ce faire, il faudra procéder à brève échéance au démantèlement des systèmes de drainage encore en service sur toutes les surfaces répertoriées dans l'inventaire des marais.

l'économie nationale. L'étude allemande « Naturkapital Deutschland – TEEB DE » « Economie des écosystèmes et de la biodiversité » (TEEB) a chiffré la valeur économique des pertes de marais à 120 euros par tonne de CO₂⁵⁷, ce qui met en évidence l'importance significative des marais et des sols riches en carbone pour la protection climatique.

La préservation des sols riches en carbone (marais) serait également pertinente en matière de politique climatique dans la mesure où elle représente une alternative particulièrement bon marché pour stocker le carbone : réduire les émissions de gaz à effet de serre dans l'industrie ou les transports routiers s'avèrerait beaucoup plus onéreux. Afin que les sols organiques puissent être utilisés à des fins agricoles, ils doivent par ailleurs être drainés en permanence. Près d'un tiers des installations de drainage utilisées en Suisse sur les sols marécageux ou les sols d'autre nature sont dans un état défectueux ou inconnu⁵⁸. Les coûts exigés par leur remise en état sont estimés à 1,7 milliard de francs. La part imputable aux sols organiques n'est pas connue. Il conviendrait également de déterminer par qui ces coûts doivent être supportés, sachant que selon la réglementation en vigueur, la Confédération et les cantons doivent respectivement financer un tiers de leur montant total. D'un point de vue économique, l'exploitation des sols organiques pose donc également question. Elle n'est en effet ni écologiquement ni économiquement durable, même si elle revêt une grande importance pour la production de légumes en Suisse et pour l'agriculture dans son ensemble (Seeland bernois).

C'est pour cette raison que le projet SOLS MARÉCAGEUX du PNR 68 parvient à la conclusion que la société toute entière doit

décider en conscience de la démarche qu'il convient d'adopter vis-à-vis des sols marécageux drainés et faisant actuellement l'objet d'une exploitation agricole ou forestière. Il n'est plus possible de remettre à plus tard la confrontation avec cette problématique si nous ne souhaitons pas que les processus naturels à l'œuvre rendent bientôt toute décision superflue, et si nous voulons éviter que les sols organiques encore existants ne disparaissent à jamais au cours des prochaines décennies.

4.3.2 Réduire les apports de polluants et les impacts climatiques dus à l'agriculture

Il est attendu de l'agriculture qu'elle devienne toujours plus productive. Pour répondre aux exigences du marché, les exploitants recourent à des engrais et à des produits phytosanitaires. Les apports excessifs d'éléments nutritifs et les substances nocives contenues dans les herbicides et pesticides peuvent porter atteinte aux fonctions du sol. Lorsque le rôle tampon du sol est sur-sollicité, la pollution des eaux qui en résulte pose d'importants problèmes⁵⁹⁻⁶¹. Un recours modéré aux engrais et aux produits phytosanitaires tel que réglementé par différentes lois et ordonnances (ordonnance sur les engrais OEng, RS 916.171; ordonnance sur les produits phytosanitaires, OPPh, RS 916.161, etc.) apparaît par conséquent indispensable. Diverses mesures permettent de mieux surveiller et de réduire encore les apports de polluants. A cette fin, le Conseil fédéral a adopté en 2017 le « Plan d'action visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires »⁶².

a) Introduire une taxe d'incitation sur les produits phytosanitaires

Une taxe d'incitation différenciée en fonction des différents produits phytosani-

taires pourrait réduire efficacement les risques qu'ils présentent pour l'Homme et pour l'environnement. Telle est la conclusion à laquelle parvient un rapport de l'EPF Zurich et de l'Université de Bonn consacré à de possibles dispositifs de ce type⁶³. Ces taxes devraient néanmoins être élevées, car les demandeurs sont peu sensibles aux prix. Les pertes de rendement qui en découleraient pour les agriculteurs pourraient être compensées par une redistribution des recettes tirées de la taxation. La synthèse thématique ST1 du PNR 68 «Sol et production alimentaire» propose que les paiements directs agricoles soient liés de manière encore plus ciblée à l'abandon des produits phytosanitaires problématiques⁶⁴.

b) Compléter les recommandations adressées aux agriculteurs avec les résultats des projets du PNR 68
Deux projets du PNR 68 mettent à disposition des données qui sont suscep-

tibles d'être mises en œuvre et communiquées aux agriculteurs sous la forme de recommandations techniques et pratiques, par exemple par l'intermédiaire de fiches d'information et de directives (bonnes pratiques agricoles, «Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages» [DBF] de l'Agroscope et d'Agridea, fiches d'information d'Agridea, etc.), ou bien des mesures de formation et de formation continue qui sont respectivement élaborées et proposées par la Confédération, les cantons ou des organisations comme Agridea :

- Le projet COUVERTS VÉGÉTAUX du PNR 68 (c.f. encadré, ci-dessous) démontre comment l'agriculture pourrait dans certains cas recourir à moins d'engrais et d'herbicides.
- Le projet STABILITÉ DU SOL du PNR 68 recense les actions ponctuellement requises en ce qui concerne l'utilisation d'engrais (encadré, p. 50).

Moins d'engrais minéraux et d'herbicides grâce aux couverts végétaux

Le projet COUVERTS VÉGÉTAUX du PNR 68 a apporté la preuve que l'utilisation ciblée d'engrais verts – c'est-à-dire la culture ciblée de plantes précises afin d'améliorer les fonctions du sol et de lutter contre les mauvaises herbes – dans les systèmes culturaux de conservation des sols permet de réduire les quantités d'herbicides et d'engrais nécessaires. Les systèmes culturaux de conservation renoncent au labour et s'efforcent de préserver la stratification naturelle du sol. La mise en œuvre de couverts végétaux étant exigeante, des informations détaillées devraient être mises à disposition des agriculteurs ou des formations correspondantes leur être proposées.

Moins d'engrais azotés, moins de risques de glissements

Au-dessus et au sein des régions vulnérables aux glissements, le projet STABILITÉ DU SOL du PNR 68 recommande de renoncer à une exploitation agricole et alpestre intensive, puisqu'un apport supplémentaire de nutriments et le compactage du sol mettent en péril la stabilité des versants à risque. L'excès d'azote limite la croissance racinaire et la diversité des champignons mycorhiziens. Les espèces localement adaptées tendent par ailleurs à être évincées. Le compactage du sol entrave le développement des racines, et donc le renforcement du sol par les racines – autant de facteurs augmentant les risques de glissements de terrain superficiels qui provoquent régulièrement des dégâts importants en Suisse.

c) Encourager le développement de méthodes alternatives afin de limiter engrais et pesticides

Plusieurs projets du PNR 68 étaient consacrés à des méthodes alternatives visant à réduire les besoins en engrais et pesticides. D'autres travaux de recherche et de développement seront néanmoins encore

nécessaires avant que celles-ci puissent être mises en œuvre dans la pratique.

- Le projet BACTÉRIES DU SOL du PNR 68 a confirmé que les bactéries du sol peuvent être utilisées comme méthode de contrôle biologique pour les cultures céréalières (encadré).

Des sols sains grâce aux bactéries du sol

Le projet BACTÉRIES DU SOL du PNR 68 a confirmé que les bactéries du sol pouvaient être utilisées comme méthode de contrôle biologique pour les cultures céréalières. Certaines bactéries du sol peuvent empêcher la prolifération des maladies transmises par le sol affectant les systèmes racinaires. En effet, les bactéries peuvent coloniser efficacement les racines des plantes, stimuler leurs mécanismes de défense et exercer des effets antifongiques. Il reste encore à déterminer si et comment ces « policiers » naturels peuvent être utilisés de manière économique à grande échelle.

Les filaires luttent contre les insectes nuisibles du sol

Le projet NÉMATODES du PNR 68 a démontré que les filaires (nématodes) pouvaient être utilisés avec efficacité pour lutter contre les insectes nuisibles du sol. Indépendamment des méthodes d'exploitation utilisées, les populations de nématodes présentes dans les sols agricoles suisses sont insuffisantes pour lutter efficacement contre d'actuels ou de futurs problèmes posés par les parasites du sol. Un apport de nématodes spécifique est donc nécessaire pour contrôler de manière effective les insectes nuisibles. Les méthodes d'application actuellement disponibles sont néanmoins trop onéreuses, si bien que de nouvelles approches devraient être développées. Le projet LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES PARASITES du PNR 68 a réuni les deux équipes des projets BACTÉRIES DU SOL et NÉMATODES qui ont travaillé de concert au développement d'une méthode alternative de dissémination des nématodes.

Les champignons mycorhiziens améliorent les SES

Le projet MYCORHIZES du PNR 68 a fourni de nouvelles connaissances sur l'utilité des champignons mycorhiziens arbusculaires (AM). Ce sont des microorganismes répandus qui vivent en symbiose avec la majeure partie des plantes, y compris les plantes cultivées. En collaboration avec d'autres microorganismes, ils apportent une contribution aux SES du sol. Des études récentes laissent supposer que leur diversité décroît dans les sols exploités intensivement, du fait par exemple de la fertilisation et des labours réguliers. Le projet ne parvient pas à la conclusion qu'une exploitation extensive est nécessaire pour favoriser de manière ciblée le développement de champignons arbusculaires et de microorganismes du sol mais recommande de combiner des mesures d'exploitation extensive à des mesures augmentant la productivité (« ingénierie écologique »). Il pourrait par exemple être renoncé aux labours et la fertilité du sol pourrait simultanément être améliorée grâce à des cultures intermédiaires, des paillis ou du charbon végétal. Ou bien des combinaisons de surfaces d'assolement pourraient être élaborées afin de stimuler la biodiversité et la productivité du sol. Le projet a par ailleurs permis de démontrer que l'inoculation du sol avec des champignons AM exerçait des effets positifs sur les rendements des grandes cultures, en particulier lorsque les apports de phosphate avaient été réduits.

- Le projet NÉMATODES du PNR 68 a démontré l'efficacité des filaires (nématodes) dans la lutte contre les insectes nuisibles du sol (encadré, p. 51).
- Le projet LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES PARASITES du PNR 68 a développé une méthode alternative de dissémination des nématodes et bactéries du sol utilisés pour lutter contre les parasites (encadré, p. 51).
- Le projet MYCORHIZES du PNR 68 recommande de combiner des mesures d'exploitation extensive favorisant le développement de champignons arbusculaires et de microorganismes du sol à des mesures augmentant la productivité (encadré, p. 51).

La recherche consacrée aux méthodes alternatives devrait continuer d'être soutenue. Dans ce contexte, il convient néanmoins de vérifier quels sont les risques et les coûts associés à ces méthodes et quels sont les avantages et inconvénients présentés par d'autres approches, comme le recours à des plantes résistantes ou à d'autres cultures adaptées.

d) Approfondir la problématique de la résistance aux antibiotiques

Les polluants peuvent également parvenir indirectement dans le sol, par exemple par l'intermédiaire d'aliments ou de médicaments pour animaux. La propagation d'antibiotiques et de gènes de résistance aux antibiotiques via le sol constitue à cet égard une importante problématique. La « Stratégie Antibiorésistance » (StAR) a entre autres pour objectif de déterminer si et comment les antibiotiques parviennent dans les denrées alimentaires par l'intermédiaire du sol⁶⁵.

Comme le démontre le projet RÉSISTANCE AUX ANTIBIOTIQUES du PNR 68, les corrélations sont très complexes et les quantités de données à analyser considérables (encadré, p. 52). Il est donc nécessaire de réaliser des recherches supplémentaires afin de comprendre ces corrélations et de pouvoir élaborer des mesures correspondantes. Le Programme national de recherche « Résistance aux antimicrobiens » (PNR 72) a entamé ses travaux début 2017.

Antibiorésistance dans les sols suisses

Le projet RÉSISTANCE AUX ANTIBIOTIQUES du PNR 68 met en évidence que différents gènes de résistance sont certes naturellement présents dans les sols suisses. Néanmoins, ils ne sont ni cliniquement pertinents, ni très abondants. Le projet fournit aussi des indications pour l'utilisation sans danger de déjections animales dans l'agriculture. L'épandage de fumier et de purin sur des sols de culture constitue une méthode importante pour disposer de sols sains et productifs, ainsi que pour réutiliser les déjections des animaux. Les résultats indiquent que le purin épandu n'a un effet sur le nombre de gènes qu'à très court terme, soit durant quelques jours ou semaines. En outre, l'étude a révélé que les gènes de résistance aux antibiotiques présents dans les sols suisses sont majoritairement le fait de mécanismes de résistance généraux, qui ne présentent pas de danger réel de transmission dans le cadre de l'exploitation agricole des sols. Ces résultats sont en contradiction avec l'idée répandue que l'activité humaine, l'agriculture notamment, a un effet néfaste s'agissant de la propagation de la résistance aux antimicrobiens (RAM).

D'autres travaux de recherche seront nécessaires avant qu'une évaluation scientifique définitive des corrélations existant entre antibiorésistance des sols et santé publique puisse être établie. Dans le cadre de ce projet, la quantification de gènes de RAM n'a cependant été réalisée que sur un nombre restreint de sites, qui ne sont pas représentatifs de l'ensemble des types de sol en Suisse.

e) Recours à un monitoring des apports de polluants

Un modèle élaboré dans le cadre du projet SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE du PNR 68 a permis aux services cantonaux de protection des sols de surveiller et de mieux gérer les apports d'engrais et de pesticides (encadré). S'appuyant sur des données d'exploitation annuelles, l'Observatoire national des sols (NABO) établit déjà des bilans des flux d'éléments nutritifs, de substances nocives et de produits phytosanitaires sur près de 50 sites afin de pouvoir déterminer l'origine des modifications indésirables du sol⁶⁶. Le modèle est également en mesure d'établir des pronostics sur la base d'analyses de scénarios régionaux.

f) Juguler le changement climatique et la pollution aérienne

L'agriculture doit participer indirectement à la préservation de la qualité du sol en

réduisant sa contribution au changement climatique et à la pollution aérienne.

■ Comme le prône la « Stratégie Climat pour l'agriculture », l'agriculture devrait réduire ses émissions de gaz à effet de serre afin de limiter autant que possible sa contribution au changement climatique⁶⁷. Elle devrait également préserver la mos (point 4.3.1, p. 46) qui stocke une grande partie du carbone en Suisse.

L'initiative internationale « 4 pour mille » (www.4p1000.org) souhaite attirer l'attention sur le fait que l'objectif climatique visant à limiter la hausse maximale des températures moyennes de la planète à 1,5–2°C pourrait être atteint si la quantité de carbone séquestrée dans le sol augmentait chaque année de 0,4%. L'agriculture peut également contribuer à accroître cette séquestration si elle réduit les per-

Modèle permettant d'identifier les déséquilibres des cycles d'éléments

Le projet SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE a développé un modèle qui permet d'établir des cartes spatiales explicites des bilans d'éléments nutritifs et de substances nocives au plan régional et met ainsi à disposition les bases nécessaires pour équilibrer les cycles des éléments dans les sols agricoles. A l'aide d'analyses de scénarios, il reconnaît les développements non durables de l'agriculture et expose les mesures pouvant être adoptées. L'adoption de décisions soutenant une exploitation agricole durable peut ainsi être optimisée en permanence.

Charbon végétal : un important potentiel de réduction du gaz hilarant

Selon la ST2, il faut avant tout éviter que les sols ne soient saturés en azote si l'on souhaite réduire les émissions de gaz hilarant (N₂O) dans l'agriculture. Pour ce faire, les apports en engrais azotés peuvent par exemple être adaptés et échelonnés ou réduits en recourant à des assolements avec prairies artificielles et cultures intermédiaires. Le chaulage des sols agricoles fortement acidifiés réduit également les émissions de N₂O. Le projet GAZ HILARANT du PNR 68 recommande par conséquent d'adapter les stratégies de fertilisation, l'apport de charbon végétal constituant le moyen potentiellement le plus efficace de diminuer les émissions de gaz hilarant en provenance des sols agricoles. Le choix du système d'exploitation (biologique ou intensif) n'exerce, par comparaison, qu'une faible influence. Un des grands avantages de cette mesure est qu'elle peut être combinée à d'autres stratégies d'exploitation et qu'elle induit une légère augmentation du pH du sol. Il semble néanmoins prématuré de recommander son adoption en tant que pratique agricole optimale dans la mesure où son utilisation pourrait également entraîner des apports de substances indésirables⁹.

tes de carbone du sol. Outre le CO₂, le gaz hilarant (N₂O) compte également parmi les gaz exerçant un impact climatique. Le projet GAZ HILARANT du PNR 68 et la ST2 (encadré, p. 53) identifient des approches permettant de limiter ces émissions.

- L'agriculture devrait également réduire ses émissions d'ammoniac, car celles-ci contribuent notablement à l'acidification des sols forestiers (point 4.4.1, p. 57). L'ammoniac (NH₃) se forme principalement lors de la décomposition des engrais organiques et minéraux mais aussi lors de l'entreposage du lisier, y compris dans l'étable, ou de l'épandage de celui-ci dans les champs et les pâturages. L'office fédéral de l'agriculture (OFAG) encourage la réduction des émissions d'ammoniac dans le cadre de projets d'utilisation durable des ressources et de paiements directs assortis de contributions à l'efficacité des ressources qui se fondent sur la « Stratégie fédérale de protection de l'air »⁶⁸.

4.3.3 Empêcher le tassement des sols

Préserver la structure du sol constitue un problème particulièrement sensible pour l'exploitation agricole : elle peut être dé-

truite en quelques secondes si le sol est travaillé au mauvais moment avec la mauvaise machine et il est parallèlement très difficile de la restaurer. Les résultats du projet TASSEMENT DES SOLS indiquent que le sol a besoin de plusieurs décennies pour se régénérer (encadré, ci-dessous). Des informations plus détaillées doivent être fournies par un essai à long terme qui a été lancé dans le cadre du PNR 68. Une fois la structure du sol détruite par compactage, la productivité du sol est limitée durant toute la phase de régénération. D'autres fonctions ne sont également plus assurées dans la même mesure qu'auparavant. Il s'avère par conséquent prioritaire d'éviter le tassement des sols.

La plupart des agriculteurs sont conscients des problèmes posés par la compaction des sols. Cependant, s'ils disposaient d'informations supplémentaires sur les répercussions financières en résultant, ils y seraient davantage sensibilisés et évalueraient mieux les pertes financières induites par la compaction ainsi que la durée du préjudice. Il est tout aussi important que les exploitants sachent comment éviter de tasser les sols, par exemple en n'utilisant pas de machines lourdes sur des sols

Répercussions à long terme du tassement des sols

Le projet TASSEMENT DES SOLS du PNR 68 a étudié si certaines méthodes d'exploitation favorisaient la restauration des sols compactés. Les résultats montrent que les différentes propriétés du sol se régénèrent à des vitesses variables et réagissent différemment aux modes d'exploitation. Le labour apporte certes une amélioration relativement rapide de la densité des couches superficielles mais n'atteint pas celles situées en dessous de la profondeur de travail, si bien que le degré de compaction du sous-sol demeure inchangé. Il ne permet pas non plus de rétablir immédiatement certaines fonctions du sol (transport des gaz et de l'eau). Lors de l'essai à long terme, de nombreuses fonctions du sol se sont à peine régénérées au cours des 18 premiers mois ayant suivi le tassement. Un tel travail du sol ne peut tout simplement pas éliminer les effets de la compaction qui affectent la croissance des plantes sur de longues périodes. Éviter que le sol ne soit tassé constitue par conséquent la meilleure stratégie sur le long terme, même si des aspects technico-pratiques et financiers pourraient à court terme inciter les agriculteurs à renoncer à une circulation respectueuse du sol.

détrempés. Le thème de la compaction doit par suite être intégré de manière renforcée aux différents cursus de formation et aux services de consultation. Des recommandations pourraient être élaborées sur le sujet et les connaissances disponibles intégrées dans l'outil (www.terranimmo.ch) qui permet présentement de déterminer les risques de tassement liés à l'utilisation de machines agricoles. Des recherches doivent cependant encore être menées afin de déterminer à quels endroits et à quelles périodes la sensibilité des sols est la plus élevée⁷.

Lorsqu'une compaction n'a pu être évitée, l'objectif doit être de restaurer la structure du sol le plus rapidement possible.

4.3.4 Empêcher l'érosion due à l'exploitation agricole

L'ampleur réelle de la problématique que constitue l'érosion demeure encore méconnue⁷. Des relevés détaillés doivent par conséquent être réalisés avant de mettre en œuvre des mesures concrètes. Différents facteurs augurent néanmoins que l'érosion des sols devrait encore progresser (scénarios du point 3.2, p. 22) :

- Augmentation des fortes intempéries du fait du changement climatique.
- Encouragement de l'exploitation des terrains en pente dans le cadre des paiements directs afin de compenser les dépenses supplémentaires entraînées. Les agriculteurs sont ainsi incités à cultiver les terrains à forte déclivité dont l'exploitation ne fait parfois pas sens du point de vue de l'érosion.

Pour réduire l'érosion des sols, il faut influencer sur les facteurs jouant un rôle moteur dans ce processus, c'est-à-dire lutter contre le changement climatique, amortir

la pression exercée par le marché et adapter les paiements directs. La stratégie climatique de la Confédération²⁶ couvre déjà le premier aspect évoqué. Il convient donc de vérifier s'il ne serait pas plus judicieux que les contributions pour terrains en pente – comme éventuellement d'autres mesures du même ordre – ne bénéficient qu'aux formes d'exploitation contribuant à réduire l'érosion. D'autres mesures pourraient également être envisagées: de la sensibilisation des agriculteurs à l'adoption de directives en passant par des interdictions ou des incitations financières.

Toutes les recommandations (ill. 17, p. 57) ont pour ambition de préserver durablement les sols agricoles de haute qualité (objectif Env1). L'utilisation économique des sols par l'agriculture s'en trouve de fait également préservée sur le long terme (Eco1). Certaines de ces mesures induisent des coûts (Eco2).

Dans le cadre de la mesure destinée à réduire les pertes de sols organiques, la poursuite de leur exploitation est remise en question, ce qui soulève à son tour des interrogations en termes d'efficacité (Eco3). Si ils n'étaient plus exploités, la surface à disposition de l'agriculture s'en trouverait réduite d'autant. Cette mesure assurerait parallèlement la préservation à long terme de sols agricoles (Env2).

Recommandations d'actions et contributions aux objectifs d'une politique durable des sols

Minimiser la perte de MOS

- Réduire de manière générale la perte de MOS en renforçant le recours à des méthodes éprouvées (par ex. engrais organiques, prairies artificielles pluriannuelles) et en développant des concepts innovants comme l'intégration d'éléments agroforestiers.
- Clarifier l'utilisation future des sols organiques. Il convient de faire de mettre en balance les gains réalisés en termes de qualité du sol et de protection climatique et les pertes de surface agricole utile encourues.

Réduire les apports de polluants et les impacts climatiques

- Les apports de polluants dans l'agriculture peuvent être réduits :
 - au moyen d'engrais verts : les agriculteurs ont besoin d'être soutenus dans cette approche;
 - au moyen de champignons mycorhiziens : une méthode pratique permettant leur multiplication n'est pas encore disponible;
 - au moyen de méthodes alternatives comme l'emploi de nématodes : le développement d'une méthode pratique a été lancé dans le cadre du projet LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES PARASITES du PNR 68 (encadré, p. 51, au milieu).

- Développer les connaissances relatives à la diffusion des antibiotiques par le biais des sols.
- Tester l'utilisation à grande échelle d'un outil détectant précocement les apports excessifs de polluants (outil du projet SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE du PNR 68, encadré, p. 53).

Empêcher la compaction des sols

- Accroître la sensibilisation au thème de la compaction en y intégrant les résultats du projet TASSEMENT DES SOLS du PNR 68 (encadré, p. 54).

Empêcher l'érosion

- Prendre en considération les éventuels problèmes d'érosion des sols.

La ST1 parvient également à la conclusion que la perte de MOS, la compaction et l'érosion constituent les risques qui menacent les sols agricoles et formule des recommandations d'action similaires. Elle requiert par ailleurs que les paiements directs soient conçus de manière à pouvoir être adaptés à ces nouvelles menaces⁶⁴ et que les agriculteurs soient mieux sensibilisés et formés à des mesures concrètes.

Illustration 16

Contribution du champ d'action 2 « Agriculture » aux objectifs d'une politique durable des sols.

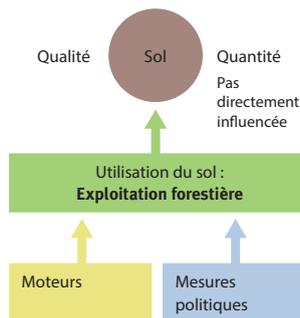
- ⊕ Contribution positive
- ⊖ Contribution négative

¹ Exploitation économique possible dans l'agriculture si les fonctions du sol sont préservées.

CA2 Agriculture		Eco1	Eco2	Eco3	Env1	Env2	Env3	Soc1	Soc2	Soc3
Minimiser la perte de matière organique du sol		⊕ ¹	⊖	⊕	⊕	⊕	⊕			
Réduire les apports de polluants et les impacts climatiques		⊕ ¹	⊖		⊕					⊕
Empêcher la compaction des sols		⊕ ¹	⊖		⊕					
Empêcher l'érosion		⊕ ¹	⊖	⊕	⊕					
Performance économique :		Responsabilité écologique :			Solidarité social :					
Eco1	Permettre une utilisation du sol par l'économie	Env1	Garantir la qualité du sol		Soc1	Solidarité régionale, sociale et intergénérationnelle				
Eco2	Éviter les charges financières	Env2	Garantir la quantité de sol		Soc2	Préserver les valeurs socioculturelles				
Eco3	Gérer efficacement l'utilisation du sol	Env3	Enrayer le changement climatique		Soc3	Promouvoir et protéger la santé humaine				

4.4 CA3 : Foresterie

Illustration 17
Champ d'action 3 dans le contexte du modèle d'impact.



Facteurs particulièrement pertinents

- Réchauffement climatique
- Apports de polluants dus à l'agriculture et aux transports

Mesures politiques particulièrement pertinentes

- « Politique forestière 2020 »

Principaux défis

- Acidification des sols forestiers
- Compaction des sols par les machines lourdes
- Perte de sol due aux glissements superficiels
- Forêt menacée dans sa fonction de puits de carbone

Les mesures préconisées en matière d'exploitation forestière visent à préserver la qualité des sols forestiers. La « Politique forestière 2020 »⁶⁹ a d'ores et déjà identifié des orientations et des mesures qui sont partiellement reprises dans les points développés ci-après. En dehors de leur exploitation, qui influe en partie sur leur qualité, les sols forestiers sont également particulièrement menacés par les intrants azotés dus à l'agriculture et aux transports. La Suisse compte sur la forêt en tant que puits de carbone dans le cadre de sa politique de protection du climat. Plus le danger représenté par le réchauffement climatique grandit, plus cette fonction gagne en importance. La protection quantitative de la forêt ne fera pas partie des thèmes abordés, car le statut de protection absolu dont elle bénéficie assure la préservation de sa superficie.

4.4.1 Mesures contre l'acidification des sols forestiers

Lutter contre l'acidification des sols forestiers constitue l'un des défis les plus difficiles à relever. Les arbres absorbent l'azote présent dans l'atmosphère et le libèrent dans le sol, ce qui augmente sa teneur en azote et l'acidifie. Cette acidification porte atteinte aux organismes du sol et diminue la capacité du sol à retenir les nutriments. Par voie de conséquence, les arbres peuvent, par exemple, être moins bien enracinés et devenir plus sensibles au chablis. Une acidification très avancée augmente la biodisponibilité des substances toxiques comme les métaux lourds et menace les eaux souterraines captées dans les forêts⁷⁰.

L'azote (N) présent dans l'atmosphère provient principalement de l'agriculture (émissions d'ammoniac) et des transports (émissions d'oxyde d'azote). La foresterie ne peut pas influencer directement ces facteurs (mesures pour l'agriculture et les transports, points 4.3.2, p. 49, et 4.5.4, p. 63), ce qui n'amènerait de toute façon qu'une amélioration très décalée du régime des nutriments. Il convient donc de recourir à d'autres mesures d'ordre local. Un rapport du Conseil fédéral identifie trois options pour compenser l'acidification des sols forestiers¹¹:

- Mesures sylvicoles comme la sélection d'espèces adaptées (par ex. chênes, pins ou érables) et renonciation à la récolte d'arbres entiers (avec branches et rameaux) sur les sites menacés.
- Amendement par chaulage: cette méthode est interdite dans les forêts suisses mais utilisée à grande échelle en Allemagne. Le chaulage du sol augmente son activité biologique et accélère la dégrada-

tion de la mos. Cela n'est pas sans poser problème du point de vue de la protection du sol dans la mesure où il est par principe souhaitable de préserver la mos (point 4.4.4).

- Le Conseil fédéral continue de déconseiller l'épandage de cendres comme mesure de lutte immédiate contre l'acidification des sols forestiers.

4.4.2 Empêcher la compaction des sols

Le tassement des sols forestiers représente le deuxième défi important. Les mesures de lutte contre la compaction des sols sont en fait bien connues. L'OFEV a ainsi publié en 2016 des recommandations visant à instaurer une circulation respectueuse des sols forestiers¹⁰. La communication de ces mesures aux acteurs concernés et aux services chargés de leur exécution s'avère néanmoins insuffisante. Le fait que l'on ne sache pas à quels endroits le sol est déjà fortement compacté et nécessite d'être traité avec la plus grande précaution constitue un défi supplémen-

taire. Cette lacune a déjà été identifiée par la « Politique forestière 2020 ».

4.4.3 Réduire la perte de sol due aux glissements superficiels

L'érosion et les glissements superficiels (jusqu'à deux mètres de profondeur) ne représentent pas seulement un danger pour l'être humain, les bâtiments et les voies de communication, ils s'accompagnent également d'une perte de sol notable. Le projet STABILITE DES SOLS du PNR 68 estime les pertes de sol dues aux intempéries ayant frappé la commune de Sachseln en 1997 à 16 500 mètres cubes⁷¹.

Avec la montée en puissance du changement climatique, la fréquence et l'intensité des événements extrêmes devraient progresser ainsi que le risque de glissements superficiels.

4.4.4 Préserver la MOS des forêts

La forêt suisse est un important puits de carbone qui a permis à la Suisse d'at-

Réduire les risques de glissements superficiels

Le projet STABILITÉ DES SOLS du PNR 68 a quantifié l'influence des plantes sur la stabilité des versants et élaboré des recommandations à l'intention de l'exploitation forestière grâce auxquelles le risque de futurs glissements pourrait être réduit :

- Limiter la taille des espaces non boisés : les espaces non boisés ne doivent pas dépasser, dans la ligne de pente, une longueur de 20 (ou 30) mètres.
- Promouvoir la diversité : un large spectre d'espèces, de stades de succession (comparables à l'assolement des sols agricoles), d'âges des plantes, de strates, de profondeurs d'enracinement et d'architectures racinaires apporte aux versants une stabilité plus élevée et plus durable.
- L'intégration de champignons mycorhiziens dans les concepts de (re-)boisement et de plantation (par ex. après des dégâts naturels, des coupes de régénération ou l'implantation de nouveaux peuplements) encourage le développement et les fonctions stabilisatrices des plantes.

Ces mesures doivent être intégrées au guide « Soins sylvicoles et contrôle des résultats : instructions pratiques » (NaiS)⁷².

teindre ses objectifs de réduction d'après la loi sur le CO₂ et le protocole de Kyoto pour la période 2008–2012⁷³. A côté du carbone stocké dans le bois, la mos des sols forestiers revêt également une importance particulière. Afin que la forêt continue de remplir son rôle de réservoir de carbone et ne devienne pas une source d'émissions, préserver la mos doit devenir un des principaux objectifs de l'exploitation forestière. Trois projets du PNR 68 se sont consacrés à cette question :

- Le projet SOLS FORESTIERS du PNR 68 a étudié si le reboisement permettrait d'augmenter la teneur du sol en carbone (encadré).

- Les projets DYNAMIQUE DU CARBONE et INDICATEURS DE VULNÉRABILITÉ du PNR 68 ont développé un modèle et identifié des indicateurs afin de déterminer quels sont les sols susceptibles de perdre leur capacité à stocker le carbone (encadré).

La disponibilité des nutriments présents dans le sol dépendant directement du rapport carbone/azote, le carbone joue également un rôle important dans le cycle des nutriments du sol. Celui-ci doit être maintenu « en équilibre » afin que les arbres et les autres plantes continuent de disposer de conditions favorables à leur croissance, raison pour laquelle une gestion durable de l'exploitation forestière est requise⁷⁴. La « Politique forestière 2020 » prévoit

Le climat – un facteur dominant pour les réserves de carbone des sols forestiers

Le projet SOLS FORESTIERS du PNR 68 a exploré les facteurs déterminant le stockage du carbone dans les sols forestiers suisses en étudiant de nombreux profils de sols. Les résultats révèlent que l'âge d'une forêt n'influe quasiment pas sur les stocks de carbone. Le déboisement ou le reboisement ont aussi montré des variations insignifiantes. Il en résulte que la reforestation des régions alpines en Suisse n'augmente pas le stockage du carbone dans le sol. Parmi les causes possibles de cette influence étonnamment faible de l'âge de la forêt sur les stocks de carbone, on peut citer l'utilisation antérieure de la majorité des sites étudiés comme prairies ou pâturages. Dans ces milieux, l'apport de carbone dans le sol par les racines est plus élevé qu'en forêt ou que dans les champs. Le climat joue également un rôle central : un climat plus chaud et plus sec favorise la perte de mos – surtout au niveau des horizons plus épais situés à des altitudes plus élevées.

Evaluer les risques de pertes de carbone

La vulnérabilité de la substance organique varie fortement d'un sol à l'autre comme l'a démontré le projet DYNAMIQUE DU CARBONE du PNR 68 en analysant 54 sites forestiers suisses sélectionnés pour leur représentativité. Il convient donc d'identifier quels sont ceux dont la capacité à fixer le carbone se détériore le plus rapidement. Sur la base de ces résultats, l'équipe propose un modèle permettant de prédire, en fonction des caractéristiques de l'écosystème (climat, sol, relief), quels sont les sols les plus susceptibles de perdre de la matière organique.

Le projet INDICATEURS DE VULNÉRABILITÉ du PNR 68 poursuivait un but similaire : il a permis une évaluation plus précise des quantités de carbone qui sont susceptibles d'être stockées ou libérées par le sol dans le contexte du changement climatique. Le projet a livré des connaissances approfondies sur les interactions des facteurs climatiques et géologiques influant sur la vulnérabilité et la stabilité du carbone du sol.

par conséquent d'élaborer en collaboration avec les acteurs concernés un concept destiné à améliorer le régime des nutriments des sols forestiers⁶⁹. L'objectif est de préserver et d'améliorer le cycle des nutriments en examinant l'incidence des prélèvements forestiers (par ex. arbres entiers)

ou des mesures destinées à compenser les pertes de nutriments (par ex. épandage de cendres de bois).

Ces recommandations d'action contribuent à l'atteinte de différents objectifs d'une politique durable des sols. Il convient en premier lieu d'améliorer à long terme la qualité des sols forestiers et de préserver ainsi durablement leur exploitation (Env1 et Eco1). Comme celles préconisées pour l'agriculture, ces mesures entraînent parfois des coûts supplémentaires (Eco2).

Les mesures de lutte contre l'acidification des sols forestiers s'avèrent par ailleurs favorables à la santé humaine dans la mesure où elles réduisent la pénétration des métaux lourds dans le sol et protègent ainsi les eaux souterraines générées dans les forêts (Soc3).

La réduction des pertes de matière organique des sols forestiers vise en premier lieu à préserver la forêt en tant que puits de carbone afin de protéger le climat (Env3).

Recommandations d'actions et contributions aux objectifs d'une politique durable des sols

- Empêcher la compaction des sols due à l'usage inadapté de machines.
- Réduire les risques de perte de sol dus aux glissements superficiels en adoptant des mesures supplémentaires.
- Optimiser la gestion des sols forestiers en termes de cycle des nutriments en améliorant en particulier le bilan de l'azote par des mesures sylvicoles, tester l'efficacité du chaulage en tant qu'éventuelle mesure pratique. Vérifier, ce faisant, les interactions existant vis-à-vis d'autres recommandations (par ex. chaulage et réduction de la perte de MOS).
- Réduire la perte de MOS afin de préserver entre autres la capacité de stockage du carbone des sols forestiers en identifiant et en protégeant spécifiquement les sites vulnérables.

Illustration 18
Contribution du champ d'action 3 « Foresterie » aux objectifs d'une politique durable des sols.

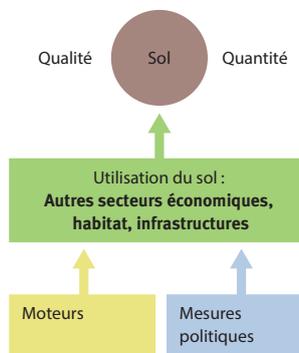
⊕ Contribution positive
⊖ Contribution négative

² Exploitation économique possible dans la foresterie si les fonctions du sol sont préservées.

CA3 Foresterie		Eco1	Eco2	Eco3	Env1	Env2	Env3	Soc1	Soc2	Soc3
Mesures contre l'acidification des sols forestiers		⊕ ²	⊖		⊕					⊕
Empêcher la compaction des sols		⊕ ²	⊖		⊕					
Réduire la perte de sol due aux glissements		⊕ ²	⊖		⊕	⊕				⊕
Préserver la matière organique du sol			⊖		⊕		⊕			
Performance économique :		Responsabilité écologique :			Solidarité sociale :					
Eco1	Permettre une utilisation du sol par l'économie	Env1	Garantir la qualité du sol		Soc1	Solidarité régionale, sociale et intergénérationnelle				
Eco2	Eviter les charges financières	Env2	Garantir la quantité de sol		Soc2	Préserver les valeurs socioculturelles				
Eco3	Gérer efficacement l'utilisation du sol	Env3	Enrayer le changement climatique		Soc3	Promouvoir et protéger la santé humaine				

4.5 CA4 : Autres secteurs économiques, habitat, infrastructures

Illustration 19
Champ d'action 4 dans le contexte du modèle d'impact.



Facteurs particulièrement pertinents

- Structure du logement et de l'emploi
- Structures sociales et démographiques
- Mobilité
- Progrès technique

Mesures politiques particulièrement pertinentes

- Différentes stratégies et mesures sectorielles (voir aussi Stratégie pour le développement durable)

Principaux défis

- Progression continue des besoins en surfaces
- Gestion inappropriée des déblais lors de chantiers et valorisation non conforme du sol
- Fonctions du sol négligées dans les zones urbanisées

Le CA4 s'intéresse principalement à la protection du sol dans le cadre de diverses utilisations non agricoles et non forestières. Il cherche par ailleurs à savoir comment réduire les besoins en surfaces d'habitat, de travail et d'infrastructure. Si la demande en surfaces, c'est-à-dire la quantité, occupe le premier plan, des problèmes qualitatifs, comme par exemple les apports de polluants, peuvent également se poser. L'exploitation de carrières, les décharges et les sites pollués ne feront pas partie des aspects abordés ici étant donné que ces utilisations ne faisaient pas l'objet du PNR 68.

4.5.1 Réduire les besoins en surfaces d'habitat, de travail et d'infrastructure

Les besoins croissants en surfaces, qui résultent de la hausse du niveau de vie et d'autres mutations sociodémographiques comme la progression des ménages composés d'une seule personne ou le vieillissement de la population (scénarios du point 3.2, p. 22), jouent un rôle important dans la consommation du sol. Les instruments politiques qui contribueraient à endiguer la perte de sol par l'intermédiaire d'incitations ou d'interdictions et d'obligations ont déjà été abordés dans le cadre du CA1. Le CA4 traite des mesures qui visent spécifiquement à la demande en sol liée à certaines utilisations.

a) Etudier des instruments destinés à réduire les besoins en surface habitable
Une étude réalisée sur mandat de l'Office fédéral du logement a analysé 14 instruments de régulation susceptibles d'influer sur la consommation de surface habitable⁷⁵. Selon les auteurs, quatre instruments présentent le potentiel nécessaire pour exercer un impact tout en rencontrant un accueil favorable :

- Prescriptions d'occupation spécifiques : le nombre minimal de personnes devant occuper un logement serait par exemple prescrit pour certains bâtiments.
- Prescriptions spécifiques de la surface en m² selon la taille du logement : la prescription porterait sur la surface en mètres carrés selon le nombre de pièces.
- Aides au déménagement (conseils) : les conseils viseraient à mettre en adéquation l'offre et la demande, en particulier lorsque les demandeurs sont à la recherche d'un logement mieux approprié à leurs besoins objectifs.

- Attribution, en phase de planification, d'un bonus de densité pour des logements particulièrement économes en surface: les promoteurs s'engageant à proposer une offre de logements permettant d'économiser la surface habitable obtiendraient un bonus de densité (d'utilisation du sol avec incidence positive sur le rendement).

Les mesures de dérégulation du marché immobilier, qui pourraient éventuellement induire une augmentation de l'offre et un recul de la demande, mais aussi soulever des problèmes sociopolitiques, n'ont pas été étudiées.

La pression qui s'exerce dans ce domaine est néanmoins trop faible pour que de tels instruments rencontrent une large adhésion. Une étude de la Haute école de Lucerne suit par conséquent une orientation très différente: elle a identifié un groupe de ménages qui estiment que leur consommation de surface habitable est trop importante et consomment effectivement beaucoup de surface habitable⁷⁶. Dans le cas de ces ménages, l'étude a déterminé qu'il existait à la fois une possibilité d'économie et une volonté potentielle de modifier les conditions de logement. Elle propose par conséquent des mesures concrètes à l'intention de ce groupe qui est principalement composé de personnes aisées ou consommant plus de surface habitable que nécessaire du fait de facteurs en lien avec l'âge, la composition du ménage ou les rapports de propriété. En Suisse, ce groupe représente au total un peu moins de 10% des ménages, soit près de 350 000 personnes. Il est difficile à influencer au moyen d'instruments financiers, mais un service local (similaire à l'aide au déménagement) pourrait être instauré afin de conseiller les seniors dans la recherche de nouvelles possibilités de logement.

b) Tester des idées innovantes

Afin de réduire la consommation de surfaces habitables, des idées semblables à celles dont il est discuté dans le contexte du mouvement de la Sharing Economy ou de l'initiative Work Smart méritent également d'être explorées⁷⁷:

- Le projet «smart sharing» de la Haute école de Lucerne illustre comment le fait de conjuguer technique, architecture et espace permet une nouvelle utilisation partagée des lieux de vie et d'habitation. A côté de la sphère privée que sont la chambre et la salle de bain, une répartition tripartite permet de créer dans chaque logement des pièces partagées comme la cuisine et le salon qui ne sont utilisées que par quelques personnes. D'autres espaces (bibliothèque ou chambre d'invité) peuvent être utilisés par l'ensemble de la communauté. Sur la base de ce concept, la surface habitable moyenne par personne pourrait être ramenée de 45 à 35 mètres carrés⁷⁸.

- L'initiative «Work Smart» s'est fixé pour objectif de soutenir activement les formes de travail flexibles. Les infrastructures de bureau et les voies de communication pourraient ainsi être utilisées plus intelligemment, ce qui réduirait les surfaces accaparées par l'emploi et les transports⁷⁹.

Les nouvelles technologies peuvent également ouvrir la voie à une utilisation plus efficiente des infrastructures existantes et freiner la consommation de surfaces. Les véhicules électriques se popularisant, il conviendrait par exemple de vérifier si les camions électriques ne devraient pas être autorisés à circuler la nuit.

4.5.2 Préserver de manière ciblée les fonctions des sols urbanisés

Les sols des zones résidentielles sont souvent sous-évalués, bien que leurs fonctions de filtration, d'habitat et de détente soient extrêmement importantes⁷ et qu'il convienne de les préserver dans la mesure du possible. Cette visée entre néanmoins en conflit avec le développement de l'urbanisation vers l'intérieur du milieu bâti qui est prescrit par la loi (art. 1, al. 2, let. a^{bis} LAT). Les autorités administratives doivent être sensibilisées à ce conflit d'objectifs, de même que des limites doivent être fixées en matière de concentration urbaine⁸⁰.

Les jardins constituent une autre problématique dans les zones résidentielles. Ils comptent en effet parmi les sols les plus pollués en Suisse. Faute de connaissances suffisantes, les particuliers utilisent souvent des quantités trop importantes d'engrais, de pesticides et d'herbicides. Comme démontré par plusieurs analyses, ces produits ne répondent par ailleurs pas toujours aux normes en vigueur⁷. Le plan d'action visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires adopté par la Confédération tente de résoudre ce problème⁶², auquel les particuliers doivent parallèlement être sensibilisés.

4.5.3 Gérer adéquatement les matériaux terreux lors de modifications de terrain

Les activités de construction (par ex. travaux d'excavation) génèrent des matériaux terreux de bonne qualité, sachant que ceux de la couche sous-jacente du sol tendaient jusqu'à présent en règle générale à être éliminés dans des décharges. Un sol précieux, qui aurait permis de réhabiliter des surfaces agricoles dégradées, était ainsi

irréremédiablement perdu. Depuis 2016, l'ordonnance fédérale sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED) exige que les matériaux terreux issus du décapage de la couche supérieure et de la couche sous-jacente du sol soient autant que possible valorisés intégralement (art. 18 OLED). Il convient donc de gérer ces matériaux terreux de manière adéquate afin que le sol soit protégé des atteintes physiques et ne contribue pas à la diffusion d'espèces végétales exogènes (plantes néophytes). Les autorités compétentes en matière de protection physique et biologique du sol doivent être sensibilisées à cette problématique.

4.5.4 Réduire les atteintes quantitatives et qualitatives dues aux transports

Du fait des émissions de dioxyde d'azote (NO₂) et de CO₂ qu'ils génèrent, les transports contribuent notablement à l'acidification des sols forestiers et au changement climatique (point 4.4.1, p. 57). Minimiser cette pollution aérienne doit demeurer un objectif prioritaire que différentes mesures – qu'elles relèvent de solutions techniques, de la planification ou d'une modification des comportements – peuvent permettre d'atteindre.

Les transports peuvent également induire une pollution localisée des sols. Ceux qui bordent directement les axes de circulation sont pollués par les résidus dus à l'abrasion des pneus et des freins qui sont transportés par les tourbillons d'air. Les eaux de chaussée peuvent également s'infiltrer dans le sol et exercer un impact négatif sur certaines fonctions. Afin de protéger les cours d'eau, les eaux usées des voies de communication fortement fréquentées doivent être collectées conformément aux prescriptions, ce qui contribue également à protéger le sol.

Recommandations d'actions et contributions aux objectifs d'une politique durable des sols

- Réduire les besoins en surfaces d'habitat, de travail et d'infrastructure au moyen d'instruments ciblés et de solutions innovantes.
- Préserver les fonctions des sols résidentiels de manière ciblée en :
 - sensibilisant les autorités au conflit d'intérêts existant entre la concentration urbaine et la préservation des sols dans les zones résidentielles,
 - diffusant auprès des particuliers des informations sur l'usage correct des engrais et des produits phytosanitaires.
- Sensibiliser les promoteurs à la protection physique et biologique du sol lors des travaux de chantier.
- Sensibiliser les autorités compétentes et les communes à la gestion adéquate des matériaux terreux.
- Poursuivre la réduction des atteintes portées au sol par les transports dans le cadre des politiques de protection de l'air et des eaux.

Les recommandations inhérentes au CA4 visent presque exclusivement à garantir la quantité et la qualité du sol (Env1 et Env2). Les solutions innovantes relatives aux espaces d'habitation et de travail qui sont intégrées à la mesure « réduire les besoins en surfaces » renforcent une utilisation économique du sol (Eco1). Le principal objectif des mesures de réduction de la pollution due aux transports est de limiter les émissions afin d'atténuer les effets du changement climatique (Env3). La plupart de ces mesures devraient générer des coûts (Eco2).

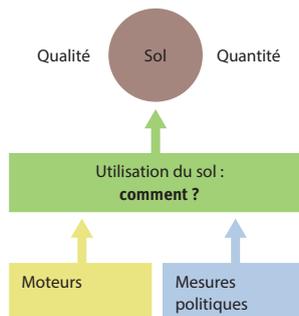
Illustration 20
Contribution du champ d'action 4 «Autres secteurs économiques, habitat, infrastructures» aux objectifs d'une politique durable des sols.

- ⊕ Contribution positive
- ⊖ Contribution négative

CA4 Autres secteurs économiques, habitat, infrastructures		Eco1	Eco2	Eco3	Env1	Env2	Env3	Soc1	Soc2	Soc3		
Réduire les besoins en surfaces		⊕	⊖			⊕						
Préserver de manière ciblée les fonctions des sols urbanisés			⊖		⊕							
Gérer adéquatement les matériaux terreux			⊖		⊕	⊕						
Réduire les atteintes dues aux transports			⊖		⊕		⊕					
Performance économique :		Responsabilité écologique :			Solidarité social :							
Eco1	Permettre une utilisation du sol par l'économie	Env1			Garantir la qualité du sol		Soc1				Solidarité régionale, sociale et intergénérationnelle	
Eco2	Éviter les charges financières	Env2			Garantir la quantité de sol		Soc2				Préserver les valeurs socioculturelles	
Eco3	Gérer efficacement l'utilisation du sol	Env3			Enrayer le changement climatique		Soc3				Promouvoir et protéger la santé humaine	

4.6 CA5 : Immissions et sols pollués

Illustration 21
Champ d'action 5 dans le contexte
du modèle d'impact.



Facteurs particulièrement pertinents

- Pression du marché sur l'agriculture

Mesures politiques particulièrement pertinentes

- Ordonnance sur les sites contaminés et ordonnance sur les atteintes portées au sol

Principaux défis

- Gestion non harmonisée des sols pollués
- Valorisation non conforme du sol

En complément des autres champs d'action qui s'intéressent principalement aux causes des atteintes portées au sol (émissions au sens large du terme), le CA5 examine en premier lieu quelques mesures axées sur les immissions.

4.6.1 Harmoniser la gestion des sols pollués

Les substances qui polluent le sol sont issues de différentes sources et relèvent, selon leur origine, de l'ordonnance sur les sites contaminés (OSites) ou de celle sur les atteintes portées aux sols (OSol). L'OSites entre en application lorsque les sites concernés sont des emplacements d'une étendue limitée pollués par des déchets (sites de stockage définitifs, aires d'exploitations, lieux d'accidents). En revanche, si les atteintes constatées proviennent de sources diffuses, elles s'inscrivent dans le cadre de l'OSol. Les deux ordonnances stipulent que des mesures d'élimination ou d'assainissement doivent être adoptées lorsqu'une concentration déterminée, ou bien une valeur in-

dicative ou d'assainissement (art. 35 LPE), est dépassée, mais elles ne prescrivent pas toujours les mêmes solutions et doivent donc être harmonisées. Une évaluation en ce sens est en cours d'élaboration.

La contamination des sols est globalement en recul⁸¹, si bien qu'aucun suivi concret n'est requis mis à part l'harmonisation des deux ordonnances, dont l'exécution demeure essentielle.

4.6.2 Renforcer l'exécution en matière de revalorisation de sols

Des surfaces agricoles peuvent être revalorisées au moyen de matériaux terreux excavés. Afin que ces travaux améliorent réellement la qualité du sol et n'entraînent pas d'atteintes inutiles, il est nécessaire que l'exécution en soit améliorée.

- Les modifications de terrains et les revalorisations constituant des interventions d'envergure, elles sont subordonnées à l'obtention préalable d'un permis. A l'heure actuelle, les agriculteurs épandent parfois des matériaux terreux, en particulier sur des sols marécageux (point 4.3.1b, p. 47), sans disposer des autorisations nécessaires. La délivrance de permis et l'exécution doivent par conséquent être perfectionnées. Il convient en outre d'examiner comment la valorisation des matériaux terreux peut être améliorée, par exemple en créant des sites de transbordement (CA4, point 4.5.3, p. 63).

- Seuls les sols qui ne contiennent pas de substances étrangères ni d'organismes exotiques envahissants et qui satisfont aux valeurs indicatives fixées sont autorisés à être valorisés. Le demandeur est par principe tenu de procéder aux analyses de sol nécessaires, les cantons procédant à des contrôles par échantillon-

Recommandations d'actions et contributions aux objectifs d'une politique durable des sols

- Harmoniser la gestion des sols pollués
- Renforcer l'exécution en matière de valorisation de sols

nages. Certains d'entre eux doivent encore clarifier les responsabilités en matière de prélèvements (par ex. services sanitaires ou services de protection du sol) et le calendrier des contrôles. L'organe d'exécution correspondant doit être impliqué dans le processus d'autorisation.

Les mesures axées sur les immissions visent à parfaire l'exécution afin d'assurer une gestion plus efficace de l'utilisation du sol (Eco3) et d'améliorer au final sa qualité (Env1).

Illustration 22
Contribution du champ d'action 5 « Immissions et sols pollués » aux objectifs d'une politique durable des sols.

- ⊕ Contribution positive
- ⊖ Contribution négative

CA5 Immissions et sols pollués		Eco1	Eco2	Eco3	Env1	Env2	Env3	Soc1	Soc2	Soc3
Harmoniser la gestion des sols pollués				⊕	⊕					⊕
Renforcer l'exécution des réhabilitations du sol				⊕	⊕					
Performance économique :		Responsabilité écologique :			Solidarité social :					
Eco1	Permettre une utilisation du sol par l'économie	Env1			Garantir la qualité du sol		Soc1			Solidarité régionale, sociale et intergénérationnelle
Eco2	Eviter les charges financières	Env2			Garantir la quantité de sol		Soc2			Préserver les valeurs socioculturelles
Eco3	Gérer efficacement l'utilisation du sol	Env3			Enrayer le changement climatique		Soc3			Promouvoir et protéger la santé humaine

Investissements fonciers à l'étranger : élargissement de l'obligation de diligence

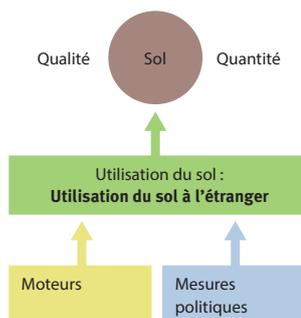
Le projet ACCAPAREMENT DES TERRES du PNR 68 analyse la durabilité d'un investissement international dans le foncier agricole réalisé par l'entreprise ABSL, une filiale de la compagnie pétrolière suisse Addax Oryx Group Energy. En 2008, ABSL avait loué 54 000 ha de surfaces agricoles en Sierra Leone pour une durée de 50 ans afin de produire du bioéthanol destiné à l'exportation. Les études réalisées permettent une évaluation globale des investissements à grande échelle dans le foncier agricole. Ceci contribuera à asseoir la gestion juridico-politique des produits issus de tels projets (biocarburants, matières premières agricoles, etc.) sur une base solide. Le projet parvient à la conclusion que l'obligation de diligence devra à l'avenir être élargie aux aspects suivants lorsque des investissements d'origine suisse sont effectués dans des pays du Sud :

- Au-delà des enjeux humains, environnementaux et sanitaires, les investissements à grande échelle dans le foncier agricole doivent prévoir et pouvoir mettre en œuvre des mesures efficaces empêchant les revenus des contrats de leasing et autres bénéfiques de ne profiter qu'à une élite limitée (« elite-capture »).
- La politique suisse doit exiger qu'une juste participation des propriétaires terriens et des familles ne possédant pas de terres soit garantie lors des processus de négociation entre investisseur et pays hôte. Les contrats négociés uniquement avec les propriétaires terriens encouragent les effets dits d'« elite-capture ». Ils renforcent les tensions sociales existantes – ou en génèrent de nouvelles – ainsi que les disparités économiques entre les propriétaires et les exploitants agricoles et ne s'inscrivent pas dans la durabilité.
- L'administration publique et la politique doivent s'assurer qu'une analyse de vulnérabilité soit réalisée et qu'un plan d'urgence définissant les responsabilités et les possibilités de financement correspondantes soit établi avant le financement et la mise en œuvre de projets d'investissement à grande échelle dans le foncier agricole.
- Les labels de durabilité privés doivent être formulés de manière plus exhaustive. Il convient en particulier de s'assurer que les analyses et données conduisant à l'octroi de tels labels soient entièrement accessibles à un examen public ou scientifique, le contrôle public devenant sinon impossible, si bien que les labels ne remplissent plus l'une de leurs principales fonctions.
- Les réglementations en matière d'investissement, de commerce et de fiscalité de pays hôtes, des pays d'origine et de la communauté internationale doivent être harmonisées afin de permettre une exploitation durable de la ressource sol et des terres arables. Ceci exige entre autres :
 - de conclure des contrats d'investissement qui ne se contentent pas de protéger les intérêts des investisseurs mais les obligent également à une mise en œuvre durable de leurs projets,
 - d'élaborer des contrats commerciaux qui assurent aux produits issus de modes de production durables un accès aux marchés du Nord,
 - de définir des standards de durabilité qui conduisent non pas à l'exclusion mais à l'inclusion des produits issus de modes de production durables (et surtout à petite échelle),
 - de limiter la concurrence fiscale internationale par une réglementation globale afin que les pays producteurs puissent profiter de revenus fiscaux.

Le projet DÉCISIONS QUANT À L'EXPLOITATION DES SOLS du PNR 68 était également consacré à la durabilité des grandes acquisitions agraires. Les chercheuses et chercheurs des deux projets recommandent que la Suisse continue de s'engager dans la recherche afin d'élaborer des bases sur lesquelles fonder des achats transnationaux de terrains respectant une éthique légale, économique, écologique et sociale.

4.7 CA6 : Coopération internationale

Illustration 23
Champ d'action 6 dans le contexte du modèle d'impact.



Facteurs particulièrement pertinents

- Politique commerciale internationale/ Globalisation
- Réchauffement climatique

Mesures globales particulièrement pertinentes

- Une stratégie de protection du sol fait défaut au plan international

Principaux défis

- Absence d'un concept international de protection du sol
- Conscience lacunaire de l'internationalité du problème sol

Le champ d'action 6 met en relief la protection du sol au niveau global. L'objectif doit être de préserver aussi la quantité et la qualité du sol au plan international – également dans l'intérêt de la Suisse.

Afin d'assurer sa production de produits agricoles, la Suisse accapare une superficie nettement plus importante que celle dont elle dispose (commerce de terres virtuel). Par rapport au nombre de calories, le taux d'autosuffisance net s'élevait à 51%⁸², en 2015, reflétant ainsi le caractère inter-

national du sol. Des entreprises non agricoles exploitent elles aussi des surfaces parfois conséquentes à l'étranger. La durabilité de certains types d'investissements fonciers a fait l'objet de deux projets du PNR 68: ACCAPAREMENT DES TERRES et DÉCISIONS QUANT À L'EXPLOITATION DES SOLS (encadré, p. 67).

En dehors des acquisitions foncières internationales, la Suisse exerce également une influence indirecte sur l'utilisation des sols à l'étranger, par exemple par le biais du climat ou de l'exploitation agricole et forestière. Il est par conséquent indispensable que la Suisse s'engage activement pour la protection du sol au sein d'organismes internationaux.

La contribution de la Suisse au sein d'organismes internationaux est au cœur du CA6. La participation active de la Suisse vise à assurer la protection globale du sol et à assumer ainsi une responsabilité écologique (Env1-3). Dans le contexte du CA6, il est par ailleurs proposé de promouvoir d'autres aspects de la durabilité des achats transnationaux de terrains en poursuivant la recherche et le transfert de connaissances. Ces mesures renforcent également la solidarité internationale (Soc1).

Recommandations d'actions et contributions aux objectifs d'une politique durable des sols

- S'assurer lorsque des investissements d'origine suisse sont effectués dans des pays du Sud que l'obligation de diligence soit élargie aux aspects identifiés dans le cadre du projet ACCAPAREMENT DES TERRES du PNR 68.
- Promouvoir la durabilité lors des achats transnationaux de terrain en poursuivant la recherche et le transfert de connaissances.
- Renforcer la contribution de la Suisse au sein des organismes internationaux de protection du sol.

Illustration 24
Contribution du champ d'action 6 « Coopération internationale » aux objectifs d'une politique durable des sols.

- ⊕ Contribution positive
- ⊖ Contribution négative

CA6 Coopération internationale		Eco1	Eco2	Eco3	Env1	Env2	Env3	Soc1	Soc2	Soc3
					⊕	⊕	⊕	⊕		⊕
Performance économique :		Responsabilité écologique :			Solidarité social :					
Eco1	Permettre une utilisation du sol par l'économie	Env1	Garantir la qualité du sol		Soc1 Solidarité régionale, sociale et intergénérationnelle					
Eco2	Éviter les charges financières	Env2	Garantir la quantité de sol		Soc2 Préserver les valeurs socioculturelles					
Eco3	Gérer efficacement l'utilisation du sol	Env3	Enrayer le changement climatique		Soc3 Promouvoir et protéger la santé humaine					

4.8 CA7 : Bases politiques et mesures complémentaires (données pédologiques, sensibilisation, recherche)

Principaux défis

- Données pédologiques lacunaires
- Sensibilisation insuffisante aux thèmes du sol
- Manque de connaissances

Le champ d'action 7 n'exerce pas un impact direct sur la préservation de la quantité ou de la qualité du sol mais constitue un pilier important pour la mise en œuvre des mesures citées plus haut.

4.8.1 Données pédologiques de référence

a) Disponibilité des informations du sol au plan national

En Suisse, le manque d'informations du sol constitue un obstacle considérable à la prise en compte de la qualité du sol dans l'aménagement du territoire, l'agriculture et les décisions politiques nécessaires. En matière d'exécution, de telles informations s'avèreraient concrètement pertinentes pour la compensation et la délimitation des SDA, les améliorations foncières, la gestion des matériaux terreux, mais aussi pour plusieurs instruments poli-

tiques prenant en compte la qualité du sol qui ont été proposés dans le cadre des projets du PNR 68. La ST4²³ examine de manière approfondie cette problématique. Elle formule quatre messages clés à l'intention des responsables politiques :

- Une cartographie nationale des sols constitue un investissement rentable : chaque franc investi dans la collecte d'informations du sol génère une valeur ajoutée allant de 2 à 13 francs. Opter pour des cultures respectueuses des conditions locales en se fondant sur des informations du sol peut, par exemple, permettre de réduire les apports d'engrais minéraux ou les risques d'érosion. Il incombe par conséquent à la politique de définir quelles sont les propriétés du sol et les régions qui doivent être cartographiées en priorité ainsi que les étapes à respecter. Pour ce faire, les aspects les plus urgents pour l'utilisation et la protection du sol, comme la proximité des zones résidentielles et les SDA si précieuses à l'agriculture, doivent être pris en considération. Selon la ST4, les coûts annuels d'une cartographie nationale des sols sont estimés à 15-25 millions de francs sur une durée maximale de deux ou trois décennies.
- Pour établir une cartographie nationale des sols, il convient de tester de nouvelles

technologies au moyen d'études de cas et de définir des standards homogènes pour l'ensemble du territoire suisse.

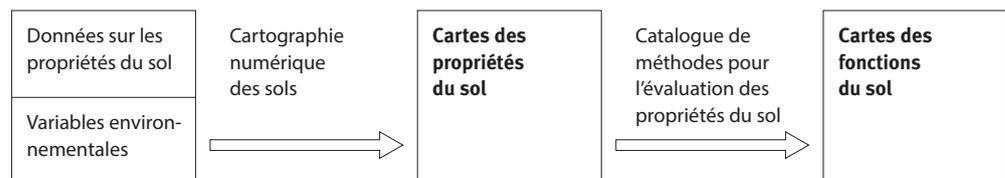
- Une «Plateforme d'information des sols suisse» (PIS-CH) jouant le rôle de plaque tournante pour les données pédologiques doit être établie dans le but d'harmoniser les informations du sol et de mettre différents produits à disposition. Le Système national d'information pédologique NABODAT, qui permet à la Confédération et aux cantons de saisir et de gérer selon un modèle uniforme les données pédologiques numériques relatives aux sols suisses, pourrait servir de base à son élaboration. Associée à un système d'information géographique, cette banque de données permet de procéder à des évaluations spatiales. Les informations du sol mises à disposition par le NABODAT peuvent ainsi être utilisées pour répondre à différentes questions et par diverses disciplines. Ces données ne sont néanmoins pas librement accessibles, problème essentiel auquel la

PIS-CH devrait remédier du point de vue de la ST4, aussi bien dans l'intérêt de la Confédération et des cantons que dans celui du grand public et des scientifiques.

- Des outils et des indicateurs basés sur des informations du sol pouvant directement être employés dans les domaines politique et exécutif doivent être développés. Plusieurs projets du PNR 68 ont proposé des instruments basés sur un indice de qualité pédologique. Des cartes du sol, similaires à celles élaborées pour de premières régions dans le cadre du projet CARTES DU SOL du PNR 68 (encadré, ci-dessous), constituent par exemple des outils très utiles. Il est par ailleurs nécessaire de mettre en place un transfert de connaissances interdisciplinaires entre les spécialistes du sol, de l'aménagement du territoire et de l'agriculture.

Propositions de cartes des fonctions du sol pour la Suisse

Lors d'une première étape basée sur des procédés statistiques, le projet CARTES DU SOL du PNR 68 a associé des données pédologiques existantes à des variables environnementales disponibles à large échelle afin d'en déduire des informations sur la répartition territoriale des propriétés des sols. Cette approche implique une nouvelle technologie de cartographie des sols telle que requise dans le deuxième message clé de la ST4. En second lieu, le projet a dressé des cartes des fonctions du sol pour la production agricole, pour la régulation du cycle des nutriments et du régime hydrique ainsi que la filtration des polluants. Celles-ci permettent de lire directement la «valeur» du sol au regard de différentes fonctions et ont été élaborées à partir de cartes des fonctions du sol auxquelles les procédés d'évaluation établis en Allemagne et en Suisse ont été appliqués.



b) Monitoring du sol

Les programmes de surveillance du sol (monitoring) contrôlent l'évolution dans le temps de propriétés du sol déterminées. L'Observatoire national des sols (NABO) surveille ainsi depuis près de 30 ans la qualité des sols sur l'ensemble du territoire suisse. Les atteintes chimiques, physiques et biologiques des sols sont étudiées sur plus d'une centaine de sites. Quelques cantons gèrent également leurs propres programmes de monitoring. Du fait du changement climatique et des avancées scientifiques, l'observation des sols se doit de relever de nouveaux défis: l'OFEV souhaite à l'avenir suivre aussi l'évolution de la biodiversité des sols par l'intermédiaire du réseau NABO⁶⁶ et il serait nécessaire – comme le souligne la TS2 – qu'un système de monitoring présentant une meilleure résolution que celui du NABO soit mis en place pour l'inventaire suisse des gaz à effet de serre. Comme en témoignent les derniers résultats scientifiques, les relevés relatifs à la propagation dans le sol des gènes de résistance aux antimicrobiens ont également toute leur importance.

Si des informations du sol étaient relevées sur l'ensemble du territoire suisse (point 4.8.1 a, p. 69), le monitoring permettrait d'observer la qualité du sol de manière générale et pas uniquement les atteintes qui lui sont portées. Il pourrait à l'avenir être employé en tant qu'instrument de contrôle: des objectifs de qualité du sol pourraient être fixés pour différentes régions et des mesures régionales définies sur la base des observations effectuées. La ST1 «Sol et production alimentaire» considère qu'un monitoring spécifiquement adapté aux conditions locales aurait le potentiel nécessaire pour mieux sensibiliser les exploitants agricoles à la problématique du sol et orienter de manière correspondante les modes d'exploitation.

4.8.2 Sensibilisation aux thèmes du sol

Une politique des sols ne peut s'avérer durable que si le sol, au-delà de la surface qu'il représente, est appréhendé dans ses aspects tri- et quadridimensionnels. Parfois, la compréhension nécessaire et les connaissances relatives à la valeur et la vulnérabilité du sol et de ses fonctions font précisément défaut dans le domaine de l'aménagement du territoire. De la même manière, les considérations spatiales échappent souvent aux spécialistes de la protection du sol. Il existe des corrélations aussi importantes que conséquentes entre ces deux domaines thématiques, dont les spécialistes ne parviennent pourtant pas à se «comprendre» mutuellement. Cette interface doit faire l'objet d'un travail de médiation et d'un échange entre les personnes compétentes, que ce soit au niveau de la recherche, de l'administration ou de la politique.

Tout comme les spécialistes de l'aménagement du territoire, les principaux acteurs doivent être sensibilisés à la valeur du sol

Sensibilisation des acteurs du secteur agricole

La ST1 aborde concrètement la communication vis-à-vis des exploitants agricoles: il est nécessaire qu'ils comprennent mieux le sol et toutes ses fonctions et que leur formation les sensibilise à l'importance de la qualité du sol. D'autres acteurs sont aussi impliqués indirectement dans l'exploitation du sol sans pour autant avoir bénéficié d'une formation ad hoc. Il s'agit en particulier des propriétaires de terres agricoles, des grandes entreprises agro-alimentaires et des services de conseil agricole. Ces derniers doivent également connaître les fonctions du sol et avoir conscience des conflits existant entre l'utilisation et la protection du sol.

et à sa qualité. Ils doivent identifier les SES fournis par le sol et les conséquences inhérentes à leur perte. Le concept des SES élaboré dans le cadre du PNR 68 peut servir de base à cette médiation².

Si l'administration, la politique et la recherche comptent parmi les premiers acteurs visés par ces activités de sensibilisation, celles-ci concernent naturellement aussi tous les utilisateurs du sol (exploitants agricoles et forestiers, particuliers, autres secteurs économiques). Ces groupes doivent être spécifiquement ciblés. Si une limite absolue à la consommation de sol – comme évoquée au point 2.2 et préconisée dans la ST3 – doit être introduite en Suisse, il apparaît évident qu'un travail de communication approfondi doit préalablement être effectué auprès de tous les acteurs concernés.

4.8.3 Comblent les lacunes

Les projets du PNR 68 ont permis d'acquies de nombreuses connaissances. Toutefois, il subsiste encore certaines lacunes, comme l'illustrent les quelques exemples cités ci-dessous :

- La ST3 résume les plus importantes lacunes scientifiques en matière d'aménagement du territoire dans ses recommandations. La principale question consistera à déterminer à quel niveau fixer une éventuelle valeur limite afin de stopper la consommation du sol en Suisse et de s'assurer ainsi qu'il puisse encore remplir ses fonctions et fournir ses SES. Comme le met également en évidence la ST5, les instruments proposés afin de mettre en œuvre une limitation de la consommation du sol doivent encore être concrétisés. Les expériences pilotes sur les points d'indice de qualité pédologique, comme celles planifiées par la fondation sanu durabilitas

dans diverses communes, constituent un premier pas en ce sens.

- La ST4 met en exergue le manque considérable d'informations relatives aux sols suisses (propriétés, fonctions, nature, superficie et qualité des sols).

- La ST1 souligne que des recherches supplémentaires doivent être effectuées afin d'étudier les corrélations existant entre le sol et la qualité des denrées alimentaires. Divers projets de recherche, consacrés par exemple aux apports de métaux lourds dans les sols agricoles, ont d'ores et déjà été lancés sur ce sujet dans le cadre du PNR 69 «Alimentation saine et production alimentaire durable».

Il existe néanmoins également des domaines dans lesquels aucun projet de recherche n'a pu être financé par le PNR 68 en raison d'un manque de propositions ou de propositions de qualité insuffisante, par exemple, sur le rôle des marchés financiers pour l'aménagement du territoire et le marché immobilier et sur la question de la propriété du sol. Une analyse internationale exhaustive de la ressource sol fait aussi défaut: les décideurs politiques devraient connaître les répercussions concrètes d'une mesure sur la consommation internationale de sol ou savoir quels pays étrangers offrent un éventuel potentiel de compensation afin d'établir leurs futures décisions. Il conviendrait également de mettre en place des projets pilotes concrets axés sur la pratique afin qu'un instrument puisse par exemple être testé dans certaines communes. Pour assurer une protection du sol exhaustive et fondée, il est nécessaire de combler les lacunes mentionnées.

Nombres des mesures identifiées dans les champs d'action 1 à 6 achement faute

d'informations suffisantes ou en raison du manque de sensibilisation des acteurs concernés. Afin d'améliorer les conditions nécessaires à la mise en place de ces mesures, le champ d'action 7 formule trois propositions.

Recommandations d'actions et contributions aux objectifs d'une politique durable des sols

- Lancer l'élaboration de la « Plateforme d'information des sols suisse »
- Sensibiliser spécifiquement les groupes cibles : administration, politique, utilisateurs du sol (exploitants agricoles et forestiers, particuliers, autres secteurs économiques)
- Comblent les importantes lacunes scientifiques

4.9 Bilan de la possible contribution des mesures aux objectifs

Ce chapitre a étudié, pour chaque champ d'action, quelles mesures contribueraient à l'atteinte de quels objectifs et, par suite, à une politique durable des sols. L'illustration 25 résume leurs effets estimés en un aperçu global. Les recommandations d'action identifiées visent en premier lieu à promouvoir la préservation de la quantité et de la qualité du sol. Comme le font apparaître les trois scénarios prévisionnels (chapitre 3, p. 22), ces objectifs demeurent parmi les plus difficiles à atteindre même en cas de croissance démographique et économique réduite et de changement climatique limité.

L'illustration 25 révèle également que les mesures préconisées se traduisent par une responsabilité écologique mieux assumée même si elle se manifeste parfois au détriment de performances économiques mesurées à l'aune restreinte du court terme. Pourtant, un sol sain constitue également une base de subsistance indispensable à l'économie sur le long terme. Pa-

rallèlement, la protection du sol et la préservation de surfaces libres relèvent toujours indirectement de questions de répartition tant régionales que sociales et de solidarité au sein de la société : ce n'est que si le sol n'est pas irréversiblement endommagé aujourd'hui, que nous pourrions encore décider demain de son utilisation – à l'inverse, qui détruit maintenant le sol ne laisse aucune marge de manœuvre décisionnelle aux générations futures.

Par conséquent, le schéma présenté a été complété par une ligne représentant les contributions générales ou indirectes qui exercent une influence particulièrement positive sur l'économie ou la société. Ceci ne peut et ne doit néanmoins pas occulter le fait que d'importants aspects économiques et sociaux (par ex. politique régionale, questions en lien avec la propriété, marchés immobiliers, etc.) n'ont pas été étudiés dans le cadre du PNR 68 et qu'il est donc nécessaire que la recherche s'attache à combler ces lacunes.

Illustration 25
Contribution des mesures à l'atteinte des objectifs.

⊕ Contribution positive
⊖ Contribution négative

Performance économique

- Eco1 Permettre une utilisation du sol par l'économie
- Eco2 Éviter les charges financières
- Eco3 Gérer efficacement l'utilisation du sol

Responsabilité écologique

- Env1 Garantir la qualité du sol
- Env2 Garantir la quantité de sol
- Env3 Enrayer le changement climatique

Solidarité sociale

- Soc1 Solidarité régionale, sociale et intergénérationnelle
- Soc2 Préserver les valeurs socioculturelles
- Soc3 Promouvoir et protéger la santé humaine

	Eco1	Eco2	Eco3	Env1	Env2	Env3	Soc1	Soc2	Soc3
CA1 Aménagement du territoire et mesures globales									
Endiguer la perte de sol	⊖	⊖	⊕	⊕	⊕				
Répartition territoriale appropriée	⊕		⊕	⊕	⊕		⊕		
CA2 Agriculture									
Minimiser la perte de matière organique du sol	⊕ ¹	⊖	⊕	⊕	⊕	⊕			
Réduire les apports de polluants et les impacts climatiques	⊕ ¹	⊖		⊕					⊕
Empêcher la compaction des sols	⊕ ¹	⊖		⊕					
Empêcher l'érosion	⊕ ¹	⊖	⊕	⊕					
CA3 Foresterie									
Mesures contre l'acidification des sols forestiers	⊕ ²	⊖		⊕					⊕
Empêcher la compaction des sols	⊕ ²	⊖		⊕					
Réduire la perte de sol due aux glissements	⊕ ²	⊖		⊕	⊕				⊕
Préserver la matière organique du sol		⊖		⊕		⊕			
CA4 Autres secteurs économiques, habitat, infrastructures									
Réduire les besoins en surfaces	⊕	⊖			⊕				
Préserver de manière ciblée les fonctions des sols urbanisés		⊖		⊕					
Gérer adéquatement les matériaux terreux		⊖		⊕	⊕				
Réduire les atteintes dues aux transports		⊖		⊕		⊕			
CA5 Immissions et sols pollués									
Harmoniser la gestion des sols pollués			⊕	⊕					⊕
Renforcer l'exécution des réhabilitations du sol			⊕	⊕					
CA6 Coopération internationale									
				⊕	⊕	⊕	⊕		⊕
CA7 Bases politiques et mesures complémentaires									
Données pédologiques de référence									
Sensibilisation aux thèmes du sol									
Comblen les lacunes									
En tant que base pour différentes mesures → Contribution indirecte aux objectifs									
Contribution générale et indirecte aux objectifs	⊕	⊕	⊕			⊕	⊕	⊕	⊕

Exploitation économique possible si les fonctions du sol sont préservées :

¹ dans l'agriculture

² dans la foresterie

Comment les recommandations peuvent-elles être mises en œuvre ?

Acceptation et exécution

5.1 Acceptation

Afin que les mesures proposées puissent être mises en œuvre et appliquées efficacement, elles doivent être acceptées par la population et, en particulier, par les acteurs concernés. Réalisée sur mandat de l'Office fédéral du logement, une étude portant sur l'analyse théorique de 14 instruments d'aménagement du territoire a constaté que les instruments hautement efficaces s'avèrent difficiles à mettre en œuvre du fait de leur degré d'intervention élevé, mais que ceux qui s'avèrent moins interventionnistes exercent également un impact plus faible⁷⁵. Cette problématique d'ordre général constitue un défi pour la gestion durable de la ressource sol.

5.2 Gouvernance du sol : compétences et financement

A qui incombe la mise en œuvre d'une politique durable des sols ? Quelle contribution la Confédération, les cantons, les communes, les associations et la recherche peuvent-ils apporter ? Et qui est sensé financer tout cela ? Telles sont les questions qui sont abordées sous le titre «gouvernance du sol» (tab. 1, p. 20).

Le projet INSTRUMENTS POLITIQUES du PNR 68 a étudié l'acceptation de modèles d'aménagement du territoire en Suisse et résumé en dix points des recommandations visant à l'améliorer (encadré, p. 76).

Les mesures proposées ne peuvent pas être définitivement attribuées à un échelon étatique ou à une institution et nécessitent sans exception que des conditions cadres propices soient établies et que la Confédération renforce ses efforts de coordination. Par souci de praticité, l'exécution continuera de relever des cantons : il est cependant nécessaire de veiller à coordonner les actions au sein et entre les cantons dans la mesure où la protection du

territoire incombe (en fonction de l'organisation cantonale) souvent à plusieurs directions ou services spécialisés, comme les offices chargés de l'environnement, de la forêt, de l'agriculture, de la protection du sol et des cours d'eaux, des déchets et de l'aménagement du territoire.

Dans les cas positifs, l'attribution de la responsabilité principale et de l'exécution aux cantons entraîne certes la création d'un «laboratoire fédéral» regorgeant d'idées prometteuses qui nourrit une saine concurrence, mais elle peut également conduire à des différences problématiques en matière d'exécution (par ex. conditions inégales quant à l'utilisation du sol à des fins économiques) et à une exploitation lacunaire des synergies. Il convient par conséquent de déterminer dans quels domaines d'intervention les compétences ou les activités de la Confédération doivent être renforcées. La coordination des relevés de données pédologiques et la mise en place d'une «Plateforme d'information des sols suisse» (PIS-CH) s'inscrivent par exemple dans un tel cadre. En matière d'aménagement du territoire, la LAT 1 a déjà apporté un certain renforcement des principes – déjà en vigueur – qui s'appliquaient sur l'ensemble du territoire suisse, mais il incombe toujours aux cantons d'en assumer la principale responsabilité. Du fait des expériences réalisées jusqu'à présent et de la forte concurrence économique observée entre les cantons, atteindre les objectifs d'une utilisation durable du sol – et, en particulier, réduire fortement la consommation quantitative et les atteintes qualitatives sur l'ensemble du territoire suisse – risque de s'avérer difficile si la responsabilité de la Confédération n'est pas renforcée. Force est néanmoins de constater que toute centralisation se heurte à une importante opposition des cantons.

Acceptation de modèles d'aménagement du territoire en Suisse

Selon les recherches effectuées dans le cadre du projet INSTRUMENTS POLITIQUES du PNR 68, l'acceptation d'une mesure, que ce soit à l'occasion d'un processus politique ou d'un scrutin, dépend de son contenu du contexte et des mesures de communication mises en œuvre. Afin de rencontrer une plus large approbation, l'équipe du projet recommande de :

1. Prendre en compte les particularités inhérentes à l'aménagement du territoire et à la politique des sols : l'aménagement du territoire exerce presque toujours une influence directe sur de nombreux électeurs tandis que la « qualité du sol » constitue encore une grandeur abstraite pour beaucoup, si bien que ce domaine politique apparaît particulièrement complexe.

2. Utiliser les opportunités offertes par les instruments incitatifs : le projet démontre que les instruments d'aménagement du territoire basés sur des incitations peuvent en fonction de leur conception rencontrer une acceptation satisfaisante.

3. S'assurer le soutien des décideurs politiques et de la population en évaluant rigoureusement les répercussions d'une mesure : les conséquences d'une mesure doivent être clairement identifiées. Cette approche permet d'augmenter la probabilité que les électeurs fassent confiance aux décideurs.

4. Rechercher un consensus ou au moins un soutien et impliquer précocement les groupes cibles : lorsque les cantons ou les communes souhaitent mettre une mesure en œuvre, il est important qu'ils communiquent préalablement avec les cercles concernés afin de gagner leur soutien et de pouvoir, le cas échéant, surmonter les réticences liées à des opinions critiques ou partiales.

5. Maximiser le cercle des « gagnants » : les mesures doivent être conçues de manière à élargir au maximum le cercle des personnes favorisées et à réduire au minimum celui des personnes négativement impactées.

6. Prendre en considération les groupes d'intérêts bien organisés : l'influence des groupes d'acteurs bien organisés étant particulièrement importante et

efficace, ils doivent être impliqués en priorité dans la conception et la communication des mesures.

7. Prendre au sérieux le scepticisme des personnes directement concernées : les propriétaires immobiliers ou fonciers réagissent avec beaucoup de vigilance et de scepticisme aux mesures de protection du sol et d'aménagement du territoire. Leurs craintes et celles des personnes directement concernées doivent être respectées lors de la conception et de la communication des mesures. Ceci vaut également pour les cercles qui opposent souvent un refus systématique aux régulations étatiques.

8. Communiquer de manière compréhensible : l'aménagement du territoire et la politique des sols sont complexes, si bien que, pour convaincre la population du bien-fondé d'une mesure, il convient d'accorder la plus grande attention à une communication simple et accessible. Les résultats obtenus démontrent que l'intelligibilité d'une mesure joue un rôle important dans son acceptation.

9. Axer prioritairement la communication sur les objectifs et les bénéfices : cette formulation positive s'avère en règle générale plus efficace que le fait d'exposer les conséquences négatives de la poursuite de la politique actuelle.

10. Fournir des arguments solides et fondés : les faits ne suffisent pas, mais que les arguments formulés en faveur ou à l'encontre d'une mesure sont repris par les électeurs et jouent un rôle non négligeable dans l'acceptation d'une mesure.

Du point de vue de l'équipe du projet, les instruments politiques nouveaux, innovants et efficaces n'échouent pas obligatoirement parce que leur acceptation est trop faible : l'adhésion rencontrée appelle au contraire l'adoption de mesures complémentaires qui se révéleront à long terme bénéfiques pour le plus grand nombre. Peut-être que le « laboratoire fédéral » que constituent les cantons suisses serait précisément en mesure d'initier une telle dynamique en introduisant progressivement des mesures innovantes et en mettant en exergue leur acceptation, leur applicabilité et leurs effets positifs.

Les ressources constituent par ailleurs un obstacle de taille. Dans certains services spécialisés, le manque de moyens financiers et de personnel ne permet pas une exécution axée sur les objectifs. Plusieurs cantons se sont ainsi sciemment prononcés contre une cartographie nationale parce qu'ils estimaient qu'elle se révélerait trop onéreuse. La gestion de ces ressources souvent limitées apparaît donc comme un important défi à relever.

Les points suivants pourraient contribuer à la mise en œuvre d'une politique durable des sols :

- Poursuivre les travaux d'élaboration d'une stratégie nationale pour les sols en impliquant les cantons et les communes et en essayant de mieux prendre en compte les aspects de la protection quantitative du sol et d'élaborer une vision globale.
- Elaborer des scénarios et des orientations pour la protection quantitative et qualitative du sol : les données et les relevés les plus récents et les projets du PNR 68 fournissent certes des enseignements intéressants mais ceux-ci devraient encore être compilés en différents scénarios ainsi qu'en un rapport d'orientation similaires à ceux dont on dispose dans le domaine de la politique climatique, énergétique ou des transports. Il apparaîtrait ainsi plus clairement les principaux défis que pose la gestion à moyen et long termes de la ressource sol et les mesures politiques actuelles ou futures susceptibles d'avoir un impact positif.
- Renforcer la collaboration entre les spécialistes de l'aménagement du territoire et de la protection du sol à tous les niveaux, par exemple en valorisant les organes spécialisés de la Confédération et des cantons (ainsi que des villes et des com-

munes), en instaurant une plateforme d'échange commune et en s'assurant que leurs intérêts mutuels soient respectivement mieux pris en compte dans les publications associatives et spécialisées.

- Créer des organes ou plateformes de coordination au sein des cantons afin de parvenir à une meilleure concertation entre l'aménagement du territoire, la protection du sol, l'agriculture et d'autres cercles concernés.
- S'efforcer de renforcer les moyens financiers et les ressources humaines à disposition dans le domaine de la politique des sols (aménagement du territoire, protection du sol, exploitation agricole et forestière).
- Regrouper des espaces fonctionnels pour les décisions en lien avec l'aménagement du territoire.

Et après ?

Feuille de route pour une politique durable des sols

En prenant en compte les trois dimensions de la durabilité que sont l'économie, l'environnement et la société, une utilisation durable du sol vise à assurer sur le long terme la préservation des surfaces non urbanisées (aspect quantitatif) et des fonctions et SES du sol (aspect qualitatif). La ST5 identifie des mesures freinant les pertes quantitatives et qualitatives de sol dans différents champs d'action. De façon très simplifiée, celles-ci peuvent être résumées en une « feuille de route pour une politique durable des sols ». L'ordre dans lequel les points suivants sont présentés reprend celui des différents champs d'action exposés au chapitre 4 et n'est en rien le reflet d'une pondération.

- 1 **Considérer conjointement quantité et qualité (CA1)** : la qualité du sol doit être prise en compte de manière renforcée dans l'aménagement du territoire, tout comme les instruments et les influences de la planification spatiale doivent être intégrés de manière renforcée à la protection qualitative du sol.
- 2 **Réduire et limiter la consommation de sol (CA1)** : le sol constituant une ressource non renouvelable, une limitation apparaît à long terme incontournable.
- 3 **Eviter les atteintes portées aux sols par l'exploitation agricole et forestière, l'urbanisation et les infrastructures (CA2, 3, 4 et 5)** : différentes mesures exposées contribueraient à les ramener à un niveau supportable.
- 4 **Accorder une importance accrue aux composantes internationales (CA6)** : la Suisse est coresponsable de l'utilisation des sols et des atteintes portées aux sols à l'étranger.
- 5 **Améliorer les informations du sol – Comblent les lacunes observées en matière de données et de connaissances (CA7)** : des bases de données exhaustives, des indicateurs solides et des modèles fiables contribuent de manière décisive à l'optimisation des mesures et à l'atteinte des objectifs. A cet égard, il convient de citer en particulier les scénarios et les études prospectives visant à protéger quantitativement et qualitativement le sol.
- 6 **Améliorer la compréhension du sol (CA7)** : la sensibilisation aux défis posés par la gestion de la ressource sol doit être accrue.
- 7 **Renforcer la collaboration (point 5.2)** : intensifier la collaboration entre la Confédération, les cantons, les communes et les associations professionnelles, et plus spécifiquement entre les acteurs de la protection du sol et de l'aménagement du territoire, peut contribuer notablement à l'atteinte des objectifs poursuivis.

Explications relatives aux différents aspects abordés :

A propos des points 1 «Considérer conjointement quantité et qualité» et 2 «Réduire et limiter la consommation de sol»

L'objectif à long terme est de parvenir à une progression minimale voire nulle des surfaces urbanisées et de la perte de fonctions écologiques du sol. Il s'agit par conséquent de déterminer quelles mesures peuvent contribuer de manière suffisamment importante à l'atteinte de ces objectifs.

Du point de l'aménagement du territoire, un concept de protection du sol comme celui de Stuttgart, ou un élargissement des critères appliqués aux SDA, limiterait les pertes de sol dues à l'imperméabilisation. Les projets COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES et INSTRUMENTS POLITIQUES du PNR 68 thématisent leur mise en œuvre et leur acceptation en Suisse. Une obligation de compensation réglementée à l'échelon national, comme proposée par le projet COMPENSATION MULTICRITÈRE du PNR 68, aurait également pour effet de limiter la consommation de sol. Pour ce faire, il convient prioritairement de définir un indicateur (étude focalisée INDICATEURS DU SOL du PNR 68). Trouver un indicateur ou un indice du sol qui rencontre une bonne acceptation n'est néanmoins pas simple : la politique comme la recherche ne sont toujours pas parvenues à un consensus sur la méthode à privilégier pour relever les données pédologiques et établir, sur la base de celles-ci, un indicateur. Un travail de communication conséquent doit encore être mené auprès d'un large public afin d'explicitier comment interpréter ces indicateurs ou indices du sol et de s'assurer que les instruments correspondants rencontrent l'adhésion nécessaire à leur application.

A propos du point 3 « Éviter les atteintes portées aux sols par l'exploitation agricole et forestière, l'urbanisation et les infrastructures »

Recourir à un concept de protection du sol ou à un élargissement des SDA ne signifie pas pour autant limiter la perte de fonctions écologiques du sol. En dehors de l'exploitation agricole et forestière, d'autres utilisations peuvent altérer les fonctions du sol. Ces dernières sont en particulier menacées par la compaction, les apports de polluants, l'acidification et la perte de MOS. Il est peu probable que les mesures proposées dans le cadre des champs d'action Agriculture et Forêt parviennent à elles-seules à ramener à zéro la perte de fonctions écologiques du sol. Les différentes mesures proposées doivent par conséquent être mises en œuvre parallèlement et conjointement (combinaison d'instruments). Leur exécution exige un concept de protection du sol intégral et pérenne similaire à celui prévu par la stratégie nationale pour le sol.

Une stratégie de protection du sol efficace et orientée vers la prévention se doit de ne pas être uniquement axée sur des « mesures de défense » (« de dernière extrémité ») et de garder avant tout en point de mire les facteurs contribuant à la consommation quantitative et qualitative de sol, raison pour laquelle les principaux d'entre eux sont une nouvelle fois cités ci-dessous :

- Croissance économique et démographique
- Changement climatique
- Progrès technique
- Influences sociopolitiques : prospérité croissante, structure du logement et de l'emploi, comportement alimentaire, sensibilisation à la rareté de la ressource sol
- Politique commerciale internationale

La croissance démographique et économique induit un accroissement des besoins en surface d'habitat, de travail et d'infrastructure. De nouvelles solutions techniques permettraient d'élaborer des idées créatives qui contribueraient à réduire ces besoins en surface (point 4.5.1b, p. 62). La population continuant d'augmenter, les mesures d'aménage-

ment du territoire gagnent d'autant plus en importance. Le CA1 constate à cet égard que la prise en compte de la qualité du sol dans le développement territorial constitue un objectif prioritaire.

La croissance démographique entraîne simultanément une augmentation des besoins en denrées alimentaires. Face à la situation mondiale politiquement incertaine en matière de sécurité alimentaire, le souhait d'une production autochtone substantielle est fortement présent au sein de la population suisse (mot clé: initiatives sur la souveraineté alimentaire). Dans ce contexte, la question de la future utilisation agricole des sols organiques revêt une importance primordiale. Alors que leur exploitation n'apparaît ni écologiquement ni économiquement durable, une grande partie de la production de fruits et de légumes suisses s'effectue sur de tels sols (par ex. dans le Seeland bernois). Le projet SOLS MARÉCAGEUX du PNR 68 exige par conséquent que la société toute entière décide en conscience de la démarche qu'il convient d'adopter vis-à-vis des sols marécageux drainés et faisant actuellement l'objet d'une exploitation agricole ou forestière.

Le changement climatique place également l'utilisation du sol face à différents défis. Le risque d'érosion menaçant les sols agricoles et la réduction de la capacité de stockage du carbone des sols forestiers sont ainsi abordés dans le cadre des champs d'action. Une utilisation du sol orientée vers des objectifs de durabilité peut parallèlement permettre à l'agriculture de réduire sa contribution au changement climatique et aux sols de jouer leur rôle en tant que puits de carbone (initiative « 4 pour mille »).

A propos du point 4 «Accorder une importance accrue aux composantes internationales» :

L'impact global des actions individuelles et de l'économie exige d'une politique durable des sols qu'elle embrasse également une vision internationale. Les projets du PNR 68 consacrés à ces thèmes recommandent que l'obligation de diligence soit à l'avenir élargie à différents aspects lorsque des investissements d'origine suisse sont effectués dans des pays du Sud.

A propos des points 5 «Améliorer les informations du sol» et 6 «Améliorer la compréhension du sol» :

Disposer d'informations du sol comme bases de référence, sensibiliser la population à la rareté de la ressource sol et combler les lacunes existantes en matière de données constituent des conditions préalables à la mise en œuvre de nombreuses mesures (CA7). Ce n'est que sur cette base que des scénarios mettant plus concrètement en exergue les actions requises pourront être élaborés. Le PNR 68 accorde une place particulièrement importante à la question de la disponibilité des informations du sol. La ST4 émet des recommandations spécifiques à ce sujet: la mise en place d'une «Plateforme d'information des sols suisse» doit permettre de relever des données pédologiques selon des standards uniformes sur l'ensemble du territoire et de les mettre à la disposition de tous. Pour ce faire, il incombe à la politique de définir quelles sont les propriétés du sol et les régions qui doivent être cartographiées en priorité ainsi que les étapes à respecter. Selon la ST4, les coûts annuels d'une cartographie nationale des sols sont estimés à 15–25 millions de francs sur une durée maximale de deux ou trois décennies.

A propos du point 7 «Renforcer la collaboration»:

La stratégie nationale pour le sol que l'OFEV s'attache actuellement à élaborer constitue une bonne approche qui nécessite néanmoins d'être complétée et d'intégrer d'autres acteurs (cantons, communes et associations). La coordination entre la protection quantitative et qualitative du sol doit être renforcée à tous les échelons.

En conclusion

Le PNR 68 a réuni de nombreux éléments importants au sens d'une politique globale dédiée à l'utilisation durable et à la protection de la ressource sol. Les cinq synthèses thématiques ont permis de compléter cette mosaïque. Même si quelques questions n'ont pas été examinées ou élucidées et que de nombreux aspects nécessitent d'être concrétisés, les éléments présentés forment néanmoins un socle solide sur lequel se laisse établir une future politique durable des sols en Suisse. Si la mise à disposition de telles bases relève d'un Programme national de recherche, leur mise en œuvre incombe aux acteurs compétents qui ont été majoritairement impliqués à un stade précoce et ont œuvré à la recherche de solutions.

Annexe

Annexe 1

Le Programme national de recherche «Utilisation durable de la ressource sol» (PNR 68)

Les Programmes nationaux de recherche (PNR) doivent apporter une contribution à la résolution de problèmes actuels d'importance nationale. Le Fonds national suisse (FNS) veille à leur exécution sur mandat du Conseil fédéral.

Le Programme national de recherche «Utilisation durable de la ressource sol» (PNR 68) établit les bases pour une exploitation durable des sols en Suisse. A cette fin, il convient de prendre en compte les services écologiques et économiques que fournit le sol. Le concept des services écosystémiques permet de mettre en valeur les fonctions des sols et leur contribution au bien-être humain.

Le PNR 68 poursuit trois objectifs principaux: i) approfondissement de la connaissance systémique du sol; ii) mise au point d'instruments pour évaluer le sol en tant que ressource; iii) élaboration de stratégies favorisant un usage durable des sols.

Sélection et durée des projets de recherche

Le PNR 68 disposait d'une enveloppe de 13 millions de francs, et les recherches réparties en deux phases ont duré de 2013 à 2017. Les projets ont été sélectionnés parmi un grand nombre de propositions selon des critères de qualité scientifique et de pertinence pour le PNR 68 dans le contexte suisse. Après une procédure de sélection en deux étapes ayant fait appel à une expertise internationale, le FNS a retenu 19 projets pour la première phase de recherche (2013–2015). Deux projets supplémentaires ont été encouragés dans le cadre d'une seconde mise au concours. Lors de la seconde phase de recherche (2016–2017), le FNS a lancé quatre projets complémentaires. Au total, ce sont donc 25 projets de recherche qui ont été menés à bien dans le cadre du PNR 68. Par ailleurs, 4 millions de francs supplémentaires ont été mis à disposition du PNR 68 et du PNR 69 «Alimentation saine et production alimentaire durable» afin d'encourager des projets s'inscrivant dans les mises aux concours des initiatives européennes de programmation conjointe (European Joint Programming Initiatives – JPI) «Agriculture, sécurité alimentaire et changement climatique» (FACCE-JPI) et «Une alimentation saine pour une vie saine» (HDHL-JPI). Ces fonds ont permis d'intégrer au PNR 68 douze projets supplémentaires d'un rayonnement international (www.nfp68.ch/fr/ → Projets).

Faute de propositions d'une qualité suffisamment élevée, le PNR 68 ne comprend aucun projet de recherche sur les thèmes de la propriété du sol, des conditions-cadres juridiques et de la valorisation économique et sociale des services écosystémiques fournis par le sol.

Un dialogue constant

Au regard des buts poursuivis par le PNR 68, l'établissement d'un dialogue ouvert et transparent au sein du programme ainsi qu'avec les représentantes et représentants des parties prenantes revêtait une grande importance. A cette fin, les scientifiques se sont rencontrés à l'occasion de trois conférences internes. Des chercheuses et chercheurs ainsi que des membres du comité de direction ont en outre régulièrement participé à des manifestations

réunissant des partenaires de la pratique et à des symposiums publics. Le principal objectif était ce faisant de promouvoir l'échange entre les scientifiques et les acteurs de la pratique afin d'aborder les thématiques centrales du PNR 68: «environnement», «agriculture» et «aménagement du territoire».

Suivi largement étayé des synthèses thématiques

En préalable à l'élaboration des synthèses thématiques, le PNR 68 a organisé début 2016 trois ateliers destinés aux parties prenantes qui ont regroupé des spécialistes issus des administrations fédérales et cantonales, des associations économiques et environnementales et du secteur privé afin de discuter des résultats provisoires des projets. Ces ateliers ont fourni d'importantes impulsions pour la conception et la structuration des synthèses thématiques du PNR 68 dont l'objectif est de replacer les résultats scientifiques dans un contexte élargi adapté aux groupes-cibles et de développer des instruments, des concepts et des stratégies spécifiques destinés à la pratique comme à l'administration. Elles apportent ce faisant une contribution décisive à l'atteinte des buts du programme.

En s'appuyant sur les impulsions fournies par ces ateliers et en concertation avec les scientifiques, le comité de direction du PNR 68 a décidé à l'automne 2016 de lancer cinq synthèses thématiques.

Les responsables des synthèses thématiques ont respectivement présenté leurs concepts et leurs ébauches aux membres des groupes de suivi à l'occasion de deux ou trois ateliers participatifs. Ces rencontres visaient à soumettre les concepts élaborés à un examen critique et à combler d'éventuelles lacunes. Il incombait aux auteures et auteurs des synthèses thématiques d'évaluer ces suggestions et de décider quels étaient les aspects pouvant être pris en compte dans les travaux à venir. Enfin, les synthèses thématiques ont été validées par le comité de direction du PNR 68.

Les projets de recherche du PNR 68

* Projets ayant contribué à la présente synthèse thématique.

Phase de recherche 1

- A * **ACCAPAREMENT DES TERRES**: L'accaparement des terres («land grabbing») avec une participation suisse (Rist S., Cottier T., Mann S.)
- B * **BACTÉRIES DU SOL**: Des sols sains grâce aux bactéries du sol (Maurhofer Bringolf M., Keel C.)
- C * **CARTES DES SOLS**: Cartographie des propriétés du sol pour une évaluation des fonctions du sol à l'échelle régionale (Papritz A.J., Baltensweiler A., Keller A., Presler J., Schaepman M.E., Walthert L., Zimmermann S.)
- * **COMPENSATION DES PLUS-VALUES ET DES MOINS-VALUES FONCIÈRES**: Gestion durable des sols par la compensation des plus-values et moins-values économiques et écologiques (Nahrath S., Gmünder M., Grêt-Regamey A., Joerin F., Pflieger G.)
- * **COMPENSATION MULTICRITÈRE**: Prendre en compte la qualité des sols dans les mécanismes de compensation appliqués en aménagement du territoire (Joerin F., Boivin P., Ruegg J.)
- * **COUVERTS VÉGÉTAUX**: Préserver l'environnement par les couverts végétaux et l'agriculture de conservation du sol (Streit B., Charles R., Walter A.)
- D * **DYNAMIQUE DU CARBONE**: Influence du changement climatique et de l'utilisation des sols sur le carbone contenu dans les sols suisses (Abiven S., Niklaus P.A.)
- E * **ENTRÉES DE CARBONE**: Entrées de carbone dans le sol par les cultures (Mayer J., Abiven S., Hund A., Leifeld J.)
- G * **GAZ HILARANT**: Influences de l'exploitation du sol sur les micro-organismes du sol qui émettent et décomposent le gaz hilarant (Gattinger A., Mäder P., Thonar C.)
- I * **INDICATEURS DE VULNÉRABILITÉ**: Indicateurs de la vulnérabilité du carbone contenu dans les sols (Eglington T.)
- * **INSTRUMENTS POLITIQUES**: Instruments politiques pour une utilisation durable des sols (Walter F., Grêt-Regamey A., Sager F., Vatter. A.)
- M * **MITAGE**: Contrôler le mitage du territoire – Réduire l'utilisation du sol (Kienast F., Hersperger A.M., Schulz T., Seidl I.)

- * MYCORHIZES: Restauration des fonctions du sol à l'aide de mycorhizes arbusculaires (Van der Heijden M., Oehl F., Wagg C.)
- N * NÉMATODES: Utilisation des filaires dans la lutte contre les insectes nuisibles du sol (Turlings T., Mascher F.)
- P * PLATE-FORME DE DÉCISION: Plate-forme de décision pour une utilisation durable du sol (Grêt-Regamey A., Diggelmann H., Huber R., Keller A., Kübler D., Siegrist D., Zimmermann S.)
- R RÉSISTANCE AUX ANTIBIOTIQUES: Le rôle de l'utilisation des sols dans les résistances aux antibiotiques (Duffy B., Smits T.)
- S * SOLS FORESTIERS: Stocks de carbone dans les sols forestiers suisses (Hagedorn F., Gimmi U., Thürig E., Walthert L.)
- * SOLS MARÉCAGEUX: Gestion durable des sols organiques (Leifeld J., Engel S., Müller M.)
- * STABILITÉ DES SOLS: Stabilité des sols et risques naturels: de la connaissance à l'action (Graf F., Bebi P., Frei M., Rickli C., Rixen C., Springman S.M.)
- * SYSTÈME D'ALERTE PRÉCOCE: Outil régional de monitoring des sols pour des cycles durables des substances dans les sols agricoles (Keller A., Mann S., Schaepman M.E., Schulin R.)
- T * TASSEMENT DES SOLS: Restauration naturelle de la structure des sols tassés (Keller T., Or D., Schymanski S., Walter A., Weiskopf P.)

Phase de recherche 2

- D * DÉCISIONS QUANT À L'EXPLOITATION DES SOLS: Meilleure gestion des achats transnationaux de terrains (Rist S., Mann S., Messerli P.)
- L * LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES PARASITES: Des nématodes et des bactéries contre les organismes nuisibles du sol (Turlings T., Keel C., Maurhofer Bringolf M.)
- M MODÈLE D'EXPLOITATION DU SOL: Modèle d'exploitation du sol sur le Plateau suisse (Keller A., Schaepman M.E., Schulin R.)
- S SYSTÈMES DE CULTURE AMÉLIORANT LE SOL: Pôles d'innovation pour des systèmes de culture améliorant le sol (Charles R., Keller T., Mayer J., Six J., Van der Heijden M.)

FACCE-JPI

Les équipes de projet des initiatives européennes de programmation conjointe « Agriculture, sécurité alimentaire et changement climatique » (FACCE-JPI) et « Une alimentation saine pour une vie saine » (HDHL-JPI) sont composées de scientifiques issus d'au moins trois pays partenaires. Par souci de simplification, seuls les chefs de projet sis en Suisse sont mentionnés.

- A AFGROLAND : Dynamique du système alimentaire en Afrique (Messerli P.)
- B BASIL : Biodiversité dans les systèmes agricoles (Olschewski R., Frey B., Gessler A., Hagedorn F., Seidl I.)
- C CLIMATE-CAFÉ : Adaptabilité des systèmes agricoles au changement climatique en Europe (Six J., Charles R.)

COMET-GLOBAL : Comptabilité des gaz à effet de serre (Six J.)
- D DEVIL : Sécurité alimentaire sur des territoires limités (Buchmann N.)
- E ECO-SERVE : Pérennité des services écosystémiques multiples dans les systèmes agricoles (Mäder P., Gattinger A.)
- G GREEN RICE : Produire du riz en ménageant les ressources (Six J.)
- M MAGNET : Gaz à effet de serre issus de l'agriculture (Leifeld J.)

MODELS4PASTURES : Gaz hilarant d'origine agricole (Merbold L., Buchmann N.)
- P PROMESSING : Maintien des services écosystémiques dans les vignobles d'Europe centrale (Bacher S.)
- S STACCATO : Services écosystémiques dans les paysages agricoles (Zimmermann N., Kienast F.)
- T TALE : Pour des paysages agricoles multifonctionnels en Europe (Holzkämper A., Charles R.)

Synthèses thématiques

Synthèse thématique ST1 : Sol et production alimentaire (Charles R., Wendling M., Burgos S.)

Synthèse thématique ST2 : Sol et environnement (Hagedorn F., Krause H.-M., Studer M., Schellenberger, A., Gattinger A.)

Synthèse thématique ST3 : Un agenda du sol pour l'aménagement du territoire
(Grêt-Regamey A., Kool S., Bühlmann L., Kissling S.)

Synthèse thématique ST4 : Plate-forme d'information du sol suisse (PIS-CH) (Keller A.,
Franzen J., Knüsel P., Papritz A.J., Zürrer M.)

Synthèse thématique ST5 : Vers une politique durable des sols (Walter F., Hänni E.)

Etudes focalisées

- B BILAN GAZ A EFFET DE SERRE : Emissions de gaz à effet de serre des sols agricoles en Suisse
(Gattinger A., Bretscher D., Schellenberger A.)
- I INDICATEURS DU SOL : Indicateurs du sol pour un aménagement durable du territoire
(Grêt-Regamey A., Bühlmann L.)
- M MARCHÉ DU SOL AGRICOLE : Le marché du sol agricole pris en étau dans les régions en
expansion urbaine (Giuliani G., Flury C.)
- S SYSTÈMES D'INFORMATION DU SOL : Systèmes d'information du sol et cartographie (digitale)
du sol (Papritz A.J., Burgos S., Carizzoni M., Keller A., Wegmann F.)

Annexe 2

Index des illustrations

Illustration 1	Contribution de la feuille de route aux objectifs d'une politique durable des sols	10
Illustration 2	Vers une politique durable des sols	12
Illustration 3	D'une approche bidimensionnelle à une compréhension quadridimensionnelle du sol	13
Illustration 4	Intégration de la ST5 en tant que synthèse politique	14
Illustration 5	Contribution du sol aux services écosystémiques et positionnement des synthèses thématiques	15
Illustration 6	Fonctions du sol	16
Illustration 7	Modèle d'impact et concept de la ST5	23
Illustration 8	Intégration des scénarios au modèle d'impact	24
Illustration 9	Stratégies pertinentes en matière de sol et projets de réforme de la Confédération	29
Illustration 10	Champs d'action pour mesures politiques	29
Illustration 11	Détermination des mesures à adopter : focalisation sur le modèle d'impact	30
Illustration 12	Champ d'action 1 dans le contexte du modèle d'impact	31
Illustration 13	Scénarios pour la consommation de points d'indice dans le cadre du concept de protection des sols de la ville de Stuttgart	35
Illustration 14	Contribution du champ d'action 1 « Aménagement du territoire » aux objectifs d'une politique durable des sols	45
Illustration 15	Champ d'action 2 dans le contexte du modèle d'impact	46
Illustration 16	Contribution du champ d'action 2 « Agriculture » aux objectifs d'une politique durable des sols	56
Illustration 17	Champ d'action 3 dans le contexte du modèle d'impact	57
Illustration 18	Contribution du champ d'action 3 « Foresterie » aux objectifs d'une politique durable des sols	60
Illustration 19	Champ d'action 4 dans le contexte du modèle d'impact	61
Illustration 20	Contribution du champ d'action 4 « Autres secteurs économiques, habitat, infrastructures » aux objectifs d'une politique durable des sols	64
Illustration 21	Champ d'action 5 dans le contexte du modèle d'impact	65
Illustration 22	Contribution du champ d'action 5 « Immissions et sols pollués » aux objectifs d'une politique durable des sols	66
Illustration 23	Champ d'action 6 dans le contexte du modèle d'impact	68
Illustration 24	Contribution du champ d'action 6 « Coopération internationale » aux objectifs d'une politique durable des sols	69
Illustration 25	Contribution des mesures à l'atteinte des objectifs	74

Index des tableaux

Tableau 1	Système d'objectifs pour une utilisation durable du sol et du territoire	20
Tableau 2	Propriétés axées sur les processus d'une politique durable des sols	21
Tableau 3	Scénarios pour l'utilisation de la ressource sol : chiffres clés	26–27

Glossaire

A Agriculture intensive

Expression souvent utilisée pour désigner une forme d'exploitation agricole caractérisée – en opposition à l'agriculture extensive – par l'obtention des rendements les plus élevés possibles par unité de surface et/ou par animal en utilisant une technologie agricole avancée et exigeante, notamment avec apport important d'engrais et de matières auxiliaires. Il n'existe pas de limite définie entre agriculture extensive et agriculture intensive. Par conséquent l'emploi de ces termes est variable. Ce qui est considéré en Suisse comme agriculture intensive, se situe à un niveau de faible exploitation en comparaison européenne.

E Exploitation du sol

L'exploitation du sol définit l'ensemble des mesures agricoles qui agissent sur le sol. Elle comprend par exemple les actions de travail mécanique du sol, la fertilisation et la rotation des cultures ou la maîtrise des ravageurs et des adventices.

F Fertilité du sol

Terme désignant tous les processus et propriétés minéralogiques, physiques, chimiques et biologiques du sol ayant une influence sur la croissance des végétaux et la production de biomasse⁸⁴.

Le sol est considéré comme fertile :

- a. s'il présente, pour sa station, une biocénose biologiquement active, une structure, une succession et une épaisseur typiques et qu'il dispose d'une capacité de décomposition intacte ;*
- b. s'il permet aux plantes et aux associations végétales naturelles ou cultivées de croître et de se développer normalement et ne nuit pas à leurs propriétés ;*
- c. si les fourrages et les denrées végétales qu'il fournit sont de bonne qualité et ne menacent pas la santé de l'homme et des animaux ;*
- d. si son ingestion ou inhalation ne menace pas la santé de l'homme et des animaux.*

Fonctions du sol

Tâches que les sols remplissent pour l'écosystème et la société humaine. Les fonctions du sol sont, contrairement aux services écosystémiques, (†) les fonctions qu'un sol remplit pour le bien-être humain sans relation directe avec la valeur du sol. On distingue les⁸³ :

Fonctions naturelles :

- Moyen d'existence et espace vital pour les êtres humains, animaux, plantes et organismes du sol
- Élément de l'écosystème, notamment pour ses cycles de l'eau et des éléments nutritifs
- Milieu de décomposition, de régulation et production de substances en raison de ses propriétés de filtre, de tampon et de transformation de matière

Fonction d'archivage :

- Archives de l'histoire naturelle et culturelle

Fonctions d'utilisation :

- Gisement de matières premières
- Aires d'habitation et de récréation

- Site de l'exploitation agricole et forestière
- Site pour d'autres utilisations économiques et publiques, circulation, approvisionnement et élimination

I Indice d'utilisation

Rapport numérique entre la surface constructible du terrain et la surface brute du plancher utile. Un indice d'utilisation de 0,3 permet de construire une maison d'une surface habitable de jusqu'à 120 mètres carrés (surface brute de plancher utile) sur une parcelle de 400 mètres carrés (surface constructible du terrain).

Instruments politiques

Les instruments politiques sont des outils réglementaires définis par les pouvoirs publics afin d'atteindre des objectifs (politiques) déterminés⁸⁵.

M Matière organique du sol (mos)

Ensemble des composés carbonés d'origine biologique présents dans le sol, également appelé « humus ». Indiquée par surface (t C/ha), la quantité totale de mos détermine la réserve de carbone.

Mitige

Un phénomène visuel d'étalement urbain résultant du grignotage du paysage dû à l'extension des surfaces urbanisées ou à l'implantation de bâtiments isolés. Plus les surfaces urbanisées sont conséquentes, plus elles sont dispersées, plus leur superficie par habitant est importante et plus le degré de mitage est élevé⁸⁶.

P Politique des sols

Ensemble des instruments, actions et décisions des pouvoirs publics qui concernent directement ou indirectement la protection et l'utilisation du sol⁸⁷.

S Services écosystémiques (ses)

Services fournis aux hommes par les écosystèmes ou aspects des écosystèmes utilisés – activement ou passivement – pour le bien-être humain. Le concept de ses encourage la reconnaissance de la valeur du sol pour le bien-être humain et la prise en compte du sol dans les processus décisionnels². A l'inverse, les fonctions du sol sont des fonctions que le sol remplit sans qu'il existe de relation directe entre la valeur du sol et le bien-être humain.

Sol

Couche superficielle de l'écorce terrestre qui abrite des êtres vivants, à l'interface entre l'atmosphère, l'hydrosphère, la géosphère et la biosphère. Un échange intensif de substances et d'énergie entre l'air, l'eau et la roche a lieu dans le sol. En tant qu'élément de l'écosystème, le sol occupe une position clé dans les cycles de matières locaux et globaux.

Sol marécageux

(†) Sol organique

Sol minéral

Sol composé d'éléments grossiers (> 2 mm) et de terre fine (≤ 2 mm). La terre fine se répartit en trois fractions, sable (2–0,06 mm), limon (0,06–0,002 mm) et argile ($< 0,002$ mm).

Sol organique

Sol présentant un horizon de tourbe d'au moins 20 à 40 centimètres d'épaisseur au niveau des couches superficielles, dont la matière sèche comprend au moins 30% de tourbe. Ce terme est souvent utilisé comme synonyme à sol marécageux. Cependant, les sols organiques incluent aussi d'anciens sols marécageux.

Surfaces d'assolement (SDA)

Terme désignant les terres arables les plus précieuses de Suisse qui doivent figurer dans le plan sectoriel des surfaces d'assolement (PS SDA) afin de garantir des sources d'approvisionnement suffisantes au pays conformément à l'article 1, alinéa 2 de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT) du 22 juin 1979. Les SDA représentent 444 000 hectares qui sont constitués en premier lieu des terres ouvertes et des prairies artificielles intercalaires, de même que des prairies naturelles arables. Les SDA sont principalement situées sur le Plateau suisse⁸⁸.

Q Qualité du sol

Capacité du sol à remplir ses fonctions dans les écosystèmes^{89, 90}.

T Terre

Terme désignant la surface terrestre non recouverte d'eau.

U Utilisation des terres

Série d'activités visant à produire un ou plusieurs biens ou services, en lien direct avec les sols, c'est-à-dire utilisant ses ressources ou ayant un impact sur lui. Une forme donnée d'utilisation ou d'exploitation du sol peut s'effectuer sur une ou plusieurs surfaces et différents modes d'utilisation peuvent se rencontrer sur une même surface.

Liste des abréviations

ARE	Office fédéral du développement territorial
Cst.	Constitution fédérale
EIE	Etude d'impact sur l'environnement
FNS	Fonds national suisse
HZB	Construction hors zone à bâtir
LAT	Loi d'aménagement du territoire (RS 700)
LAT 1	Première étape de la révision de la loi sur l'aménagement du territoire (en vigueur)
LAT 2	Deuxième étape de la révision de la loi sur l'aménagement du territoire (en préparation)
LPE	Loi sur la protection de l'environnement
MOS	Matière organique du sol
N	Azote
N ₂ O	Protoxyde d'azote
NABO	Observatoire national des sols
NABODAT	Système national d'information pédologique (www.nabodat.ch)
OAT	Ordonnance sur l'aménagement du territoire (RS 700.1)
OFAG	Office fédéral de l'agriculture
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OFS	Office fédéral de la statistique
OSites	Ordonnance sur les sites contaminés (RS 814.680)
OSol	Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (RS 814.12)
PIS-CH	Plateforme d'information des sols suisse
PS SDA	Plan sectoriel des surfaces d'assolement
SDA	Surfaces d'assolement
SES	Services écosystémiques
TS	Synthèse thématique

Bibliographie

Stratégies de la Confédération

Agriculture et filière alimentaire 2025 (OFAG, 2015)

Conception « Paysage suisse » (1997, OFEV, anciennement OFEFP)

Perspectives d'évolution du transport 2040 (ARE, 2016)

Plan d'action Economie verte (OFEV, 2013) ainsi que les mesures de la Confédération pour préserver les ressources et assurer l'avenir de la Suisse (OFEV, 2016)

Plan sectoriel des surfaces d'assolement (projets de révision depuis 2016)

Plan sectoriel des transports (ARE, 2006)

Politique agricole 2014–2017, Politique agricole 2018–2022, Politique agricole 2022+ (OFAG)

Politique des agglomérations 2016+ (ARE, 2015)

Politique forestière 2020 (OFEV, 2013)

Projet de territoire Suisse (Conseil fédéral, CGC, DTAP, UVS, ACS, 2012)

Stratégie Antibiorésistance (StAR) (OFSP, OSAV, OFAG, OFEV, 2016)

Stratégie Biodiversité Suisse et plan d'action (OFEV, 2012)

Stratégie Climat pour l'agriculture (OFAG, 2011)

Stratégie d'adaptation aux changements climatiques à partir de 2013 (OFEV, 2012/2014)

Stratégie énergétique 2050 (OFEV, approuvée par le Parlement en 2016)

Stratégie nationale pour le sol (OFEV, en cours d'élaboration)

Stratégie pour le développement durable (Conseil fédéral/ARE, 2016)

- 1 Grêt-Regamey A., Kool S., Bühlmann L., Kissling S. (2018) : *Un agenda du sol pour l'aménagement du territoire*. Synthèse thématique ST3 du Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68), Berne.
- 2 Grêt-Regamey A., Drobnik T., Greiner L., Keller A., Papritz A. J. (2016) : *Soil and Ecosystem Services*. Fiche d'information du PNR 68.
- 3 Office fédéral de la statistique (2015) : *L'utilisation des sols en Suisse. Exploitations et analyses*. Espace et environnement 002–0905, Neuchâtel.
- 4 Office fédéral de l'environnement (2017) : *Un trésor sous nos pieds*. Magazine « Environnement » 4, 4–5.
- 5 Office fédéral de la statistique (2016) : *Statistique de la superficie 2013/2018: Nouveaux résultats de la statistique de la superficie pour la Suisse occidentale (cantons FR, SO, BS, BL, VD, NE, GE, JU)*. Communiqué de presse 24.11.2016, Neuchâtel. (<https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/espace-environnement.asset-detail.1401277.html>)
- 6 Klaus G. (2017) : *Sols suisses. Etat et évolution – 2017*. Etat de l'environnement N° 1712, OFEV, Berne.
- 7 Office fédéral de l'environnement (ébauche/en préparation) : *Objectifs et orientations pour une gestion durable du sol. Bases de l'administration fédérale en vue de l'élaboration d'une stratégie nationale pour le sol*. Etat au 8.3.2016.
- 8 Office fédéral de l'environnement (OFEV) et Office fédéral de l'agriculture (OFAG) (2016) : *Objectifs environnementaux pour l'agriculture. Rapport d'état 2016*. Berne.

- 9 Hagedorn F., Krause H.-M., Studer M., Schellenberger A., Gattinger A. (2018) : *Sol et environnement. Matière organique du sol, émissions de gaz à effet de serre et atteintes physiques des sols suisses*. Synthèse thématique ST2 du Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68), Berne.
- 10 Lüscher P., Frutig F., Thees O. (2016) : *La protection des sols en forêt contre les atteintes physiques. La gestion forestière entre les impératifs de rentabilité et la préservation des propriétés physiques du sol*. Connaissance de l'environnement N° 1607, OFEV, Berne.
- 11 Conseil fédéral suisse (2017) : *Options pour compenser l'acidification des sols forestiers et pour améliorer leur fertilité: présentation et évaluation*. Rapport du Conseil fédéral donnant suite au postulat de Siebenthal (13.4201) « Ramener les cendres en forêt pour lutter contre l'acidification des sols ».
- 12 Office fédéral de l'environnement (2017) : *Sol: En bref*.
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sol/en-bref.html>
- 13 Gerber J.-D., Nahrath S. (2013) : *Beitrag zur Entwicklung eines Ressourcenansatzes der Nachhaltigkeit. Eine Diskussion am Beispiel der Regulation der Bodenressource*. CRED Research Paper No. 3. Center for Regional Economic Development (CRED), Berne.
- 14 Daly H.E. (2007) : *Ecological Economics and Sustainable Development: Selected Essays of Herman Daly*. Elgar Publishing Limited, Cheltenham.
- 15 Département fédéral des affaires étrangères (DFAE, 2017) : *Agenda 2030 de développement durable. 17 objectifs de développement durable*. <https://www.eda.admin.ch/agenda2030/fr/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung.html>
- 16 Département fédéral des affaires étrangères (DFAE, 2017) : *Agenda 2030 de développement durable. La Confédération s'engage*. <https://www.eda.admin.ch/agenda2030/fr/home/umsetzung/der-bund-setzt-sich-ein.html>
- 17 Grêt-Regamey A., Rabe S.E., Crespo R., Lautenbach S., Ryffel A., Schlup B. (2014) : *On the importance of non-linear relationships between landscape patterns and the sustainable provision of ecosystem services*. *Landscape Ecology* 29, 201–212.
- 18 Office fédéral de l'environnement (2014) : *Evolution de l'impact environnemental dans le monde lié à la consommation suisse: présentation d'une sélection de résultats*. Fiche d'information N°1, Berne.
- 19 Mann S., Bonanomi E.B. (2017) : *Grabbing or investment? On judging large-scale land acquisitions*. *Agriculture and Human Values* 34, 41–51.
- 20 Conseil fédéral (2008) : *Stratégie pour le développement durable: lignes directrices et plan d'action 2008–2011*, 52–57.
- 21 Ecoplan (2008) : *Evaluation de la durabilité*. Guide pratique pour les services fédéraux et autres intéressés, 46–51.
- 22 Schmid F., Walter F., Schneider F., Rist S. (2014) : *Gouvernance durable de l'eau – Enjeux et voies pour l'avenir*. Synthèse thématique ST4 du Programme national de recherche « Gestion durable de l'eau » (PNR 61), Berne.
- 23 Keller A., Franzen J., Knüsel P., Zürcher M., Papritz A. (2018) : *Plateforme d'information des sols suisse (PIS-CH)*. Synthèse thématique ST4 du Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68), Berne.
- 24 Price B., Kienast F., Seidl I., Ginzler C., Verburg P.H., Bolliger J. (2015) : *Future landscapes of Switzerland: Risk areas for urbanisation and land abandonment*. *Applied Geography* 57, 32–41. doi:10.1016/j.apgeog.2014.12.009, basé sur la statistique de la superficie de l'OFS de 1985/1997/2013.

- 25 Office fédéral de l'agriculture (2010) : *Agriculture et filière alimentaire 2025*. Document de discussion élaboré par l'Office fédéral de l'agriculture en vue d'une orientation stratégique de la politique agricole.
- 26 Office fédéral de l'environnement (OFEV, 2013) : *Stratégie d'adaptation aux changements climatiques à partir de 2013*, Berne.
- 27 Groupe technique intergouvernemental sur les sols (ITPS, 2015) : *Status of the World's Soil Resources*. Main Report (Résumé technique en français : Etat des ressources en sols dans le monde). Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Rome.
- 28 Office fédéral de la statistique (2016) : *Scénarios de l'évolution démographique de la Suisse à partir de 2015*. Stat Tab px-x-0104000000_102. <https://www.pxweb.bfs.admin.ch>. Neuchâtel.
- 29 CH2011 (2011) : *Scénarios du changement climatique en Suisse CH2011* (résumé en français). Ed. : Center for Climate Systems Modeling (C2SM), Météo Suisse, EPF Zurich, NCCR « Climat », Organe consultatif sur les changements climatiques (OcCC), Zurich.
- 30 Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC), Office fédéral de l'aménagement territorial (ARE, éditeur; 2016) : *Perspectives d'évolution du transport 2040 – Trafic voyageurs et marchandises en Suisse*, ARE, Berne.
- 31 Last L., Buchmann N., Gilgen A.K., Grant M., Shreck A. (2015) : *Foresight Study: Research for a Sustainable Swiss Food System*. World Food System Center, EPF Zurich, Office fédéral de l'agriculture (OFAG).
- 32 Hepperle E., Stoll T. (2006) : *Ressourcenplan Boden. Ein Konzept zum planerisch-nachhaltigen Umgang mit Bodenqualität*. Umwelt-Wissen N° 0633, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.
- 33 Walter F., Hänni E. (2017) : *Politische Aktivitäten im Bereich Bodennutzung*, www.nfp68.ch/SiteCollectionDocuments/NFP68_TS5_Anhang.pdf
- 34 Haute école des sciences appliquées de Zurich (ZHAW, 2014) : *Ungelöste Schnittstellen bei Bundesvorgaben für Erdmaterial*. Zurich.
- 35 Dettwiler J., Clément J.-P., Chassot G. (2006) : *Fumure et environnement. Commentaire du droit fédéral axé sur la pratique*. Connaissance de l'environnement N° 0617. Office fédéral de l'environnement. Berne.
- 36 Office fédéral de l'environnement (2017) : *Mesures de protection des sols*. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sol/info-specialistes/mesures-de-protection-des-sols.html>
- 37 Estermann J. (2016) : *Comment endiguer la consommation de sol. Instruments pour une utilisation durable du sol*. Ed. : sanu durabilitas, Bienne.
- 38 Gmünder M. (2016) : *Instruments d'orientation des usages du sol*. Feuille d'information. Durabilitas.doc N° 3. Ed. : sanu durabilitas, Bienne.
- 39 Ecoplan (2013) : *Mehrwert durch Verdichtung. Darstellung und Diskussion möglicher Vorgehensweisen zum Ausgleich planungsbedingter Mehrwerte*. Sur mandat de l'association Metropolitanraum Zürich, Berne.
- 40 Vereinigung für Landesplanung (VLP-ASPAN / EspaceSuisse, 2017) : *Prélèvement de la plus-value dans les différents cantons*. Etat au 4.4.2017. <http://www.vlp-aspan.ch/fr/themes/prelevement-de-la-plus-value>

- 41 Schwab J, Keller A., Grêt-Regamey A. (2017) : *Wirkung möglicher Massnahmen zur Flexibilisierung und Stärkung des Sachplans FFF – Schlussbericht*. Sur mandat de l’OFEV, non publié.
- 42 Wolff G., Schwenk H., Blümlein P. (2006) : *Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS)*. Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, 4/2006. Amt für Umweltschutz. Abteilung Immissions-, Bodenschutz-, Wasserrechts- und Abfallrechtsbehörde, Stuttgart.
- 43 Wolff G. (2016) : *Le concept de la protection des sols de Stuttgart: la « qualité » en tant que critère de planification*. Estermann J.: Comment endiguer la consommation de sol. Instruments pour une utilisation durable du sol. Ed.: sanu durabilitas, Bienne.
- 44 Conseil fédéral suisse (2016) : *Maintien de la superficie des terres cultivables*. Rapport de la CdG-N du 20.11.2015. Prise de position du Conseil fédéral. FF 2016.
- 45 Commission européenne (Ed.; 2016) : *No net land take by 2050? Science for Environment Policy*. Future Brief 14, Bristol.
- 46 Office fédéral de l’environnement (2017) : *Indicateur paysage. Mitage du paysage*. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/etat/indicateurs.html/>
- 47 Ecoplan, B+S, Hunziker Betatech (2017) : *Développement de l’urbanisation et coûts des infrastructures*. Sur mandat de l’Office fédéral du développement territorial, Berne.
- 48 Schwaab J., Deb K., Goodman E., Lautenbach S., van Strien M., Grêt-Regamey A. (2017) : *Reducing the Loss of Agricultural Productivity due to Urban Growth in Municipalities of Switzerland*. Computers, Environment and Urban Systems 65, 162–177.
- 49 Jaeger J.A.G., Schwick C. (2014) : *Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (WUP) and its application to Switzerland*. Ecological Indicators 38, 294–308. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.022>
- 50 Ernst Basler + Partner, Ecoplan (2012) : *Les contre-incitations dans le secteur de la mobilité du point de vue de la consommation d’énergie*. Sur mandat de l’Office fédéral de l’énergie.
- 51 Ecoplan (2010) : *Behebung von Fehlanreizen im Bereich Biodiversität. Analyse der wichtigsten biodiversitätsschädlichen Subventionen*. Sur mandat du wwf.
- 52 Office fédéral du développement territorial (2016) : *Monitoring de la construction hors zone à bâtir. Rapport 2016*. Office fédéral du développement territorial, Berne.
- 53 Office fédéral du développement territorial (2017). *Consultation sur la deuxième étape de la révision de la loi sur l’aménagement du territoire, y compris l’évaluation de durabilité*, (en allemand) rédigée à cet effet.
- 54 Contrôle parlementaire de l’administration (CPA, 2015) : *Maintien de la superficie des terres cultivables*. <https://www.admin.ch/opc/fr/federal-gazette/2016/3365.pdf>.
- 55 Grêt-Regamey A., Schwaab J. (2017) : *Stärkung des Sachplans FFF und Flexibilisierung von FFF-Rahmenbedingungen – Schlussbericht*. Zurich.
- 56 Office fédéral de la statistique : *Statistique de la superficie 2004/09*. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/espace-environnement/enquetes/area/historique/superficie-2004-09.html>
- 57 Hartje V., Wüstemann H., Bonn A. (Ed.; 2014) : *Naturkapital Deutschland – TEEB DE : Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte*. Kurzbericht für Entscheidungsträger. Technische Universität Berlin, Helmholtz Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig.
- 58 Béguin J., Smola S. (2010) : *Etat des drainages en Suisse. Bilan de l’enquête 2008*. Office fédéral de l’agriculture, Berne.

- 59 EAWAG, Office fédéral de l'environnement, Oekotoxzentrum (2017) : *Encore de fortes concentrations de pesticides dans les ruisseaux*. Communiqué du 4.4.2017.
- 60 Doppler T., Mangold S., Wittmer I., Spycher S., Comte R., Stamm C., Singer H., Jung-
hans M., Kunz M. (2017): *Hohe PSM-Belastung in Schweizer Bächen* (résumé en français).
Aqua&Gas 4/2017, 46–56.
- 61 Langer M., Junghans M., Spycher S., Koster M., Baumgartner C., Vermeirssen E.,
Werner I. (2017): *Hohe ökotoxikologische Risiken in Bächen* (résumé en français).
Aqua&Gas 4/2017, 58–68.
- 62 Conseil fédéral suisse (2017) : *Plan d'action visant à la réduction des risques et à l'utilisa-
tion durable des produits phytosanitaires*. Rapport du Conseil fédéral.
- 63 Finger R., Böcker T., Möhring N., Dalhaus T. (2016): *Ökonomische Analyse des Einsatzes
von Pflanzenschutzmitteln – Risikoaspekte und Lenkungsabgaben*. Rapport élaboré
sur mandat de l'Office fédéral de l'agriculture. EPF Zurich et Université de Bonn.
- 64 Charles R., Wendling M., Burgos S. (2018) : *Sol et production alimentaire*. Synthèse
thématique ST1 du Programme national de recherche « Utilisation durable de la
ressource sol » (PNR 68), Berne.
- 65 Conseil fédéral suisse (2015) : *Stratégie Antibiorésistance Suisse*, Berne.
www.star.admin.ch
- 66 Agroscope, Office fédéral de l'agriculture, Office fédéral de l'environnement (2016) :
Le NABO, trois décennies d'observation nationale des sols: la qualité en point de mire.
Communiqué du 19.11.2016. Zurich. [https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documenta-
tion/communiqués.msg-id-64573.html](https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documenta-
tion/communiqués.msg-id-64573.html)
- 67 Office fédéral de l'agriculture (2001) : *Stratégie Climat pour l'agriculture. Protection du
climat et adaptation au changement climatique pour une agriculture et une économie
alimentaire suisses durables*.
- 68 Conseil fédéral suisse (2009) : *Rapport. Stratégie fédérale de la protection de l'air*, Berne.
- 69 Office fédéral de l'environnement (OFEV, 2013) : *Politique forestière 2020. Visions,
objectifs et mesures pour une gestion durable des forêts suisses*. OFEV, Berne.
- 70 Office du paysage et de la nature du canton de Zurich (2017) : *Bodenkarten. Landwirt-
schaftliche Bodenkarten des Kantons Zürich*. [http://www.aln.zh.ch/internet/baudirek-
tion/aln/de/fabo/bodenzustand/bodenkarten/bodenkarte_des_kantonszuerich.html](http://www.aln.zh.ch/internet/baudirek-
tion/aln/de/fabo/bodenzustand/bodenkarten/bodenkarte_des_kantonszuerich.html)
- 71 Graf F., Bebi P., Frei M., Rickli C., Rixen C., Springman S. (2017) : *Projet du PNR 68
« Stabilité des sols »*. Executive Stakeholder Summary. [http://www.nfp68.ch/Site Collec-
tionDocuments/ExecutiveSummary_Bodenstabilitaet_Graf_FR.pdf](http://www.nfp68.ch/Site Collec-
tionDocuments/ExecutiveSummary_Bodenstabilitaet_Graf_FR.pdf).
- 72 Frehner M., Wasser B., Schwitter R. (Ed.; 2005) : *Gestion durable des forêts de protection
(NaiS). Soins sylvicoles et contrôle des résultats: instructions pratiques*. L'Office fédéral
de l'environnement, des forêts et du paysage (OFFEP), L'environnement pratique, Berne.
- 73 Office fédéral de l'environnement (2014) : *La politique climatique suisse en bref. Bilan et
perspectives sur la base du rapport 2014 de la Suisse à l'attention du Secrétariat de l'ONU
sur les changements climatiques*. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.
- 74 Frelih-Larsen A., Bowyer C., Albrecht S., Keenleyside C., Kemper M., Nanni S., Nau-
mann S., Mottershead R.D., Landgrebe R., Andersen E., Banfi P., Bell S., Brémere I.,
Cools J., Herbert S., Iles A., Kampa E., Kettunen M., Lukacova Z., Moreira G., Kiresiewa Z.,
Rouillard J., Okx J., Pantzar M., Paquel K., Pederson R., Peepson A., Pelsy F., Petrovic D.,
Psaila E., Šarapatka B., Sobocka J., Stan A.-C., Tarpey J., Vidaurre R. (2017) : *Updated
Inventory and Assessment of Soil Protection Policy Instruments in EU Member States*.

- Rapport final auprès de la Commission européenne, DG Environment. Ecologic Institute, Berlin.
- 75 Institut d'études économiques de Bâle (2016) : *Analyse d'instruments susceptibles d'influer sur la consommation de surfaces habitables, rapport du 6.10.2016* (résumé en français). Sur mandat de l'Office fédéral du logement et du développement cantonal et urbain de Bâle-Ville, Grenchen et Bâle.
- 76 Delbiaggio K., Wanzenried G. (Haute école de Lucerne, 2016) : *La consommation effective et le besoin subjectif de surface habitable (résumé)*. Etude réalisée sur mandat de l'Office fédéral du logement.
- 77 Office fédéral du développement territorial (2016) : *Sharing Economy – Une tendance sociale qui touche aussi le développement territorial*. Forum du développement territorial, 2/16.
- 78 Office fédéral du développement territorial (2016) : *Sharing Economy – Une tendance sociale qui touche aussi le développement territorial*. Forum du développement territorial, 2/16, 10–13.
- 79 work-smart-initiative.ch
- 80 Conseil fédéral (2017) : *Comment encourager la densification des constructions dans les centres urbains ?* Rapport du Conseil fédéral donnant suite au postulat 14.3806 von Graffenried du 24 septembre 2014, Berne.
- 81 Conseil fédéral (2015) : *Environnement Suisse 2015. Rapport 2015*, OFEV, Berne.
- 82 Office fédéral de l'agriculture (2017) : *Rapport agricole 2017*. <https://agrarbericht.ch/fr/marche/developpement-du-marche/taux-dautosuffisance>
- 83 *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten* (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG).
- 84 *Ordonnance sur les sites contaminés (OSites)* du 1^{er} juillet 1998, état : 12 avril 2016 (SR 814.12).
- 85 Définition inspirée de Scheuchzer P., Walter F., Truffer B., Balsiger J., Chaix O., Kempter T., Klinke A., Menzel S., Wehse H., Zysset A. (2012) : *Auf dem Weg zu einer integrierten Wasserwirtschaft*, synthèse du projet iwago – Integrated Water Governance with Adaptive Capacity in Switzerland. Projet dans le cadre du PNR 61 « Gestion durable de l'eau » du Fonds national suisse.
- 86 Jaeger J.A.G., Schwick C. (2014) : *Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (wUP) and its application to Switzerland*. Ecological Indicators 38, 294–308.
- 87 Définition propre inspirée de Sager F., Ingold K., Balthasar, A. (2017) : *Policy-Analyse in der Schweiz*. Dans le cadre de la série « Politik und Gesellschaft in der Schweiz » du nzz, nzz Libero, Neue Zürcher Zeitung AG, Zurich.
- 88 Office fédéral du développement territorial (ARE, 2014) : *Protection des terres agricoles*. Feuille d'information. Deuxième étape de la révision de la loi sur l'aménagement du territoire (LAT 2). Berne.
- 89 Doran J.W., Coleman D.C., Bezdicsek D.F., Stewart B.A. (Ed.; 1994) : *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment, Special Publication 35.
- 90 Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W., Cline R.G., Harris R.F., Schuman G.E. (1997) : *Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation*. Soil Science Society of America Journal 61, 4–10. doi:10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x

Remerciements

Nous remercions les nombreuses personnes qui nous ont aidés à élaborer la présente synthèse thématique. Nos remerciements vont en particulier aux membres de notre groupe principal Ruedi Stähli (OFEV), Simon Briner (OFAG) et Daniel Wachter (OACOT canton de Berne) pour le soutien apporté en termes de contenu et les retours constructifs sur notre synthèse thématique. Nous remercions également les nombreux scientifiques et experts de la pratique pour leur soutien et les contributions apportées à l'élaboration de la présente synthèse thématique: les membres du comité de direction du PNR 68, le manager du programme et le chargé du transfert de connaissances, les membres du groupe de suivi, les responsables des projets de recherche du PNR 68 et les responsables des autres synthèses thématiques.

Impressum

Auteurs

Felix Walter, Ecoplan, Berne

Elvira Hänni, Ecoplan, Berne

Elaborée et publiée avec le soutien du Fonds national suisse de la recherche scientifique en tant que synthèse thématique dans le cadre du Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68).

Editeur

Comité de direction du Programme national de recherche

« Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68)

Groupe principal de la synthèse thématique

Ruedi Stähli, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne

D^r Daniel Wachter, Office des affaires communales et de l'organisation du territoire (OACOT), canton de Berne

Simon Briner, Office fédéral de l'agriculture (OFAG), Berne

Groupe de suivi de la synthèse thématique

Matthias Achermann, canton de Lucerne

Frank Argast, Fédération suisse des urbanistes (FSU), Zurich

Hans-Georg Bächtold, Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA), Zurich

Christine Badertscher, Union suisse des paysans (USP), Berne

Benoît Biéler, Stratégie et développement de l'Ouest lausannois – Bureau SDOL, Renens

D^r Michael Bützer, Association des communes, Berne

D^r Guillaume de Buren, sanu durabilitas, Bienne

D^r Martin Fritsch, Sofies-Emac, Zurich

D^{re} Regina Füeg, Conférence suisse des directeurs des travaux publics, de l'aménagement du territoire et de l'environnement (DTAP), Berne

D^r Raimund Rodewald, Fondation suisse pour la protection et l'aménagement du paysage, Berne

Andreas Stalder, Office fédéral de l'environnement (OFEV)/Conférence de la Confédération pour l'organisation du territoire (COT), Berne

Kathrin Strunk, Association des propriétaires fonciers (APF), Zurich

Martin Vinzens, Office fédéral du développement territorial (ARE), Berne

Comité de direction du PNR 68

Prof. Emmanuel Frossard, EPF Zurich (Président)

Prof. Claire Chenu, AgroParisTech, France

Prof. Peter de Ruiter, Université d'Amsterdam, Pays-Bas

D^{re} Annette Freibauer, Institut Bavarois pour l'Agriculture, Allemagne

Prof. Bernd Hansjürgens, Centre Helmholtz de recherche environnementale (UFZ), Leipzig, Allemagne

Prof. Lorenz Hurni, EPF Zurich

D^r Michael Obersteiner, Institut international pour l'analyse appliquée des systèmes, Autriche

Prof. Kurt Roth, Université d'Heidelberg, Allemagne

Déléguée du Conseil national de la recherche

Prof. Claudia R. Binder, EPF Lausanne

Représentants de la Confédération

Stephan Scheidegger, Office fédéral du développement territorial (ARE), Berne

D^r Roland von Arx, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne

Chargé du transfert de connaissances/rédaction

Urs Steiger, steiger texte konzepte beratung, Lucerne

Manager du programme

D^r Pascal Walther, Fonds national suisse (FNS), Berne

Image de couverture

Nils Nova, Lucerne

Conception graphique et mise en page

Grafikatelier Max Urech, Unterseen

Corrections

Jacqueline Dougoud, Zurich

Andreas Vonmoos, TERMINUS TEXTKORREKTUR, Lucerne

Traduction

Trad8 Sàrl, Delémont

Impression

Engelberger Druck AG, Stans

Pour ce qui a trait aux résultats de recherche mentionnés, la responsabilité en échoit aux équipes de recherche concernées, pour les synthèses thématiques et les recommandations, la responsabilité incombe aux auteurs concernés ainsi qu'au comité de direction. Leurs conclusions ne doivent pas nécessairement correspondre aux opinions des membres des groupes de suivi, du Fonds national suisse ou des équipes de recherche.

Référence recommandée

Felix Walter, Elvira Hänni (2018) : Vers une politique durable des sols. Synthèse thématique 5 du Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68), Berne.

ISBN: 978-3-907087-37-4

www.fns.ch
www.pnr68.ch

Diffusion : Fonds national suisse, Berne

© 2018, Fonds national suisse de la recherche scientifique. FNS, Berne

L'ouvrage, y compris l'ensemble des parties qui le composent, est protégé au titre du droit d'auteur. Toute utilisation en dehors des strictes limites de la loi sur le droit d'auteur est interdite sans l'accord de l'éditeur et est passible de poursuites. Cela vaut en particulier pour les reproductions, les traductions, les microfilmages ainsi que la sauvegarde et le traitement dans des systèmes électroniques.

Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68)

Le Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68) établit les bases pour une exploitation durable des sols en Suisse. A cette fin, il convient de prendre en compte les services tant écologiques qu'économiques fournis par le sol. Le concept des services écosystémiques permet de mettre en valeur les fonctions des sols et leur contribution au bien-être humain. Les recherches ont duré de 2013 à 2017. Les résultats sont rassemblés au sein de cinq synthèses thématiques et d'une synthèse globale.

Synthèse thématique TS5

Vers une politique durable des sols

Une utilisation durable du sol vise à préserver sur le long terme aussi bien les surfaces non urbanisées (quantité) que les fonctions du sol (qualité). La synthèse thématique ST5 du PNR 68 « Vers une politique durable des sols » rassemble les résultats des différents projets du Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68) ainsi que d'autres études et documents politiquement pertinents dans ce domaine. À partir des mesures permettant de réduire les pertes quantitatives et qualitatives, elle développe une « Feuille de route pour une politique durable des sols » de la Suisse.

Synthèse thématique TS1

Sol et production alimentaire

Synthèse thématique TS2

Sol et environnement

Synthèse thématique TS3

Un agenda du sol pour l'aménagement du territoire

Synthèse thématique TS4

Plateforme d'information des sols suisse (PIS-CH)