



Berne, 29 mars 2023

Séquestration du carbone par le sol

Rapport du Conseil fédéral donnant suite au
postulat 19.3639 Bourgeois du 18 juin 2019

Table des matières

1	Situation initiale	3
1.1	Mandat	3
1.2	Contexte	3
2	Matière organique des sols	4
2.1	Qu'est-ce que la matière organique du sol	4
2.2	Dynamique et cycle de la matière organique du sol	5
2.3	Pertes historiques du carbone organique des sols	6
2.4	Modélisation de la séquestration du CO ₂ en fonction de l'évolution climatique	7
3	Séquestration du carbone organique dans les sols	7
3.1	Concept de séquestration du carbone organique dans les sols	7
3.2	Etat des connaissances actuelles sur le potentiel de séquestration du carbone dans les sols suisses et mesures possibles pour maintenir ou augmenter le COS	9
3.2.1	Sols organiques	9
3.2.2	Sols minéraux agricoles	10
3.2.3	Sols forestiers	13
3.2.4	Sols urbains (des agglomérations)	14
3.2.5	Sols naturels minéraux	15
3.3	Synthèse sur l'évaluation du potentiel de séquestration et des mesures envisageables	18
3.4	Synthèse sur les mesures de conservation du COS et de séquestration du CO ₂ dans les sols	19
3.5	Conclusion	22
4	Instruments politiques, mécanismes incitatifs et performances économiques actuels	23
4.1	Cadres réglementaires en matière de séquestration du carbone	23
4.2	Marchés du carbone formels et informels actuels	24
4.3	Mécanismes incitatifs envisageables dans le secteur agricole	25
4.4	Certificats CO ₂ afin d'inciter à des techniques culturales favorisant la formation d'humus : faisabilité	26
4.5	Conclusion	27
5	Objectif : une politique intégrée de la matière organique des sols	28
6	Mesures possibles pour une gestion durable de la matière organique des sols	30
6.1	Optimisation de la gestion des sols organiques et des sols agricoles minéraux	30
6.2	Evaluation et adaptation des instruments légaux	31
6.3	Sensibilisation et avancement de l'état des connaissances	31
7	Annexe (Liste des rapports techniques)	32

1 Situation initiale

1.1 Mandat

Le postulat 19.3639 demande au Conseil fédéral d'établir un rapport mettant en exergue, au niveau de la séquestration du carbone par les types de sol de la Suisse, les éléments suivants :

1. Une analyse détaillée du potentiel de nos sols suisses à séquestrer et conserver à long terme le carbone ;
2. Les mesures qui pourraient être prises afin d'améliorer à terme le bilan carbone par les différents types de sol de notre territoire, ainsi que les coûts, les risques et opportunités associés à ces mesures et les défis concernant leur gestion ;
3. Les incitations, les programmes qui pourraient être mis en place afin que les propriétaires fonciers, les agricultrices et agriculteurs prennent des mesures dans le but de séquestrer du carbone en fonction du potentiel du sol et d'améliorer ainsi la qualité des sols ;
4. Les possibilités et les limites de la quantification et de la valorisation de la séquestration du carbone dans les sols, avec une analyse des différentes options, comme par exemple la mise à disposition de certificats CO₂.

Dans son avis, le Conseil fédéral a reconnu la nécessité d'une telle analyse, en particulier s'agissant du rôle que les sols peuvent jouer dans l'atteinte des objectifs climatiques conclus à l'échelle internationale et a proposé, le 4 septembre 2019, d'accepter le postulat. Celui-ci a ensuite été adopté par le Conseil national le 27 septembre 2019.

Afin d'établir le rapport sur la séquestration du carbone dans les sols suisses, l'OFEV a mandaté des experts pour rassembler les données et les expériences existantes en Suisse et rédiger des rapports techniques. Les contenus des chapitres 3 et 4 du présent rapport se basent sur les trois rapports techniques qui traitent des quatre questions du postulat 19.3639^{1,2,3}.

1.2 Contexte

Les changements climatiques d'origine anthropique et leurs effets sont une problématique transnationale. En ratifiant l'Accord de Paris sur le climat⁴ en 2015, la Suisse s'est engagée à prendre des mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) tant au niveau national qu'international et à atteindre la neutralité climatique d'ici 2050. Le 27 janvier 2021, le Conseil fédéral a adopté la Stratégie climatique à long terme de la Suisse⁵, qui présente les lignes directrices de la politique climatique jusqu'à 2050 et définit les objectifs stratégiques pour les différents secteurs. Il s'agit avant tout de réduire les émissions de GES. Comme toutes les émissions ne sont pas complètement évitables, il sera nécessaire de recourir à des technologies complémentaires⁶. Parmi celles-ci figurent les technologies d'émission négative (NET) qui permettent d'extraire le CO₂ de l'atmosphère grâce à des approches biologiques ou techniques et de le stocker durablement. Même si le transfert du CO₂ dans la matière organique du sol, via la photosynthèse, est un processus naturel, la séquestration du

¹ Keel, S.G., Johannes, A., Boivin, P., Burgos, S., Charles, R., Hagedorn, F., Kulli, B., Leifeld, J., Saluz, A., Zimmermann, S. (2021) Soil carbon sequestration in Switzerland: analysis of potentials and measures (Postulate Bourgeois 19.3639). Report by Agroscope. Commissioned by the Federal Office for the Environment, Berne;

² Baranzini A., Maradan D., Blockley J. (2021), Aspects économiques de la séquestration du carbone dans les sols (Postulat Bourgeois 19.3639), Report by HEG. Commissioned by the Federal Office for the Environment, Berne.

³ Fliessbach A., Tresch S., Steffens M. (2021) Review on the techniques and requirements for monitoring stock changes of soil organic carbon (Postulate Bourgeois 19.3639). Report by FiBL. Commissioned by the Federal Office for the Environment, Berne.

⁴ RS 0.814.012.

⁵ Rapport « Stratégie climatique à long terme de la Suisse » du 27 janvier 2021

<https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/65875.pdf>.

⁶ [Extraction et stockage du CO₂ \(admin.ch\)](#)

carbone sous forme de résidus de récoltes ou de biochar est considérée comme une technologie NET (figure 1).

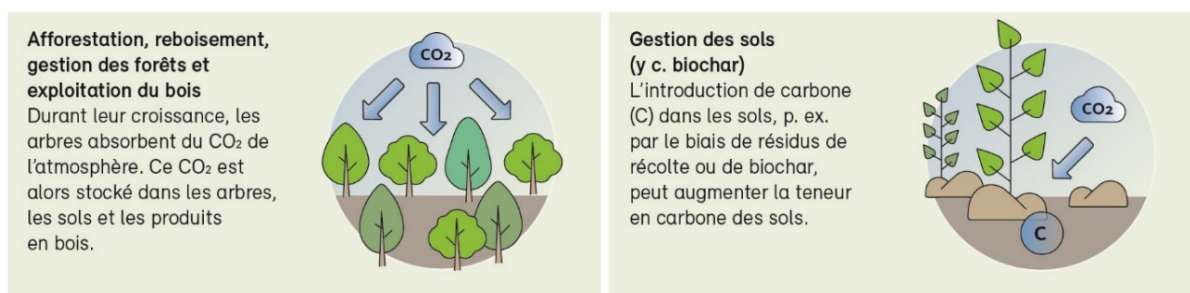


Figure 1 : Deux approches de séquestration biologique permettant de produire des émissions négatives. Source : Rapport « Stratégie climatique à long terme de la Suisse » (schéma de l'OFEV inspiré du Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change MCC)⁷

Le Conseil fédéral a adopté la « Stratégie Biodiversité Suisse » (SBS) le 25 avril 2012. Le 6 septembre 2017, il a adopté le plan d'action correspondant, qui concrétise les objectifs de la stratégie et formule des mesures pour la mettre en œuvre⁸. L'élaboration de la Stratégie Sol Suisse a été intégrée dans le plan d'action SBS au titre de mesure exploitant des synergies, afin d'améliorer les bases et de garantir à long terme l'espace nécessaire au maintien de la biodiversité tant sur les plans quantitatif que qualitatif.

La Stratégie Sol Suisse⁹, adoptée par le Conseil fédéral en 2020, met l'accent sur les fonctions des sols (trois fonctions écologiques : production, régulation, habitat et trois fonctions socio-économiques : support, matières premières, archivage) et sur une approche multifonctionnelle visant à une gestion durable des sols. La stratégie a identifié les pertes de la matière organique du sol (MOS) comme un phénomène préoccupant, car cette dernière joue un rôle déterminant pour les fonctions écologiques du sol. Elle permet le maintien de la biodiversité des organismes du sol, ceux-ci étant majoritairement responsables des fonctions du sol. Deux orientations stratégiques visent à compenser la perte de MOS résultant de l'exploitation agricole des sols minéraux (OA4) et à réduire au minimum la perte de MOS résultant de l'exploitation agricole des sols organiques (OA5).

La Stratégie Sol Suisse met également en évidence le rôle important du sol pour le climat : la lutte contre les changements climatiques, ainsi que la mitigation des effets, exigent aussi bien des mesures de préservation et d'augmentation des stocks de carbone dans les sols que des mesures de réduction des GES émis par ces derniers. Ces objectifs sont réalisables en adaptant l'utilisation et l'exploitation des sols, en particulier des sols agricoles.

2 Matière organique des sols

2.1 Qu'est-ce que la matière organique du sol

Les sols contiennent du carbone organique sous différentes formes. Le terme « matière organique du sol » est utilisé pour décrire les différents constituants organiques du sol à différents stades de décomposition, ainsi que les organismes du sol. La matière organique des sols (MOS) contient entre 55 et 60% de carbone organique des sols (COS). Le reste de la MOS se compose principalement d'oxygène, d'hydrogène et d'azote. Dans le sol, la MOS est : (i) liée à la surface de divers minéraux du sol, (ii) incorporé dans des agrégats du sol plus ou moins grands, ou (iii) librement disponible sous forme de litière à la surface du sol ou dans les pores du sol. Dans les sols minéraux (par ex. sols forestiers ou sols agricoles), les teneurs en MOS ne constituent généralement que quelques pourcents de la matière

⁷ [Changements climatiques : le Conseil fédéral adopte le rapport sur les émissions de CO₂ négatives \(admin.ch\).](#)
[Stratégie Biodiversité Suisse et plan d'action \(admin.ch\)](#)

⁹ Stratégie Sol Suisse pour une gestion durable des sols, Conseil fédéral suisse, 2020.

totale, alors que dans les sols organiques (sols tourbeux), la MOS peut constituer la majeure partie du volume du sol.

Matière organique des sols : une propriété fondamentale

La matière organique des sols est au cœur du fonctionnement des sols. Elle intervient dans la plupart des processus qui contribuent à la fertilité du sol et participe à l'ensemble des fonctions écologiques du sol définies dans la Stratégie Sol Suisse⁹ (production, régulation, milieu de vie). La fonction de régulation inclut le rôle des sols dans la régulation climatique, comme source et puits de GES (figure 2).

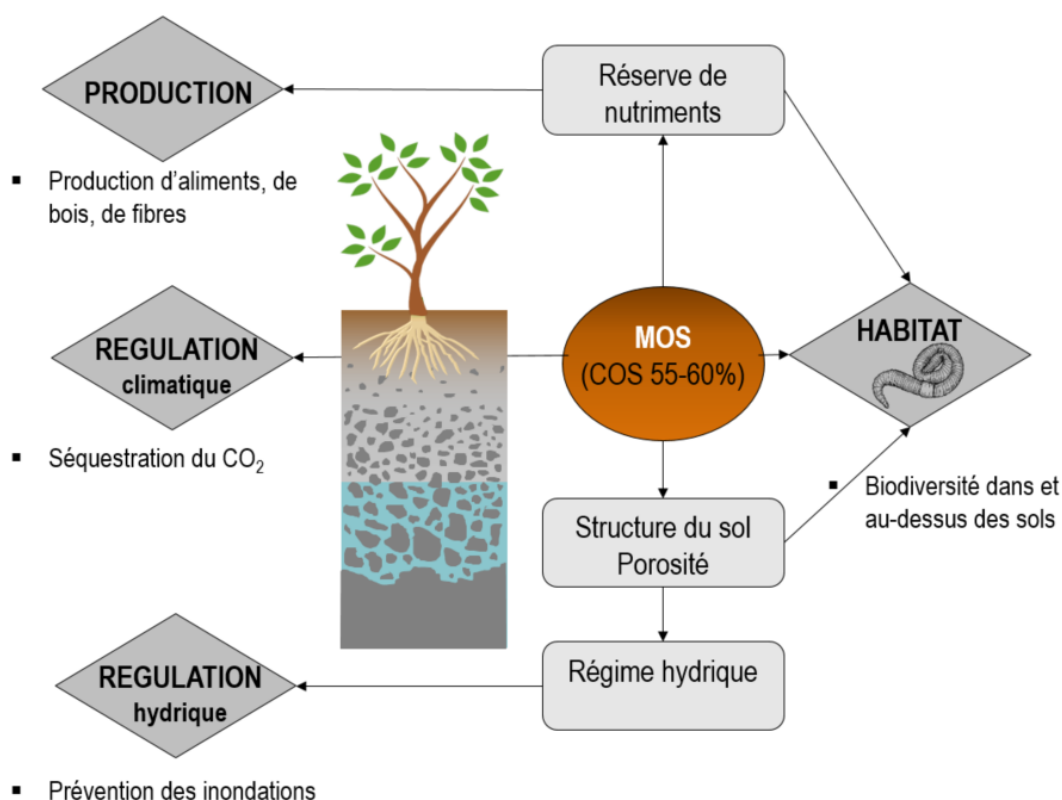


Figure 2 : rôles de la matière organique dans les sols. La matière organique (orange) du sol contribue directement ou indirectement à toutes les fonctions « écologiques » du sol (gris foncé) et détermine les propriétés des sols (gris clair).

2.2 Dynamique et cycle de la matière organique du sol

La limite supérieure naturelle du stock de MOS dans un sol est déterminée en premier lieu par des facteurs naturels, comme la productivité primaire nette (PPN)¹⁰, donc en grande partie par les conditions climatiques. La biomasse végétale, et dans une moindre mesure animale, parvient au sol sous forme de matière organique morte et elle est transformée et intégrée dans les différentes couches par la faune du sol. Les autres facteurs naturels qui contrôlent le stock de MOS sont la qualité et la quantité de la biomasse produite, la minéralogie du sol (en particulier la présence de minéraux argileux), la valeur du pH, ainsi que la température et l'humidité du sol (facteurs climatiques). La majeure partie des facteurs déterminants interagissent entre eux et ne peuvent être considérés de manière indépendante.

A côté des facteurs naturels, le stock de MOS dans les sols réagit également à des facteurs anthropiques, tels que le changement d'usage des sols (par ex. conversion de marais ou forêt en

¹⁰ La PPN correspond à la quantité de CO₂ absorbée par la végétation pendant la photosynthèse moins la quantité de CO₂ libérée par les plantes pendant la respiration. La PPN est une mesure-clé pour apprécier l'état et l'évolution des écosystèmes et une des causes qui a un impact notable sur le réservoir de COS (transfert de carbone de la biomasse vivante à l'humus stable)^{5/32}

cultures) ou la gestion des terres (par ex. pratiques agricoles ou sylvicoles). Les terres agricoles et de nombreuses forêts sont gérés afin de produire de la biomasse (alimentation, fibres, bois) qui sera déplacée de son milieu de production pour être utilisée ailleurs, ce qui réduit par conséquent l'apport de MOS disponible pour les sols.

2.3 Pertes historiques du carbone organique des sols

Estimer l'ampleur et la distribution spatiale des pertes de matière organique des sols dues au changement d'usage est malaisé. Une méta-analyse de la littérature actuellement disponible révèle que dans le monde entier les **sols agricoles**, qui ont été plus ou moins intensivement utilisés depuis les débuts de l'agriculture au néolithique¹¹, **auraient perdu entre 36 à 78% de carbone dans les 30 premiers centimètres, et entre 25 et 61% dans le premier mètre**¹² depuis leur mise en culture. Dans la figure 3, les changements de COS ont été modélisés au niveau mondial pour une profondeur totale de deux mètres. La région tempérée européenne fait partie des zones les plus affectées par des pertes considérables de COS.

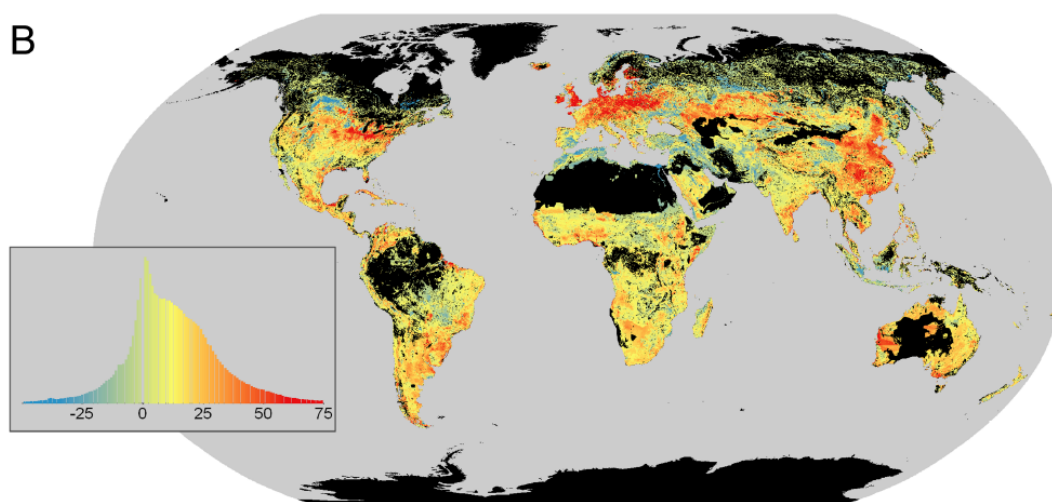


Figure 3 : Changement de COS modélisé dans les deux premiers mètres : la légende est présentée sous forme d'histogramme de la perte de COS (Mg C ha^{-1}), avec des valeurs positives indiquant la perte et des valeurs négatives illustrant les gains nets de COS.

L'une des principales raisons des stocks relativement faibles de la MOS dans les sols arables est l'exportation de matière organique par la récolte, qui n'est que partiellement compensée par des apports d'engrais organiques ou de résidus de culture. En Suisse, les valeurs les plus basses sont observées pour les grandes cultures. Depuis le début des mesures du réseau national d'observation des sols NABO¹³ en 1984, le taux de COS des terres assolées n'a que très faiblement varié¹⁴ : cela est probablement dû à des pertes de COS antérieures au début des mesures (voir figure 3). Un essai de longue durée (Zurich Organic Fertilisation Experiment ZOFE¹⁵) a montré que la perte de matière organique du sol pendant 60 ans équivaut à 15 à 40% (0.1 à $0.25 \text{ t C ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$).

¹¹ L'étendue chronologique du néolithique varie selon les régions, en Suisse, cette période est comprise environ entre 6'500 à 2'200 ans avant notre ère.

¹² Sanderman, J., Hengl, T., & Fiske, G. J. (2017). Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(36).

¹³ [Observatoire national des sols \(NABO\) \(admin.ch\)](https://www.admin.ch/gov/fr/section/13631).

¹⁴ [Indicateur sol \(admin.ch\)](https://www.admin.ch/gov/fr/section/13631).

¹⁵ Oberholzer, H. R., Leifeld, J., & Mayer, J. (2014). Changes in soil carbon and crop yield over 60 years in the Zurich Organic Fertilization Experiment, following land-use change from grassland to cropland. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(5), 696-704.

Une étude récente montre que 15 à 55 Mt C ont été perdues par le drainage des sols organiques en Suisse (tourbières et sols marécageux drainés)¹⁶. Malgré une diminution de la superficie des sols organiques, les émissions annuelles de carbone ont considérablement augmenté, surtout depuis le milieu du XX^e siècle, en raison de l'intensification de leur utilisation, notamment pour l'agriculture. Les stocks de carbone dans les sols suisses restants sont proches de ceux perdus au cours des 300 dernières années.

2.4 Modélisation de la séquestration du CO₂ en fonction de l'évolution climatique

Dans un exercice de modélisation réalisé par Agroscope pour la FAO, le potentiel de séquestration du COS dans la couche arable minérale (0-30 cm) utilisée par l'agriculture a été estimé pour les 20 prochaines années¹⁷. À cette fin, trois scénarios climatiques différents et des apports accrus de biomasse ont été calculés par rapport à un scénario « business as usual ». Il a été montré que les stocks de COS dans le scénario du statu quo diminueront en moyenne d'ici 2040 et que ces pertes ne peuvent être compensées que par des apports accrus de matière organique et une gestion adaptée.

3 Séquestration du carbone organique dans les sols

3.1 Concept de séquestration du carbone organique dans les sols

Le terme de « **séquestration de COS** » (également noté séquestration du CO₂) est étroitement lié à la fonction du sol en tant que puits de carbone et à sa fonction de tampon dans le cycle global du CO₂. La séquestration du carbone dans le sol est définie comme « *le processus de transfert du CO₂ de l'atmosphère vers le sol, sur une surface donnée, par les plantes, les résidus végétaux et autres matières organiques stockés ou retenus sur la surface donnée en tant que partie de la matière organique du sol* »¹⁸. Il ne faut pas confondre cette notion avec le « **stockage du COS** », qui fait uniquement référence à la quantité du COS stocké mais n'implique pas nécessairement une élimination nette de CO₂ de l'atmosphère de la surface terrestre considérée. Ainsi, l'augmentation du stock de COS due à l'application de fumures organiques, par exemple, n'est pas en soi une séquestration de carbone. De plus, lorsque des fumiers organiques sont produits à partir d'aliments importés, l'absorption de CO₂ atmosphérique s'est produite dans le pays d'origine des aliments, et non en Suisse.

La quantité totale de COS dans le sol est appelée stock de carbone organique du sol et se réfère dans chaque cas à la quantité de carbone organique stockée par unité de surface, sur toute la profondeur du sol. Il est calculé comme le produit de la teneur en carbone organique, de la densité apparente du sol et du volume de sol disponible (à l'exclusion du volume des pierres). **Généralement, le stock est indiqué par rapport à la surface, mais l'information sur la profondeur de sol spécifique à laquelle il se rapporte est cruciale pour l'évaluation et la comparaison des stocks de COS.**

Dans des conditions constantes d'utilisation des terres, de gestion des sols et de climat, on suppose généralement que les stocks de COS sont en équilibre. Toutefois, des fluctuations mensuelles à annuelles se produisent en raison des conditions climatiques saisonnières ou de la rotation et de la gestion des cultures sur les sols agricoles, sans que la valeur moyenne ne présente de changement à long terme. Lorsque les apports de carbone organique sont égaux aux exportations sur une longue durée, les sols jouent à la fois un rôle de puits et de source de CO₂.

¹⁶ Wüst-Galley, C., Grünig, A., & Leifeld, J. (2020). Land use-driven historical soil carbon losses in Swiss peatlands. *Landscape Ecology*, 35(1), 173-187.

¹⁷ FAO. 2019. Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems: Guidelines for assessment (Version 1). Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. Rome, FAO. 170 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

¹⁸ Olson, K. R., Al-Kaisi, M. M., Lal, R., & Lowery, B. (2014). Experimental consideration, treatments, and methods in determining soil organic carbon sequestration rates. *Soil Science Society of America Journal*, 78(2), 348-360 (cité dans le rapport technique 1)

Le **potentiel de séquestration** est la différence entre le stock réel de COS et la capacité maximale de stockage de COS qui peut être atteinte par une élimination nette du CO₂ de l'atmosphère¹⁹ sous un climat donné et pendant une période donnée (voir au début du chapitre pour le concept de séquestration du COS). **Ce potentiel est toujours spécifique au site et aux mesures passées et actuelles de gestion des sols** (figure 4). Les taux d'apport maximaux sont limités par la productivité primaire nette maximale d'un site et la gestion de la biomasse produite (c'est-à-dire quelle quantité et sous quelle forme la biomasse est exportée ou reste sur place). Les taux de rotation de la MOS varient non seulement entre les résidus organiques liés de manière différente, mais aussi en fonction de la profondeur du sol et des conditions biotiques et abiotiques du sol, telles que la disponibilité de l'oxygène, le pH et la minéralogie du sol, pour n'en citer que quelques-unes. Il n'est donc **pas possible d'attribuer un potentiel de séquestration général aux sols**. Tout au plus, l'augmentation (ou la diminution) du stock de COS par des mesures spécifiques peut être estimée avec une incertitude correspondante. Le concept de séquestration du carbone dans le sol est illustré dans la figure 4.

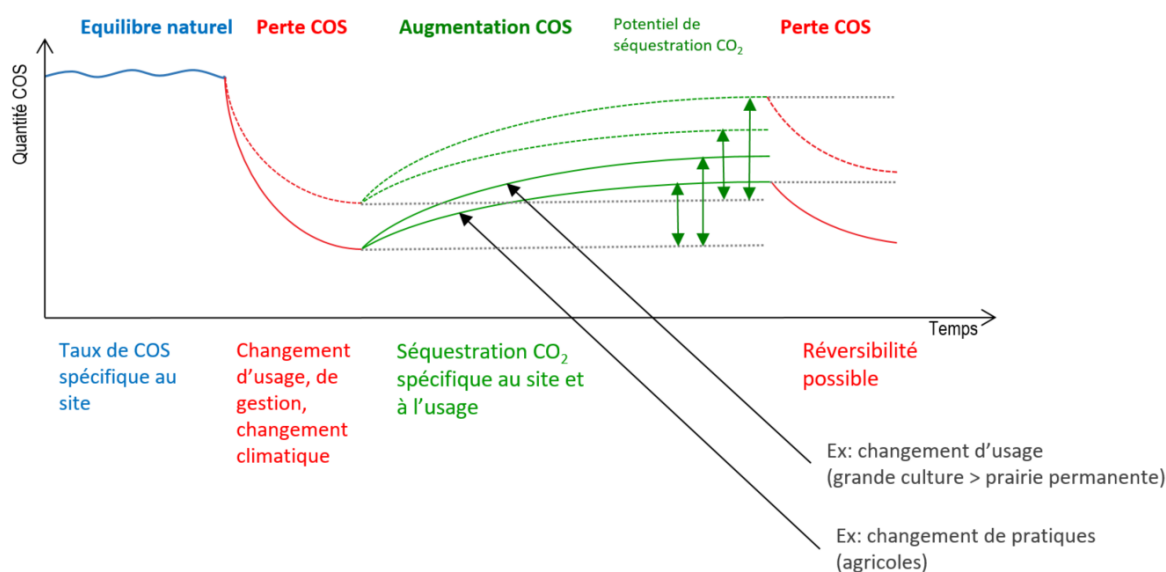


Figure 4 : Concept de séquestration du carbone dans les sols. Le stock naturel de COS est un équilibre dynamique entre les apports et les exportations de carbone et est spécifique au site (ligne bleue). Les sols naturels, non perturbés par l'usage anthropique, sont habituellement dans un tel équilibre. Les pertes de stocks de COS peuvent se produire, par exemple, en réponse à un changement d'utilisation des terres ou au changement climatique (lignes rouges). La quantité de COS qui peut être séquestrée dépend du stock actuel de COS (fin des lignes rouges) et des mesures de gestion des terres (lignes vertes). L'augmentation du stock de COS atteint généralement un nouvel équilibre en 20 ans environ ; **les pertes de COS se produisent beaucoup plus rapidement que son accumulation**²⁰. La différence de stock de COS pour un temps donné est le potentiel de séquestration.

Les sols : un puits et une source de CO₂

Lorsque les apports de matière organique (par ex. sous forme de fumure organique ou de résidus de récolte) excèdent les pertes par minéralisation de l'humus, le sol agit comme un puits de CO₂. A l'inverse, lorsque les pertes sont plus importantes que les apports, le sol devient une source de CO₂.

Il est à relever que si le CO₂ est le GES anthropique le plus important issu du sol, il n'est pas le seul. Le sol peut également émettre deux autres GES via des processus d'activité microbologique : le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (« gaz hilarant » N₂O)²¹.

¹⁹ Le CO₂ de l'atmosphère est capté via la photosynthèse et stocké à **long terme** dans la matière organique stable du sol.

²⁰ La perte, ainsi que l'accumulation de la MOS dans les sols dépendent très fortement des conditions spécifiques au site : propriétés du sol (par ex. taux d'argile), facteurs climatiques, pratiques de gestion sylvicole ou agricole. Même si l'expérience montre que les pertes peuvent être très rapides et que l'augmentation du COS stable est nettement plus lente, il n'est pas possible d'articuler des chiffres précis en raison de la variabilité des conditions spécifiques aux sites.

²¹ Le CO₂ est, de loin, le principal GES généré par le secteur de l'utilisation des terres. Le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O) provenant des incendies, de la perte d'humus, des lacs de retenue et des sols marécageux drainés contribuent dans une moindre mesure aux émissions ([Bilan des gaz à effet de serre lié à l'utilisation des terres \(sols, végétation\) \(admin.ch\)](#)). La surface consacrée en Suisse à la culture du riz, responsable d'émissions de méthane, est négligeable.

Les stocks de COS diffèrent selon les types de sols et les types d'utilisation des terres. En général, ces stocks sont plus élevés dans les sols organiques (tourbières naturelles) et diminuent dans l'ordre indiqué dans la figure 5.

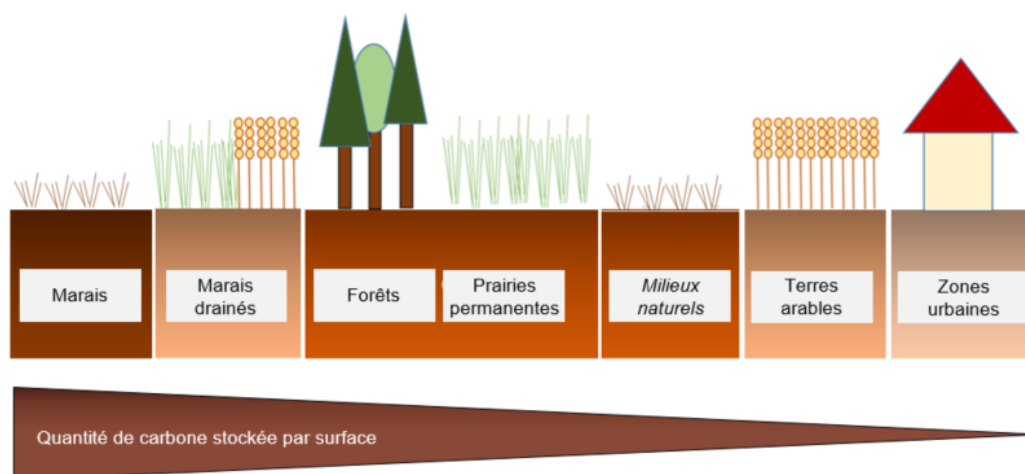


Figure 5 : Stocks relatifs de COS par unité de surface : les sols organiques naturels sont caractérisés par des stocks importants de COS, qui diminuent en cas de drainage ; la conversion des forêts et prairies permanentes en terres cultivées et zones urbaines entraîne une perte de COS (adapté de Amelung et al.²²).

3.2 Etat des connaissances actuelles sur le potentiel de séquestration du carbone dans les sols suisses et mesures possibles pour maintenir ou augmenter le COS

Les éléments-clés des connaissances actuelles sur les différents types d'usage des sols (superficie, état actuel de leur contenu en COS, leur potentiel de séquestration et les mesures y relatives) sont synthétisées dans les tableaux 2 et 3, qui se trouvent aux chapitres 3.3 et 3.4.

3.2.1 Sols organiques

Les fréquents engorgements en eau réduisent la diffusion de l'oxygène dans les sols, ce qui entraîne l'accumulation de restes végétaux partiellement transformés et la formation de tourbe. Les sols qui se sont développés de cette manière (marais et tourbières au sens général) sont classés comme des sols organiques et ont continuellement accumulé de la MOS au cours des millénaires, avec pour résultat des épaisseurs de tourbe pouvant atteindre plusieurs mètres. Les marais et tourbières fournissent de nombreuses fonctions et services écosystémiques.

Les tourbières naturelles (hauts-marais et bas-marais) abritent une biodiversité unique ; ils jouent un rôle important en tant que puits de carbone et régulent les cycles biogéochimiques. On sait que les tourbières intactes des latitudes nordiques accumulent continuellement du COS à des taux moyens de 0,2 t C par ha et par an ; la séquestration du COS dépend fortement de l'état de naturalité de ces milieux.

Les sols organiques agricoles (bas-marais drainés) permettent une production alimentaire (par ex. cultures maraîchères du Seeland ou de la plaine de l'Orbe). Toutefois, le drainage induit inéluctablement une minéralisation de la MOS et fait perdre à ces sols environ 3 à 10 t de C par ha et par an. La minéralisation contribue fortement aux émissions de GES, elle conduit à la diminution de la profondeur des sols, et menace à moyen terme à la fois les fonctions naturelles (régulation climatique, hydrique et biodiversité) et la fonction de production de ces sols (production alimentaire et les revenus des exploitantes).

²² Amelung, W., Bossio, D., de Vries, W., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Amundson, R. & Chabbi, A. (2020). Towards a global-scale soil climate mitigation strategy. *Nature communications*, 11(1), 1-10.

Étendue des surfaces et stocks actuels de COS des sols organiques

Au XVIII^e siècle, la superficie des tourbières en Suisse était estimée entre 100 000 et 150 000 hectares. Depuis lors, cette superficie a diminué pour atteindre actuellement environ 30 000 hectares, dont environ 17 000 sont utilisés en agriculture. Selon des estimations approximatives, les stocks de COS des sols organiques s'élèvent à environ 1000-1500 t C par ha, ce qui correspond à environ un facteur 25 plus élevé que la quantité de COS stockée par ha dans les sols minéraux utilisés pour les cultures arables. Le stock total de COS des sols organiques en Suisse est d'environ 32 Mt C, avec des émissions de carbone estimées à environ 0,14-0,19 Mt C par an. Cependant, ces estimations sont très approximatives, car la quantité de COS stockée dans les sols organiques en Suisse est insuffisamment estimée et les zones marécageuses n'ont pas été cartographiées de manière significative pour fournir des informations fiables sur l'étendue spatiale et les épaisseurs actuelles des dépôts de tourbe. Dans certaines zones du Gürbetal et de la vallée du Rhin, les épaisseurs de tourbe peuvent atteindre 20 m par exemple.

Mesures de séquestration du CO₂ et de conservation du COS

Dans l'état actuel des connaissances, la conservation des hauts-marais et bas-marais naturels ou de la tourbe des sols organiques agricoles drainés ne peut être réalisée que par le maintien d'une nappe hydrique élevée ou par la réhumidification (rehaussement de la nappe). Il s'agit de la seule mesure efficace de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les tourbières naturelles sont légalement protégées et, le cas échéant, font objet de mesures de restauration.

En Suisse, pour les sols organiques drainés, des mesures telles que la réhumidification partielle suivie de la paludiculture, le labourage profond, le recouvrement des couches organiques par des matériaux de sol minéraux, le mélange de la tourbe avec des matériaux de sol minéraux plus profonds ou l'utilisation des zones marécageuses comme pâturage ou forêt pourraient également être envisagées pour ralentir la dégradation de la tourbe et l'affaissement du sol et permettre une gestion ultérieure des sols organiques.

En raison de la formation extrêmement lente de la tourbe, tant dans les hauts-marais (certaines études montrent un accroissement de tourbe limité à 0,5 à 1 mm par année²³) que les bas-marais, une accumulation significative menant à une séquestration de carbone ne serait réalisable que dans un laps de plusieurs centaines d'années. En revanche, les mesures de conservation de la MOS sont essentielles pour permettre une réduction des émissions de GES et la préservation de la biodiversité.

Potentiel de séquestration

Le très lent développement de la tourbe signifie que les sols organiques n'ont qu'un très faible potentiel de séquestration du CO₂. En raison des nombreuses inconnues décrites dans le paragraphe précédent et de la connaissance et de l'expérience limitées des zones remises en eau, en particulier des zones en usage agricole, aucune estimation générale de la zone potentielle de remise en eau ne peut être donnée. La réhumidification de tous les sols organiques cultivés en Suisse ne pourrait se faire qu'au prix de la perte de la production agricole correspondante et permettrait tout au plus d'économiser des émissions de l'ordre de 0,7 Mt d'équivalents CO₂ par an.

3.2.2 Sols minéraux agricoles

Étendue des surfaces et stocks actuels de COS des sols agricoles

La superficie des sols minéraux utilisés par l'agriculture, y compris des zones d'estivage, est d'environ 1 452 000 ha en Suisse. La superficie utilisée pour l'agriculture diminue continuellement au profit des surfaces d'habitat et d'infrastructure (63%) et de l'expansion des surfaces forestières (20%) et de la

²³ Voir par exemple : Borren, W., Bleuten, W., & Lapshina, E. D. (2004). Holocene peat and carbon accumulation rates in the southern taiga of western Siberia. *Quaternary Research*, 61(1).

déprise agricole en zones d'estivage (17%)²⁴. Entre 1985 et 2018, la réduction des sols agricoles a été de 7 %. Il est à noter que si l'urbanisation, donc l'imperméabilisation des sols, mène à une perte de leurs fonctions écologiques et de leur COS, l'accroissement de la surface forestière permet généralement un accroissement de la COS, donc une séquestration du carbone.

Il n'existe pas de mesures des stocks de COS des sols agricoles pour l'ensemble de la Suisse. Cependant, il est possible de l'estimer à partir de diverses sources de données, avec une convergence des résultats entre les différentes approches et régions étudiées. Le stock estimé de COS dans les 30 cm supérieurs des sols minéraux agricoles est d'environ 77 Mt C. Les chiffres dans le tableau 1 montrent que les stocks de COS des sols minéraux arables sont concentrés à des altitudes basses à moyennes, tandis que les sols des prairies permanentes contribuent beaucoup plus aux stocks de COS, particulièrement à des altitudes plus élevées.

Tableau 1 : Stocks de COS estimés des sols agricoles arables et des prairies permanentes, en fonction de leur distribution altitudinale.

Altitude	Sols arables (Mt C)	Prairies permanentes (Mt C)
< 600 m	14	9
600-1200 m	6	22
> 1200 m	0.02	26
TOTAL	20	57

Mesures de séquestration du CO₂ et de conservation du COS

Diverses pratiques agricoles peuvent conduire au maintien et à l'accumulation de stocks de COS dans les sols arables. Il s'agit notamment des méthodes de l'agriculture de conservation impliquant un travail réduit du sol, une fertilisation organique et une large rotation des cultures, qui permettent une augmentation annuelle du COS de 0,4 à 0,8 t C par ha. Toutefois, il ne s'agit pas de mesures de séquestration en soi, puisque le carbone introduit dans le sol ne provient que partiellement de l'absorption atmosphérique sur les surfaces agricoles correspondantes. Les véritables mesures de séquestration du carbone pour la Suisse seraient : l'introduction d'une couverture végétale permanente (+0,3 t C par ha et par an), les systèmes agroforestiers (+0,9 t C par ha et par an), le labourage profond des stocks de COS existants (+0,9 t C par ha et par an), l'introduction de biochar (voir *Encadré Charbon végétal*) ou les changements d'utilisation des terres, des terres arables aux prairies permanentes (+0,7 t C par ha et par an). Les mesures citées ci-dessus ne peuvent pas toutes être appliquées ensemble sur une même surface et leur potentiel de séquestration n'est donc pas cumulatif. La faisabilité et le bien-fondé de certaines de ces mesures (par ex. labour profond, application de biochar) doivent encore être investigués. A l'inverse, d'autres mesures de protection des sols qui permettent une conservation ou une séquestration du CO₂ (par exemple par une couverture optimale du sol) sont aujourd'hui déjà incluses dans l'ordonnance sur les paiements directs (OPD²⁵).

Les prairies permanentes couvrent environ 70 % des sols minéraux utilisés par l'agriculture en Suisse et présentent donc déjà des stocks de COS relativement élevés. L'estimation du potentiel de séquestration du COS est difficilement réalisable en raison des importantes lacunes dans les connaissances.

Étant donné que les terres arables et les prairies couvrent un large éventail de conditions climatiques et sont gérées de manière très différente, les mesures devraient en tout état de cause être évaluées sur une base spécifique au site.

²⁴ [Statistique suisse de la superficie. Relevé de l'utilisation et de la couverture du sol. \(Edition 2019 / 2020\) | Publication | Office fédéral de la statistique \(admin.ch\).](#)

²⁵ RS 910.13

Potentiel de séquestration

Le potentiel de séquestration du CO₂ dans les sols agricoles minéraux, en grandes cultures ou en prairies permanentes n'est pas connu. Des estimations du potentiel de séquestration dépendent d'informations détaillées sur la gestion actuelle et des informations disponibles sur le sol sous forme de cartes pédologiques. Toutefois, ces informations font jusqu'à présent défaut au niveau national.

D'une manière générale, l'augmentation des stocks de COS se traduit par des avantages importants en termes de fertilité des sols, la matière organique confère aux sols des propriétés qui permettent de diminuer le risque d'érosion, d'augmenter le potentiel de rétention hydrique et des éléments nutritifs, ainsi que de promouvoir une biodiversité fonctionnelle. La résistance et la résilience du sol face aux perturbations externes (comme par exemple le changement climatique) augmentent. Cependant, les différentes mesures agricoles appliquées sont réversibles, ce qui signifie que la permanence de la séquestration du COS n'est pas acquise. Des conflits d'objectifs apparaissent également, comme l'utilisation d'herbicides dans l'agriculture de conservation ou le passage d'une production alimentaire vivrière à une production fourragère lors de la conversion en prairies, ce qui peut avoir un impact négatif sur le bilan des GES (par ex. émissions du bétail).

Il est peu probable que les sols qui sont déjà actuellement gérés selon les bonnes pratiques agricoles contribuent beaucoup à l'augmentation de la séquestration du CO₂ par rapport à leurs stocks actuels de COS. En revanche, les sols qui possèdent aujourd'hui un faible stock de COS présentent un potentiel de séquestration significatif.

Quel taux de carbone organique optimal pour les sols agricoles minéraux ?

La qualité de la structure du sol²⁶ et le rapport MOS/argile sont proportionnels : plus un sol est argileux, plus il faut de matière organique pour atteindre une bonne structure. Un rapport MOS/argile de 0.24 indique une très bonne structure, alors qu'un rapport de 0.12 indique un sol dégradé et pauvre en MOS (figure 6). Ainsi, **la teneur optimale en matière (ou carbone) organique doit être recommandée en proportion de la teneur en argile du sol.**

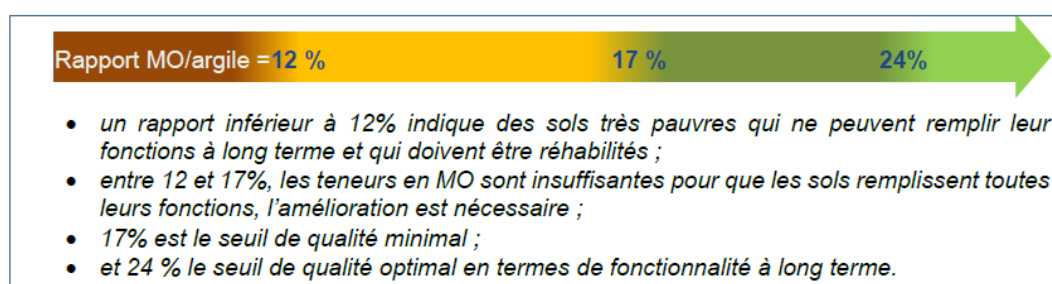


Figure 6 : Seuils de vulnérabilité des sols par rapport à leur ratio matière organique (MO) sur argile (Etude préliminaire sur la qualité des sols agricoles et la séquestration du carbone organique pour le Plan climat cantonal, VD²⁷, voir encadré Plan Climat Vaud)

²⁶ La structure est la façon dont les particules solides du sol sont disposées, en formant ou non des agrégats. Des agrégats stables permettent la circulation de l'air et de l'eau et favorisent l'enracinement de la végétation et l'activité biologique.

²⁷ [210217 Résumé Qualité des sols et séquestration de carbone organique - synthèse et recommandations.pdf \(vd.ch\)](#) 12/32

Encadré Plan Climat Vaud

La mesure stratégique n°9 du Plan Climat du canton de Vaud (séquestrer le carbone organique dans les sols) prévoit de favoriser une agriculture résistante et résiliente, basée sur des sols fertiles à long terme²⁸. Dans ce cadre, une étude préliminaire portant sur les potentiels et les pratiques d'accumulation de carbone organique dans les sols agricoles a permis d'identifier les potentiels concrets et les leviers appliqués dans les grandes cultures qui permettent une accumulation significative de matière organique dans les sols. L'étude montre que les sols cultivés vaudois sont majoritairement déficitaires en MOS : environ 75% des parcelles analysées n'atteignent pas le seuil minimal du rapport MO/argile de 17%. Ce taux indique un contenu en MOS déficitaire (voir figure 6), qui pourrait être augmenté par des pratiques agricoles appropriées. Ce déficit en MOS est dû aux modes d'exploitation intensifs introduits après la seconde guerre mondiale comme par exemple, le labour intense, l'exportation des résidus, la simplification des rotations, la séparation de l'agriculture et de l'élevage, qui ont amené à une minéralisation de la MOS. Avec un objectif d'atteindre la qualité minimale de MO/argile de 17%, un minimum de 2 millions de tonnes eq. CO₂ pourrait être stocké dans les quelques 50 000 ha sols agricoles cultivés en grandes cultures d'ici 2050. Si l'objectif de séquestration est augmenté (p. ex. rapport MO/argile à 20% ou 24%), alors la quantité séquestrée pourrait être doublée ou triplée, soit 4 à 6 millions de tonnes sur les mêmes surfaces.

L'évaluation de la structure du sol, corrélée au taux MOS/argile dans les sols agricoles des cantons de Vaud, Fribourg et Berne (projet Strudel²⁹), montre que certains sols labourés possèdent une structure moyenne à bonne avec des taux de MOS satisfaisants à bons, alors que d'autres présentent une structure dégradée, associée à un faible de taux de MOS ; la même constatation peut être faite pour les sols arables sans labour.

Pour presque toutes les mesures agricoles, peu ou pas de données sont disponibles sur les effets de la gestion sur les horizons de plus de 30 cm de profondeur. La séquestration du CO₂ en tant que mesure pour contrer les effets du changement climatique doit considérer le stockage total du carbone, dans l'ensemble du sol, et non pas uniquement les modifications du stock de COS dans la couche arable (20-30 premiers centimètres du sol). Ainsi, toute recommandation basée uniquement sur les mesures qui ont un impact sur la couche arable doit être prise avec prudence.

3.2.3 Sols forestiers

Étendue des surfaces et stocks actuels de COS des sols forestiers

Avec une superficie de 1 313 000 ha, les forêts couvrent environ un tiers de la Suisse. Au cours de la dernière décennie, la superficie forestière a augmenté d'environ 1,6 %. En Suisse, les forêts sont principalement gérées comme des forêts jardinées, ce qui conduit à une structure quasi-naturelle des forêts. En raison des coûts élevés de la récolte du bois et des faibles marges bénéficiaires, l'intensité de la gestion forestière a diminué au cours des dernières décennies. Par conséquent, les forêts suisses se caractérisent par un âge moyen élevé des arbres (plus d'un quart a plus de 120 ans) et par la biomasse des peuplements la plus importante d'Europe. Cela permet de stocker plus de MOS dans le sol que dans les forêts exploitées de manière intensive.

Les sols forestiers de Suisse présentent les stocks de COS parmi les plus élevés d'Europe et sont proches de la saturation en COS en raison de la faible intensité de leur gestion et du climat naturellement froid et humide. Les sols des forêts suisses stockent en moyenne 143 tonnes de carbone par hectare, de la surface du sol au substrat rocheux, soit 20 % de plus que la biomasse vivante de la forêt. Ces stocks élevés de COS sont menacés dans un futur climat plus chaud avec des périodes sèches plus

²⁸ [202006_Plan_climat.pdf \(vd.ch\)](#).

²⁹ [STRUDEL_2021.pdf](#).

fréquentes. Parmi les régions biogéographiques de la Suisse, les Alpes du Sud présentent les stocks de COS par hectare les plus élevés et le Plateau central les plus faibles.

Mesures de séquestration du CO₂ et de conservation du COS

Les pratiques de gestion forestière visant à augmenter les stocks de COS, telles que la promotion d'une grande diversité d'arbres, sont légalement requis dans les forêts suisses et ont un impact positif sur la biodiversité et les fonctions du sol.

L'intensification de la gestion forestière entraînerait probablement une baisse des stocks de COS : les pertes estimées de COS dues à cette intensification seraient environ 15 fois plus élevées que la capacité de puits de carbone actuelle. Dans le même temps, la biodiversité actuellement élevée dans les forêts suisses serait réduite. Le boisement des zones en déprise agricole est déjà en cours sur les surfaces d'alpage non exploitées et ne représente pas une mesure supplémentaire de séquestration du CO₂. Dans le cas du boisement d'anciennes prairies, les effets potentiels sur les stocks de COS des sols forestiers minéraux sont négligeables et même négatifs sur les sols organiques. Les effets positifs du boisement sont limités aux anciennes terres arables - une mesure qui entre en conflit avec la production alimentaire. Le chaulage des sols forestiers pour inverser l'acidification anthropique des sols peut, selon les conditions et les sites, permettre de promouvoir des conditions plus favorables à la séquestration du carbone.

Potentiel de séquestration

A côté des propriétés physico-chimiques, le type de forêt lui-même influence également les stocks de COS, qui sont plus élevés sous les conifères que sous les feuillus. En termes de stockage du COS cependant, les effets liés au type de forêt (conifères, feuillus, mixte) sont essentiellement confinés aux couches supérieures des sols forestiers, et une séquestration conséquente du CO₂ dans les sols forestiers ne semble guère possible.

3.2.4 Sols urbains (des agglomérations)

Étendue des surfaces et stocks actuels de COS des sols urbains

Selon la statistique de l'utilisation du sol de l'Office fédéral de la statistique (OFS), 7,9 % de la superficie de la Suisse est couverte par des agglomérations³⁰. Les surfaces d'habitat et d'infrastructure ne se limitent pas aux zones de construction, mais comprennent également les routes et les lignes ferroviaires avec leurs abords, les aéroports et les installations d'approvisionnement et d'élimination (zones d'infrastructures) ainsi que les parcs et jardins. Alors que 64 % de ces sols sont recouverts de bâtiments ou de surfaces étanches, il reste environ 118 000 ha de sols urbains ouverts. Ces zones ouvertes sont principalement constituées de sols jeunes, créés artificiellement, qui présentent donc généralement une faible évolution pédologique (épaisseur réduite, faible taux d'activité biologique, taux de COS réduit, etc.). Lors de chantiers de construction, les couches du sol sont généralement décapées avant les travaux qui mènent à l'imperméabilisation (par ex. construction de routes, bâtiments) et les matériaux terreux sont utilisés sur un autre site pour reconstituer de nouveaux sols ou pour améliorer la qualité des sols agricoles existants. En raison du manque de cartes pédologiques, les estimations de la teneur en COS des sols urbains se basent uniquement sur des données bibliographiques recueillies à l'étranger et sur des données provenant de zones agricoles et forestières. Sur la base de ces données indirectes, ainsi que sur les données de la statistique suisse de la superficie, on obtient une valeur moyenne théorique d'environ 60 t C par hectare. La quantité totale de COS stockée dans les sols des agglomérations est estimée à 7 Mt C. Les sols recouverts de végétation herbacée (par ex. gazon) contribuent à environ la moitié du stock de COS, alors que les zones boisées ou avec une végétation arbustive en représentent environ un quart.

³⁰ [Die Bodennutzung in der Schweiz - Resultate der Arealstatistik 2018 | Publication | Office fédéral de la statistique \(admin.ch\)](#).14/32

Mesures de séquestration du CO₂ et de conservation du COS

Parmi les mesures possibles pour augmenter les stocks de COS dans les sols urbains figurent des adaptations structurelles telles que la végétalisation des toits plats ou le descellement des surfaces. Des mesures de gestion adaptée des espaces verts, comme les pelouses, peuvent conduire à une augmentation des stocks de COS : les résidus de tonte ou des feuilles d'arbres et d'arbustes laissés sur place enrichissent le sol en matière organique et, de plus, réduisent les besoins en engrais. Sur des zones artificielles dont les sols sont peu développés, la maturation des sols (évolution pédologique) pourrait également entraîner une séquestration du COS. Le stockage du carbone sous les surfaces imperméabilisées comme les routes constituerait également une mesure envisageable. La plupart des mesures prises dans l'aménagement des sols urbains impliquent des dépenses relativement élevées, mais elles apportent souvent des avantages en plus de la séquestration du carbone. L'augmentation des espaces végétalisés (toits, maintien des sols ouverts, descellement de surfaces) a un effet positif sur le climat urbain local en diminuant la formation d'îlots de chaleur et en favorisant la biodiversité locale. L'utilisation de substrats d'arbres avec du biochar (voir *Encadré Charbon végétal*) a un effet positif sur l'absorption et le stockage de l'eau et, lors de la plantation des nouveaux arbres, n'entraîne pas beaucoup plus d'effort que les méthodes classiques.

Potentiel de séquestration

Le potentiel de séquestration du CO₂ par les toits végétalisés est de l'ordre de 0,02 Mt C par an. L'évolution pédologique des sols sur des surfaces artificielles pourrait entraîner une séquestration de même ampleur. Le potentiel de séquestration ne peut être quantifié pour les espaces verts avec une gestion différenciée car on ne dispose pas de valeurs de référence. L'ajout de biochar sous les routes nouvellement construites pourrait théoriquement séquestrer environ 2,2 Mt de carbone au cours des 20 prochaines années. Cependant, la constitution de puits artificiels avec du biochar sous les revêtements routiers scellés est actuellement très coûteuse et n'est donc pas économiquement viable. En outre, pour pouvoir considérer l'utilisation du biochar comme une véritable mesure de séquestration, il devrait être produit à partir de la biomasse cultivée sur le lieu même de son utilisation.

3.2.5 Sols naturels minéraux

Étendue des surfaces et stocks actuels de COS des sols naturels minéraux

Les sols naturels minéraux correspondent à des sols de surfaces non exploitées comme par exemple les pelouses alpines, les prairies maigres, les zones rudérales ou les zones alluviales. La superficie des sols minéraux « non cultivés » ou naturels peut être estimée à partir des trois catégories de la statistique de superficie « végétation herbacée improductive (213 000 ha), « arbustes/broussailles (63 000 ha) et « zones humides » (11 400 ha). Si l'on exclut les zones humides (qui incluent les sols organiques), on peut estimer que la surface des sols naturels minéraux s'élève à environ 276 600 ha pour la Suisse. De manière générale, les informations sur ces types d'usage du sol sont extrêmement lacunaires.

Seules quelques mesures des stocks de COS dans les sols minéraux naturels sont disponibles. L'Observatoire national des sols NABO ne recense qu'un seul site parmi les placettes permanentes : un alpage du Parc national suisse (2400 m d'altitude) qui n'est plus cultivé depuis 1914. En 2017, le stock de COS de l'horizon de surface de ce site (0-20 cm) équivalait à 63 t C par ha. Depuis 1988, les teneurs en COS ont légèrement augmenté, mais ces estimations sont soumises à un degré élevé d'incertitude. En général, les sites alpins présentent des stocks élevés de COS, entre 100 et 150 t C par ha jusqu'à la roche-mère. Par exemple, au-delà de la limite forestière dans la région de la Furka, entre 2285 et 2653 m d'altitude, des stocks de COS compris entre 55 et 102 t C par ha ont été mesurés dans les 30 cm supérieurs des sols de cinq parcelles non exploitées.

Aujourd'hui, il n'est pas possible d'estimer d'une manière générale les stocks de COS des sols naturels minéraux. Dans le cadre de différents projets de monitoring, comme par exemple le monitoring de la

biodiversité en Suisse (MBD-CH³¹), davantage de données sur les sols (en particulier leur taux de carbone organique) pourraient être collectées dans les années à venir et permettre une estimation fondée de ces stocks.

Mesures de séquestration du CO₂ et de conservation du COS

Par définition, les sols naturels ne sont pas exploités pour les besoins humains et leur stock de COS n'a pas été diminué suite aux activités anthropiques directes. Par conséquent, aucune mesure spécifique n'a été identifiée pour permettre une hypothétique séquestration du CO₂. Il est toutefois nécessaire de veiller à ce que ces sols continuent d'être protégés afin d'éviter une perte future de CO₂.

Potentiel de séquestration

Aucun potentiel de séquestration n'a été identifié pour les sols naturels minéraux. A l'inverse, on peut s'attendre à des pertes de COS par exemple dans les sols alpins en raison de l'accélération de la décomposition de l'humus avec les changements climatiques³².

³¹ [Home – Monitoring de la biodiversité en Suisse](#)

³² Volk, M., Suter, M., Wahl, A. L., Bassin, S. (2022). Massive warming-induced carbon loss from subalpine grassland soils in an altitudinal transplantation experiment. *Biogeosciences*, 19(11), 2921-2937.

Encadré Charbon végétal

Définition : On entend par « charbon végétal » (*biochar*, en anglais) le produit solide obtenu à partir de biomasse d'origine ligneuse et non traitée, fraîchement « carbonisée ». Le charbon végétal utilisé pour l'épandage sur les sols est généralement produit par pyrolyse, à haute température en milieu anaérobie, et présente une teneur en carbone élevée.

Effet sur le climat : En raison de sa structure chimique, le charbon végétal est stable dans les sols durant une période relativement longue et contribue à la protection du climat en servant de réservoir supplémentaire de carbone.

Propriétés et potentiels : Le charbon végétal présente une grande surface spécifique, laquelle lui confère d'autres propriétés avantageuses. Il peut être utilisé en cascade, comme additif fourrager, litière puis engrais de ferme et, ce faisant, s'enrichir en nutriments. Il peut ainsi fixer et restituer les nutriments et exerce une influence positive sur le régime hydrique. Toutefois, aucun accroissement des rendements agricoles n'a pu être démontré à ce jour, essentiellement en raison du bon état général des sols suisses. L'apport de charbon végétal dans les sols pourrait réduire le lessivage des nutriments ainsi que les émissions de N_2O .

Risques : Il convient de faire preuve de vigilance lors du choix des matières premières ainsi que de la fabrication du charbon lui-même. En effet, des polluants tels que des métaux lourds présents dans le matériau d'origine peuvent s'accumuler dans le charbon ; de même, pour réduire les émissions d'hydrocarbures aromatiques polycycliques, dangereux pour la santé et l'environnement, la pyrolyse doit être réalisée dans des conditions optimales. Le respect des critères du certificat *European Biochar Certificate* (EBC) permet de prévenir ces risques lors de l'épandage de charbon végétal (à large échelle). En Suisse, la mise sur le marché de charbon végétal à utiliser comme engrais requiert l'octroi d'une autorisation par l'Office fédéral de l'agriculture, qui elle-même dépend de l'obtention du certificat EBC. Même si la production et l'utilisation de charbon végétal pour un usage personnel ne sont pas soumises à autorisation obligatoire, le respect des prescriptions du certificat EBC est également recommandé.

Questions en suspens : En l'état des connaissances actuelles, il existe d'autres risques³³, encore difficiles à évaluer, notamment : des effets sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols, des conséquences sur la biodiversité (p. ex. le charbon végétal peut avoir un impact négatif sur les vers de terre), une modification de l'albédo et, partant, du bilan thermique des sols, ainsi que de l'efficacité des produits phytosanitaires. Pour tous les risques et potentiels décrits, il manque des analyses à long terme reposant sur des essais à large échelle sur le terrain (en particulier dans les conditions prévalant en Suisse) qui mettraient en évidence les effets potentiels d'un vieillissement du charbon et, partant, d'une modification du système sol. De même, il n'existe pour l'heure pas d'études systématiques permettant de déterminer si la production (utilisation énergétique comprise) et l'utilisation de charbon végétal présentent, globalement, un meilleur écobilan que les utilisations établies de « déchets » organiques (p. ex. incorporation des résidus de récolte) et concurrentes.

Potentiel : En partant du principe que seul le bois peut être utilisé comme matière première, le potentiel de stockage de carbone, limité dans le temps, que recèle le charbon végétal épandu sur des surfaces dont la fertilisation est autorisée (terres assolées, pâturages et alpages ainsi qu'arboriculture, viticulture et culture maraîchère) est estimé à 0,9, voire 1,16 Mt d'équivalents CO_2 (éq.- CO_2) par an³⁴. Des études en cours aboutissent à des résultats moins élevés. Une autre solution consisterait à utiliser une partie de la biomasse dans un domaine autre que l'agriculture : selon les estimations¹, 0,21 Mt d'éq.- CO_2 par

³³ UBA 2016: [Chancen und Risiken des Einsatzes von Biokohle und anderer „veränderter“ Biomasse als Bodenhilfsstoffe oder für die C-Sequestrierung in Böden | Umweltbundesamt](#).

Agro Clean Tech Verein 2017: Pflanzenkohleeinsatz in der Landwirtschaft. Einsatzbereiche und Wirtschaftlichkeit von Pflanzenkohle als Klimamassnahme. juillet 2016. Florence Looser AgroCleanTech Verein. https://agrocleantech.ch/images/Fachleute/Wissen/Pflanzenkohleeinsatz_in_der_Landwirtschaft_als_Klimamassnahme.pdf.

Fiche technique : Utilisation de charbon végétal dans l'agriculture en Suisse – Risques et opportunités pour les sols et le climat. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Office fédéral de l'agriculture (OFAG), groupe de travail de Cercle Sol : Valeur d'intervention et évaluation des risques AGIR. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/klima/fachinfo-daten/faktenblatt-pflanzenkohle-2022.pdf.download.pdf/F_Faktenblatt_Pflanzenkohle.pdf

³⁴ Schmidt et al. 2021: Hans-Peter Schmidt, Nikolas Hagemann, Fredy Abächerli, Jens Leifeld, Thomas Bucheli, 2021: Pflanzenkohle in der Landwirtschaft - Hintergründe zur Düngertilassung und Potentialabklärung für die Schaffung von Kohlenstoff-Senken. Agroscope Science, 112, 2021, 1-71. DOI : <https://doi.org/10.34776/as112g>.

an pour des sols technologiques en milieu urbain (plantations d'arbres) et 0,24 Mt d'éq.-CO₂ par an pour des routes nouvellement construites.

3.3 Synthèse sur l'évaluation du potentiel de séquestration et des mesures envisageables

La synthèse des données sur les stocks de COS dans les sols suisses, selon leur usage et/ou leur type, ainsi que l'évaluation du potentiel de conservation du COS ou du potentiel de séquestration du CO₂ se trouvent dans le tableau 2.

Si les **sols organiques** constituent une faible proportion du territoire suisse, ils possèdent un stock de COS considérable, relativement à leur surface (32 Mt C). Eviter les pertes ou maintenir les stocks actuels est primordial. Les sols organiques doivent être notamment différenciés selon leur usage. Le maintien du COS dans les milieux tourbeux proches de l'état naturel (haut-marais, bas-marais et marais de transition à l'inventaire des biotopes) passe essentiellement par la conservation et la restauration de ces biotopes³⁵.

Les sols organiques utilisés en agriculture stockent des quantités importantes de COS, et les taux de perte actuels sont élevés. Avant de pouvoir envisager leur potentiel de séquestration du CO₂, les efforts doivent se concentrer sur la réduction des émissions par des techniques appropriées, en particulier par la stabilisation de la matière organique.

Les **sols agricoles** qui représentent environ un tiers de la Suisse sont le deuxième plus grand réservoir du carbone organique avec 77 Mt C répartis entre les sols arables et les prairies permanentes (20 et 57 Mt C respectivement, voir tableau 1). Alors que les sols de prairies permanentes présentent généralement un taux de carbone élevé et un faible potentiel de séquestration du CO₂, la situation des sols arables est beaucoup plus différenciée, selon les propriétés inhérentes du sol et les pratiques agricoles.

Compte tenu de leur état et de leur grande superficie, les sols minéraux agricoles offrent le plus grand potentiel de séquestration du COS. Une étude menée dans les cantons de Genève et Vaud³⁶ a montré un déficit entre 30 et 70% de COS par rapport aux exigences d'une structure minimale (MOS/argile 12%) ; le déficit du stock COS total a été estimé à 0,18 Mt et 0,55 Mt C équivalents respectivement.

Les principes de « l'agriculture de conservation » sont particulièrement adaptés au maintien et à l'augmentation du COS. Il s'agit notamment : de la rotation des cultures la plus large possible avec une forte proportion de prairies artificielles, de la fertilisation organique (y compris les engrais verts), du recyclage des résidus de culture, ainsi que du travail du sol réduit. Ces mesures augmentent l'apport de matière organique dans le sol et retardent en même temps sa décomposition.

D'après les évaluations, les stocks de COS les plus importants des sols suisses se trouvent dans les **sols forestiers** (188 Mt C). Ceci est dû d'une part à la proportion du territoire occupée par les forêts (environ 33%) et d'autre part au type de gestion sylvicole (forêt jardinée) qui préserve les forêts dans un état proche de leur état naturel. Il en découle un potentiel de séquestration du CO₂ (très) faible.

Les sols des agglomérations (**sols urbains**) offrent une opportunité intéressante pour la séquestration du COS, mais la zone potentielle est plutôt restreinte.

L'estimation générale des stocks de COS des **sols naturels minéraux** n'est pas possible en raison du manque de données. De plus, aucun potentiel ou mesure de séquestration n'ont été identifiés pour ces sols qui ne sont pas, par définition, exploités pour les besoins humains.

³⁵ [Sites marécageux d'importance nationale \(admin.ch\)](https://www.admin.ch/gov/fr/section/04/041/04113/index.html)

³⁶ Dupla, X., Gondret, K., Sauzet, O., Verrecchia, E., & Boivin, P. (2021). Changes in topsoil organic carbon content in the Swiss leman region cropland from 1993 to present. Insights from large scale on-farm study. *Geoderma*, 400, 115125.

Tableau 2 : Synthèse des données sur les sols selon leur usage et/ou leur type, évaluation des experts du potentiel de conservation du COS ou du potentiel de séquestration du CO₂ : F= faible ; M= moyen ; H= élevé ; nc= non connu ; np= non pertinent.

Type de sol et utilisation	Superficie actuelle (en millions d'hectares)	État actuel du COS			Potentiel de conservation	Potentiel de séquestration
		Taux (t C/ha)	Stock (Mt C)	Dynamique d'évolution		
Sols organiques (chapitre 3.2.1)	0.03	1000-1500	32	<u>Agricoles</u> Pertes importantes	Agricoles H	Agricoles nc
				<u>Naturels</u> Pertes moyennes	Naturels H	Naturels F
Sols minéraux agricoles (chapitre 3.2.2)	1.45	50-60	77	Stable à un niveau moyen ³⁷	M	M
Sols forestiers (chapitre 3.2.3)	1.31	143	188	Stable à un niveau élevé	M	F
Sols urbains (chapitre 3.2.4)	0.12	60	7	Anthropique	nc	F
Sols minéraux naturels (chapitre 3.2.5)	0.28	nc	nc	Stable	np	np

3.4 Synthèse sur les mesures de conservation du COS et de séquestration du CO₂ dans les sols

Des mesures générales d'augmentation du taux de COS ont été identifiées dans le rapport technique sur l'analyse du potentiel de séquestration du carbone des sols et sur les mesures permettant de l'augmenter¹ (tableau 3).

A l'heure actuelle, des lacunes dans les connaissances ne permettent pas d'établir un catalogue de mesures complet pour les différents types de sols et les différents usages des sols, ni d'en déterminer l'efficacité ; leur faisabilité et leur pertinence doivent être évaluées.

Malgré que les marais soient placés sous la protection de la Constitution fédérale, de nombreux sites protégés d'importance nationale voient leur qualité écologique se détériorer et les **sols organiques naturels** continuer de perdre du COS. L'OFEV a publié des recommandations sur la régénération des biotopes marécageux, en particulier les hauts-marais³⁸, toutefois les projets sont encore en nombre insuffisant³⁹. Malgré quelques expériences pilotes, l'efficacité des mesures adéquates pour stopper la

³⁷ Il convient de noter que l'évaluation d'un niveau moyen recouvre une hétérogénéité importante, selon le type d'usage (prairies permanentes ou sols arables) ou le type de pratiques agricoles.

³⁸ Régénération des hauts-marais. Bases et mesures techniques (OFEV 2009) [Régénération des hauts-marais \(admin.ch\)](#).

³⁹ [Marais \(admin.ch\)](#).

perte de la tourbe des **sols organiques agricoles**, issus généralement du drainage des bas-marais, ne peut pas être évaluée pour le moment.

Eu égard à leur potentiel, les mesures de conservation ou de séquestration du carbone des **sols agricoles minéraux**⁴⁰ ont été plus largement investigués. En raison des nombreux facteurs qui influencent la séquestration du COS (propriétés du sol, pratiques agricoles, etc.), les mesures spécifiques doivent être évaluées selon les sites et seules des recommandations générales peuvent être faites. Cependant, des études récentes menées en Suisse sur 120 exploitations dans la région lémanique ont montré que des apports de matière organique et l'intensité des cultures de couverture contribuent significativement à la hausse du COS dans l'horizon de surface, atteignant des hausses annuelles supérieures à 4 pour mille⁴¹.

Les informations sur la conservation ou la séquestration du COS dans les **sols forestiers** sont peu fréquentes, elles concernent essentiellement l'afforestation avec des espèces arborescentes à croissance rapide. Les études arrivent à la conclusion que le taux d'accumulation de carbone dans le sol est généralement faible, comparé à l'augmentation de carbone dans la biomasse aérienne⁴². Cependant, les pertes de COS sont probables avec le changement climatique, d'autant plus si les pratiques de gestion ne sont pas adaptées lorsque cela est possible.

Même s'il est reconnu que les **sols urbains** peuvent accumuler du COS pendant des siècles, et par conséquent des stocks importants de carbone peuvent y être séquestrés, les processus et mécanismes conduisant à l'accumulation élevée de COS dans les sols urbains restent largement inconnus⁴³ et doivent encore être expérimentés.

⁴⁰ Soil carbon sequestration by agriculture: Policy options (2022) ([Soil carbon sequestration by agriculture: Policy options | en | OECD](#)).

⁴¹ Dupla, X., Lemaître, T., Grand, S., Gondret, K., Sauzet, O., Charels, R., Verrecchia, E., & Boivin, P. (2022). On-farm relationships between agricultural practices and annual changes in organic carbon content at a regional scale. *Frontiers in Environmental Science*, 10.

⁴² Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., ... & Byrne, K. A. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration?. *Geoderma*, 137(3-4), 253-268.

⁴³ Vasenev, V., & Kuzyakov, Y. (2018). Urban soils as hot spots of anthropogenic carbon accumulation: Review of stocks, mechanisms and driving factors. *Land Degradation & Development*, 29(6), 1607-1622.

Tableau 3 : Synthèse du rapport technique sur l'analyse du potentiel de séquestration du carbone des sols et sur les mesures permettant de l'augmenter¹ : mesures de conservation du COS ou de séquestration du CO₂ dans les sols selon leur usage et/ou leur type. L'efficacité et la pertinence des mesures identifiées devront être évaluées.

Type de sol et utilisation	Mesures de conservation	Mesures de séquestration
Sols organiques (chapitre 3.2.1)	<u>Agricoles</u> > Recouvrement par des matériaux terreux ou minéraux > Mélanges des couches (avec labour profond) > Paludiculture > Afforestation > Mise en pâture	<u>Agricoles</u> Pas de mesures identifiées
	<u>Naturels</u> > Maintien d'une nappe hydrique élevée	<u>Naturels</u> > Réhaussement de la nappe hydrique
Sols minéraux agricoles (chapitre 3.2.2)	<u>Sols arables</u> > Réduction du travail du sol > Fertilisation organique > Couverture permanente du sol > Rotation culturale adaptée	<u>Sols arables</u> > Réduction du travail du sol > Fertilisation organique > Couverture permanente du sol > Rotation culturale adaptée > Agroforesterie > Ajout de biochar > Changement d'affectation des sols (sol arable en prairie permanente ou en forêt)
	<u>Prairies permanentes</u> > Pas de changement d'usage de sol	<u>Prairies permanentes</u> > Changement d'affectation des sols (prairie permanente en forêt)
Sols forestiers (chapitre 3.2.3)	> Pas d'intensification de la gestion forestière (par ex. maintien de la forêt jardinée)	> Diversification des peuplements > Reboisement (sur sols arables)
Sols urbains (chapitre 3.2.4)	Non pertinent	> Végétalisation des toits > Mesures de gestion adaptées des espaces verts et des parcs > Plantation d'arbres > Ajout de biochar
Sols minéraux naturels (chapitre 3.2.5)	Pas de mesures identifiées	Pas de mesures identifiées

3.5 Conclusion

Une évaluation détaillée du potentiel des sols suisses à stocker le carbone organique n'est pas possible aujourd'hui en raison du manque d'informations sur les sols à l'échelle nationale. Une appréciation globale des données disponibles, ainsi que de celles provenant d'études internationales, confirme que les pertes historiques du COS sont principalement liées au changement d'usage des terres pour la production agricole (sols minéraux et sols organiques) et pour l'urbanisation.

Les sols des hauts-marais, des bas-marais et des zones marécageuses sont constitués d'une épaisse couche de tourbe ou couche riche en matière organique : lorsqu'ils ne sont pas perturbés, ces sols organiques naturels sont des réservoirs importants de COS. Ces biotopes particuliers représentent environ 2,6% de la surface nationale⁴⁴. Depuis l'adoption de l'initiative de Rothenthurm par le peuple suisse, en 1987, les marais ont été placés sous protection (art. 78, al. 5 Cst.). Malgré cela, de nombreux biotopes marécageux protégés d'importance nationale voient leur qualité écologique se détériorer, ce qui induit également des pertes de COS. Des mesures de revalorisation et restauration des zones marécageuses détériorées, telles que celles définies par exemple pour les hauts-marais³⁸ doivent permettre de stopper les pertes, voire de séquestrer une certaine quantité de CO₂ supplémentaire ; toutefois, le potentiel de séquestration est plutôt limité, car le processus de formation de la tourbe est un processus lent et les surfaces concernées sont réduites (environ 13 000 ha en Suisse, voir chapitre 3.2.1). La situation est différente pour les sols organiques utilisés en agriculture (17 000 ha) qui ne sont pas soumis à une protection. La perte de matière organique dans les sols tourbeux drainés reste très importante et peut être considérée comme irréversible à l'échelle temporelle humaine. Cette perte de tourbe significative porte atteinte à la fois au changement climatique et à la pérennité des exploitations agricoles. Les mesures de conservation de la tourbe devront être évaluées en tenant compte des aspects liés à la production, à la biodiversité, au climat, à la qualité de l'eau et à la protection contre les inondations (voir chapitre 6.1).

En Suisse, le taux optimal de COS n'est pas atteint dans de nombreux sols agricoles minéraux. Il existe donc un potentiel concret d'accumulation de matière organique dans ces sols. Les pratiques agricoles qui pourraient être prises pour maintenir ou augmenter le taux COS sont toujours spécifiques au site et doivent être définies selon les propriétés du sol et les conditions agro-environnementales.

La gestion forestière suisse ne génère pas ou peu de pertes de COS et les taux de carbone des sols forestiers sont proches d'un état naturel. Le potentiel de séquestration supplémentaire de CO₂ dans ces sols est donc estimé comme faible.

Les sols urbains représentent une faible surface de la Suisse et donc, au niveau national, un faible potentiel de séquestration de CO₂. Néanmoins, à l'échelle locale, ce potentiel n'est pas négligeable. De plus, l'augmentation du taux de COS dans les sols urbains présente de nombreux co-bénéfices, comme l'atténuation des vagues de chaleur ou une augmentation de la biodiversité.

Les connaissances actuelles ne permettent pas de quantifier les stocks de COS dans les sols naturels, ni de leur évolution avec le changement climatique.

Sur la base des estimations de l'état actuel et de l'évolution du taux de COS dans les sols, ainsi que du potentiel de séquestration, deux orientations prometteuses ont été identifiées : éviter les pertes de COS dans les sols agricoles organiques et maintenir ou augmenter le taux de COS dans les sols agricoles minéraux (voir chapitre 5).

⁴⁴ État et évolution des marais en Suisse (OFEV 2007) ([admin.ch](https://www.admin.ch))

4 Instruments politiques, mécanismes incitatifs et performances économiques actuels

4.1 Cadres réglementaires en matière de séquestration du carbone

La **protection des sols** est régie par la Loi sur l'Aménagement du Territoire (LAT)⁴⁵ et la Loi sur la Protection de l'environnement (LPE)⁴⁶ qui contiennent des dispositions relatives à la gestion des sols. La LAT précise que la Confédération, les cantons et les communes « *veillent à une utilisation mesurée du sol* » (art. 1, al. 1). Cette diminution de la consommation de surface (aspect quantitatif), tout comme la protection des aires naturelles, forestières et agricoles (aspect qualitatifs), est compatible avec le renforcement des efforts de séquestration du CO₂. La LPE a pour objectif de conserver durablement « *en particulier la diversité biologique et la fertilité du sol* » (art. 1, al. 1). Les bases permettant de garantir une gestion respectueuse des sols y sont données. Toutefois, des conflits d'objectifs entre prescriptions légales lors de l'exécution sont possibles. La **Stratégie Sol Suisse**⁹ souligne ainsi la nécessité d'examiner les dispositions légales dans les différents domaines, afin d'identifier les recoupements, les contradictions et les conflits d'objectifs et d'aboutir à une réglementation cohérente. Au niveau de l'agriculture, la Stratégie Sol Suisse inclut au niveau des objectifs la préservation de la matière organiques des sols agricoles (« Compenser la perte de matière organique résultant de l'exploitation agricole des sols minéraux » ; « Réduire au minimum la perte de matière organique résultant de l'exploitation agricole des sols organiques »). Elle souligne que bien que la perte de matière organique soit mentionnée dans différentes dispositions légales (p. ex. ordonnance sur les paiements directs²⁵), ces dispositions sont trop imprécises et il n'existe pas de système opérationnel pour les appliquer.

La **protection** stricte dont bénéficient les **milieux marécageux**, définie par la Loi sur la protection de la nature et du paysage (art. 23a ss LPN)⁴⁷ et par les ordonnances spécifiques à ces milieux (ordonnance sur les bas-marais⁴⁸, ordonnance sur les haut-marais⁴⁹; ordonnance sur la protection des sites marécageux d'une beauté particulière et d'une importance nationale⁵⁰) contribue directement au maintien des stocks de COS existants, voire à une séquestration du CO₂ avec l'obligation de réparer les atteintes lorsque l'occasion se présente.

La **politique forestière** 2020 met l'accent sur le potentiel de séquestration des forêts par l'augmentation pérenne du volume sur pied, de la productivité forestière et le développement de produits en bois destinés à une utilisation durable, comme dans la construction (le carbone reste ainsi stocké longtemps dans le bois utilisé pour les bâtiments) en Suisse ou à l'étranger. En revanche, la législation forestière ne contient pas d'objectifs à l'égard de la séquestration de CO₂ dans les sols forestiers, même si la politique forestière 2020 exige la prise en compte d'une gestion forestière préservant les sols dans les conventions-programmes conclues entre la Confédération et les cantons.

La modification du 1^{er} juin 2022 de la **législation dans le domaine climatique** (ordonnance sur le CO₂)⁵¹ stipule que le piégeage du carbone dans les réservoirs biologiques que sont la forêt et le sol est désormais admis en tant que mesure de compensation, au niveau national et sous certaines conditions. Notamment, le renforcement des prestations naturelles de puits biologiques de carbone doit être durable et la permanence du piégeage doit être garantie durant 30 années au moins.

La **législation dans le domaine agricole** n'inclut pas directement la séquestration du CO₂ dans les sols agricoles, même si divers instruments de la politique agricole sont susceptibles d'influer les interactions

⁴⁵ RS 700

⁴⁶ RS 814.01

⁴⁷ RS 451

⁴⁸ RS 451.33

⁴⁹ RS 451.32

⁵⁰ RS 451.35

⁵¹ RS 641.711

entre l'agriculture et l'environnement (dont le climat). Néanmoins, la loi sur l'agriculture⁵² finance des mesures qui ont un effet sur la formation de l'humus. L'article 17 de l'ordonnance sur les paiements directs²⁵, en particulier, incite les exploitants à renforcer et préserver la qualité des sols (par exemple, les exploitations de plus 3 ha de terres ouvertes doivent semer l'année en cours une culture d'automne, une culture intercalaire ou des engrais verts sur chaque parcelle comprenant des cultures qui sont récoltées avant le 31 août). L'objectif visé de la couverture optimale du sol est d'éviter l'érosion ou la dégradation de sols. Bien qu'elle y contribue, cette exigence ne garantit pas la mise en œuvre adéquate de mesures permettant une augmentation de la teneur en COS des sols agricoles et par conséquent une séquestration pérenne de CO₂. En effet, ni un effort continu (sur 5 à 10 années), ni le respect de l'ensemble des mesures nécessaires à la séquestration (par ex. non-labour, couverture du sol), ne sont nécessaires pour obtenir le subventionnement. S'agissant du maintien du COS dans les sols organiques agricoles drainés, la remise en eau de surfaces qui ne sont plus exploitées de manière conventionnelle peut déjà être soutenue dans le cadre de l'ordonnance sur les améliorations structurelles⁵³.

Sur les treize objectifs environnementaux pour l'agriculture retenus par l'OFEV et l'OFAG, une partie concernent le domaine du sol. En 2016, un rapport⁵⁴ rend compte du degré d'atteinte des objectifs, même si le manque de connaissance empêche de se prononcer de façon exhaustive sur la réalisation des objectifs liés aux sols. Il indique que, parmi les lacunes à combler, « une action s'impose particulièrement dans les domaines de la biodiversité, des gaz à effet de serre, de l'azote et de la fertilité des sols ». L'amélioration de la qualité des sols et la séquestration du CO₂ constituent des bénéfices joints (co-bénéfices) de l'activité agricole.

4.2 Marchés du carbone formels et informels actuels

Marchés formels (ou obligatoires)

Les marchés formels du carbone sont des mécanismes financiers qui permettent d'échanger des droits d'émission de GES. Il s'agit d'un outil de politique publique visant à réduire les émissions de GES (principalement le CO₂), responsables du réchauffement climatique. Par ce biais, un acteur non soumis à des obligations climatiques peut, sous certaines conditions, vendre des efforts de réduction des GES qu'il aurait réalisés à des acteurs soumis. Certains secteurs, comme la séquestration du CO₂ par le sol, sont difficiles à inclure dans les marchés formels du carbone pour des raisons techniques. La mesure et le contrôle des émissions sont considérées complexes, éventuellement peu fiables et coûteux (voir chapitre 4.4).

Marchés informels (ou volontaires)

La compensation carbone est également disponible au niveau individuel ou volontaire. De nombreuses plateformes (par ex. myclimate.ch) permettent aux entreprises ou aux personnes individuelles de contrebalancer une partie de leurs émissions de GES en contribuant volontairement à des projets de réduction (par ex. projets de reforestation ou d'énergies renouvelables).

Toutefois, le fonctionnement des marchés volontaires pose les mêmes questions que le marché formel (mesure, permanence, additionnalité). Les marchés volontaires comportent davantage de risques, les contrôles garantissant l'effectivité des efforts accomplis étant plus faibles. Ce risque est considéré comme très élevé dans le domaine de la séquestration du carbone dans les sols, les méthodes de mesure étant mal établies et la temporalité de la séquestration étant lente (5 à 10 ans de pratiques agricoles sont généralement requises avant de mesurer une augmentation de la teneur en carbone du sol agricole). Il existe néanmoins quelques exemples de marchés volontaires encourageant la séquestration du carbone dans les sols à l'étranger et quelques exemples ont été identifiés en Suisse (tableau 4) ; ils ne concernent toutefois qu'une très faible surface.

⁵² RS 910.1

⁵⁴ [Bericht BR F.pdf \(parlament.ch\)](#)

Tableau 4 : Description succincte des marchés informels identifiés en Suisse. Le projet AgroCO2ncept Flaachtal n'est pas un marché au sens strict du terme, car aucun certificat n'est délivré et vendu.

Projet	Brève description	Surface concernée
Bodenfruchtbarkeitsfonds (Bio-Foundation Switzerland)	Soutien financier et expertise aux agriculteurs (établissement de contrats) - Projet en phase test (2018-2022), 2e phase prévue pour 2023-2024 - 6 500 CHF à 13 000 CHF par exploitation - Financement partiel par vente de certificats CO₂ sur les marchés volontaires du carbone	32 exploitations, environ 1000 hectares
myclimate	Restauration tourbière du Schwändli (projet WSL) ⁵⁵ - Vente de certificats CO₂ - Co-financement Confédération et canton Glaris	3 hectares
CarboCert	Soutien financier et analyses Corg (contrats avec agriculteurs) - Echantillonnage et analyses - Primes de réussite (environ. 30 CHF par % de matière organique par hectare ; une partie de la prime versée 5 ans plus tard)	Pas de données
AgroCO2ncept Flaachtal (projet soutenu par Ressourcenprogramm BLW)	Réduction des émissions GES de l'agriculture - Inclut la séquestration du CO₂ (no-till, compost, biochar)	Pas de données

4.3 Mécanismes incitatifs envisageables dans le secteur agricole

Le rapport technique² identifie deux types de mécanismes incitatifs possibles, basés sur les pratiques ou sur la performance.

Les mécanismes basés sur les pratiques visent à favoriser l'adoption des techniques de production et d'entretien des sols entraînant la séquestration de carbone. Il s'agit de mécanismes conditionnant le versement de l'aide aux actions prises par les agriculteurs. Les résultats effectivement atteints ne sont pas pris en compte pour déterminer le montant de subvention versée (**obligation de moyens**).

Les mécanismes basés sur la performance visent à rémunérer les efforts de séquestration sur la base de l'augmentation constatée, donc mesurée, de la teneur en carbone du sol. Il s'agit d'un mécanisme incitatif rémunérant les agriculteurs sur la base des performances réalisées sans considération donnée aux mesures mises en œuvre (**obligation de résultats**). Malgré un avantage en termes d'efficacité environnementale et économique, les approches basées sur la performance sont actuellement moins acceptées que celles basées sur la pratique.

Le rapport précise que la mise en place d'un mécanisme incitatif nécessite des mesures de soutien. Celles-ci doivent permettre d'informer et de former les agriculteurs, mais aussi d'encourager et de suivre la recherche et la réalisation de tests de programmes (programmes pilotes). Le comportement des

⁵⁵ Begleitforschung zum Pilotprojekt *max.moor*. Anwendung des Kompensationsansatzes *max.moor* zur Wiedervernässung des Gross Moos im Schwändital, GL (Schlussbericht im Auftrag des BAFU, Dezember 2020).

agriculteurs est, en effet, influencé à la fois par leur connaissance des conséquences environnementales et des mesures qui leur permettront d'y faire face, et par les conséquences économiques de leurs choix et de leur volonté d'agir. Celle-ci est conditionnée non seulement par les efforts et les objectifs requis par le changement, mais aussi par des facteurs cognitifs, sociaux et dispositionnels.

4.4 Certificats CO₂ afin d'inciter à des techniques culturales favorisant la formation d'humus : faisabilité

En principe, il serait possible d'apporter la preuve de la séquestration du carbone dans les sols. Toutefois, comme le rapport technique³ le montre, cette procédure implique un effort logistique et analytique considérable. La quantification du stock de carbone nécessite trois étapes : l'échantillonnage aussi représentatif que possible de la surface, la mesure analytique du carbone organique et le calcul du stock de carbone. Afin d'enregistrer les modifications de ce dernier avec certitude, ces étapes doivent être répétées plusieurs fois. En effet, une augmentation significative d'un point de vue statistique n'est mesurable qu'après plusieurs années. Par conséquent, la quantification du carbone séquestré est une procédure coûteuse. En outre, l'augmentation du stock de carbone doit faire l'objet d'une comparaison avec une surface de contrôle afin de différencier une hausse due à des techniques culturales des variations naturelles, imputables essentiellement aux conditions météorologiques. Étant donné que les modifications du stock de carbone dépendent de son niveau initial et des conditions du site, les résultats ne peuvent pas être transposés à d'autres sites ou généralisés. Ainsi, chaque projet de compensation du CO₂ doit supporter les coûts relatifs à l'apport de la preuve du carbone séquestré.

Le fait que ces coûts sont élevés peut considérablement limiter l'incitation économique à se faire délivrer des attestations pour des projets de puits de carbone dans les sols. En outre, plus les surfaces d'un projet de compensation sont diverses et indépendantes les unes des autres, plus les coûts sont élevés. Par ailleurs, un premier contrôle des résultats n'est pertinent qu'après plusieurs années, et tout accroissement supplémentaire du stock de carbone requiert une durée similaire. De plus, le piégeage du carbone dans le sol doit être garanti pendant au moins 30 ans pour pouvoir être admis au titre de mesure de compensation.

Si l'augmentation du COS est utilisée pour compenser les émissions réelles, il est indispensable de quantifier l'effet de puits de carbone. Or il existe un conflit d'objectif entre l'exactitude exigée des mesures et les coûts de leur relevé. Les exigences minimales posées au système de mesure, notification et vérification (Measurement, Reporting and Verification) sont essentielles pour apporter la preuve de l'effet de protection climatique des projets de compensation. Les modifications mesurées des stocks de COS doivent être évaluées par rapport à plusieurs critères : la permanence, l'additionnalité, la prise en compte des limites du système et des conflits d'objectifs ainsi que l'équité⁵⁶. Les projets visant à augmenter l'efficacité des puits sont en outre soumis aux exigences de l'article 5 de l'ordonnance sur le CO₂⁵¹. S'il est certes possible de délivrer des certificats CO₂ pour des projets de compensation, cet **instrument comporte des défis difficilement surmontables**.

La Stratégie climatique à long terme de la Suisse montre que celle-ci pourra, d'ici à 2050, réduire ses émissions de gaz à effet de serre d'environ 90 % par rapport au niveau de 1990⁵. Environ 7 Mt CO₂-eq d'émissions difficilement évitables (provenant principalement de l'élevage et des processus industriels) doivent être compensées chaque année par des NET afin d'atteindre l'objectif de zéro émission nette. La gestion des sols fait partie du portefeuille des NET nécessaires à cette fin. Le potentiel de séquestration du carbone dans les sols agricoles est toutefois limité : chaque tonne de carbone piégée dans le sol qui est utilisée en vue de compenser des émissions du secteur des transports (c'est-à-dire

⁵⁶ Leifeld, J (2019) Critères de certification pour les puits de carbone dans les sols agricoles. Recherche Agronomique Suisse 10

Wiesmeier, M. et al. (2020). CO₂-Zertifikate für die Festlegung atmosphärischen Kohlenstoffs in Böden: Methoden, Maßnahmen und Grenzen. BonaRes.

Paul, C. et al. (2023) Carbon farming: Are soil carbon certificates a suitable tool for climate change mitigation? Journal of Environmental Management 330: 117142. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117142>

dans le régime actuel de compensation du CO₂) ne peut servir à produire des émissions négatives. Dans ce contexte, la réalisation de projets de puits de carbone dans les sols visant à compenser des émissions évitables au sens de la stratégie climatique à long terme semble peu judicieuse. L'horizon temporel de la stratégie fixé à 2050 ne doit pas faire perdre de vue que les émissions négatives sont déjà importantes aujourd'hui. Plus le carbone est extrait de l'atmosphère rapidement, plus la contribution à la réalisation des objectifs de l'accord de Paris sera conséquente.

Les instruments de la politique agricole permettent de contourner la plupart des problèmes décrits ci-dessus qui surgissent lors de la mise en œuvre de projets de compensation visant à promouvoir la séquestration de carbone dans les sols. À titre d'exemple, les paiements directs pour les techniques culturales visant à développer la qualité du sol ou le fonds pour la préservation et l'accroissement de la fertilité du sol (« Bodenfruchtbarkeitsfond ») permettraient aussi la constitution de stocks de COS en évitant le recours nécessaire à une quantification exacte de même que les délais contraignants du régime de compensation actuel, avec ses obligations d'établir régulièrement des rapports. La préservation de la fertilité des sols comme condition d'une exploitation durable permettrait aussi de garantir le stockage à long terme (permanence) du COS accumulé. La mise en œuvre de telles mesures sur les surfaces agricoles utiles irait dans le sens d'une politique climatique axée sur l'objectif du zéro net d'ici 2050 conforme à l'accord de Paris sur le climat. Bien qu'à l'avenir, les nouvelles données de télédétection associées aux méthodes de spectroscopie (infrarouge) et de modélisation permettraient un suivi à large échelle et relativement peu onéreux des stocks de COS, elles seraient trop imprécises pour la quantification dans le cadre des projets de compensation. Toutefois, dans le cadre des rapports nationaux sur le climat (inventaire des gaz à effet de serre), il est probable qu'à l'échelle du pays ces données soient suffisamment précises pour pouvoir être prises en compte en tant qu'émissions négatives dans le respect des directives internationales et, ainsi, être « mises en valeur » par la politique climatique.

4.5 Conclusion

La législation nationale dans le domaine de l'agriculture, des forêts et de l'aménagement ne contient pas de clause visant à renforcer le maintien du COS ou à promouvoir la séquestration du carbone dans les sols. Elle ne contient également pas d'instruments ayant un effet direct contraire, à l'exception notable du drainage des sols organiques utilisés en agriculture⁵³. Depuis la révision de l'ordonnance sur le CO₂⁵¹, entrée en vigueur en juin 2022, le piégeage du carbone dans le sol est admis en tant que mesure de compensation, mais la permanence du piégeage doit être garantie durant 30 années au moins. Quelques marchés informels ont été identifiés, basés sur une participation volontaire des exploitants, mais les exploitations qui appliquent des mesures de séquestration du carbone dans les sols ne couvrent qu'une très petite surface au niveau national.

Si les méthodes de détermination des stocks de COS sont bien établies, la détection fiable des changements de ces stocks sur un site nécessite des efforts importants. **En raison des coûts élevés liés à l'apport de preuves de la séquestration du carbone, de la longue durée des projets et des exigences générales posées aux projets de compensation, l'utilisation de certificats CO₂ dans le but de promouvoir la séquestration du carbone dans les sols constitue un instrument possible, mais associé à des défis difficilement surmontables.**

Les instruments de politique agricole visant à augmenter et à préserver la fertilité des sols pourraient constituer une alternative valable au mécanisme de compensation des émissions de CO₂. Un mécanisme incitatif de subventionnement hybride rétribuant en partie les exploitants sur la base de l'adoption de pratiques et en partie sur la base des performances réalisées serait envisageable pour le secteur agricole. Il nécessiterait des mesures d'accompagnement (formation et information) et devrait tenir compte du fait que la fonction de séquestration des sols est limitée dans le temps : un puits une fois complet ne peut être réutilisé. Même si des instruments similaires existent⁵⁷, fondamentalement, la

⁵⁷ Voir par ex OPD art. 59 et annexe 4 : La qualité floristique visée à l'art. 59 est déterminée à l'aide de plantes indicatrices. Celles-ci signalent un sol pauvre en substances fertilisantes et une végétation riche en espèces et doivent se rencontrer régulièrement.

conception ainsi que la mise en œuvre d'un tel mécanisme hybride sont exigeantes, notamment pour les agriculteurs.

5 Objectif : une politique intégrée de la matière organique des sols

Entre 2012 et 2018, le programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR68) a élaboré des bases pour une utilisation durable de sols en Suisse ; dans la synthèse, la matière organique du sol a été identifiée comme un paramètre clé de la qualité des sols et de leur multifonctionnalité⁵⁸. Les efforts pour lutter contre ou s'adapter au changement climatique vont exiger des contributions de tous les secteurs, parmi lesquels la gestion des sols et du carbone organique des sols joue un rôle central. L'agriculture, devra réduire de manière significative les émissions associées à la production alimentaire et des fibres, et inverser la tendance actuelle à la perte des sols agricoles et des autres stocks de carbone sur les terres cultivées⁵⁹. **Les objectifs et les orientations stratégiques formulées dans la Stratégie Sol Suisse⁹, particulièrement importantes pour la gestion durable de la matière organique des sols ont été concrétisées dans les mesures possibles**, décrites dans le chapitre 6. Deux priorités ont été identifiées en raison du potentiel d'efficacité des mesures dans ce domaine : maintenir et augmenter la matière organique dans les sols agricoles minéraux ; empêcher les pertes de matière organique des sols organiques (figure 7).

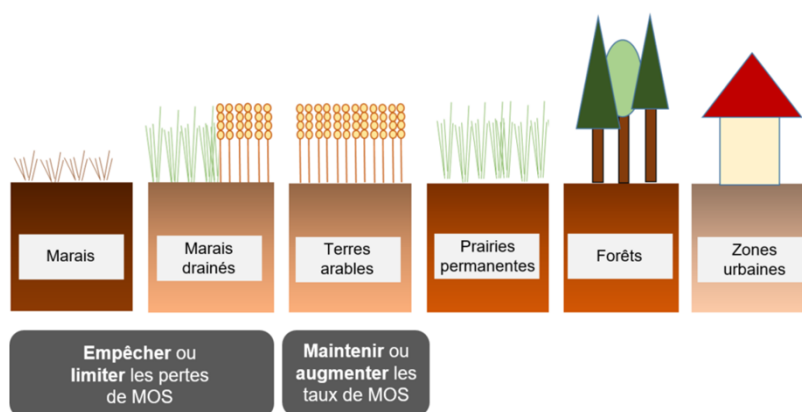


Figure 7 : Priorités pour la gestion des sols agricoles

Le maintien ou l'augmentation du carbone organique dans les sols minéraux (taux ou stock) présente des **bénéfices directs** en termes de qualité des sols et des écosystèmes, ainsi que des **co-bénéfices** en termes de biodiversité, de régulation climatique (mitigation et adaptation), de production alimentaire, de bois ou de fibres, et de gestion des dangers naturels (tableau 5). A ce jour, aucun effet négatif ou conflit d'intérêt n'a été identifié avec des mesures permettant l'augmentation du taux (ou du stock) de carbone organique dans les sols minéraux.

La conservation de la tourbe dans les sols organiques, naturels ou utilisées en agriculture, est également une priorité. La perte du COS, toujours en cours, équivaut à la dégradation ou dans les cas extrêmes à la disparition des milieux biotopes marécageux avec des effets pernecieux sur la biodiversité et le changement climatique. La perte de la matière organique dans les sols tourbeux drainés touche en plus les milieux agricoles en raison de la diminution de la capacité de production et la pérennité de l'agriculture telle qu'elle est pratiquée à l'heure actuelle.

Tableau 5 : Co-bénéfices d'une gestion intégrée de la matière organique des sols dans les différents secteurs

⁵⁸ [NFP_68_GS-FR.pdf \(nfp68.ch\)](#).

⁵⁹ [Commission sets the carbon farming initiative in motion | Climate Action \(europa.eu\)](#).

Secteur	Co-bénéfices	Exemples
Régulation climatique	Atténuation des changements climatiques par séquestration du CO ₂ Adaptation aux changements climatiques	Limitation des émissions GES du sol Compensation des GES Diminution des îlots de chaleur urbaine
Biodiversité	Maintien et/ou renforcement de la biodiversité génétique, spécifique et écosystémique	Maintien et/ou amélioration de la biodiversité fonctionnelle des sols Maintien des milieux marécageux
Production sylvicole	Maintien des fonctions forestières	Maintien de la biodiversité forestière (aérienne et souterraine)
Production (aliments, fibres, énergie)	Production durable Résistance aux changements climatiques	Maintien de la qualité structurale des sols : - Augmentation de la rétention hydrique - Réduction de l'érosion - Résistance à la compaction
Dangers naturels	Atténuation du danger d'inondation Atténuation du risque de glissement de terrain	Infiltration hydrique dans les sols perméables Meilleure stabilité des sols

Une gestion intégrée de la matière organique du sol en termes de protection des sols, de politique climatique, de protection de la biodiversité et des biotopes, de sylviculture et d'agriculture durables et de sécurité alimentaire implique une évaluation globale des politiques sectorielles actuelles ainsi que des instruments légaux. Ceux-ci ont un effet direct ou indirect sur le maintien ou l'augmentation du COS (figure 8), ou au contraire peuvent être source d'incitations négatives.

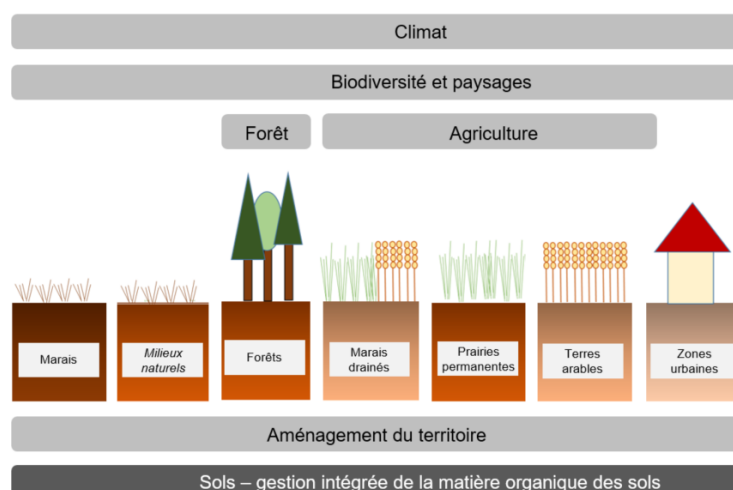


Figure 8 : Gestion intégrée de la matière organique des sols dans les politiques sectorielles

6 Mesures possibles pour une gestion durable de la matière organique des sols

6.1 Optimisation de la gestion des sols organiques et des sols agricoles minéraux

Mesure 1

Acquisition de connaissances et élaboration d'une aide à la décision pour l'utilisation future des sols organiques agricoles, qui tiennent compte des aspects liés à la production, à la biodiversité, au climat, à la qualité de l'eau et à la protection contre les inondations.

La restauration des sols organiques naturels (hauts-marais et bas-marais) et la réhumidification des sols agricoles organiques peuvent apporter une contribution importante à l'atténuation du changement climatique, en stoppant ou minimisant les émissions dues à la minéralisation de la tourbe et en maintenant le carbone restant. Pour lutter contre la diminution du stock de matière organique et/ou les émissions de GES, divers types d'aménagements des sols organiques ont été tentés ou sont envisagés dans les principales plaines tourbeuses agricoles de Suisse. Il existe une grande diversité de situations très contrastées : une synthèse des aménagements des sols organiques pratiqués en Suisse, qui permettent de maintenir, à court et moyen termes, la production agricole et l'évaluation de l'impact de ces aménagements sur le stockage du carbone (préservation de la tourbe), constituera un outil de transmission des connaissances pour les projets futurs (voir par exemple les projets Bodenverbesserung Seeland⁶⁰ ou Promotion de la biodiversité sur les terres assolées humides⁶¹). En outre, l'objectif 6.G de la Conception « Paysage suisse » (CPS)⁶², qui est contraignant pour les autorités au sens de l'article 13 de la LAT, pose que par principe l'assèchement d'importantes surfaces humides doit être évité. La remise en eau peut être autorisée pour des sols qui sont peu adaptés à la production agricole ou qui présentent une importance particulière pour la diversité des espèces et des milieux naturels. Le renouvellement des drainages existants est limité, en règle générale, aux surfaces prioritaires pour la sécurité alimentaire en raison de la qualité des sols. Dans le cadre de la concrétisation de la Stratégie pour le développement durable 2030 (SDD 2030)⁶³, le plan d'action 2021-2023 inclut l'actualisation de la Stratégie Climat pour l'agriculture⁶⁴. Celle-ci est actuellement en développement et l'OFAG, en collaboration avec l'OFEV et l'ARE. Elle prévoit de mettre en œuvre la mesure 1 (acquisition des connaissances et l'élaboration d'une aide à la décision pour la gestion des sols organiques).

Mesure 2

Elaboration d'outils d'aide à la décision à l'intention des exploitants sur la gestion optimale de l'humus (conservation et augmentation du carbone organique des sols) pour les sols agricoles minéraux et conception de conseils spécifiques au niveau de l'exploitation.

Les mesures menant à la conservation et à l'augmentation du COS dans les sols agricoles minéraux dépendent d'un ensemble complexe de propriétés des sols, des conditions climatiques, des pratiques agricoles à l'échelle de la parcelle et du système de gestion à l'échelle de l'exploitation. De même, les facteurs sociaux se révèlent déterminants et des études montrent que la probabilité d'adopter une pratique est d'autant plus élevée que la pratique concernée est déjà mise en œuvre par les autres agriculteurs de la région. Conseiller les agriculteurs dans l'évolution de leurs pratiques par le biais de mesures d'accompagnement est primordial. Une évaluation des projets pilotes déjà menés dans différents cantons comme par exemple les projets « Humus » (Soleure), « Terre vivante » (Jura) ou « Projet Sol » (Vaud) permettront d'identifier les points cruciaux à prendre en compte pour des recommandations sur les pratiques permettant d'augmenter le taux de COS dans les sols minéraux.

⁶⁰ [Ergebnisse BOVE - Pro Agricultura Seeland.](#)

⁶¹ [Promotion de la biodiversité sur les terres assolées humides \(admin.ch\).](#)

⁶² [Conception «Paysage suisse» \(admin.ch\)](#) ; adoptée par le Conseil fédéral le 27 mai .2020

⁶³ [Stratégie pour le développement durable \(admin.ch\).](#)

⁶⁴ [Stratégie Climat pour l'agriculture \(admin.ch\).](#)

L'OFAG prévoit la mise en œuvre de la mesure 2 (conception des conseils sur la gestion de l'humus en se basant sur les données pédologiques PER) dans le cadre de la SDD 2030.

6.2 Evaluation et adaptation des instruments légaux

Mesure 3

Révision de l'ordonnance sur les atteintes portées aux sols pour ancrer la conservation et l'augmentation de la MOS dans la législation et définition des valeurs de référence pour la MOS dans les sols agricoles minéraux.

L'ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol)⁶⁵ définit ce qu'est un sol fertile (art. 2, al. 1). Toutefois, la MOS n'est pas explicitement mentionnée dans l'OSol : l'exécution de mesures de maintien ou d'augmentation de la MOS n'est donc pas ancrée dans la législation. En raison de son importance pour la fertilité et la qualité des sols, il convient d'évaluer comment la conservation et l'augmentation de la MOS pourrait être ancrée dans la législation. L'OSol ne contient actuellement aucune indication sur la teneur en MOS typique d'un site ni sur une valeur-seuil en deçà de laquelle la fonctionnalité du sol est compromise. Les travaux sur ce thème ont commencé⁶⁶.

Cette démarche s'inscrit dans les étapes de la mise en œuvre de la Stratégie Sol Suisse⁹, en particulier dans le domaine d'action « exécution et législation ». Ladite stratégie prévoit un examen des réglementations actuelles, y compris la législation dans le domaine agricole afin d'identifier les recoupements, les contradictions et les conflits d'objectifs. Cette stratégie propose d'élaborer des propositions d'amélioration afin d'aboutir à une réglementation cohérente. Sous la responsabilité de l'OFEV, la définition des valeurs de référence pour la MOS des sols agricoles minéraux a été incluse dans la Stratégie Climat pour l'agriculture en cours d'actualisation⁶⁴.

6.3 Sensibilisation et avancement de l'état des connaissances

Mesure 4

Elaboration, en coopération avec des partenaires, des actions d'information ciblées sur les potentiels, les avantages et les limitations d'une séquestration du CO₂ dans les sols, ainsi que la sensibilisation à ces défis dans le cadre des formations continues pour les professionnels.

La méconnaissance de l'importance et de la vulnérabilité des sols est un défi régulièrement relevé dans la recherche et la pratique et la nécessité de sensibiliser fait partie des trois domaines d'action de la Stratégie Sol Suisse⁹. Le comportement des acteurs qui ont un impact sur l'état et la qualité des sols (administration, agriculture, services et parcs urbains, particuliers, etc.) est influencé à la fois par la prise de conscience (connaissance des conséquences écologiques, pertinence des sujets par rapport aux conséquences et connaissance de l'application) et la volonté (psychologique : effort, attrait, image de soi, besoins; social : comportement des autres, attentes des autres envers le groupe cible, réseaux ; monétaire : conséquences financières du comportement). Pour obtenir une modification des comportements, les différents acteurs doivent connaître la valeur des sols, savoir comment les conserver et agir en fonction de ces connaissances. Si la ressource sol reste peu connue, sa composante « matière organique » l'est encore moins. Une sensibilisation aux besoins et aux moyens de maintenir ou conserver la COS offre une opportunité de communiquer de manière positive dans les circonstances actuelles, marquées par une éco-anxiété due aux événements climatiques extrêmes. De plus, cela permet de combler le déficit de communication sur les sols, en comparaison avec les autres domaines environnementaux. Dans le cadre de la mise en œuvre de la Stratégie Sol Suisse, l'OFEV a déjà initié une collaboration de communication avec différentes associations, institutions ou offices fédéraux et cantonaux et va développer des actions communes.

⁶⁵ RS 814.12

⁶⁶ [Groupe de travail "Biologie du sol - application" \(BioSA\) \(admin.ch\)](#) BioSA Valeurs de référence pour l'humus des terres assolées.

La communication doit être ciblée sur les potentiels et les avantages du maintien ou de l'augmentation de COS. Il est également important de souligner les difficultés d'une certification de la séquestration du CO₂ dans les sols et que les efforts, les coûts et le temps nécessaires pour démontrer de manière fiable la séquestration du carbone dans le sol constituent un défi important sous le régime actuel de compensation des émissions de CO₂. Indépendamment de la certification, la séquestration du CO₂ dans les sols présente d'indéniables avantages pour le fonctionnement global du sol.

Mesure 5

Soutien et réalisation d'études à long terme portant sur les effets du biochar et renoncement à la promotion de son utilisation dans les sols tant que les effets positifs et négatifs de l'ajout irréversible du biochar dans les sols n'ont pas été évalués.

Depuis quelques années, le biochar a été suggéré comme étant une mesure NET permettant une séquestration du CO₂ à long terme dans les sols, tout en améliorant leur qualité et le rendement agricole. Cependant, jusqu'à présent, aucun effet d'augmentation des rendements n'a été démontré sur les sols agricoles suisses, principalement parce que ces sols présentent déjà un bon potentiel de production agricole. En revanche, il existe des risques potentiels qui sont encore difficiles à classer et évaluer dans l'état actuel des connaissances : influences sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques, effets négatifs sur la composition et l'activité des organismes du sol, modification de l'albédo et donc du bilan thermique et diminution de l'efficacité des produits phytosanitaires. Pour évaluer toutes les opportunités et les risques de l'ajout irréversible du biochar dans les sols, des études à plus long terme sont nécessaires, en particulier dans les conditions spécifiques de la Suisse. La réalisation d'études à long terme sur le biochar a été incluse dans la Stratégie Climat pour l'agriculture en cours d'actualisation, en collaboration entre l'OFAG et l'OFEV⁶⁴.

7 Annexe (Liste des rapports techniques)

Keel, S.G., Johannes, A., Boivin, P., Burgos, S., Charles, R., Hagedorn, F., Kulli, B., Leifeld, J., Saluz, A., Zimmermann, S. (2021) *Soil carbon sequestration in Switzerland: analysis of potentials and measures (Postulate Bourgeois 19.3639)*. Report by Agroscope. Commissioned by the Federal Office for the Environment, Berne.

Baranzini A., Maradan D., Blockley J. (2021), *Aspects économiques de la séquestration du carbone dans les sols (Postulat Bourgeois 19.3639)*. Report by HEG. Commissioned by the Federal Office for the Environment, Berne.

Fliessbach A., Tresch S., Steffens M. (2021) *Review on the techniques and requirements for monitoring stock changes of soil organic carbon (Postulate Bourgeois 19.3639)*. Report by FiBL. Commissioned by the Federal Office for the Environment, Berne.