

Améliorer le cycle de l'eau et le microclimat en agriculture

Ralentir et cultiver l'eau pour hydrater et rafraîchir la terre

1

Contenu

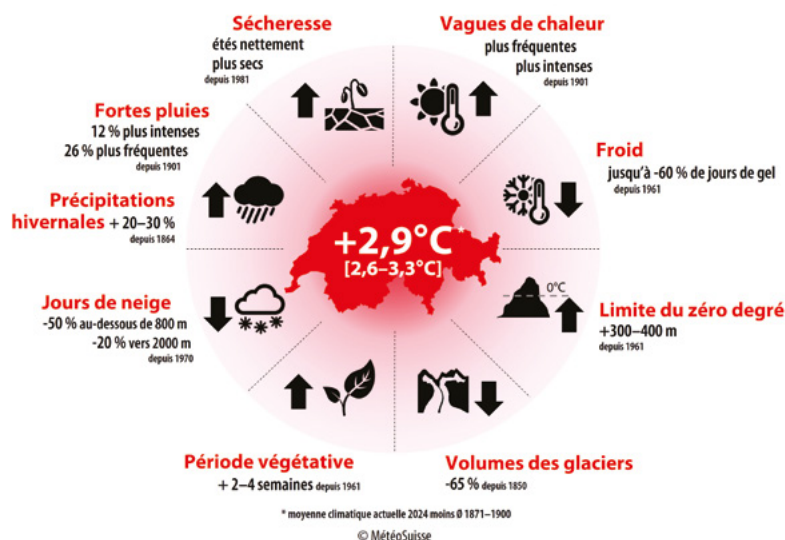
L'essentiel en bref	1
Évolution du climat en Suisse	2
Cycles de l'eau, microclimat et agriculture	2
Les cycles de l'eau	
Cycle local de l'eau	
Production agricole et eau utile	
Agriculture et microclimat	
Restaurer le cycle local de l'eau	7
Ralentir l'eau « bleue » et cultiver l'eau « verte »	
Principes de base et mesures envisageables	
Choix des mesures	
Conclusion	14
Glossaire	15
Sources	15

L'essentiel en bref

- Les vagues de chaleur, les inondations et les sécheresses constituent un défi majeur pour l'agriculture. Ces phénomènes sont en grande partie liés à la dégradation du cycle local de l'eau sous l'effet du changement d'usage des sols¹.
- L'eau « verte », contenue dans les sols et les plantes, permet la photosynthèse et la production végétale. Elle retourne dans l'atmosphère grâce à l'évapotranspiration et nourrit ainsi le cycle local de l'eau et la pluie à l'échelle régionale.
- Pour restaurer le cycle local de l'eau et rafraîchir le microclimat, il faut améliorer la qualité des sols pour qu'ils puissent absorber l'eau de pluie et la stocker, ralentir les écoulements d'eau et végétaliser et arboriser les paysages.
- Les principes de base sont :
 - Couvrir les sols pour les protéger de la pluie et de la chaleur et préserver leur perméabilité ;
 - Ralentir, répartir et infiltrer l'eau de pluie et de ruissellement ;
 - Stocker l'eau dans les sols et les paysages ;
 - Végétaliser et arboriser pour augmenter l'évapotranspiration locale, créer des microclimats frais et humides et nourrir les sols.
- Ces mesures améliorent la disponibilité en eau dans les sols pour les cultures, favorisent la recharge en eau des nappes souterraines et des sources, et sécurisent l'approvisionnement en eau potable.
- La restauration du cycle local de l'eau contribue à stabiliser les rendements agricoles, permet de lutter contre le changement climatique et limite notre vulnérabilité face aux événements extrêmes et aux alternances d'inondations et de sécheresses.

Évolution du climat en Suisse

- Les températures ont augmenté de 1,5 à 2° C au cours des dernières décennies (2,9° C depuis l'ère préindustrielle)².
- Les précipitations totales ont peu changé, mais leur répartition est modifiée : les étés sont plus secs tandis que les pluies intenses et la grêle sont plus fréquentes.



- Les phénomènes météorologiques extrêmes ont augmenté, et les canicules sont plus fréquentes et plus intenses.
- Selon les scénarios climatiques européens, ces tendances vont s'accroître : sécheresse en été et orages plus fréquents et plus violents³.
- L'effet de ces changements sur les rendements des cultures est variable : les rendements de blé devraient rester globalement stables, ceux du maïs non irrigué diminueraient tout comme ceux des cultures herbagères. En ce qui concerne la viticulture, certains cépages, en particulier blancs, ne pourront plus produire des vins de qualité³. Les événements extrêmes, quant à eux, portent généralement préjudice à tous les types de culture.
- La planification à court et moyen terme sera beaucoup plus complexe du fait de l'incertitude liée aux pénuries d'eau et aux événements climatiques extrêmes.

Figure 1 : Changements importants du climat en Suisse basés sur les observations²

Cycles de l'eau, microclimat et agriculture

Les cycles de l'eau

L'eau suit un cycle global et un cycle local (Figure 2). À l'échelle planétaire, le cycle local de l'eau est à l'origine de plus de 60 % de précipitations sur les continents⁴. En été, son rôle est encore plus marqué : l'évapotranspiration conditionne directement le microclimat et le régime des pluies⁵.

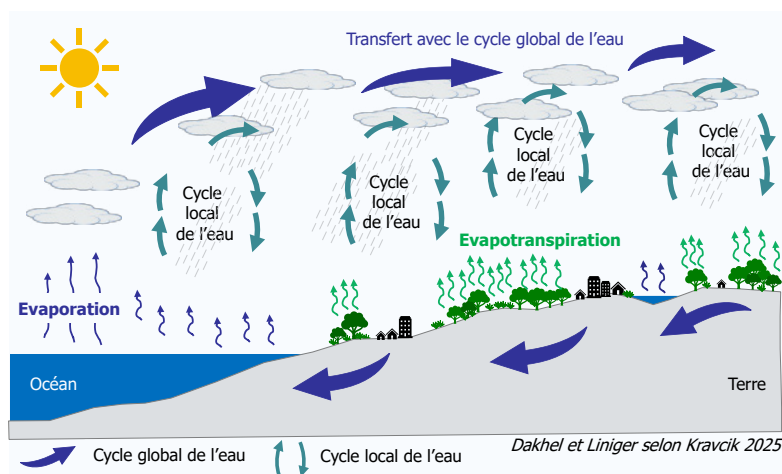


Figure 2 : Le grand et les petits cycles de l'eau (selon 6 modifié).

- On nomme eau « bleue » les eaux de surfaces (rivières, lacs) et les eaux souterraines (nappes phréatiques). Elle circule plus ou moins vite et peut être prélevée pour l'irrigation, l'industrie ou la production d'eau potable. L'évaporation directe des eaux de surface fait partie des flux d'eau bleue.
- L'eau « verte » correspond à l'eau stockée dans les sols et la végétation. Peu visible, elle circule rapidement à travers les plantes et retourne dans l'atmosphère grâce à l'évapotranspiration. Elle alimente le cycle local de l'eau, humifie et rafraîchit le milieu.

Les écosystèmes terrestres ont évolué de manière à minimiser le ruissellement, à retenir l'eau dans les sols et les zones humides, et à maximiser la transpiration végétale et la condensation locale de l'eau (pluie et rosée).

Cycle local de l'eau

Cycle local de l'eau fonctionnel

- L'eau circule lentement dans le paysage et elle est recyclée localement et régionalement à plusieurs reprises.
- La végétation atténue l'intensité des pluies arrivant au sol et ralentit les flux d'eau, ce qui favorise son infiltration : peu d'eau est perdue par ruissellement.
- Les sols jouent le rôle d'éponge et retiennent une partie de l'eau infiltrée, le surplus recharge les eaux souterraines qui fournissent l'eau potable, alimentent les sources et les zones humides.
- Les végétaux prélèvent l'eau du sol et transpirent pour produire leur biomasse grâce à la photosynthèse.
- La photosynthèse, réaction endothermique, refroidit le feuillage, et la transpiration végétale humidifie le milieu.
- En transpirant, les végétaux renvoient dans l'atmosphère jusqu'à 90 % de l'eau qu'ils ont prélevé dans le sol⁷. En même temps, ils émettent des composés organiques volatiles et des bactéries qui accélèrent et favorisent la condensation locale de l'eau ; les arbres en émettent plus que les plantes herbacées⁸.
- Un paysage et une végétation diversifiés favorisent la condensation de l'eau, entre autres, grâce aux différences locales de température. La végétation en plusieurs strates (ou étages), améliore la rétention de l'eau de condensation.
- La diversité des racines (traçantes, fasciculées, pivotantes) et des mycorhizes qui les accompagnent permet un meilleur accès à l'eau, structure le sol, le décompacte et favorise l'infiltration de l'eau de pluie.

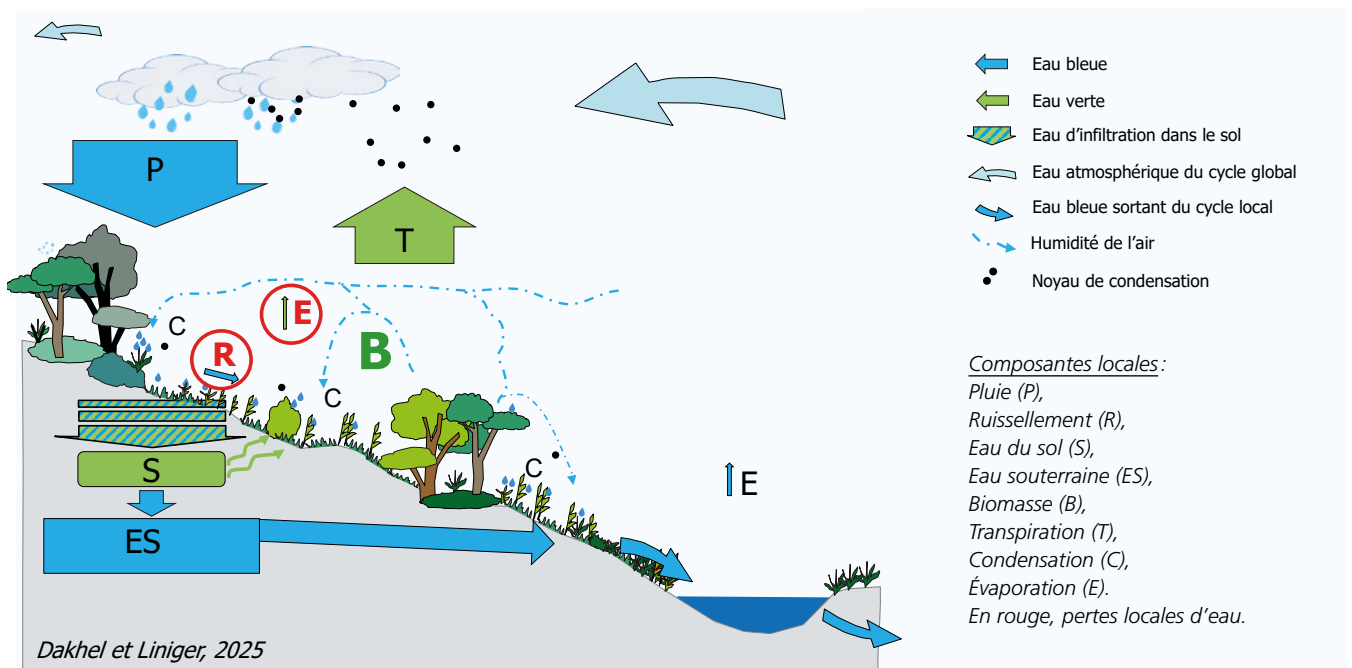


Figure 3 : Cycle local de l'eau fonctionnel

Cycle local de l'eau dégradé

Le paysage agricole a été massivement uniformisé depuis la fin des années 1950 : agrandissement de parcelles, suppression des haies et des bosquets, drainage des sols, assèchement des mares et des zones humides. Dans les zones cultivées intensivement, le cycle de l'eau est souvent dégradé :

- Diminution de l'infiltration dans le sol (sols compactés et/ou peu poreux).
- Augmentation du ruissellement et évacuation rapide de l'eau non infiltrée via des regards.
- Drainages des sols (20 % de la surface agricole utile suisse est drainée) et évacuation de l'eau dans des collecteurs.
- Drainage des zones humides et mise sous tuyau des petits cours d'eau en zone agricole.
- Les sols nus s'assèchent rapidement et perdent de grandes quantités d'eau par évaporation directe. Ils sont exposés à la chaleur et aux pluies, deviennent fragiles et très sensibles au ruissellement (perte supplémentaire d'eau) et à l'érosion.
- Diminution du nombre d'arbres champêtres, de haies et de bosquets. Ils réduisent le ruissellement et l'érosion, limitent l'effet du vent et transpirent pendant toute la période de végétation, contrairement aux plantes annuelles à maturité.

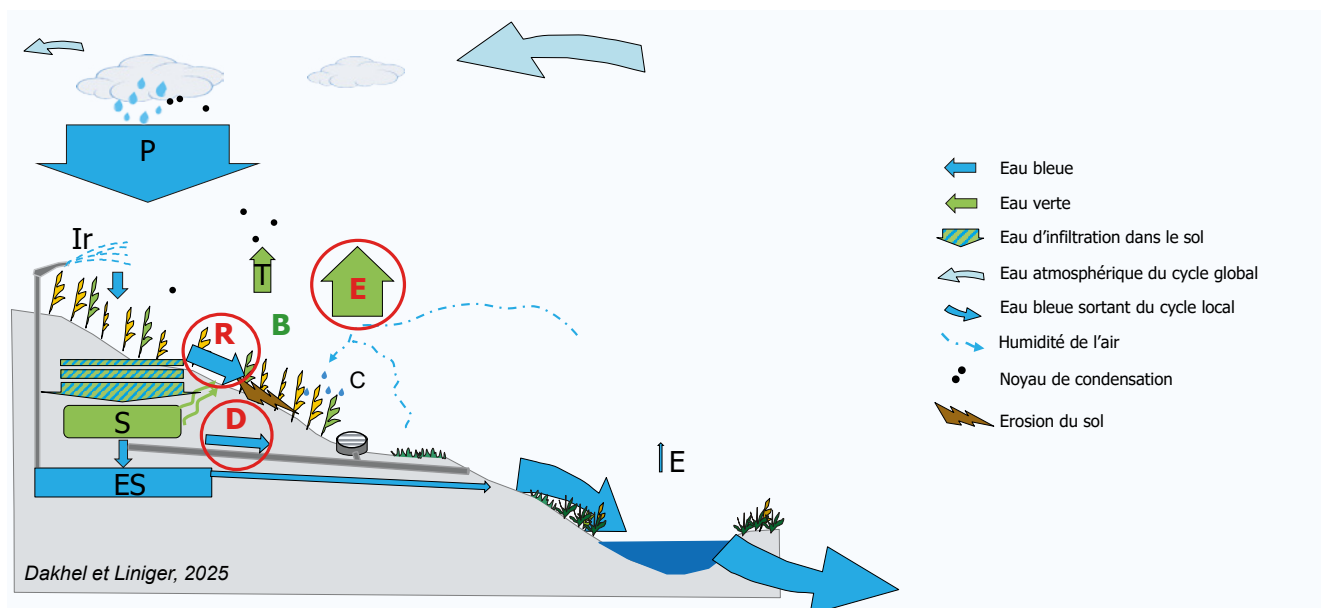


Figure 4 : Cycle local de l'eau dégradé

Composantes locales : Pluie (P), Ir (Irrigation), Ruissellement (R), Eau du sol (S), Eau souterraine (ES), Biomasse (B), Transpiration (T), Condensation (C), Évaporation (E), Drainage (D). En rouge, pertes locales d'eau pour l'agriculture.

Bilan hydrique : $P + C + Ir = R + \Delta S + \Delta Es + \Delta B + T + E + D$; Eau à disposition des plantes $= S = P + Ir + C - D - R - E$

Dans ces conditions, le cycle local de l'eau est accéléré et amputé d'une grande quantité d'eau, ce qui aboutit à une déshydratation des terres. À l'échelle des territoires, le changement d'usage des sols, leur assèchement et leur exposition à la chaleur, conduisent à une alternance d'inondations et de sécheresses qui sont les 2 faces de la même médaille¹ !

Production agricole et eau utile

Réservoir en eau des sols agricoles

La quantité maximale d'eau qu'un sol peut retenir et restituer aux plantes correspond au réservoir utile du sol (RU), dont environ 50 à 70 % est facile à prélever par les plantes (réservoir facilement utilisable (RFU))⁹. En l'absence de pierrosité, le RU d'un sol bien colonisé par les racines est compris entre 1 et 2,2 mm d'eau par cm d'épaisseur, soit 1000 à 2200 m³/ha pour un sol de 1 m d'épaisseur.

Le RU dépend des caractéristiques du sol et de l'enracinement des plantes⁹. Certaines d'entre elles sont modifiées par l'utilisation du sol :

- Profondeur : l'érosion du sol réduit irréversiblement le RU. Une perte de 1 cm de la couche superficielle sur 1 ha réduit le RU d'au moins 10 à 22 m³ d'eau utile.
- Structure : la compaction du sol réduit sa porosité et le RU, ainsi que l'infiltration de l'eau et le potentiel de recharge du RU.

- Colonisation racinaire : la compaction limite la colonisation des racines et l'accès à l'eau.
- Matière organique (MO) : elle favorise une bonne structure du sol, améliore la rétention d'eau et augmente le RU.

L'eau disponible dans le sol à un moment donné dépend du niveau de remplissage du RU. Celui-ci évolue dans le temps au gré de l'évapotranspiration et de la recharge en eau qui se fait essentiellement grâce à l'infiltration de l'eau de pluie.

La répartition des pluies entre infiltration et ruissellement dépend de la structure du sol, en particulier en surface. Une structure poreuse et stable permet d'infiltrer de 100 à 200 mm d'eau de pluie par heure. Au contraire une structure dégradée (croûte de battance, compaction), limite fortement l'infiltration de l'eau de pluie ce qui génère du ruissellement et limite la recharge en eau du sol (Figure 5).

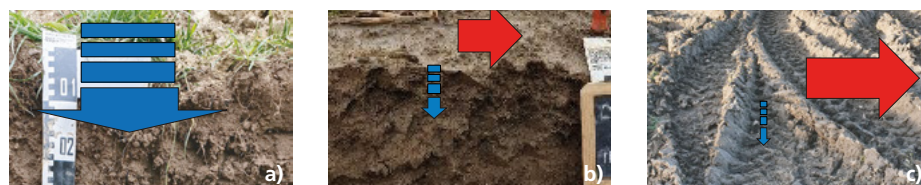


Figure 5 : Structure de surface du sol et vitesse d'infiltration de l'eau

a) structure poreuse : > 100 mm/h

b) croûte de battance : < 10 mm/h

c) compaction : < 1 mm/h

En été, sur le plateau suisse, l'évapotranspiration potentielle est de l'ordre de 4 à 6 mm d'eau par jour, en l'absence de vent :

- Dans un sol avec un RU faible (50 mm), l'eau facilement utilisable (RFU) est épuisée en moins de 7 jours sans pluie.
- Dans un sol avec un RU élevé (150 mm), l'eau facilement utilisable (RFU) est suffisante pour 20 jours sans pluie.

Eau productive et eau perdue

Grâce à la transpiration, les plantes cultivées prélèvent l'eau du sol nécessaire à leur croissance : c'est l'eau « productive ». L'eau qui s'évapore du sol, qui ruisselle ou qui est évacuée par le drainage est « perdue » pour l'agriculture (Figure 6).

Eau perdue par ruissellement

Avec le changement climatique, les pluies deviennent plus intenses et plus concentrées dans le temps. L'augmentation du ruissellement accentue le risque d'érosion des sols et de dégâts aux cultures et aux infrastructures. Elle réduit également la recharge en eau des sols et des nappes phréatiques, ce qui accentue les problèmes liés aux sécheresses.

Le ruissellement est conditionné par l'utilisation du sol. Ci-dessous, la photo du bas montre une parcelle de vigne enherbée un rang sur deux : la zone enherbée ne montre pas de signe d'érosion tandis que, dans la zone désherbée, le sol est érodé. L'érosion du sol témoigne du ruissellement et des pertes d'eau qui y sont liées (Figure 7).



Figure 6: Le ruissellement et son évacuation constituent une perte d'eau pour l'agriculture.

Figure 7: L'érosion est le signe d'un cycle de l'eau dégradé : un sol nu ou peu couvert s'érode facilement sous l'effet du ruissellement.

Eau perdue par évaporation

Les pertes liées à l'évaporation des sols nus sont généralement invisibles, sauf exception (Figure 8). Ces pertes sont largement sous-estimées dans nos régions tempérées. Contrairement à l'eau transpirée par la végétation, l'eau évaporée du sol ne contient pas les bactéries, spores et composés organiques qui favorisent sa condensation rapide⁵.



Figure 8: Un sol nu s'assèche rapidement ; les pertes d'eau par évaporation sont considérables, même au printemps sur le plateau suisse.

Agriculture et microclimat

La température de surface dépend de l'utilisation du sol

- La surface d'un sol nu labouré atteint facilement 55° C, 60° C et même 70° C dans les terres noires les années chaudes comme en 2023¹⁰.
- À de telles températures, le sol nu dessèche rapidement, certaines espèces de micro-organismes dépérissent et ne peuvent plus remplir leurs fonctions.
- La vulnérabilité du sol est encore accentuée par les grandes amplitudes thermiques jour/nuit ($\approx 40^\circ \text{C}$). Le sol « cuit » absorbe mal les pluies et devient très sensible à l'érosion.
- Une couverture végétale bien développée limite le réchauffement du sol et du milieu. La figure 9 montre les températures de surface de sols situés à faible distance les uns des autres : un engrais vert de 5 semaines, permet de réduire la température de 25° C par rapport au sol nu. La végétation transpire, rafraîchit et humidifie le milieu, ce qui permet en fin de nuit d'atteindre le point de rosée. Une partie de l'eau transpirée est ainsi récoltée localement, même en période sèche.

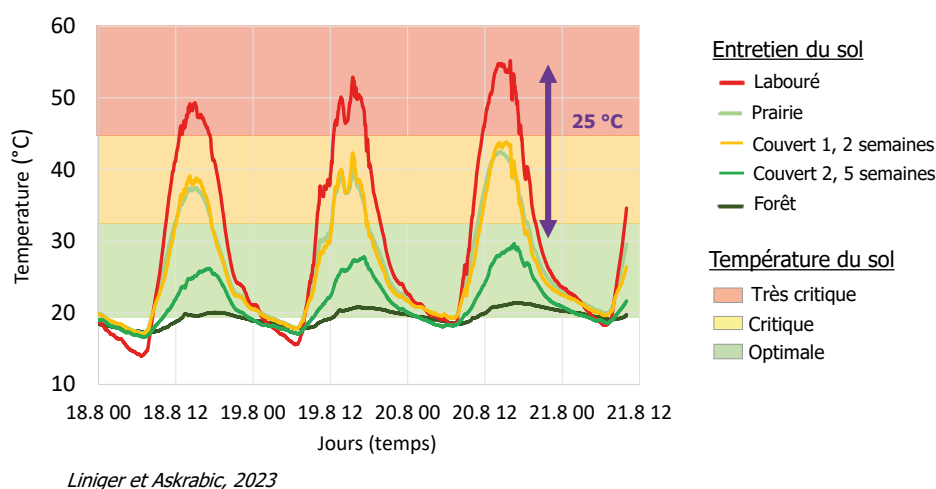


Figure 9 : Température à la surface de sols agricoles (Seedorf, BE, été 2023)¹¹. Les mesures en continu ont été réalisées du 18.08.2023 à minuit (0) au 21.08.2024 à midi (12) ; la température moyenne de l'air à 14 h était d'environ 35° C¹⁰.

- Même lors d'années plus fraîches comme en 2024 (Figure 10)¹², la surface d'un sol nu devient extrêmement chaude, plus chaude que celle de l'asphalte !

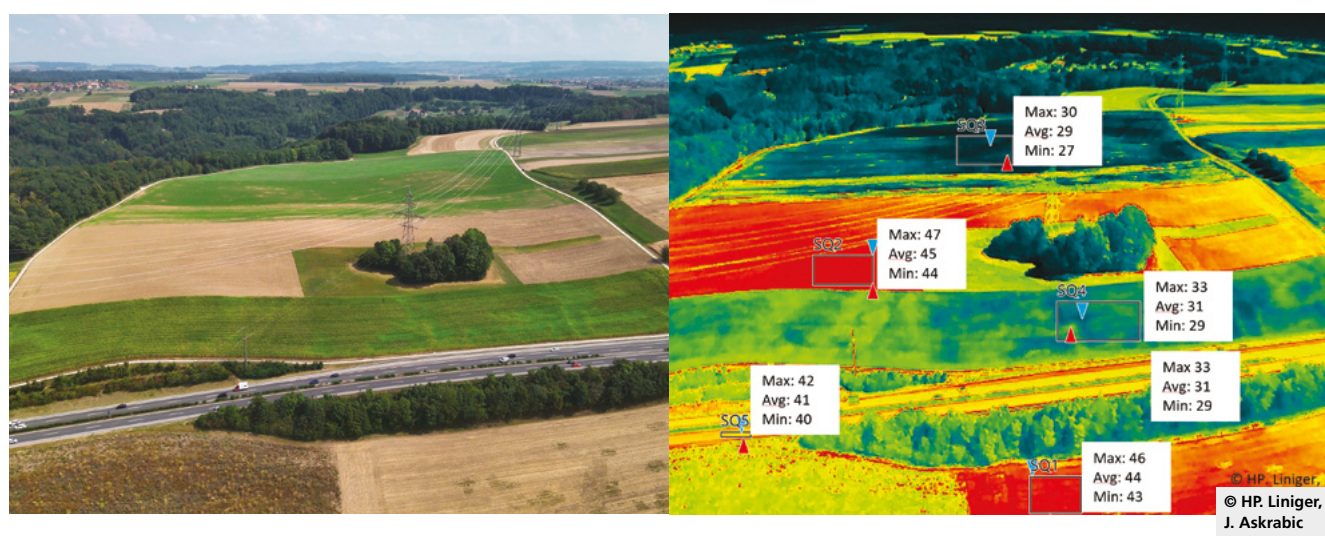


Figure 10 : Photographie aérienne de terrains agricoles prise le 30 août 2024 à 14h40 à Bavois, VD (température de l'air : 30° C). À droite, la même surface en image thermique montre les différences de température de surface des terrains.

La température de surface dépend de l'humidité du sol

- Un sol sec transmet l'énergie solaire au milieu, ce qui provoque une augmentation de la température de l'air (flux de chaleur sensible). Au contraire, dans un milieu humide, l'évapotranspiration absorbe une grande partie de l'énergie solaire grâce au changement d'état de l'eau (flux de chaleur latente) (Figure 11)¹³.
- En fonction de son humidité et des conditions du milieu, le sol peut jouer le rôle de climatiseur ou de radiateur (Figure 12)¹⁴. Or, selon les données satellitaires européennes, les sols d'Europe occidentale se sont fortement asséchés aux cours des 20 dernières années, ce qui accentue et accélère le réchauffement climatique¹⁵.

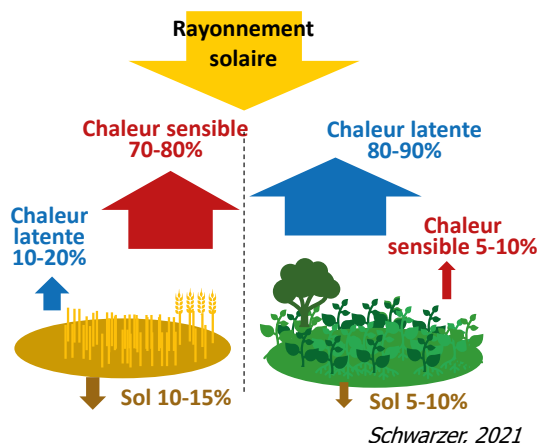


Figure 11 : Répartition de l'énergie solaire dans 2 types de paysages¹³.

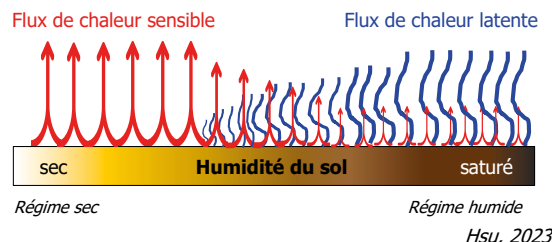


Figure 12 : Effet de l'humidité du sol sur les flux de chaleur sensible et latente (voir glossaire)¹⁴.

Restaurer le cycle local de l'eau

Ralentir l'eau « bleue » et cultiver l'eau « verte »

Un paysage où l'eau circule lentement et séjourne longtemps tamponne les aléas du climat (température, sécheresse) et permet une alimentation plus régulière des cultures. Un sol vivant joue le rôle d'éponge, retient et restitue facilement l'eau. Une végétation qui transpire, rafraîchit, et humidifie les milieux, favorise la condensation locale de l'eau, ralentit les flux d'eau, nourrit et protège le sol. Les plantes sont les moteurs du cycle de l'eau verte et les sols sont l'éponge dans laquelle elles puisent.

Restaurer le cycle local de l'eau nécessite des réflexions sur trois aspects (Figure 13) :

- Les sols et leur capacité à absorber les pluies ;
- L'eau et sa dynamique à l'échelle de la parcelle, de l'exploitation et du bassin versant ;
- La végétation annuelle et pérenne.

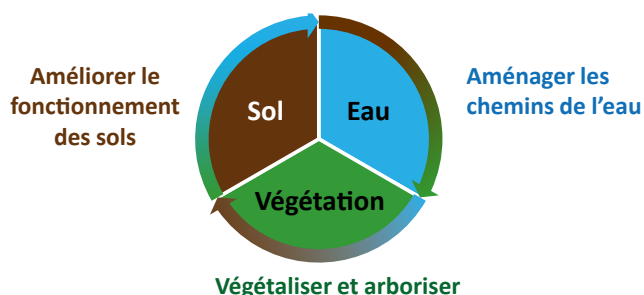


Figure 13 : Restaurer le cycle de l'eau grâce aux réflexions sur le sol, le chemin de l'eau et la végétation et les arbres (modifié selon¹⁶)

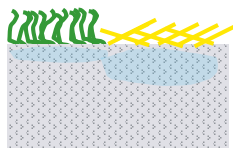
La restauration du cycle local de l'eau passe par une combinaison de mesures agronomiques et hydrologiques qui peuvent être regroupées sous l'acronyme CRIST – Couvrir Ralentir Infiltrer Stocker Transpirer (modifié selon 7 et 16) :

- Couvrir** les sols pour les protéger de l'érosion, de la chaleur excessive et du dessèchement et préserver leur perméabilité ;
- Ralentir** les écoulements d'eau et limiter le ruissellement ;
- Infiltrer** l'eau pour favoriser la recharge en eau des sols ;
- Stocker** et récolter l'eau dans les sols, les eaux souterraines, les paysages et la végétation ;
- Transpirer** : Végétaliser pour alimenter le cycle local de l'eau, rafraîchir le milieu et réduire la demande évaporative.

Pour chacun de ces principes, de nombreuses mesures peuvent être mises en place. Elles sont choisies en fonction du contexte naturel (climat, topographie, hydrologie, sol et sous-sol), du contexte agricole (structure de l'exploitation, type de production), et des objectifs visés.

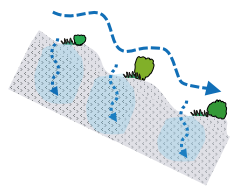
Principes de base et mesures envisageables

Couvrir le sol pour le protéger de l'érosion, de la chaleur et du dessèchement



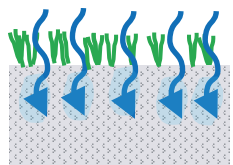
- Favoriser une couverture végétale dense : intercultures, cultures relais, cultures sous-semis, semis en bandes fraisées, semis direct.
- Après les moissons, semer directement un couvert diversifié.
- En l'absence de couverture végétale : garder ou mettre en place un mulch/paillage.

Ralentir l'eau de ruissellement pour favoriser son infiltration



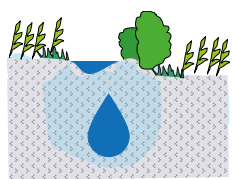
- Alternier différents types de cultures le long des pentes pour augmenter la « rugosité » du paysage.
- Travailler selon les courbes de niveau (principe du Keyline) ou perpendiculairement à la pente.
- Limiter la vitesse de l'eau en commençant par le haut de la pente. Dans les coteaux boisés, intégrer la forêt dans la réflexion hydrologique, car il est fréquent que de l'eau sorte des zones boisées.
- Raccourcir la longueur des chemins de l'eau sur les parcelles agricoles : alternance de cultures, bandes enherbées, aménagements hydrologiques (baissières, noues, fossés à redents), mise en place de haies ou de lignes d'arbres.

Infiltrer l'eau pour alimenter le sol et les eaux souterraines



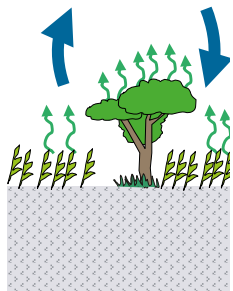
- Favoriser une structure du sol poreuse et stable.
- Limiter la compaction des sols (poids des machines), si nécessaire, décompacter grâce à un sous-solage réalisé parallèlement aux courbes de niveau pour infiltrer et distribuer l'eau dans le terrain.
- Réduire les travaux du sol qui ont un effet destructurant : travail simplifié, moins fréquent et moins intense.
- Favoriser l'activité biologique du sol (couverts végétaux diversifiés, amendements organiques) et maintenir la présence de racines vivantes pour maintenir une bonne porosité.

Stocker et cultiver l'eau dans les sols, la végétation et les paysages



- Le sol est une éponge vivante, il faut préserver et améliorer sa capacité à retenir l'eau : limiter l'érosion et la compaction, améliorer la structure du sol et sa stabilité et favoriser l'activité biologique.
- Maximiser et, dans la mesure du possible, diversifier la biomasse végétale vivante qui stocke de l'eau dans ses tissus, crée de la porosité et nourrit le sol.
- Aménager/préserver les zones humides telles que des mares temporaires (surfaces à litière) ou permanentes (réserve d'eau). Si envisageable, remettre à ciel ouvert les petits ruisseaux enterrés.
- Dans certains cas, on peut récupérer l'eau des toitures ou des chemins pour alimenter une mare ou une zone humide qui peut servir de réserve pour l'irrigation des cultures ou l'abreuvement du bétail.

Transpiration végétale pour rafraîchir le microclimat et alimenter le cycle local de l'eau

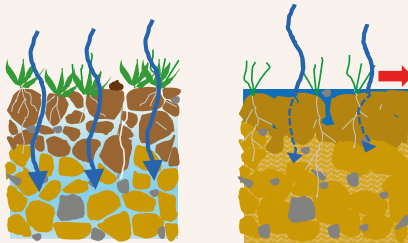


- Garder une végétation verte qui transpire le plus souvent/longtemps possible.
- Restaurer le bocage et introduire des arbres et des arbustes dans la zone agricole : arbres champêtres, haies, agroforesterie pour alimenter et améliorer le cycle local de l'eau.
- Opter pour une végétation hétérogène pour favoriser la condensation de l'eau transpirée.

Améliorer le fonctionnement des sols

Fonctionnement hydrique

La capacité d'un sol à stocker l'eau de pluie et à la restituer en suffisance aux cultures dépend de ses caractéristiques physiques (profondeur, réservoir en eau, porosité, perméabilité) mais également de certaines caractéristiques physico-chimiques et biologiques dont elles dépendent. Les organismes vivants du sol, y compris les racines de plantes, améliorent la porosité du sol et sa capacité à infiltrer l'eau. Ceci, combiné à une teneur en matière organique et en calcium suffisante, assure une certaine stabilité à la structure du sol et à sa porosité. Pour améliorer le fonctionnement hydrique d'un sol, il faut préserver ou améliorer certaines de ces propriétés.



Limiter l'érosion du sol et améliorer sa porosité et sa perméabilité

- Maintenir le sol couvert (végétation, mulch) au minimum sur 40 % de sa surface¹⁷
- Favoriser une structure poreuse et stable :
 - Réduire le travail du sol et son intensité (limiter les outils rotatifs à prise de force) ;
 - Limiter la profondeur d'intervention ;
 - Réduire la compaction : ne pas intervenir sur sol mouillé, limiter le poids des machines, éviter de rouler dans les raies de labour. Si besoin, supprimer les zones compactes par un sous-solage lorsque le sol est friable (pas humide). Les dents de l'outil doivent atteindre le dessous de la zone compacte, ce qui nécessite un diagnostic de la profondeur du problème (test à la bêche ou petit profil cultural) ;
 - Favoriser la présence d'une végétation et de racines vivantes ;
 - Entretenir la matière organique (MO) et le calcium du sol.
- Limiter la longueur des parcelles pour limiter le volume et l'intensité du ruissellement. À partir de 50 m de longueur, un sol nu ou peu couvert subit généralement des dégâts d'érosion¹⁷.

Maintenir de bonnes conditions physico-chimiques et biologiques

- Assurer un taux de MO suffisant, idéalement selon un ratio MO/argile > 17 %¹⁸ : laisser suffisamment de résidus de récolte matures (cellulose, lignine) et/ou apporter du fumier. Si possible, ne pas exporter les pailles.
- Maintenir un taux de calcium suffisant pour assurer la cohésion des argiles et de la matière organique humifiée, chauler si nécessaire.
- Nourrir le sol et ses organismes de manière équilibrée : restitution conjointe de résidus végétaux matures et riches en cellulose (pailles) et de résidus végétaux immatures et riches en sucres (engrais verts)¹⁹.
- Encourager le processus d'humification grâce aux champignons du sol. Ils sont favorisés par la présence de résidus végétaux matures et défavorisés par les fongicides et le travail intense du sol.
- Éviter d'exposer le sol nu aux pluies et aux fortes chaleurs et limiter les pertes d'eau par ruissellement et évaporation.
- Favoriser les mycorhizes : réduction du travail du sol et des fongicides, éviter la fertilisation minérale excessive¹⁹.
- Assurer la présence des racines vivantes à l'architecture diversifiée.

Techniques culturales simplifiées (TCS), agriculture de conservation, de revitalisation ou de régénération

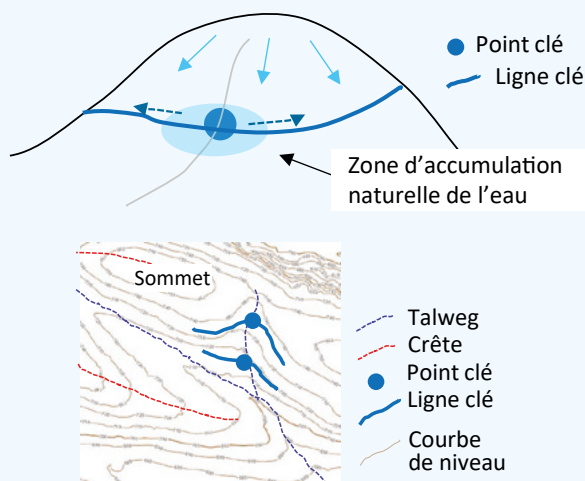
Plusieurs mouvements ont comme point commun de prôner une réduction du travail du sol (semis sous litière, en bandes fraisées ou semis direct), une couverture maximale du sol (cultures, plantes compagnes, couverts végétaux) et l'allongement et la diversification de la rotation (limitation des ravageurs, diversification de la couverture et de la nutrition du sol).

Ces pratiques, particulièrement efficaces pour améliorer le sol, comportent aussi de nombreux défis : difficulté à gérer les adventices et les ravageurs, investissement en matériel, modification de la rotation, rendements plus faibles au démarrage. Une phase de transition de quelques années est nécessaire ; l'observation, la formation et le partage d'expériences sont alors essentiels. Une fois mises en place, ces techniques permettent d'améliorer la capacité d'infiltration en eau des sols, la colonisation racinaire et, dans la plupart des cas, la capacité de rétention en eau du sol (réservoir utile)^{20, 21}. En général, elles deviennent aussi avantageuses du point de vue économique.

Aménager les chemins de l'eau

Système de conception par ligne clé – Keyline design

Ce système se base sur la compréhension de la forme du terrain et de la façon dont l'eau y circule. L'objectif est de ralentir l'écoulement de l'eau pour maximiser son infiltration dans le sol. Naturellement, l'eau s'écoule sur les crêtes et s'accumule dans les vallées. Dans un paysage, l'endroit où la pente faiblit et où l'eau ralentit correspond à un point clé (keypoint)⁷. La ligne clé, ou keyline, est la courbe de niveau qui passe par un point clé.



Les points clés peuvent être identifiés grâce aux cartes topographiques et aux observations de terrain. Les lignes clés peuvent être tracées à l'aide de cartes topographiques et d'un GPS ou plus simplement d'un niveau égyptien sur le terrain.

Différents types d'aménagements peuvent être mis en place le long des points et lignes-clés pour ralentir l'eau :

- Cultures selon les courbes de niveau et mise en place de végétation pérenne le long de certaines lignes-clés.
- Sous-solage en suivant les courbes de niveau pour favoriser l'infiltration de l'eau et la répartir dans le terrain.
- Baissières le long de certaines lignes-clés et mares temporaires au niveau de certains points-clés.

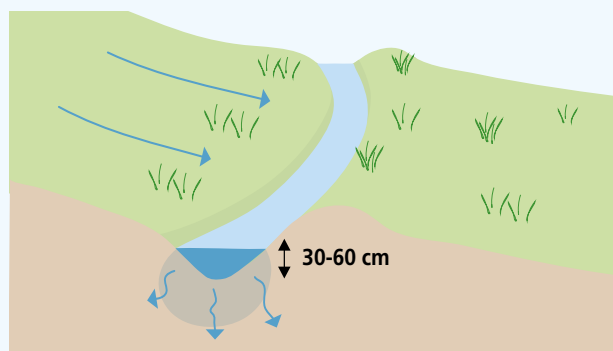
Les ouvrages hydrologiques : baissières, noues, fossés à redents

Ils ont pour objectif de capter l'eau de ruissellement pour la stocker temporairement et l'infiltrer, ou la ralentir et l'acheminer. Le type et la dimension de l'ouvrage sont choisis en fonction de la pente du terrain, du volume d'eau attendu, de la perméabilité du sol et de la place à disposition. L'évacuation du surplus d'eau, y compris lors de pluies exceptionnelles, doit être au préalable clairement identifiée. Un entretien régulier est essentiel pour leur bon fonctionnement.

Baissière (fossé d'infiltration)

Dépression ou tranchée peu profonde (30-60 cm) creusée le long des courbes de niveau pour capter l'eau de ruissellement et l'infiltrer. La terre excavée pour créer la dépression est utilisée pour former un bourrelet à l'aval de la baissière.

L'ensemble est végétalisé (enherbement au fond, souvent arbres ou arbustes sur le bourrelet). En l'absence de pente, l'évacuation du trop-plein d'eau doit être prévue dans le bourrelet.



Baissière (modifié selon 7)

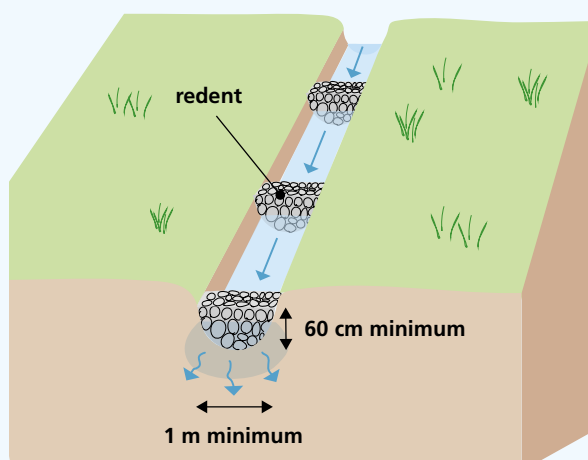


Ligne d'arbres implantés à l'aval d'une baissière

Noue

Dépression peu profonde et large, creusée perpendiculairement à la pente et végétalisée. Le fond de la noue possède une légère pente (1-3 %) qui permet de diriger l'eau vers un exutoire (ruisseau, mare...). Son profil très évasé facilite son entretien⁷.

Fossé à redents



Fossé à redents (modifié selon 7)

Fossé équipé de petits obstacles appelés redents, constitués souvent de pierres empilées, qui ralentissent l'écoulement de l'eau et permettent de la diriger vers un exutoire tout en favorisant son infiltration. Contrairement aux baissières et



Vue d'un fossé à redents

aux noues, ils sont creusés dans le sens de la pente et sont souvent plus profonds que larges.

La mise en place de ces aménagements pose plusieurs défis : diminution de la surface cultivée, entretien, obstacle à la mécanisation, coût. De plus, en fonction de leur ampleur, certains d'entre eux nécessitent une autorisation. Le type, l'emplacement et la dimension des aménagements doivent être adaptés à chaque situation (topographie, type de sol, mécanisation, type de production, besoins...).

Végétaliser et arboriser

Couverts végétaux en interculture et cultures relais

- Les couverts végétaux en interculture (engrais verts ou dérobées fourragères) comblent les périodes sans culture principale. Ils offrent une multitude d'avantages : protection des sols contre l'érosion et les fortes chaleurs, amélioration de la porosité des sols, apport de matières organiques, etc... Idéalement, les couverts devraient être semés juste après la récolte pour bénéficier de l'humidité résiduelle du sol.
- Les cultures relais, encore peu développées en Europe, consistent à cultiver plusieurs cultures dans le même champs, celle-ci se chevauchant dans l'espace et dans le temps : la 2^e culture est implantée dans la 1^{re} culture où des bandes ont été ménagées à cet effet. La 2^e culture continue de se développer après la récolte de la 1^{re} culture. Cette pratique est actuellement en expérimentation en Suisse²².

Agroforesterie

Il existe une grande variété de systèmes agroforestiers en Suisse. Outre les systèmes traditionnels, tels que les pâturages boisés ou les châtaigneraies, le nombre de systèmes sylvo-arables ou sylvopastoraux augmente depuis quelques années. Les haies font aussi partie des systèmes agroforestiers. En Suisse, il s'agit surtout de haies de promotion de la biodiversité. Les bocages, tels qu'ils existent par exemple en France, étaient autrefois répandus, mais sont aujourd'hui très rares.

L'effet de l'agroforesterie sur le microclimat d'une parcelle, ou même d'un paysage, varie en fonction du système et des espèces choisies. De manière générale, les arbres et arbustes plantés en rangées en zone agricole sont non seulement esthétiques, mais fournissent également de très nombreux services^{23, 24} :

- Modération des températures extrêmes et rafraîchissement du milieu (ombre, humidité).
- Brise-vent et réduction de l'érosion éolienne : une lignée semi-perméable d'arbres et arbustes réduit la vitesse du vent jusqu'à une distance de 20 fois sa hauteur.
- Limitation de l'échaudage des cultures et réduction de l'évapotranspiration (jusqu'à 30 % en moins²³).
- Ralentissement des écoulements d'eau et amélioration de son infiltration. Réduction de l'érosion hydrique.
- Restitution de matière organique (feuilles, racines mortes), stimulation de la vie du sol et formation d'humus ; stabilisation de la structure du sol et amélioration de sa capacité d'infiltration et de rétention d'eau.

- Restitution en surface d'eau et de nutriments prélevés par les racines dans les couches profondes du sol qui sont peu accessibles aux cultures annuelles.
- Réseau de mycorhizes dont la densité augmente avec la diversité des essences

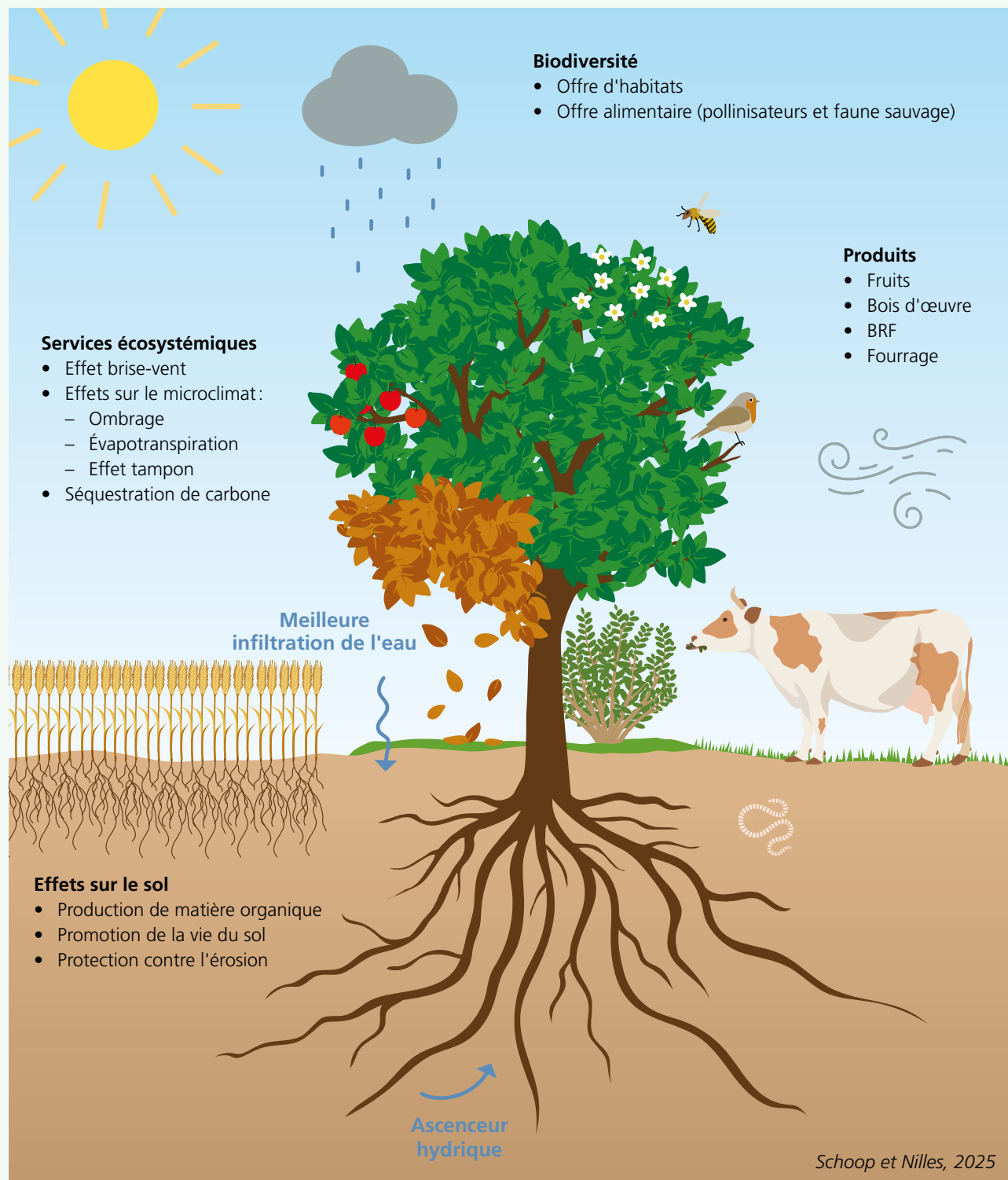
Les arbres et arbustes alimentent le cycle local de l'eau durant toute la période de végétation. L'hétérogénéité qu'ils amènent dans le paysage et les aérosols qu'ils émettent favorisent la condensation locale de l'eau.

Leur présence pose toutefois plusieurs défis :

- Concurrence hydrique et minérale vis-à-vis des cultures à proximité immédiate : elle peut être limitée en coupant régulièrement les racines des arbres (labour, disque ou lame).
- Concurrence vis-à-vis et la lumière : pour limiter l'ombre portée, les lignes d'arbres devraient être placées selon une orientation Nord-Sud. Pour certaines productions, une augmentation de l'ombrage peut aussi être souhaitée (cultures maraîchères).
- Coût : investissement conséquent pour la plantation et le matériel, travail supplémentaire pour l'entretien, durée d'amortissement relativement longue puisqu'il faut attendre plusieurs années avant les premières récoltes (fruits, bois). La rentabilité financière à long terme peut ainsi paraître incertaine.

suite page suivante →

- Nécessité d'irriguer les premières années si les conditions sont sèches.
- Risques liés aux ravageurs : campagnols, abrutissement par des chevreuils ou des cerfs, oiseaux (flèches cassées).
- Besoin de planification à long terme : les structures agroforestières doivent être raisonnées sur de nombreuses années.
- Situation juridique floue : les systèmes agroforestiers modernes ne sont pas encore tous codifiés dans les recensements agricoles, mais la situation devrait changer avec la politique agricole 2030.



Les fonctions des arbres et arbustes dans l'agroforesterie

Choix des mesures : bien connaître et observer le contexte

Climat

Le régime des précipitations est très variable suivant les régions de Suisse. Dans le cadre d'une exploitation agricole, un sol devrait être capable d'absorber des pluies ayant un temps de retour ≤ 50 ans, c'est-à-dire les pluies qui, statistiquement, se produisent une fois tous 50 ans²⁵. Les cumuls et les intensités de pluie ayant un temps de retour de 50 ans peuvent être calculés pour différentes stations sur le site de MétéoSuisse²⁶. Des exemples sont présentés dans le Tableau 1.

La Suisse est soumise à 3 vents principaux : le vent d'ouest, généralement humide, le foehn, chaud et sec, et la bise, sèche en été, froide et humide en hiver²⁷. Les vents secs ont pour effet d'augmenter l'évapotranspiration de 1 à 2 mm/j en été. L'implantation de haies ou de lignées d'arbres permet d'avoir un effet brise-vent et peut aussi être raisonnée en fonction de la direction des vents secs dominants.

	Précipitations cumulées (mm)							
	Payerne (VD)	Sion (VS)	Wynau (BE)	Wädenswil (ZH)	St Gallen (SG)	Bâle (BS)	Fahy (JU)	Cadenazzo (TI)
1 heure	55	32	45	60	52	40	41	64
1 jour	85	80	103	111	120	84	97	258

Tableau 1 : Précipitations avec un temps de retour de 50 ans dans différentes régions suisses

Topographie

- La forme et l'inclinaison des pentes conditionnent les écoulements d'eau : l'eau a tendance à se disperser dans les zones convexes et s'accumuler dans les zones concaves. La topographie dessine des lignes de crêtes convexes généralement sèches, et des lignes de creux concaves généralement humides (talweg).
- Plus les pentes sont longues, plus l'eau de ruissellement gagne en vitesse et en volume : il est plus simple de ralentir et d'intercepter l'eau de ruissellement de manière régulière pour éviter d'avoir de gros volumes difficiles à gérer.
- Dans les pentes d'inclinaison $\geq 25-30\%$, des glissements de terrain sont possibles : la prudence est nécessaire avant d'augmenter fortement l'infiltration car l'eau alourdit le terrain et le rend plus malléable et glissant.

Sol

- La structure du sol conditionne sa perméabilité à l'eau : est-elle compactée, poreuse et stable, poreuse mais instable ?
- La structure de surface peut être évaluée grâce à un test à la bêche (Testbeche.ch). Au-delà de 40 cm de profondeur, l'observation d'un profil cultural est nécessaire et toujours très instructive.
- La stabilité de la structure peut être évaluée en immergeant des agrégats dans l'eau et en observant s'ils résistent ou se désagrègent rapidement (Slake test).
- Le régime hydrique d'un sol et son RU peuvent être estimés grossièrement en se basant sur la profondeur et la granulométrie. S'il est peu caillouteux, un sondage à la tarière manuelle peut fournir une bonne indication. Une estimation plus fiable nécessite l'observation d'un profil cultural.

Écoulement de l'eau

- Il est très instructif d'observer l'écoulement de l'eau sur le terrain lorsqu'il pleut (pluies douces et pluies d'orages) : quels sont les chemins préférentiels de l'eau ? Où sont les zones d'accumulations ? Où s'évacue l'eau excédentaire ? Est-ce que des problèmes liés à l'eau sont visibles (érosion, zones de stagnation) ?
- De nombreuses cartes relatives à l'eau sont disponibles sur le géoportail de la confédération (map.geo.admin.ch) : cartes des écoulements, carte du risque d'érosion, carte de l'aléa ruissellement.
- Avant d'intervenir sur l'écoulement de l'eau, il est impératif d'identifier où pourra s'évacuer l'eau excédentaire. Les exutoires doivent être clairement identifiés et, si nécessaire, leur capacité à recevoir de l'eau supplémentaire vérifiée.

Paysage, utilisation historique et actuelle des sols

L'évolution du paysage peut être visualisée grâce aux cartes et aux photographies aériennes historiques disponibles sur le géoportail de la confédération. Il est intéressant de relever où se trouvaient les anciennes zones humides, les anciennes haies, les anciens chemins ; ils n'étaient en général pas là par hasard.

Contexte agricole

Il existe un grand nombre de mesures pour améliorer le cycle local de l'eau (travail par ligne clés, baissières, agriculture de conservation des sols...). Elles sont plus ou moins adaptées aux différents contextes agricoles. Dans tous les cas, il vaut mieux commencer par ce qui est simple à mettre en place, par exemple, le soin aux sols qui est la base de travail. Commencer par des petits pas permet de limiter les coûts et les risques.

Par quoi commencer ?

- Observer : quel est l'état du sol ? Où ruisselle l'eau ? Qu'est ce qui fonctionne ou pas ? Construire à partir des constats.
- Si le sol est compact, envisager une décompaction selon les courbes de niveau (sous-solage).
- Maximiser la végétation et la couverture du sol pour le protéger de l'érosion, de la chaleur et du dessèchement.
- Soigner le sol afin de créer/maintenir l'effet « éponge ».
- Gérer le ruissellement en commençant par le point le plus haut et descendre progressivement.
- Prévoir le trop-plein des ouvrages, penser à la circulation du surplus d'eau et l'utiliser comme une ressource.
- Maximiser les interactions entre les différentes mesures/ouvrages pour les rendre encore plus efficaces.
- Observer, analyser et rétroagir.

Conclusion

- Le changement climatique constitue un défi majeur pour l'agriculture : les températures deviendront plus élevées, les sécheresses plus fréquentes, et en parallèle, les pluies et les orages plus intenses.
- L'irrigation peut, dans une certaine mesure, pallier localement et temporairement au manque d'eau, mais elle est coûteuse, n'est pas envisageable pour toutes cultures et puise dans les ressources en eau. Elle doit être précédée et accompagnée par des mesures permettant de mieux valoriser l'eau de pluie et de conserver l'eau dans les sols.
- La restauration du cycle local de l'eau permet d'améliorer la disponibilité en eau et de rendre le milieu plus résistant aux événements climatiques extrêmes. Ceci stabilise les rendements agricoles à moyen et long terme ainsi que la disponibilité en eau potable. Les mesures déployées à cette fin ont également pour effet de rafraîchir le microclimat.
- L'eau de pluie est une ressource précieuse : il faut la capter au plus près de son point de chute pour la conserver, la valoriser et éviter qu'elle ne se transforme en menace sous forme de ruissellement. La Figure 14 (Permalab ©) montre comment les différentes mesures peuvent être placées dans un bassin versant.
- Des projets de restauration du cycle de l'eau ont été initiés avec succès dans plusieurs régions du monde. En Europe, la Slovaquie est le premier pays à s'être engagé dans cette voie⁶. En France, plusieurs projets ont déjà été déployés, en particulier dans le sud du pays qui est menacé de désertification. En Suisse, le projet ressource Slowwater, débuté en 2025, va tester la mise en œuvre de telles mesures dans des exploitations agricoles pilotes.

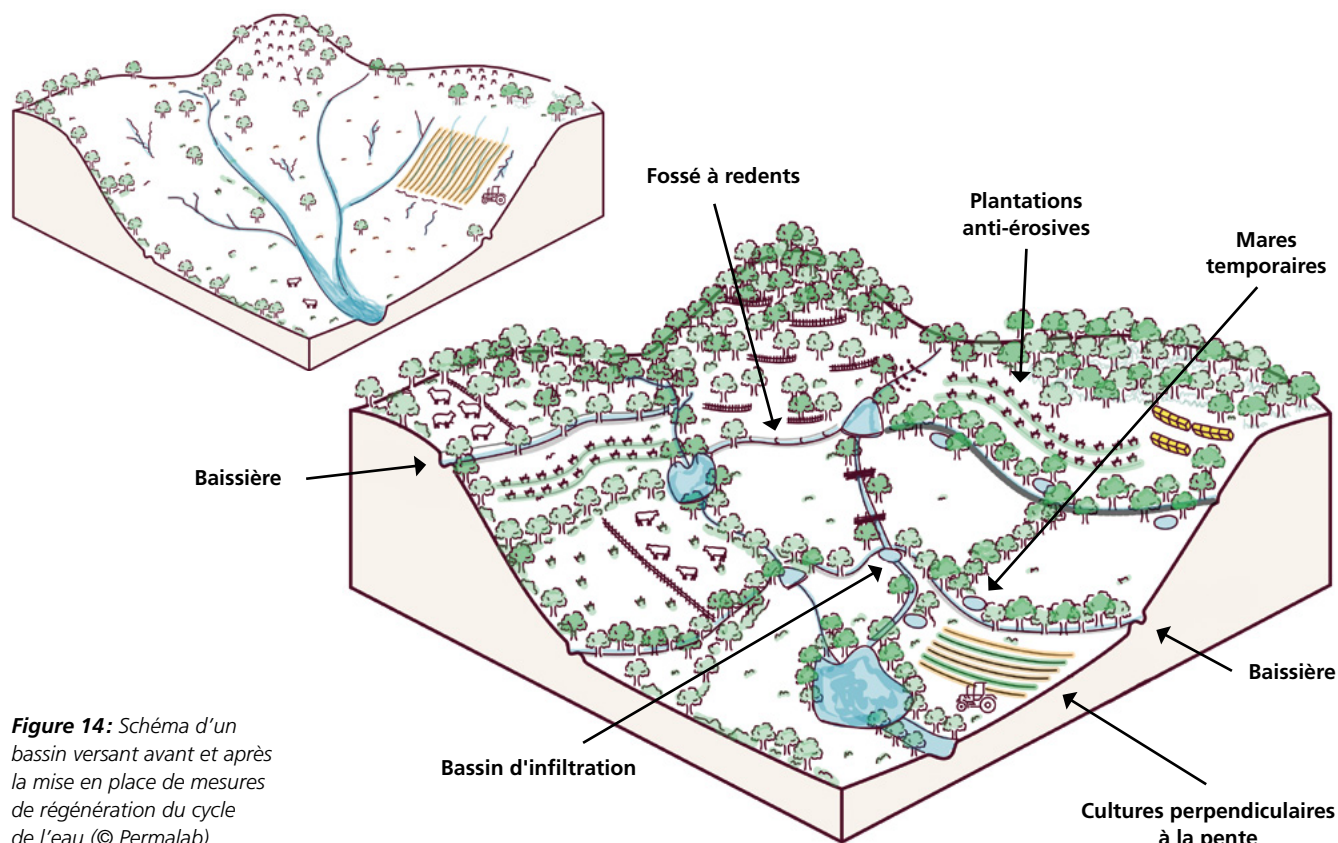


Figure 14: Schéma d'un bassin versant avant et après la mise en place de mesures de régénération du cycle de l'eau (© Permalab)

Glossaire

- **Chaleur sensible:** quantité de chaleur échangée entre deux corps, en l'absence de changement de phase physique. Elle est qualifiée de « sensible » car le transfert thermique modifie la température des corps, ce qui peut être ressenti ou mesuré par un observateur. Elle s'oppose en cela à la « chaleur latente », qui, elle, est absorbée lors d'un changement de phase physique, sans changement de température.
- **Chaleur latente:** énergie nécessaire pour passer d'un état physique à un autre, par exemple de l'état liquide à l'état gazeux. Elle est dite « latente » car le transfert d'énergie ne s'accompagne pas d'un changement de température.
- **Eau bleue:** eau présente dans les cours d'eau, les lacs, les nappes souterraines et les retenues de stockage.
- **Eau verte:** eau présente dans le sol et la végétation.
- **Eau de surface:** eaux superficielles constituées de l'ensemble des masses d'eau courantes ou stagnantes, douces, saumâtres ou salées qui sont en contact direct avec l'atmosphère. Elles englobent les rivières et les lacs, mais également les canaux et les retenues artificielles.
- **Évaporation:** passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux
- **Évapotranspiration:** combinaison des processus d'évaporation de l'eau du sol et des surfaces et de transpiration d'eau par les plantes.
- **Évapotranspiration potentielle (ETP):** quantité maximale d'eau qui pourrait être transpirée par la végétation et évaporée du sol en situation d'approvisionnement en eau suffisant. Elle est déterminée uniquement par des facteurs climatiques (température, ensoleillement, vent et humidité de l'air).
- **Transpiration végétale:** évacuation d'eau sous forme de vapeur par les feuilles des plantes. La transpiration permet le refroidissement des feuilles en continu.
- **Réaction endothermique:** réaction qui absorbe de l'énergie du milieu environnant et s'accompagne d'une diminution de température
- **Réservoir utile en eau (RU):** réserve d'eau maximale qu'un sol peut stocker et restituer aux plantes.
- **Réservoir facilement utilisable (RFU):** proportion du RU qui est facile à prélever par les plantes. Il représente entre la moitié et les deux tiers du RU.
- **Rugosité du paysage:** ensemble des irrégularités d'un paysage qui peuvent être liées au relief, à la végétation ou aux infrastructures.

Sources

1. Auerswald K., Geist J., Quinto John N., and Fiener P. (2025): Floods and droughts – are land use, soil, management, and landscape hydrology more significant drivers than increasing CO₂? Hydrol. Earth Syst. Sci., 29, 2185-2200.
2. Meteosuisse, OFEV (2020) mise à jour et adapté. <https://www.meteosuisse.admin.ch/climat/changement-climatique.html>, consulté en août 2025.
3. Calanca P. (2024). Le changement climatique est déjà patent. UFA Revue.
4. Global commission on the economics of water (2024). The economics of water – Valuing the hydrological cycle as a global common good, OECD Environment Directorate (<https://watercommission.org/>).
5. Van der Ent R. J., Savenije H. H. G., Schaeffli B., Steele-Dunne S. C. (2010). Climate, Biodiversity and Water Division. Origin and fate of atmospheric moisture over continents, Water Ressources Research, Vol.45, W09525.
6. Kravcik M., Pokorny J., Kohutiar J., Kovac M., Toth E., Valette V., Climat et petits cycles de l'eau, les solutions du nouveau paradigme de l'eau. Editions Yves Michel, 2025
7. Bonvoisin S., Goldin F., Talin A. (2025). Cultiver l'eau douce, éditions Ulmer.
8. Sheil D. (2018). Forests, atmospheric water and an uncertain future: the new biology of the global water cycle. Forest Ecosystems (2018) 5:19
9. Bouthier A., Scheurer O., Seger M., Lagacherie P., Beaudoin N., Deschamps T., Sauter J., Fort JL., Cousin I. (2022). Réservoir en eau du sol utilisable par les cultures, éditions Arvalis.
10. Liniger H.P., Askrabic J. (2024). Protéger les sols de la chaleur: un impératif crucial. Revue UFA, 6.11.2024.
11. Zutter G (2023). Nackter Boden glüht. Die Grüne Nr. 11.
12. Liniger H.P., Askrabic J. (2025). Améliorer le cycle de l'eau en agriculture, cours Agridea jour 1, 28 janvier 2025.
13. Schwarzer S. (2021). Working with plants, soils and water to cool the climate and rehydrate Earth's landscapes, UN Environment program, Foresight brief 025. Science division, early warning, emerging issues and futures.
14. Hsu H. and Dirmeyer P. A. (2023). Soil moisture evaporation coupling shifts into new gears under increasing CO₂. Nature Communications 14:1162.
15. Agence européenne de l'environnement (2021) <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/soil-moisture-deficit?activeAccordion=ecdb3bcf-bbe9-4978-b5cf-0b136399d9f8>, consulté en août 2025.
16. Ricard S. (2025). Améliorer le cycle de l'eau en agriculture, cours Agridea, jour 2, 27 mars 2025.



**échanger
comprendre
progresser**

17. Mosimann T., Maillard A., Musy A., Neyroud, J.-A., Rüttimann M., Weisskopf P. (1991). Lutte contre l'érosion des sols cultivés. Rapport thématique du Programme national de recherche « Utilisation du sol en Suisse, Berne-Liebefeld », disponible en août 2025 sous https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/sol/fichiers_pdf/Mosiman_1991_OCR_I_web.pdf,
18. Johannes A., Matter A., Schulin R., Weisskopf P., Baveye P. C., Boivin P. (2017). Optimal organic carbon values for soil structure quality of arable soils. Does clay content matter? *Geoderma* 302.
19. Bucaille F. (2020). Revitaliser les sols : diagnostic, fertilisation, protection, éditions Dunod.
20. Alleto L., Bustillo V. (2023). Fonctionnement hydrique des sols en agriculture de conservation, *Revue Agronomie, Environnement et Société* 13-1.
21. USDA - Soil health literature review 03/2018 (2018). Soil Effects on Soil Water Holding Capacity and Soil Water Retention Resulting from Soil Health Management Practices Implementation.
22. Projet ressource 77a « Cultures relais ». <https://www.blw.admin.ch/fr/projet-ressource-cultures-intercalaires-en-relais>, consulté en août 2025.
23. Liagre, F. Santi, Y. Bachevillier, C. Sotteau. Produire avec les arbres : pour une agriculture différente. Association d'Agroforesterie de la région Centre Val de Loire.
24. Laban P. (2009). Principes d'Aménagement et de Gestion des Systèmes Agroforestiers – Guide technique PAGESA, Association Française Arbres et Haies Champêtres (AFAHC).
25. OFEV et OFAG (2013). Protection des sols dans l'agriculture. Un module de l'aide à l'exécution pour la protection de l'environnement dans l'agriculture. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1313.
26. <https://www.meteosuisse.admin.ch/services-et-publications/applications/periode-la-plus-longue.html>, consulté en novembre 2025.
27. Meteosuisse (2025): <https://www.meteosuisse.admin.ch/meteo/meteo-et-climat-de-a-a-z/vent.html>, consulté en août 2025.

Impressum

Edition	AGRIDEA Jordils 1 • CP 1080 CH-1001 Lausanne T +41 (0)21 619 44 00 F +41 (0)21 617 02 61 www.agridea.ch
Auteur-e-s	Nathalie Dakhel Robert, Agridea et Hanspeter Liniger, Uni Bern.
Collaboration	Johanna Schoop, Lisa Nilles, Manuela Bächtold, Danielle Albiker, Ludovic Piccot, AGRIDEA, Simon Ricard, Permalab
Mise en page	Johanne Martin, AGRIDEA
Impression	AGRIDEA
Groupe	Production végétale
Article No.	4979
© AGRIDEA, décembre 2025	

Crédits photos

1, 7 : Danielle Albiker
2, 6 : Hanspeter Liniger
3, 4, 5 : Nathalie Dakhel Robert
8 : [Permalab](#)