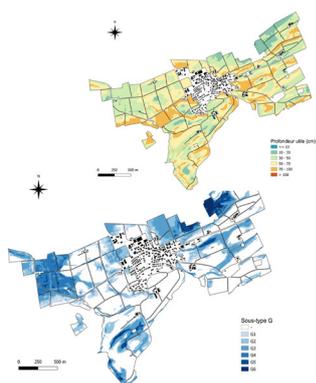
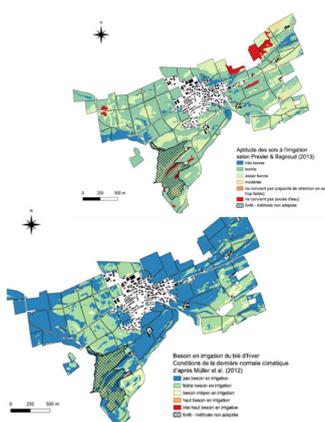


Cartes des propriétés des sols et des paramètres pédologiques



Cartes thématiques



Groupes d'utilisateurs et d'utilisatrice de différents thèmes

- Agriculture
- Aménagement du territoire
- Forêts et sylviculture
- Erosion du sol
- Compaction du sol
- Protection contre les inondations
- Protection de la nature et Biodiversité
- Sécheresse

Cartes thématiques – produits réalisables à partir de cartes des propriétés des sols

Informations sur les cartes thématiques à l'attention des services cantonaux

Mentions légales

Auteurs : Lucie Greiner, Emilie Carrera

Année de parution : 2024

Éditeur : Centre de compétences sur les sols (CCSols).

Le CCSols travaille sur mandat de trois offices fédéraux : l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) et l'Office fédéral du développement territorial (ARE) et est rattaché à la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires (HAFL) de la Haute école spécialisée bernoise (HESB-BFH) de Zollikofen.

Photo de couverture : Carte thématique « aptitude des sols à l'irrigation » du projet pilote de Lommis, CCSols

Mise en page : Fabrice Wullschleger avec un modèle créé par Magma Branding, Sandrainstrasse 3, 3007 Berne, <https://magma-branding.ch>

Copyright : Conformément au symbole de licence ci-dessous, la reproduction non commerciale du rapport est souhaitée, mais avec indication de la source et envoi d'un exemplaire justificatif à l'éditeur. Le partage est soumis aux mêmes conditions de licence.



Table des matières

1. Introduction	3
2. Procédure pour les cantons	4
3. Exemple d'élaboration d'une carte thématique	7
4. Aperçu des produits disponibles	8
5. Bibliographie	11

1. Introduction

Une étape importante de la cartographie des sols est la création des cartes thématiques. Elles illustrent, sous une forme interprétée, des informations extraites des cartes de base qui sont pertinentes à des groupes d'utilisateurs spécifiques. Idéalement, les cartes thématiques permettent de déterminer des possibilités d'action ou des mesures directement applicables améliorant l'utilisation durable des sols au sens large. Grâce à la création de ces cartes thématiques, l'accès aux informations pédologiques issues de la cartographie des sols peut-être très largement amélioré et des cercles d'utilisateurs provenant de domaines tels que la sylviculture, la protection du climat, la protection contre les crues et la sécheresse, l'agriculture, l'aménagement du territoire ou la biodiversité (infrastructure écologique) peuvent en profiter. Ainsi, les cartes thématiques produites à partir des données pédologiques issues de la cartographie des sols apportent une valeur ajoutée conséquente à une large partie de la société. Des exemples de cartes thématiques sont disponibles dans les différents rapports techniques des projets pilotes du CCSols.

Les cartes des propriétés des sols (par exemple : argile, pH, profondeur utile, groupe de régime hydrique) peuvent être modélisées à partir de données pédologiques ponctuelles et de données surfaciques environnementales (par exemple : données surfaciques issues du modèle numérique de terrain). A partir de ces dernières, il est possible de créer des cartes thématiques (voir Figure 1).

Ce document présente les différentes cartes thématiques que le CCSols peut réaliser en partant d'un jeu de données pédologiques complet (voir Chapitre 4) et de relevés de différentes propriétés pédologiques jusqu'à 1 m de profondeur (pour les cartes raster). Les niveaux de profondeur des données fournies peuvent être différents (par exemple : 0-20-40-70-100 cm ou 0-30-60-100 cm). Toutefois, ces données doivent avoir 2 à 4 niveaux de profondeur permettant de représenter le sol de la façon la plus continue

possible jusqu'à 1 m. Si la résolution spatiale devait s'avérer trop basse, certaines cartes thématiques ne pourraient pas être réalisées.

Il est également possible de réaliser une sélection de cartes thématiques pour les régions qui ont été cartographiées à l'aide la méthode FAL24+ ou selon le guide de cartographie KA23 (voir boden-methoden.ch) (cartes vectorielles avec des polygones définis). Pour ce faire, il convient de vérifier, en fonction des données disponibles, quelles cartes thématiques sont possibles et probantes.

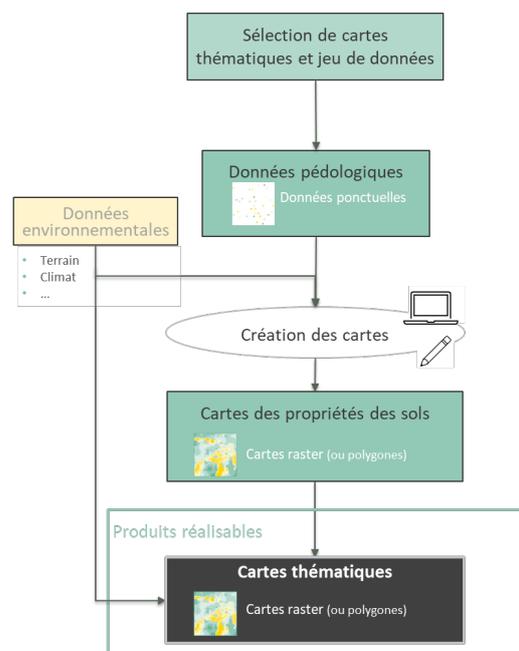


Figure 1 : Élaboration des cartes thématiques

Vous trouverez dans Chapitre 2 (« Procédure pour les cantons»), une illustration de la procédure à suivre afin d'obtenir des cartes thématiques. Dans Chapitre 3 «Exemple d'élaboration d'une carte thématique» est illustré, grâce à un exemple, le déroulement de la réalisation des cartes thématiques. Le Chapitre 4 «Aperçu des produits disponibles» est le cœur de ce document et présente un tableau des cartes thématiques réalisables et des cartes des propriétés des sols nécessaires à leur création.

2. Procédure pour les cantons

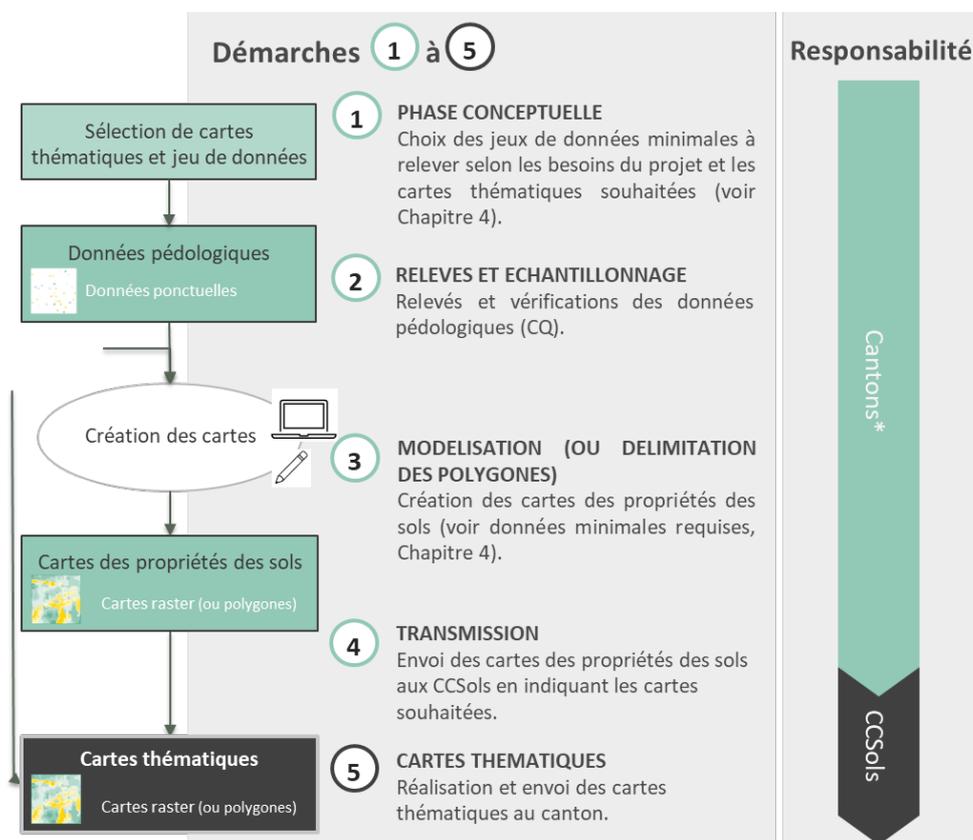
Il est important de choisir durant la phase conceptuelle du projet la ou les cartes thématiques que vous désirez et de clarifier, à l'aide de ce document, quelles cartes des propriétés des sols et autres cartes pédologiques sont nécessaires pour cela.

Si vous êtes intéressé-e par des cartes thématiques proposées par le CCSols, nous vous recommandons de suivre le processus décrit dans la Figure 2 ci-dessous.

La majorité des méthodes de création de cartes thématiques nécessitent des cartes de proprié-

tés des sols échelonnées sur différents niveaux de profondeur et d'un jeu de données pédologiques complet.

La Figure 2 présente la démarche générale à intégrer dans un projet afin de permettre la réalisation des cartes thématiques. Dans celle-ci :



* Le CCSols peut également accompagner les points 1 à 4 (en plus du point 5), mais seulement après discussion (accord) et selon les capacités de l'équipe.

Figure 2 : Démarche illustrant la réalisation des cartes thématiques à intégrer dans les projets et responsabilités. Cette procédure se base sur des relevés de données complets, comme cela a été fait dans les projets pilotes du CCSols. Pour les données provenant de cartes des sols existantes ou de projets de cartographie selon FAL24+ ou KA23, la procédure doit être ajustée au cas par cas.

- ① Le choix des cartes des propriétés des sols et des cartes thématiques est fait dès le début du projet.
- ② Les sols sont relevés et échantillonnés.
- ③ La répartition spatiale des propriétés est modélisée et des cartes raster sont produites. Les polygones des cartes vectorielles sont délimités pendant les campagnes de terrain.
- ④ Les cartes des propriétés des sols sont transmises au CCSols.
- ⑤ Les cartes thématiques sont réalisées par le CCSols.

Les tableaux du Chapitre 4 présentent le panel des cartes thématiques réalisables en fonction des données pédologiques disponibles. Si les cartes des propriétés des sols sont disponibles, le CCSols peut réaliser relativement facilement des cartes thématiques.

Après accord et en fonction des capacités de l'équipe, les étapes 1 à 4 peuvent être accompagnées ou réalisées par le CCSols selon la méthode de relevé actuellement appliquée par celui-ci.

Pour les cartes des sols qui ont été réalisés selon FAL24+ ou KA23, il faut ajuster la procédure au cas par cas. Dans le Tableau 1 ci-dessous, les données pédologiques nécessaires pour réaliser les cartes thématiques sont comparées aux différentes méthodes de relevés présentes dans les cartographies des sols.

Propriétés des sols	Cartes raster (Méthode plan de cartographie des sols à l'échelle de la Suisse)	Cartes « polygones » (Méthode FAL24+ Manuel de carto. KA23)
Argile, Limon	– Relever sur tous les profils	– Relever sur tous les profils
Matière organique	– Jeu de données réduit pour les sondages lors de la description pédologique (différencié selon les horizons)	– Jeu de données réduit sur les sondages
pH (CaCl ₂)	– Analyses en laboratoire sur des sondages choisis (3-4 profondeurs) (→ calibration des spectres issus de la spectroscopie)	– Sondages selon couche supérieure et sous-jacente du sol ou par horizons
Pierrosité	– Analyses en laboratoire réalisées sur tous les profils	– Analyses en laboratoire réalisées sur des profils sélectionnés
Profondeur de l'horizon gg, r		
Profondeur de la roche-mère		
Sous-type IGR		
Indiquer s'il s'agit d'un horizon de la couche supérieure ou sous-jacente du sol (OB/UB)		
Groupe et sous-groupe de régime hydrique (WHG et WHUG)		
Type de sol		
Profondeur utile (PU)		

Autres propriétés chimiques et physiques des sols	Cartes raster (Méthode plan de cartographie des sols à l'échelle de la Suisse)	Cartes « polygone » (Méthode FAL24+ Manuel de carto. KA23)
Masse volumique apparente totale (volume total) (MVAT) ¹ ;	– Relever sur les profils et les échantillonnages H3	– En général pas relevé
Masse volumique apparente de la terre fine (MVATF) ²	et mesurer en laboratoire (spectroscopie et	– Mesurer sur certains
Réserve utile (RU) (pF 1.8 – pF 4.2)	prélèvement partiel	profils sélectionnés (ré-
Degré d'aération (LK) ³	d'échantillons en fonction du volume)	seau de mesure de pro-
Capacité d'échange cationique effective (CEC _{eff}) ou potentielle (CEC _{pot}).	– Établissement de fonctions de pédotransfert	– Estimation possible à
Saturation en bases (BS) et pour sols forestiers à pH bas également BS:Al	(FPT) nationales grâce	l'aide des fonctions de
Conductivité hydraulique à saturation (K _{sat})*	au réseau de mesure	pédotransfert (FPT) in-
	des sols de référence	ternationales (augmente
	CH	les incertitudes)

Tableau 1 : Aperçu des données pédologiques nécessaires à l'élaboration des cartes thématiques et récapitulatif des principales différences entre la cartographie basée sur la méthode du « Plan de cartographie des sols à l'échelle de la Suisse » et celle de la cartographie actuelle FAL24+ ou KA23.

Nous recommandons de mesurer à différentes profondeurs la masse volumique apparente totale de l'échantillon et la masse volumique apparente de la terre fine (désignation selon les définitions de Schwab et Gubler (2016)) au moins pour quelques profils ou sondages situés dans la zone à cartographier. De plus, nous recommandons de déterminer la capacité d'échange cationique, la saturation en bases et le rapport entre les cations basiques et l'Aluminium (surtout dans la forêt) lors de la phase des relevés sur le terrain. Certains de ces paramètres pédologiques nécessaires sont complexes à mesurer, toutefois ils peuvent aussi être estimés. La réserve utile, le degré d'aération et la conductivité hydraulique à saturation sont des paramètres qui peuvent être estimés grâce à des fonctions de pédotransfert (FPT).

L'estimation des propriétés des sols dans le Tableau 2 et leur modélisation spatiale incombe à l'entité qui a produit le plan d'échantillonnage (sampling design) (Figure 2). Si aucune estimation n'est possible, le CCSols peut utiliser une fonction de pédotransfert standard sous réserve de la disponibilité des données pédologiques nécessaires. L'utilisation de telles FPT non adaptées à la région engendre toutefois de plus grandes incertitudes lors de la création des cartes thématiques. Habituellement, les données nécessaires pour les FPT standards sont l'argile, le limon, le sable, la matière organique, le pH, la masse volumique apparente totale ou la masse volumique apparente de la terre fine.

¹ Masse volumique apparente totale (volume total) est abrégée dans ce document par MVAT.

² Masse volumique apparente de la terre fine est abrégée dans ce document par MVATF.

³ LK : Luftkapazität = degré d'aération selon [Termdat](#) (03.04.2024).

3. Exemple d'élaboration d'une carte thématique

L'exemple ci-dessous illustre l'élaboration d'une carte thématique sur la régulation de la disponibilité des nutriments selon la méthode de Lehmann et al. (2013). Pour évaluer la capacité d'un sol à stocker les éléments nutritifs disponibles pour les plantes, différentes caractéristiques pédologiques sont combinées pour estimer la capacité d'échange cationique effective. La capacité d'échange cationique (CEC) effective d'un profil résulte de l'addition

des CEC des horizons de celui-ci et est liée à sa quantité de terre fine. Elle peut être utilisée comme indicateur de la capacité de stockage en nutriments de différents sols. La disponibilité des nutriments peut être mieux estimée dans les sols à CEC élevée, voir Figure 3. La capacité de régulation est illustrée grâce à une échelle allant de 1 (très bas niveau de fonctionnement) à 5 (très haut niveau de fonctionnement) sur l'exemple de la carte thématique de la Figure 4.

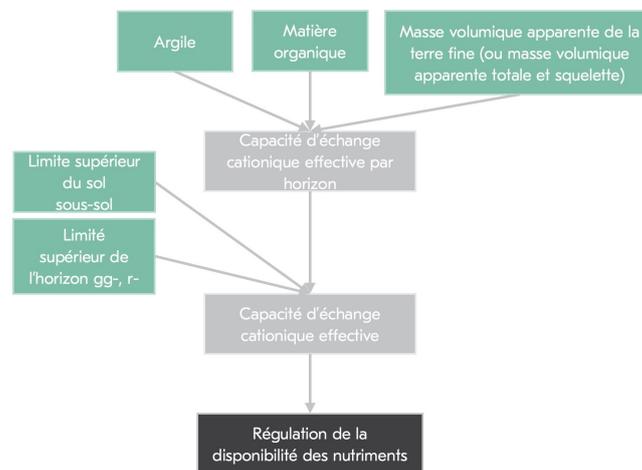


Figure 3 : Elaboration de la carte thématique pour la régulation de la disponibilité des nutriments.

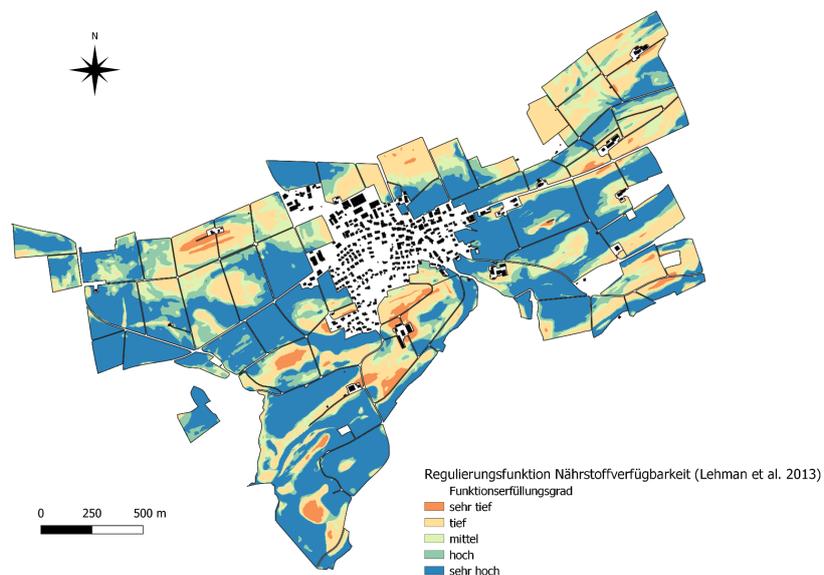


Figure 4 : Application de la méthode d'évaluation de la fonction de régulation pour la disponibilité des nutriments de la zone pilote de Lommis (TG).

4. Aperçu des produits disponibles

Le CCSols peut élaborer les cartes thématiques présentées dans le Tableau 2 ci-dessous dans un délai raisonnable, si les cartes des propriétés des sols nécessaires à cet effet sont disponibles en format raster et qu'elles recouvrent la profondeur du sol en 3-4 couches jusqu'à 100 cm (voir Tableau 2.)

Actuellement, le CCSols propose 26 cartes thématiques différentes susceptibles d'intéresser divers groupes d'utilisateurs. Ces dernières ont été éprouvées lors des premiers projets pilotes du CCSols. Les méthodes d'évaluation pour l'élaboration des cartes thématiques n'en sont qu'à leurs prémices et doivent être considérées que comme de premières propositions.

Il faudra, dans les années à venir, acquérir plus d'expérience dans le domaine de l'interprétation des cartes thématiques, et ce pour différentes

régions et sols de Suisse, afin de pouvoir agrandir les bases des méthodes d'évaluation.

Si les données devaient être établies sous un format vectoriel (polygones) ou avec d'autres résolutions de la profondeur, il faudrait clarifier au préalable les possibilités et le travail d'adaptation.

Tableau 2 : Aperçu des produits disponibles accompagnés des données nécessaires à leur réalisation. D'autres valeurs environnementales sont également nécessaires, mais elles sont normalement disponibles et, par conséquent, ne figurent pas dans le tableau ci-dessous. (B:Al = rapport des cations basiques sur l'Aluminium ; BS = saturation en bases ; DIEM = projet pilote de Diemerswil ; CECeff = capacité d'échange cationique effective ; CECpot = capacité d'échange cationique potentielle ; ksat = conductivité hydraulique à saturation ; LK = degré d'aération, LOM = projet pilote de Lommis ; MVAT : masse volumique apparente totale (volume total) ; MVATF : masse volumique apparente de la terre fine ; OB/UB = indiquer s'il s'agit d'un horizon de la couche supérieure ou sous-jacente du sol ; PU = profondeur utile ; RU : réserve utile (pF 1.8 – pF 4.2) ; WHUG = sous-groupe de régime hydrique).

Domaines et noms de produits	Sources	Argile	Limon	Matière organique	pH	Pierrosité	Profondeur horizon gg, r	Profondeur roche-mère	Sous-type I, G, R	OB/UB	WHUG	Type de sol	PU	MVAT, MVATF*	RU*	LK*	CECeff*	BS*	B:Al*	Ksat*	CECpot*	DIEM**	LOM**
Agriculture																							
Potentiel de libération de l'azote	(Flisch et al. 2017)	x	x																		x	x	
Besoin de chaulage	(Flisch et al. 2017)				x																x	x	
Optimisation de la fertilisation (P et K)	(Flisch et al. 2017)	x	x	x																	x		
Facteur de correction pédologique pour la fertilisation azotée normalisée	(Sinaj et al. 2018)	x	x																		x	x	
Disponibilité des nutriments	(Lehmann et al. 2013)	x	x		x	x	x						x				x				x	x	
Recommandation de chaulage	(VDLUFA 2000)	x	x	x	x																x	x	
Potentiel de libération de l'azote pour une année climatique moyenne	(Flisch et al. 2017)	x	x																		x		
Aménagement du territoire																							
Aptitude agricole CA 2023	(Greiner et al. 2023)	x	x	x	x	x						x	x								x	x	
Indice de qualité des sols	(Miller et al. 2022)	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x	x
Forêts et sylviculture																							
Capacité tampon contre l'acidification	(Zimmermann 2011)	x		x	x	x	x	x					x				x	x	x			x	
Protection contre les inondations																							
Fonction de régulation du régime hydrique	(Danner et al. 2003)						x	x							x	x				x		x	x
Protection de la nature																							

Domaines et noms de produits	Sources	Argile	Limons	Matière organique	pH	Pierrosité	Profondeur horizon gg, r	Profondeur roche-mère	Sous-type I, G, R	OB/UB	WHUG	Type de sol	PU	MVAT, MVATF *	RU*	LK*	CECeff*	BS*	B:A *	Ksat*	CECpot*	DIEM**	LOM**	
Protection de la nature																								
Fonction d'habitat pour les microbes	(Oberholzer und Scheid 2007)	x	x	x	x	x	x	x						x								x	x	
Potentiel du site pour les communautés de plantes vivantes aux conditions extrêmes	(Siemer et al. 2014)	x	x	x	x	x	x	x						x	x							x	x	x
Potentiel des surfaces humides	(Szerencsits et al. 2018)										x											x	x	
Potentiel de remise en eau	(Vögeli et al. 2022)	x	x			x					x	x										x	x	
Trockenstandortpotenzial	(Lienhard und Merkel 2002)	x	x								x	x										x	x	
Protection des eaux et eaux souterraines																								
Capacité à lier et à dégrader les polluants	(Bechler und Toth 2010)	x		x	x	x	x	x						x								x	x	
Capacité à fixer les métaux lourds	(DVWK 1988)	x		x	x	x		x		x												x	x	
Rétention des nutriments face aux pertes par infiltration et par ruissellement	(Jäggli et al. 1998)	x	x	x		x	x	x	x	x				x								x	x	
Capacité de liaison, de dégradation et de rétention de polluants organiques spécifiques	(Litz 1998)	x	x	x	x	x		x						x	x							x	x	
Protection des sols																								
Risque d'érosion	(Bircher et al. 2019)	x	x	x		x																	x	
Protection du climat																								
Potentiel d'enrichissement en matière organique	(Johannes et al. 2017)	x		x		x								x								x	x	
Stockage de carbone	(Keller et al. 2023)			x		x		x						x								x	x	
Fonction de régulation du climat	(Feldwisch 2016)						x	x							x								x	
Sécheresse																								
Potentiel du besoin en irrigation	(Müller et al. 2012)	x	x	x			x							x								x	x	
Aptitude à l'irrigation	(Presler und Bagnoud 2013)	x	x	x							x		x	x									x	

* Il est préférable de relever ces données sur le terrain et de les modéliser. Elles peuvent, toutefois, également être déduites grâce aux fonctions de pédotransfert (FPT)

** DIEM = projet pilote de Diemerswil, LOM = projet pilote de Lommis. La résolution pour la profondeur à Diemerswil était de 5 cm et allait jusqu'à 85 cm de profondeur. La résolution pour la profondeur à Lommis était de 30 cm et allait jusqu'à 90 cm. Si les données disponibles ont la même résolution de la profondeur que celles de Lommis, les cartes thématiques de ces tableaux synoptiques peuvent être établies sans grand effort. Si les cartes sont disponibles dans une autre résolution, la quantité de travail doit être clarifiée au préalable. Certaines cartes thématiques ont montré leurs limites lors du premier projet pilote (Diemerswil) et n'ont, par conséquent, pas été utilisées lors du deuxième projet pilote (Lommis).

5. Bibliographie

- Bechler K, Toth O, 2010. Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren.
- Bircher P, Liniger H, Prashun V, 2019. Aktualisierung und Optimierung der Erosionsrisikokarte (ERK2) Die neue ERK2 (2019) für das Ackerland der Schweiz. Schlussbericht.
- Danner C, Henshold C, Weidenhammer S, Aussendorf M, Kraff M, Weidenbacher A, Kölling C, 2003. Das Schutzgut Boden in der Planung. Bewertung natürlicher Bodenfunktionen und Umsetzung in Planungs- und Genehmigungsverfahren. Landesamt BG, für Umweltschutz BL (Hrsg.).
- DVWK, 1988. Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. Teil I: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft.
- Feldwisch N, 2016. Planung mit Tiefgang. Vorsorgender Bodenschutz: Wissen für die Praxis. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-09/vorsorgender_bodenschutz_wissen_fuer_die_praxis.pdf
- Flisch R, Neuweiler R, Kuster T, Oberholzer H, Huguenin-Elie O, Richner W, 2017. Bodeneigenschaften und Bodenanalysen. Grundlagen der Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017) (Hrsg W Richner & S Sinaj) Agrarforschung Schweiz, 8 (6), 34.
- Greiner L, Petter G, Keller A, 2023. Anleitung zur Beurteilung der landwirtschaftlichen Nutzungseignung. Methode der Nutzungseignungsklassen (NEK-Methode). Aktualisierte Version 2023. Testversion. <https://ccsols.ch/>
- Jäggli F, Peyer K, Pazeller A, Schwab P, 1998. Grundlagenbericht zur Bodenkartierung des Kantons Zürich.
- Johannes A, Matter A, Boivin P, Weisskopf P, Baveye PC, Schulin R, 2017. Optimal organic carbon values for soil structure quality of arable soils. Does clay content matter? Geoderma. <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&CSC=Y&NEWS=N&PAGE=fulltext&D=aris&AN=US201700088768>
- Keller A, Grob U, Hertzog M, Zahner D, Greiner L, Stumpf F, Petter G, Wallner M, Sprafke T, Racine S, et al., 2023. Neue Methoden in der Bodenkartierung - Pilotprojekt Diemerswil: KOBO-Bericht Nr. 3.
- Lehmann A, David S, Stahr K, 2013. TUSEC -- Bilingual-Edition: Eine Methode zur Bewertung natürlicher und anthropogener Böden (Deutsche Fassung). Stuttgart. https://soil.uni-hohenheim.de/uploads/media/TUSEC_2.Aufl_03.pdf
- Lienhard A, Merkel K, 2002. Ein neues Planungsinstrument und Zielwerte für LEK und ÖQV im Kanton Zürich. <https://www.geolion.zh.ch/geodatensatz/383/downloadPDF>
- Litz N, 1998. Schutz vor Organika: 7.6.6. In: Blume H-P (Hrsg.). Handbuch der Bodenkunde. Wiley-VCH, Landsberg, S. 28.
- Miller R, Busch J, Friedrich K, Fritzscht D, Goldschmitt M, Handke K, Pflanz D, Sauer S, Vorderbrügge T, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, 2022. Themenhefte Vorsorgender Bodenschutz, Heft 5: Kompensation des Schutzguts Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren.
- Müller U, Engel N, Heidt L, Schäfer W, Kunkel R, Wendland F, Roehm H, Elbracht J, 2012. Klimawandel und Bodenwasserhaushalt. GeoBerichte (20). https://doi.org/10.48476/GEOBER_20_2012
- Oberholzer HR, Scheid S, 2007. Bodenmikrobiologische Kennwerte. Erfassung des Zustands landwirtschaftlicher Böden im NABO-Referenzmessnetz anhand biologischer Parameter (NABObio). Bern.
- Presler J, Bagnoud N, 2013. Mandat Nr. MR0157 – Spezialist Bodenkunde. Generelles Projekt der 3. Rhonekorrektur. Grundlagenstudie Bodenkunde.
- Siemer B, Hinrichs U, Penndorf O, Pohl M, Schürer S, Schulze P, Seiffert S, 2014. Bodenbewertungsinstrument Sachsen. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.).

[http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/boden/Bodenbewertungsinstrument_Sachsen_092014\(1\).pdf](http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/boden/Bodenbewertungsinstrument_Sachsen_092014(1).pdf)

- _ Sinaj S, Charles R, Baux A, Dupuis B, Hiltbrunner J, Levy L, Pellet D, Blanchet G, Jeangros B, 2018. Grundlagen der Düngung, Kapitel 8: Düngung von Ackerkulturen.
- _ Szerencsits E, Prashun V, Churko G, Herzog F, Utiger C, Zihlmann U, Walter T, Gramlich A, 2018. Karte potenzieller Feucht-(Acker-)Flächen in der Schweiz. Agroscope Science, (7), 69.
- _ VDLUFA, 2000. Standpunkt des VDLUFA. Bestimmung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden. Anlage. Richtwerte für das Rahmenschema zur Kalkbedarfsermittlung in Deutschland.
- _ Vögeli B, Bossard M, Gimmi U, Gsponer R, Raster J, Schiebli R, Pezzatti M, Beltrami R, Wanner C, Wiedmer U, et al., 2022. Bezeichnung und Sicherung der prioritären Potenzialflächen für Feuchtgebiete gemäss Naturschutz-Gesamtkonzept: Technischer Bericht, Fassung vom 9. Dezember 2022.
- _ Zimmermann S, 2011. Bodenüberwachung der Zentralschweize Kantone (KABO ZCH): Säurestatus und Versauerungszustand von Waldböden. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Gruppe Bodenfunktionen und Bodenschutz (Hrsg.).

Centre de compétences sur les sols

BFH-HAFL

Länggasse 85 _ 3052 Zollikofen

info@ccsols.ch _ ccsols.ch