Sciences Eaux & Territoires
INRAE

https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2026.52.10382

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0). La citation comme l'utilisation de tout ou partie du contenu de cet article doit obligatoirement mentionner les auteurs, l'année de publication, le titre, le nom de la revue, le volume, le numéro de l'article et le DOI..

Comment les pratiques et infrastructures agroécologiques améliorent la disponibilité en eau des agroécosystèmes ?

Juan David DOMINGUEZ-BOHORQUEZ [1], Claire WITTLING [1], Delphine LEENHARD [1], Claire RICHERT [1]

[1] G-EAU, Univ Montpellier, AgroParisTech, BRGM, CIRAD, INRAE, Institut Agro, IRD, Montpellier, France.

Correspondance : Juan David Dominguez-Bohorquez, juan-david.dominguez-bohorquez@inrae.fr

Comment l'agroécologie peut-elle contribuer à mieux préserver l'eau dans les systèmes agricoles ? Cet article fait le point sur les effets de différentes pratiques agroécologiques, comme la couverture des sols, la réduction du travail du sol ou l'agroforesterie, ainsi que d'aménagements tels que les haies et les zones humides. Il montre comment ces solutions peuvent favoriser l'infiltration et la conservation de l'eau dans les sols, tout en soulignant que leur efficacité dépend du climat, du type de sol et des cultures concernées.

Introduction

La disponibilité en eau constitue l'un des principaux facteurs limitant la productivité et la stabilité des systèmes agricoles dans de nombreuses régions du monde. L'augmentation de la variabilité climatique, l'intensification des épisodes de sécheresse et la pression croissante sur les ressources en eau accentuent la vulnérabilité des agroécosystèmes. Dans ce contexte, la question de la gestion de l'eau en agriculture ne se limite plus à l'augmentation des apports hydriques par irrigation, mais concerne plus largement la capacité des systèmes agricoles à capter, stocker et mobiliser efficacement l'eau disponible.

Cette disponibilité dépend non seulement des apports hydriques (précipitations et irrigation), mais aussi des propriétés du sol, de la couverture végétale et de la dynamique racinaire. Deux parcelles recevant la même quantité d'eau peuvent ainsi présenter des niveaux de stress hydrique très différents. Le fonctionnement intégré du système sol-plante-atmosphère détermine la circulation, le stockage et l'utilisation de l'eau par les cultures, soulignant l'importance d'adopter des pratiques et infrastructures agricoles capables de favoriser la disponibilité de l'eau pour les cultures.

Dans ce cadre, de nombreuses pratiques agricoles et infrastructures paysagères contribuent à la préservation et à la régénération des ressources naturelles, et sont qualifiées d'agroécologiques dès lors qu'elles participent à ces objectifs. L'agroécologie propose une approche fondée sur la mobilisation de processus écologiques afin d'améliorer ce fonctionnement hydrique des agroécosystèmes. Plutôt que de seulement augmenter les apports d'eau, elle vise à optimiser l'utilisation de l'eau de pluie et d'irrigation quand nécessaire, à réduire les pertes d'eau et à renforcer la capacité des sols à stocker et restituer l'eau aux cultures. Ces transformations reposent sur un ensemble de pratiques agricoles et d'infrastructures paysagères que l'on regroupe par commodité sous le terme de « pratiques et infrastructures agroécologiques », dans la mesure où elles contribuent à ces objectifs agroécologiques tout en modifiant progressivement les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols ainsi que le fonctionnement hydrique des systèmes agricoles.

L'objectif de cet article est d'analyser comment les pratiques et infrastructures agroécologiques influencent la disponibilité en eau des agroécosystèmes en modifiant les différents termes du bilan hydrique et compartiments du système sol-plante-atmosphère. Après avoir défini les

processus hydrologiques du système sol-plante-atmosphère permettant d'améliorer la disponibilité en eau et précisé les principaux leviers biophysiques permettant d'améliorer cette disponibilité, cet article vise plus précisément à 1) analyser comment différentes pratiques et infrastructures agroécologiques agissent sur ces leviers et 2) quantifier ces effets à partir (d'une synthèse) de la littérature scientifique. En mobilisant le bilan hydrique comme cadre d'analyse, cet article propose une lecture intégrée des mécanismes par lesquels l'agroécologie peut renforcer la résilience hydrique des systèmes agricoles.

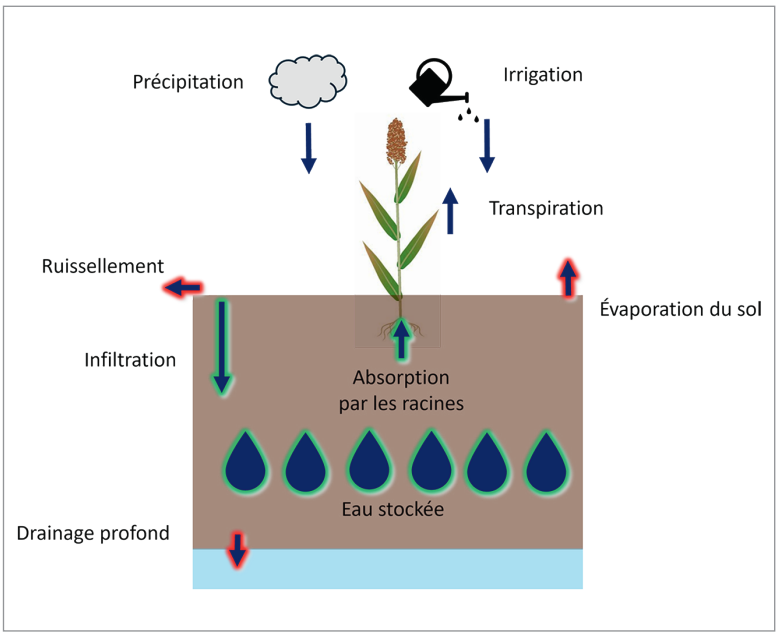
Bilan hydrique et leviers d'amélioration de la disponibilité en eau

La disponibilité en eau dans les systèmes agricoles

L'eau disponible pour les plantes correspond à la fraction d'eau présente dans le sol qui peut être effectivement absorbée par les racines et utilisée pour les fonctions physiologiques de la plante, notamment la transpiration pour la production de biomasse. Elle dépend des apports d'eau (précipitations et irrigation) et de la manière dont cette eau est stockée et mobilisée dans le système sol-plante-atmosphère.

On distingue à cet égard deux notions complémentaires : le réservoir utile du sol, qui correspond à la quantité totale d'eau que le sol peut stocker entre la capacité au champ (teneur en eau du sol après drainage de l'eau gravitaire) et le point de flétrissement permanent (teneur en eau en dessous de laquelle la plante ne peut plus extraire l'eau), et le réservoir facilement utilisable, qui représente la fraction de ce stock effectivement accessible sans contrainte hydrique pour la plante et mobilisable au cours du temps en fonction des capacités d'extraction racinaire.

Figure ❶ – Schéma du bilan hydrique à l'échelle de la parcelle. Les compartiments entourés en vert correspondent aux processus à favoriser, tandis que ceux en rouge représentent les pertes d'eau à limiter afin d'améliorer la disponibilité en eau pour les cultures.



Le fonctionnement hydrique d'une parcelle agricole peut être décrit à travers son bilan hydrique, qui exprime l'équilibre entre les flux d'eau entrant et sortant du système ainsi que les variations du stock d'eau dans le sol selon la période considérée :

$$P + I = Es + T + R + D + \Delta S$$

où P représente les précipitations, I les apports d'irrigation, Es l'évaporation du sol, T la transpiration, R le ruissellement de surface, D le drainage profond, ΔS la variation du stock d'eau dans le sol.

Les apports d'eau ($P + I$) alimentent le système, une partie s'infiltre et est stockée temporairement dans le sol (ΔS), tandis qu'une autre fraction sort du système. Ces flux sortants correspondent aux transferts vers l'atmosphère par évaporation du sol et transpiration des plantes (Es, T), au ruissellement de surface (R) lorsque l'infiltration est limitée, ainsi qu'au drainage profond (D) vers les horizons situés en dessous de la zone racinaire. La dynamique et la répartition de ces flux déterminent la quantité d'eau effectivement disponible pour les cultures au cours du cycle cultural.

Dans le cadre de cette étude, le bilan hydrique est considéré selon une approche unidimensionnelle verticale. Cette représentation simplifiée suppose que les flux d'eau sont principalement verticaux et néglige donc les transferts latéraux de subsurface ainsi que les apports par ruissellement amont. De plus, les remontées capillaires éventuelles depuis la nappe phréatique ne sont pas prises en compte. Cette hypothèse permet de se concentrer sur les principaux processus contrôlant la disponibilité en eau dans la zone racinaire.

Les principaux leviers d'amélioration de la disponibilité en eau

La figure ❶ illustre le bilan hydrique à l'échelle de la parcelle et met en évidence les principaux flux pouvant être modulés afin d'améliorer la disponibilité en eau dans les agroécosystèmes. Ces flux sont associés à cinq leviers d'amélioration de la disponibilité en eau.

Mieux valoriser l'eau de pluie et d'irrigation

Il s'agit de maximiser la fraction d'eau de pluie et/ou d'irrigation effectivement accessible aux plantes au cours du cycle cultural. Cela implique également d'assurer l'adéquation entre la disponibilité des ressources hydriques et les besoins des plantes, afin que l'eau puisse être mobilisée au moment où elle est nécessaire à leur croissance.

Améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol

Une part importante des précipitations et des irrigations peut être perdue par ruissellement lorsque l'infiltration dans le sol est limitée. L'état de surface du sol, la couverture végétale et la topographie influencent la pénétration de l'eau dans le profil, qu'elle provienne de la pluie, de l'irrigation ou du ruissellement amont. Favoriser l'infiltration et réduire le ruissellement aval permet donc d'augmenter l'apport effectif d'eau disponible pour le sol et les cultures.

Accroître le stockage d'eau dans le sol

La capacité du sol à retenir l'eau dépend de sa texture, de sa structure, de sa teneur en matière organique et de l'organisation de sa porosité. La structure du sol désigne l'agencement des particules en agrégats, tandis que

l'organisation des pores correspond à la distribution des espaces vides qui contrôlent à la fois le stockage et la circulation de l'eau.

Le réservoir utile varie ainsi fortement selon ces caractéristiques : il est généralement plus faible dans les sols sableux, caractérisés par une prédominance de pores de grande taille favorisant le drainage, et plus élevé dans les sols limoneux, qui offrent généralement un compromis favorable entre infiltration et rétention de l'eau disponible pour les plantes. Dans les sols très argileux, une proportion importante de l'eau est retenue dans des pores de petite taille et à des potentiels matriciels auxquels elle devient difficilement extractible par les racines. La matière organique contribue également à son augmentation en améliorant la structure du sol et en stabilisant une porosité plus favorable à la rétention de l'eau.

Améliorer l'accès racinaire à l'eau stockée

La profondeur et la distribution spatiale des racines conditionnent l'accès à l'eau stockée. Un système racinaire plus étendu ou composé de racines ayant des rôles différents permet d'exploiter différentes couches du sol contenant de l'eau, permettant d'exploiter un volume de sol plus important et d'accéder à des réserves hydriques situées dans des horizons plus profonds.

Réduire les pertes d'eau

Les pertes par évaporation du sol, ruissellement et drainage profond diminuent la fraction d'eau disponible. Limiter ces flux augmente la quantité d'eau disponible pour les plantes et améliore l'efficience de l'utilisation de l'eau dans la parcelle.

Les propriétés hydrodynamiques du sol jouent un rôle central, car elles déterminent la manière dont l'eau circule dans le sol, est retenue dans le profil et devient accessible aux plantes. Ces propriétés comprennent notamment la capacité de rétention d'eau, la capacité au champ, le point de flétrissement permanent, la conductivité hydraulique et la distribution de l'eau entre les différents types de pores. Elles sont influencées par les caractéristiques physiques du sol (texture, structure, porosité), ses propriétés chimiques (teneur en matière organique, pH, salinité) ainsi que ses propriétés biologiques (biomasse et activité microbienne, présence de mycorhizes).

Effets des pratiques et infrastructures agroécologiques sur les compartiments du bilan hydrique

Les pratiques et infrastructures agroécologiques reposent sur un socle commun visant à mobiliser les processus écologiques afin de soutenir durablement la production agricole. Elles contribuent toutes deux au fonctionnement des agroécosystèmes en favorisant la biodiversité, la régulation biologique, le cycle des nutriments et la disponibilité de l'eau dans le sol. Toutefois, elles se distinguent par leur nature opérationnelle, leur temporalité et leur niveau d'intégration spatiale. Les pratiques agroécologiques correspondent à des modalités de gestion du système de culture qui modulent le fonctionnement de l'agroécosystème, en agissant directement sur les processus biologiques, hydriques et biogéochimiques dans l'interaction sol-plante-atmosphère (Wezel *et al.*, 2014). Elles relèvent d'actions dynamiques et ajustables dans le temps, appliquées à l'échelle de la plante, de la parcelle ou du système de culture. Les infrastructures agroécologiques, à l'inverse, correspondent à des éléments spatiaux semi-naturels ou aménagés intégrés durablement dans l'organisation du paysage agricole, constituant des habitats pour la biodiversité et des structures régulatrices des flux d'eau, d'énergie, de nutriments et de matière organique. Elles agissent comme des supports écologiques permanents dont les effets s'expriment principalement à moyen et long terme et à des échelles spatiales élargies, allant de la parcelle au paysage (Sarthou, 2022).

Les pratiques et infrastructures agroécologiques modifient le fonctionnement hydrique des agroécosystèmes en agissant sur les différents leviers d'amélioration du bilan hydrique présentés dans la section précédente. Elles influencent les flux d'eau en modifiant les propriétés du sol, la structure de la végétation et les interactions entre le sol, les plantes et l'atmosphère, mais selon un niveau de complexité et des échelles d'action variées. Certaines pratiques reposent sur des ajustements relativement simples à l'échelle de la parcelle et du cycle cultural. Elles visent principalement à améliorer l'adéquation entre la disponibilité en eau (en particulier l'eau de pluie) et les besoins en eau des cultures. Leurs effets peuvent apparaître rapidement et constituent souvent les premiers leviers mobilisables dans l'adaptation des systèmes agricoles aux contraintes hydriques. D'autres pratiques, ou la mise en place d'infrastructures, impliquent des transformations plus profondes du fonctionnement de l'agroécosystème. Elles agissent sur les propriétés structurales du sol, la diversification biologique ou l'organisation spatiale du paysage agricole. Ces changements s'inscrivent dans des échelles temporelles plus longues (rotation, trajectoire de gestion des sols) et spatiales plus larges (système de culture ou paysage), nécessitant une analyse systémique plus complexe mais générant également des effets hydriques et hydrologiques plus durables.

Pratiques améliorant la valorisation de l'eau de pluie et d'irrigation

La valorisation de l'eau de pluie constitue un premier levier pour améliorer l'utilisation des précipitations par les cultures et limiter les pertes liées au décalage entre les périodes de pluie et les besoins en eau des plantes. Les pratiques reposent principalement sur l'adaptation des systèmes de culture afin de mieux synchroniser les phases du développement des cultures les plus sensibles au stress hydrique avec les périodes de disponibilité en eau. Elles se traduisent notamment par le choix d'espèces ou de variétés mieux adaptées au régime pluviométrique local, l'ajustement des dates de semis et de la durée des cycles culturaux et l'organisation des successions culturales de manière à tirer parti des différentes périodes de disponibilité hydrique au cours de l'année.

Dans les systèmes irrigués, les leviers d'action concernent également l'amélioration de l'efficience de l'irrigation. Cela passe notamment par l'adoption de systèmes d'irrigation localisée, tels que le goutte-à-goutte de surface ou enterré, ainsi que par l'optimisation du pilotage de l'irrigation à l'aide de capteurs d'humidité du sol et d'outils d'aide à la décision, comme les modèles de bilan hydrique, permettant de mieux ajuster les apports et de réduire les besoins en irrigation (Serra-Wittling *et al.*, 2019).

Pratiques favorisant l'infiltration de l'eau dans le sol

Le remplissage du sol est assuré par la fraction des précipitations et irrigations qui infiltre effectivement le profil du sol. Dans de nombreux systèmes agricoles, la dégradation structurale des sols limite cette infiltration et favorise le ruissellement. Les pratiques favorisant la continuité des macropores, comme l'agriculture de conservation (réduction du travail du sol, rotation de cultures et couverture permanente du sol), augmentent la conductivité hydraulique du sol (Alletto *et al.*, 2022). Les systèmes racinaires permanents, les couverts végétaux et les prairies créent des biopores issus des racines vivantes et mortes, facilitant l'infiltration rapide de l'eau vers les horizons profonds. Les paillages organiques, les résidus de culture et les couverts végétaux amortissent également l'impact des gouttes de pluie, limitant la formation de croûtes de battance et favorisant l'infiltration.

À des échelles spatiales plus larges, des aménagements tels que les bandes enherbées, les terrasses ou les dispositifs inspirés du *keyline design*[1] ralentissent les écoulements de surface, augmentent le temps de résidence de l'eau et favorisent son infiltration latérale et verticale (Deng *et al.*, 2021).

Pratiques augmentant le stockage d'eau dans le sol

La capacité du sol à stocker l'eau dépend fortement de sa structure et de sa teneur en matière organique. L'augmentation de la teneur en carbone organique peut améliorer la stabilité des agrégats et modifier l'organisation de la porosité, pouvant améliorer ainsi la capacité de rétention en eau. Les systèmes racinaires contribuent également à ces transformations par leur croissance et leur renouvellement, qui favorisent la création de biopores ainsi que la formation et la stabilisation des agrégats dans la rhizosphère. Les rotations diversifiées, l'intégration de prairies temporaires ou permanentes, les couverts végétaux, le maintien des résidus de culture et les apports organiques favorisent progressivement ces processus et contribuent à la formation d'une structure du sol plus stable. Ces transformations nécessitent généralement plusieurs années pour produire des effets hydriques et hydrologiques significatifs. Elles constituent néanmoins un levier majeur de résilience face aux sécheresses prolongées en augmentant la capacité tampon du sol vis-à-vis des variations climatiques.

Pratiques augmentant le volume d'exploration racinaire

La disponibilité en eau dépend non seulement du volume d'eau stocké dans le sol, mais aussi de la capacité des plantes à y accéder. Le choix d'espèces ou de variétés présentant des systèmes racinaires plus profonds ou plus efficaces constitue un premier levier pour améliorer l'accès aux ressources hydriques, certaines plantes étant capables d'exploiter des horizons du sol peu accessibles à d'autres. Les systèmes agricoles diversifiés renforcent ensuite cette dynamique en favorisant une exploration racinaire plus étendue et complémentaire dans l'espace et dans le temps. Par exemple, les associations de cultures mobilisent différentes niches hydriques grâce à des architectures racinaires contrastées : certaines espèces exploitent les horizons superficiels tandis que d'autres accèdent à des réserves plus profondes, réduisant la compétition directe pour l'eau. Les systèmes agroforestiers illustrent particulièrement ce mécanisme. Les arbres peuvent accéder à l'eau profonde et contribuer à une redistribution hydraulique au sein du profil, modifiant localement la disponibilité en eau pour les cultures associées (Rolo *et al.*, 2023). Ces pratiques représentent généralement le niveau de complexité le plus élevé, car elles impliquent une reconfiguration du système de culture et produisent leurs effets à l'échelle pluriannuelle et paysagère.

Les systèmes diversifiés favorisent également le développement des associations mycorhiziennes, dont le réseau d'hyphes étend le volume de sol exploré par les plantes et améliore l'absorption de l'eau, notamment en conditions de déficit hydrique (Abdalla et Ahmed, 2021). Leur mise en place et leur maintien sont favorisés par des pratiques telles que les couverts végétaux, la diversification des rotations et la réduction de l'intensité du travail du sol.

Pratiques réduisant les pertes d'eau

La couverture du sol et la réduction du travail du sol jouent un rôle central dans la réduction de pertes d'eau. Les paillages organiques, les résidus de culture et les couverts végétaux limitent l'évaporation de l'eau du sol en réduisant le rayonnement incident et la température du sol. La consommation en eau des couverts végétaux vivants réduit aussi le drainage profond (Meyer *et al.*, 2020). La réduction du travail du sol contribue à préserver la structure du sol et à limiter le ruissellement et l'érosion hydrique, bien que ses effets sur l'infiltration puissent varier selon les conditions pédoclimatiques et l'ancienneté de la pratique.

Certaines infrastructures paysagères, telles que les haies ou les arbres implantés dans ou autour des parcelles (agroforesterie), modifient le microclimat local en réduisant la vitesse du vent et le déficit de pression de vapeur, ce qui peut limiter l'évapotranspiration des cultures adjacentes (Veste *et al.*, 2020).

Synthèse des effets des pratiques et infrastructures agroécologiques sur le bilan hydrique et la disponibilité en eau du sol

L'agroécologie transforme plus fondamentalement la manière dont l'eau de pluie et d'irrigation est captée, stockée et utilisée au sein de l'agrosystème. Les différents compartiments du bilan hydrique peuvent être plus ou moins influencés par les pratiques agricoles, dont les effets varient selon les échelles spatiales et temporelles considérées, ainsi que le contexte pédoclimatique.

Le tableau ❶ (p. 8) présente une synthèse des effets des pratiques et infrastructures agroécologiques, les principaux leviers mobilisés et les processus hydriques associés. Les pratiques sont classées selon un gradient croissant de complexité organisationnelle et d'échelle spatiale, comme proposé par Wezel *et al.* (2020). Certaines interventions reposent sur des ajustements rela-

1. Le *keyline design* est une méthode d'aménagement paysager qui utilise des lignes directrices naturelles (les *keylines*), tracées selon la topographie du terrain, pour optimiser la gestion de l'eau.

tivement simples à l'échelle de la plante ou du cycle cultural, tels que le choix variétal ou l'ajustement du calendrier cultural, tandis que d'autres impliquent des transformations plus profondes du fonctionnement du sol, du système de culture ou de l'organisation du paysage agricole, comme l'agriculture de conservation des sols, l'agroforesterie ou les aménagements paysagers (haies, terrasses, keylines).

Certaines interventions, comme l'agroforesterie, illustrent la capacité des pratiques agroécologiques à produire des effets à plusieurs échelles spatiales et à s'inscrire durablement dans le paysage. À l'échelle de la parcelle, elles influencent la transpiration des cultures et la redistribution locale de l'eau. À l'échelle de l'exploitation ou du paysage, elles modifient le microclimat, la redistribution des flux hydriques. Ces interventions combinent ainsi des leviers dynamiques de gestion du système de culture, ajustables dans le temps, avec des effets structurels et écologiques durables, contribuant à la régulation des flux d'eau et de nutriments et au maintien de la biodiversité sur le long terme. Une même pratique peut donc générer simultanément des effets à différentes échelles, dont l'expression dépend fortement du contexte local et des modalités de mise en œuvre.

Le tableau ❶ (p. 8) met en évidence que les effets sur l'eau associés aux pratiques ne s'expriment pas selon une temporalité unique. Certaines interventions génèrent des réponses rapides du bilan hydrique, observables à l'échelle d'un cycle cultural (par exemple le paillage, la gestion de l'irrigation ou l'ajustement de la date de semis), tandis que d'autres reposent sur des processus cumulatifs nécessitant plusieurs années, voire décennies, avant que leurs bénéfices hydriques ne deviennent pleinement mesurables. C'est notamment le cas de l'agriculture de conservation des sols ou de l'agroforesterie, dont les effets émergent progressivement à mesure que les propriétés physiques, biologiques et chimiques du sol évoluent et que l'agrosystème se réorganise. Ainsi, les effets d'une pratique ou infrastructure dépendent autant de sa nature que de la durée de pratique depuis son adoption et de la trajectoire d'évolution du système agricole.

Le tableau ❶ (p. 8) montre également que les pratiques agroécologiques agissent rarement de manière isolée sur un seul compartiment du bilan hydrique. Elles peuvent modifier simultanément les transferts d'eau à la surface et dans le sol (ruissellement, infiltration et drainage), les échanges avec l'atmosphère (évaporation et transpiration), ainsi que le stockage de l'eau et son accès par les plantes. Toutefois, l'intensité et parfois le caractère favorable ou défavorable de ces effets restent fortement conditionnés par le contexte pédoclimatique initial, qui peut moduler les réponses observées, notamment lors des premières années d'adoption.

La notion de disponibilité en eau doit être interprétée en fonction de l'échelle spatiale et temporelle considérée. Dépendante des espèces et de leurs interactions, elle peut conduire à des situations où une diminution apparente de l'eau disponible pour une culture donnée s'accompagne d'une amélioration du fonctionnement hydrique global du système. Dans cette perspective, certains effets qualifiés d'« antagonistes » à l'échelle de la culture principale doivent être interprétés avec précaution. Par exemple, la consommation en eau des couverts végétaux d'interculture ou la concurrence hydrique entre espèces associées peuvent réduire temporairement l'eau disponible pour la culture suivante ou dominante. Toutefois, l'augmentation de la transpiration peut également contribuer à d'autres fonctions écologiques, telles que l'accumulation de matière organique, l'amélioration de la structure du sol ou la régulation microclimatique, susceptibles d'accroître la résilience hydrique du système à plus long terme.

En outre, ce qui est considéré comme une « perte » dans le cadre strict du bilan hydrique parcellaire ne constitue pas nécessairement une perte à des échelles spatiales ou temporelles plus larges. Les flux de drainage profond peuvent participer à la recharge des nappes phréatiques à l'échelle du bassin versant, tandis qu'une augmentation de la transpiration dans des systèmes multi-espèces peut contribuer à la régulation thermique locale et réduire la vulnérabilité des cultures au stress thermique. L'évaluation des pratiques nécessite donc une lecture multi-échelle des flux hydriques, intégrant à la fois les performances de la culture et le fonctionnement hydrologique global de l'agroécosystème.

Quantification des effets des pratiques et infrastructures agroécologiques sur le bilan hydrique

Une revue de la littérature[2] a été réalisée pour évaluer quantitativement l'impact des pratiques et infrastructures agroécologiques sur le bilan hydrique (encadré ❶, p.15-19). Les résultats sont présentés dans le tableau ❷ (p. 12). La disponibilité et le type d'informations varient selon les pratiques et infrastructures, ce qui explique que le nombre d'études considérées diffère d'un cas à l'autre.

Les références retenues comprennent à la fois des études expérimentales, des travaux de modélisation, ainsi que des revues de littérature et des méta-analyses.

Les effets documentés de ces pratiques et infrastructures sur le bilan hydrique sont exprimés comme des augmentations ou diminutions par rapport à des systèmes de référence conventionnels, ou à des situations sans mise en œuvre de la pratique ou de l'infrastructure étudiée. Lorsque cela était possible, ces effets sont rapportés en pourcentage d'évolution ou en volumes d'eau afin de faciliter les comparaisons entre études.

Les effets concernent majoritairement l'échelle de la parcelle pour les pratiques agronomiques telles que le travail réduit du sol, le paillage, les couverts végétaux, les rotations de cultures, l'agriculture de conservation des sols, les associations de cultures et l'agroforesterie. Pour les infrastructures agroécologiques à dimension paysagère, telles que les haies, les bandes enherbées ou les

2. La synthèse bibliographique repose sur une recherche structurée de la littérature scientifique, menée notamment à partir de la base de données Web of Science. Une attention particulière a été portée aux publications présentant des des valeurs chiffrées ou des estimations quantitatives permettant de caractériser les effets des pratiques agroécologiques sur les compartiment du bilan hydrique. Les références identifiées ont été examinées et sélectionnées en fonction de leur pertinence thématique et de la disponibilité de résultats quantitatifs exploitables.

terrasses, les effets sont évalués à des échelles spatiales plus larges, incluant la colline et le bassin versant.

Le tableau ❷ (p. 12) met en évidence que l'ampleur et parfois même le sens des effets des pratiques et infrastructures agroécologiques varient selon les conditions pédologiques et climatiques, la durée de mise en œuvre des pratiques ou des infrastructures, ainsi que l'échelle spatiale considérée. Les effets sont majoritairement mesurés à l'échelle de la parcelle, et les connaissances restent plus limitées à l'échelle du bassin versant.

Les valeurs présentées correspondent à des plages issues de différentes études, reposant sur des conditions expérimentales et des systèmes de référence variables. Elles doivent donc être interprétées avec prudence, leur amplitude reflétant à la fois la diversité des contextes pédoclimatiques, des modalités de mise en œuvre, des protocoles de mesure et des échelles spatiales considérées. Elles constituent ainsi des ordres de grandeur plutôt que des effets directement comparables.

Le travail réduit ou le non-travail du sol peut diminuer fortement le ruissellement (de 0 à −95 %) et l'érosion (−25 à −100 %) et peut améliorer la rétention (+36 %) et l'humidité du sol (+5 à 15 % sur les 0-30 cm). Des baisses d'évaporation sont également rapportées (−4,5 à −9 %) Toutefois, son effet sur l'infiltration reste contextuel, avec des variations très larges selon les sols et la durée d'application.

Le paillage et le mulch augmentent fortement l'infiltration et la conductivité hydraulique (+39 à +5 375 %, selon les conditions expérimentales), améliorent la rétention du sol et l'humidité (+4,6 à +42 %), réduisent l'évaporation du sol (−16 à −58,8 %) et limitent l'érosion (−51 à −71 %). Ces pratiques agissent rapidement, dès leur installation, et leurs effets se maintiennent même dans des conditions méditerranéennes ou arides.

Les couverts végétaux réduisent le ruissellement et l'érosion dans certaines conditions (jusqu'à −95 %), tandis que leurs effets peuvent être négligeables dans d'autres contextes. Ils augmentent généralement l'infiltration (jusqu'à +250 % en surface), et augmentent l'humidité du sol (+1 à +22 %). Leur effet sur le drainage profond est plus variable, allant d'une absence d'effet à une réduction pouvant atteindre −50 %, contribuant ainsi, dans certains cas, à la conservation de l'eau dans le profil. Cependant, ils peuvent accroître l'évapotranspiration totale, un aspect à considérer dans les périodes sèches.

Les effets de la rotation des cultures sur les flux hydriques sont fortement dépendants de l'échelle temporelle et expérimentale. Les comparaisons nécessitent d'évaluer plusieurs cultures successives par rapport à un traitement en monoculture, ce qui limite le nombre d'études disponibles. Les données existantes suggèrent toutefois que, sur plusieurs années de rotation, la rotation peut entraîner une réduction du drainage et de l'évaporation du sol, indiquant une amélioration potentielle de la rétention d'eau.

L'agriculture de conservation des sols (ACS), qui combine plusieurs leviers, montre une réduction du ruissellement dans la plupart des études (de −1 à −92 %) et limite l'érosion (−67 à −82 %). Le drainage peut être aussi réduit (−8 à −38 mm par an). Ses effets sur l'infiltration sont contrastés : des augmentations (jusqu'à +74 %) et des gains de conductivité hydraulique (+11 à +314 %) sont rapportés, mais aussi des baisses de l'infiltration (de −13 à −67 % selon l'indicateur), notamment dans les premières années, en raison de l'absence de travail du sol qui peut limiter la macroporosité superficielle et de la sensibilité de certains sols au tassement. En revanche, la rétention en eau (+3 à +36 % du réservoir utile) et l'humidité du sol (+5 à +44 %) augmentent dans les études disponibles, tandis que la réduction de l'évaporation reste modérée (0 à −22 %). Certaines études suggèrent que les effets positifs sur l'infiltration, la rétention et l'humidité se renforcent avec la durée de mise en œuvre et l'enrichissement progressif en matière organique, mais cette dynamique reste peu quantifiée.

L'association de cultures réduit généralement le ruissellement, pouvant aller jusqu'à 74,5 %, tout en améliorant l'humidité du sol, avec toutefois des effets parfois faibles ou non significatifs selon les contextes. L'évaporation du sol est réduite, tandis que la transpiration des cultures augmente, pouvant varier de 15 à 92 %. Ces effets traduisent un compromis entre stockage et utilisation de l'eau : l'association de cultures tend à favoriser globalement le stockage de l'eau dans le sol, mais la compétition entre espèces pour cette ressource peut en limiter la disponibilité pour certaines cultures ou à certains moments de la saison.

L'agroforesterie et les haies modifient fortement la dynamique hydrique du sol et la disponibilité de l'eau avec des interactions complexes. Sous les arbres, l'infiltration peut augmenter de +70 à +200 %, la conductivité hydraulique de +100 %, et le potentiel matriciel jusqu'à +250 % à 1 m de profondeur. Sur l'ensemble du champ, l'effet sur l'humidité et la transpiration des cultures varie selon la distance aux arbres et la saison. Par exemple, la transpiration des arbres peut diminuer de −1,3 à −35,5 % en cultures associées et l'évapotranspiration globale peut augmenter de +17 à +29 % selon les conditions. Les arbres et arbustes peuvent intercepter également une partie des précipitations (12 à 28 %) (Ghazavi *et al.*, 2008), ce qui réduit l'eau directement disponible pour les cultures situées à proximité. En parallèle, leur présence crée un microclimat favorable grâce à l'ombrage, à la réduction du vent et à la limitation de l'évaporation, pouvant stabiliser les rendements surtout dans les zones proches des arbres et sous le vent. Les parties du champ plus exposées au vent restent par contre plus sensibles aux périodes sèches ou humides. Ainsi, l'agroforesterie peut favoriser localement l'infiltration et contribue à réduire le ruissellement et l'érosion. L'impact net sur l'eau disponible pour les cultures résulte donc d'un équilibre entre interception, microclimat et amélioration de la rétention, rendant la disponibilité en eau très variable à l'échelle du champ.

Les bandes enherbées sont particulièrement efficaces pour limiter le ruissellement (−36 à −99,9 %) et l'érosion (−52,6 à −98 %) à différentes échelles (parcelle, colline ou bassin versant). Des améliorations de l'infiltration sont aussi observées (+80 à +87 %), même sous des conditions de pluie naturelle variables. Leur efficacité dépend de plusieurs facteurs : la largeur de la bande, la densité et le type de couverture végétale, ainsi que l'intensité des précipitations.

Enfin, les terrasses, en tant qu'infrastructures hydrauliques, réduisent le ruissellement (−8 à −85 % à l'échelle

parcellaire, –30 % à l'échelle bassin versant), augmentent la rétention de l'eau et l'infiltration, et limitent l'érosion (–41,9 à –91,3 % selon type de culture et échelle). Leur efficacité dépend des précipitations, du type de terrasse, de la couverture végétale sur la terrasse et de la pente.

La variabilité des résultats souligne l'importance de considérer les contextes locaux, le type de sol, le climat, la durée de mise en œuvre et l'échelle d'étude. Dans ce cadre, la mobilisation conjointe de plusieurs leviers agroécologiques apparaît nécessaire pour favoriser une gestion durable des ressources hydriques, tout en ajustant les pratiques aux spécificités locales des agroécosystèmes.

Conclusion

Les pratiques et infrastructures agroécologiques modifient le bilan hydrique du sol. En agissant simultanément sur plusieurs compartiments du bilan (ruissellement, infiltration, stockage, évaporation, transpiration, drainage), elles tendent à réduire certaines pertes d'eau à la parcelle, comme le ruissellement et l'évaporation du sol, tout en favorisant l'infiltration et le stockage temporaire de l'eau, ainsi que son utilisation par la végétation.

Les résultats de la littérature convergent vers l'idée que l'effet principal de l'agroécologie sur l'eau réside dans une réorganisation des flux hydriques qui peut renforcer la résilience des systèmes face à la variabilité climatique et leur capacité tampon lors des épisodes de déficit hydrique. Cependant, ces effets sont fortement modulés par les contextes pédoclimatiques, les modalités de mise en œuvre et les échelles spatiales et temporelles considérées. Certaines pratiques peuvent générer des effets « antagonistes », par exemple en raison de la compétition pour l'eau (association de cultures) ou de phases transitoires d'adaptation du sol (non-travail du sol, ACS).

La littérature disponible présente par ailleurs des limites importantes : le nombre d'études reste limité pour certaines pratiques ou infrastructures, en particulier pour celles intégrant simultanément plusieurs leviers hydriques. Les méthodes d'évaluation sont hétérogènes, et peu d'études considèrent l'ensemble des flux du bilan hydrique ou proposent des suivis de long terme capables de capturer les dynamiques lentes des systèmes agroécologiques. Il serait donc essentiel de développer davantage de références quantitatives et de suivis multi-annuels, afin de mieux comprendre les effets cumulés et les interactions entre pratiques sur la disponibilité en eau.

Enfin, l'amélioration de la disponibilité en eau apparaît moins comme le résultat d'une pratique isolée que comme une propriété émergente de systèmes agricoles diversifiés et évolutifs. Les recherches futures gagneraient à adopter des approches intégrées et multi-échelles du bilan hydrique, afin de mieux quantifier et prédire les impacts des transitions agroécologiques sur le fonctionnement hydrologique des systèmes cultivés. ■

Références

Alletto, L., Cueff, S., Bréchemier, J., Lachaussée, M., Derrouch, D., Page, A., Gleizes, B., Perrin, P., & Bustillo, V. (2022). Physical properties of soils under conservation agriculture: A multi-site experiment on five soil types in south-western France. *Geoderma, 428*, 116228. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116228

Deng, C., Zhang, G., Liu, Y., Nie, X., Li, Z., Liu, J., & Zhu, D. (2021). Advantages and disadvantages of terracing: A comprehensive review. *International Soil and Water Conservation Research, 9*(3), 344-359. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.03.002

Sarthou, J. P. (2022). Infrastructure agroécologique : Définition. *Dictionnaire d'agroécologie*. https://doi.org/10.17180/q9h6-f326

Meyer, N., Bergez, J. E., Constantin, J., Belleville, P., & Justes, E. (2020). Cover crops reduce drainage but not always soil water content due to interactions between rainfall distribution and management. *Agricultural Water Management, 231*, 105998. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2019.105998

Rolo, V., Rivest, D., Maillard, É., & Moreno, G. (2023). Agroforestry potential for adaptation to climate change: A soil-based perspective. *Soil Use And Management, 39*(3), 1006-1032. https://doi.org/10.1111/sum.12932

Serra-Wittling, C., Molle, B., & Cheviron, B. (2019). Plot level assessment of irrigation water savings due to the shift from sprinkler to localized irrigation systems or to the use of soil hydric status probes. Application in the French context. *Agricultural Water Management, 223*, 105682. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2019.06.017

Veste, M., Littmann, T., Kunneke, A., Du Toit, B., & Seifert, T. (2020). Windbreaks as part of climate-smart landscapes reduce evapotranspiration in vineyards, Western Cape Province, South Africa. *Plant Soil And Environment, 66*(3), 119-127. https://doi.org/10.17221/616/2019-pse

Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J. F., Ferrer, A., & Peigné, J. (2014). Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy For Sustainable Development, 34*(1), 1-20. https://doi.org/10.1007/s13593-013-0180-7

Wezel, A., Herren, B. G., Kerr, R. B., Barrios, E., Gonçalves, A. L. R., & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy For Sustainable Development, 40*(6), 40. https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z

Tableau ❶ – Synthèse des pratiques agricoles et infrastructures affectant la disponibilité en eau des cultures : leviers affectés et effets hydriques (↑ = augmentation, ↓ = diminution).

Pratique / Infrastructure	Définition	Exemples	Échelle spatiale et temporelle	Leviers affectés	Effets biophysiques (état du sol et du système)	Effets sur le bilan hydrique	Effets limitants/ antagonistes sur la disponibilité en eau
Pratiques agroécologiques							
Choix variétal	Sélection de variétés adaptées au climat et à la disponibilité en eau pour maximiser l'efficience de l'utilisation de l'eau et la tolérance au stress hydrique.	Variétés tolérantes à la sécheresse, variétés favorisant des racines profondes, à cycle court (précocité)	Plante/saison culturale	Mieux valoriser l'eau de pluie, améliorer l'accès racinaire à l'eau stockée	↑ profondeur racinaire, ↑contrôle stomatique, ↑ biomasse ou rendement par unité d'eau transpirée	↑ transpiration pour la production de rendement, ↑ extraction de l'eau du sol	NA
Taille / ébourgeonnage / rognage (cultures pérennes)	Réduction de la surface foliaire et suppression de pousses secondaires dans les cultures pérennes afin de limiter la transpiration et de concentrer l'eau et les ressources sur les parties productives de la plante	Vignes (ébourgeonnage au printemps, taille d'hiver, rognage estival), arbres fruitiers	Plante/saison culturale	Mieux valoriser l'eau de pluie	↓ surface foliaire, ↑aération du feuillage, redistribution des flux internes d'eau	↓ transpiration foliaire, ↑ eau disponible pour les fruits ou organes productifs	Relance de croissance après rognage pouvant ↑ demande en eau
Ajustement de la date de semis	Modification du calendrier de semis afin d'aligner les phases sensibles du cycle de la culture avec les périodes climatiques les plus favorables en termes de disponibilité en eau et de température.	Semis précoce/tardif	Parcelle/saison culturale	Mieux valoriser l'eau de pluie	Synchronisation phénologie-climat	↓ stress hydrique saisonnier, ↓ besoins en eau d'irrigation, ↑utilisation de l'eau de pluie disponible	NA
Gestion de l'irrigation	Optimisation des modalités d'irrigation (système, dose, fréquence et localisation) afin d'adapter les apports d'eau aux besoins hydriques des cultures tout en maximisant l'efficience d'utilisation de l'eau et en limitant les pertes (évaporation, drainage).	Renouvellement du système d'irrigation, passage à un système d'irrigation plus efficient (goutte-à-goutte ou micro-aspersion), optimisation du pilotage par des capteurs *in situ* (tensiomètres, sondes d'humidité, dendromètres…) et/ou des outils d'aide à la décision (modèles de bilan hydrique, télédétection)	Parcelle/saison culturale	Réduire les pertes d'eau, mieux valoriser l'eau de pluie et d'irrigation	NA	↓ drainage profond, ↓ évaporation du sol, ↑ efficience d'utilisation de l'eau de pluie et d'irrigation,	NA
Paillage (mulch)	Couverture du sol par des résidus organiques ou minéraux pour réduire l'évaporation, limiter l'érosion et protéger la structure du sol.	Résidus des cultures précédents, bois raméal fragmenté (BRF), couverts d'interculture roulés et laissés en surface du sol	Parcelle/saison culturale (effets durables si réapplication annuelle)	Réduire les pertes d'eau, améliorer le stockage hydrique du sol, améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol	↑ matière organique, ↑ stabilité structurale, ↓ battance	↓ évaporation du sol, ↓ ruissellement et l'érosion, ↑ infiltration, ↓ drainage profond	Mulch épais ou humide peut retarder la levée
Apports organiques	Incorporation de matières organiques exogènes pour améliorer la structure du sol, augmenter sa capacité de rétention d'eau et stimuler l'activité biologique.	Compost, fumier, BRF, digestat, résidus végétaux frais roulés	Parcelle/ pluriannuel	Améliorer le stockage hydrique du sol, améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol	↑ matière organique, ↑ activité biologique, ↑ progressive bioporosité, ↓ battance	↑ infiltration, ↑ capacité de rétention d'eau	Effets très dépendants de la quantité et la qualité des matières organiques apportées

Tableau ❶ (suite) – Synthèse des pratiques agricoles et infrastructures affectant la disponibilité en eau des cultures : leviers affectés et effets hydriques (⇡ = augmentation, ⇣ = diminution).

Pratique / Infrastructure	Définition	Exemples	Échelle spatiale et temporelle	Leviers affectés	Effets biophysiques (état du sol et du système)	Effets sur le bilan hydrique	Effets limitants/ antagonistes sur la disponibilité en eau
Pratiques agroécologiques							
Réduction voire non-travail du sol	Diminution de l'intensité et de la fréquence des perturbations mécaniques du sol afin de préserver sa structure, sa porosité et sa matière organique.	Techniques culturales simplifiées (TCS), semis direct, strip-till[3]	Parcelle/ pluriannuel	Améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol, réduire les pertes d'eau, améliorer le stockage hydrique du sol	⇡ stabilité structurale, ⇡ porosité, ⇣ battance	⇣ ruissellement, ⇣ érosion, ⇡ infiltration,	Compactage existant ou colmatage de surface (résidus + particules fines sous non-travail), en sols sensibles à la compaction (limoneux, argileux), peut induire une ⇣ de l'infiltration, et favoriser ⇡ du ruissellement
Intégration des couverts végétaux	Implantation temporaire ou maintien permanent d'une végétation couvrant le sol entre deux cultures, entre les rangs de cultures pérennes ou en couverture continue, visant à protéger le sol, capter les ressources et améliorer ses propriétés physiques, biologiques et hydriques.	Espèces seules (féverole d'hiver), mélanges multiservices (CIMS), couverts interrangs en cultures pérennes (vignes : luzerne, trèfle, mélanges multiservices ; vergers : trèfle, ray-grass), couvert permanent vivant sous culture (living mulch)	Parcelle/saison culturale à pluriannuel	Améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol, réduire les pertes d'eau, améliorer le stockage hydrique du sol, améliorer l'accès racinaire à l'eau stockée	⇡ matière organique, ⇡ stabilité structurale, ⇡ porosité, ⇡ activité biologique, ⇣ battance, ⇡ progressive structure du sol, ⇡ bioporosité,	⇣ ruissellement, ⇣ érosion, ⇡ infiltration, ⇣ évaporation du sol, ⇣ drainage profond, ⇡ transpiration	⇣ de l'eau disponible pour culture principale suivante si pas de recharge du sol par des précipitations (consommation en eau des couverts), ⇣ eau disponible pour la culture principale en cas de forte concurrence hydrique
Rotations diversifiées	Succession planifiée de cultures différentes dans le temps sur une même parcelle afin de diversifier les traits fonctionnels végétaux et éviter le retour précoce d'une même culture.	Inclusion légumineuses, racines pivotantes, rotation 3-4 ans minimum	Parcelle/ pluriannuel	Améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol, améliorer l'accès racinaire à l'eau stockée.	⇡ progressive structure du sol, ⇡ bioporosité du sol, ⇣ battance	⇡ utilisation de l'eau à différentes profondeurs, ⇣ ruissellement	Consommation des cultures limitant l'accès à l'eau aux cultures suivantes
Associations de cultures	Regroupement simultané de plusieurs espèces végétales sur une même parcelle permettant des interactions complémentaires entre systèmes racinaires, architectures végétales et dynamiques d'utilisation des ressources.	Associations en mélange (mélanges simultanés), associations en rangs alternés (intercropping en bandes), cultures en bandes (strip cropping), associations relais (relay cropping)	Parcelle/saison culturale à pluriannuelle	Améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol, réduire les pertes d'eau, améliorer le stockage hydrique du sol, améliorer l'accès racinaire à l'eau stockée	⇡ matière organique, ⇡ activité biologique, ⇡ progressive structure, ⇡ bioporosité, ⇣ battance	⇣ ruissellement, ⇣ érosion, ⇡ infiltration, ⇡ utilisation de l'eau à différentes profondeurs, ⇣ évaporation du sol, ⇣ drainage profond, ⇡ redistribution de l'eau dans le sol, ⇡ transpiration	Concurrence pour l'eau si espèces trop consommatrices, ⇣ fraction eau disponible pour culture principale

3. Ce terme désigne un travail localisé sur la ligne de semis.

Tableau ❶ (suite) – Synthèse des pratiques agricoles et infrastructures affectant la disponibilité en eau des cultures : leviers affectés et effets hydriques (↑ = augmentation, ↓ = diminution).

Pratique / Infrastructure	Définition	Exemples	Échelle spatiale et temporelle	Leviers affectés	Effets biophysiques (état du sol et du système)	Effets sur le bilan hydrique	Effets limitants/ antagonistes sur la disponibilité en eau
Pratiques agroécologiques							
Prairies temporaires/ permanentes	Couverture herbacée maintenue plusieurs années ou de manière permanente avec un système racinaire dense contribuant à la structuration du sol, à l'infiltration et au stockage de l'eau	Prairies temporaires mono- ou multi-espèces, prairies de rotation, prairies permanentes pâturées ou de fauche, prairies naturelles/semi-naturelles (flore spontanée)	Parcelle/ pluriannuel	Améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol, réduire les pertes d'eau, améliorer le stockage hydrique du sol, améliorer l'accès racinaire à l'eau stockée	↑ stabilité structurale, ↑ matière organique, ↑ activité biologique, ↑ progressive structure du sol, ↑ bioporosité, ↓ battance	↓ ruissellement, ↓ érosion, ↑ infiltration, ↑ utilisation de l'eau à différentes profondeurs, ↓ évaporation du sol, ↓ drainage profond, ↑ capacité de rétention d'eau	Concurrence eau avec cultures suivantes si prairie non détruite avant semis
Agriculture de conservation des sols (ACS)	Système de gestion reposant sur trois principes combinés : 1) perturbation minimale du sol, voire non-travail du sol, 2) couverture végétale permanente, 3) rotation et diversification des cultures, pour restaurer et maintenir les processus biologiques, chimiques et physiques du sol, ce qui permet d'améliorer la fertilité, la stabilité structurale et la capacité du sol à réguler les flux d'eau	ACS au sens strict (trois principes appliqués simultanément), ACS partielle (mise en œuvre de certains principes de l'ACS sans intégration complète du système), agriculture biologique de conservation (ABC) (adaptation des principes de l'ACS aux systèmes d'agriculture biologique)	Parcelle/ pluriannuel	Améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol, réduire les pertes d'eau, améliorer le stockage hydrique du sol, améliorer l'accès racinaire à l'eau stockée	↑ stabilité structurale, ↑ matière organique, ↑ activité biologique du sol, ↑ progressive structure du sol, ↑ bioporosité, ↓ battance	↓ ruissellement, ↓ érosion, ↑ infiltration, ↑ utilisation de l'eau à différentes profondeurs, ↓ évaporation du sol, ↓ drainage profond, ↑ capacité de rétention d'eau, ↑ redistribution de l'eau dans le sol, ↑ transpiration	Compactage sous-jacent (sols sensibles au tassement) ↓ de l'infiltration, et favorise ↑ du ruissellement, ↓ de l'eau disponible pour culture principale si pas de recharge du sol par des précipitations (consommation en eau des couverts), mulch épais ou humide peut retarder la levée
Agroforesterie	Association spatiale et fonctionnelle d'arbres ou d'arbustes ligneux avec des cultures et/ou des systèmes d'élevage sur une même parcelle, générant des interactions écologiques entre les différentes strates végétales qui modifient les flux d'énergie, d'eau et de nutriments au sein de l'agroécosystème	Systèmes sylvo-arables (association d'arbres avec des cultures annuelles), systèmes sylvo-pastoraux (association d'arbres avec des prairies pâturées ou fauchées), Systèmes agro-sylvo-pastoraux (combinaison d'arbres, de cultures et d'élevage)	Parcelle à paysage/ pluriannuel	Améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol, réduire les pertes d'eau, améliorer le stockage hydrique du sol, améliorer l'accès racinaire à l'eau stockée	↑ matière organique, ↑ activité biologique du sol, ↑ progressive structure du sol, ↑ bioporosité, ↓ battance, modification microclimat	↓ ruissellement, ↓ érosion, ↑ infiltration, ↑ utilisation de l'eau à différentes profondeurs, ↓ évaporation du sol, ↓ drainage profond, ↑ capacité de rétention d'eau, ↓ évaporation directe dans le jet d'aspersion à cause de la réduction du vent ↑ redistribution de l'eau dans le sol, ↑ transpiration	Racines des arbres prélèvent l'eau de la culture proche, réduction de la transpiration créée par l'ombrage des arbres, drainage profond possible à cause des racines des arbres

Tableau ❶ (suite) – Synthèse des pratiques agricoles et infrastructures affectant la disponibilité en eau des cultures : leviers affectés et effets hydriques (↑ = augmentation, ↓ = diminution).

Pratique / Infrastructure	Définition	Exemples	Échelle spatiale et temporelle	Leviers affectés	Effets biophysiques (état du sol et du système)	Effets sur le bilan hydrique	Effets limitants/ antagonistes sur la disponibilité en eau
Infrastructures agroécologiques							
Haies	Structures ligneuses linéaires composées d'arbres, d'arbustes et parfois de strates herbacées, implantées en bordure ou à l'intérieur des parcelles agricoles, modifiant les flux d'eau, de vent et d'énergie et influençant les processus hydrologiques tels que le ruissellement, l'infiltration et l'évapotranspiration à l'échelle de la parcelle et du paysage	Haies brise-vent (implantées perpendiculairement aux vents dominants), haies bocagères (réseaux de haies délimitant les parcelles agricoles), haies intra-parcellaires (agroforestières)	Parcelle à paysage/ pluriannuel	Améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol, réduire les pertes d'eau, améliorer le stockage hydrique du sol, améliorer l'accès racinaire à l'eau stockée	↑ matière organique, ↑ activité biologique, ↑ progressive structure du sol, ↑ bioporosité, ↓ battance, modification microclimat	↓ ruissellement, ↓ érosion, ↑ infiltration, ↑ utilisation de l'eau à différentes profondeurs, ↓ évaporation du sol, ↓ drainage profond, ↑ capacité de rétention d'eau, ↓ évaporation directe à cause de la réduction du vent ↑ redistribution de l'eau dans le sol, ↑ transpiration	Racines des arbres prélèvent l'eau de la culture proche, réduction de la transpiration créée par l'ombrage des arbres, drainage profond possible à cause des racines des arbres
Bandes enherbées	Zones herbacées permanentes implantées en bordure ou au sein des parcelles visant à ralentir les flux de surface, favoriser l'infiltration et limiter l'érosion hydrique	Bandes enherbées de bordure, bandes en bas de pente, bandes tampons ripariennes, bandes enherbées intra-parcellaires	Parcelle à paysage/ pluriannuel	Améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol, réduire les pertes d'eau, améliorer le stockage hydrique du sol, améliorer l'accès racinaire à l'eau stockée	↑ matière organique, ↑ activité biologique, ↑ progressive de la structure du sol, ↑ bioporosité, ↓ battance	↓ ruissellement, ↓ érosion, ↑ infiltration, ↑ utilisation de l'eau à différentes profondeurs, ↓ évaporation du sol, ↓ drainage profond, ↑ capacité de rétention d'eau	Concurrence eau avec cultures voisines lorsque la largeur est importante
Keylines	Aménagement et gestion des lignes topographiques du paysage visant à ralentir, redistribuer et favoriser l'infiltration de l'eau de ruissellement dans le sol, à partir d'un travail du sol suivant les courbes clés du relief	Travail en courbes de niveau	Parcelle à paysage/ pluriannuel	Améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol, réduire les pertes d'eau, améliorer le stockage hydrique du sol, améliorer l'accès racinaire à l'eau stockée	↑ porosité, ↓ battance	↓ ruissellement, ↓ érosion, ↑ infiltration, ↑ redistribution de l'eau dans le sol	Zones saturées locales possibles, drainage excessif si mal dimensionné
Terrasses	Aménagements topographiques transformant une pente en surfaces planes ou en paliers afin de réduire la vitesse du ruissellement, limiter l'érosion et favoriser l'infiltration de l'eau	Terrasses de niveau, banquettes ou micro-barrages, terrasses agricoles spécialisées (riz, vigne, etc.), terrasses structurales en pierre	Parcelle à paysage/ pluriannuel	Améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol, réduire les pertes d'eau, améliorer le stockage hydrique du sol, améliorer l'accès racinaire à l'eau stockée	↑ porosité, ↑ rugosité de surface, ↓ battance, stabilisation morphologique des versants	↓ ruissellement, ↓ érosion, ↑ infiltration, ↑ temps de stockage de l'eau dans le sol, ↑ redistribution spatiale de l'eau dans le sol	Accumulation eau amont, zones locales saturées, drainage local si sol filtrant
Zones humides / mares	Dépressions ou plans d'eau temporaires ou permanents agissant comme zones tampons hydrologiques	Mares agricoles, zones tampons, bassins de rétention	Parcelle à paysage/ pluriannuel	Améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol, réduire les pertes d'eau, améliorer le stockage hydrique du sol	↑ stockage temporaire de l'eau, ↑ sédiments fins et matière organique, gradients d'humidité du sol, modification du microclimat local	↑ stockage temporaire de l'eau, restitution éventuelle de l'eau vers les compartiments superficiels ou souterrains, régulation des flux	↑ évaporation, ↓ eau disponible culture proche si mare trop proche

Tableau ❷ – Synthèse des effets quantitatifs de certaines pratiques et infrastructures agroécologiques sur le bilan hydrique du sol. Les symboles ⇣ et ⇡ indiquent respectivement une diminution et une augmentation par rapport à des pratiques conventionnelles sans mise en œuvre de ces pratiques. * Indique une revue de littérature ou une méta-analyse.

Pratique/ Infrastructure	Nombre de références sélectionnées	Ruissellement	Infiltration	Rétention en eau du sol	Humidité du sol	Évaporation du sol	Drainage	Transpiration/ Évapotranspiration	Érosion
Travail réduit/ non-travail du sol	7	⇣ 0 à -95 % **[5, 4]**	*Conductivité hydraulique :* ⇣ -15,9 à -98,3 % **[1, 2, 6*]** ⇡ +10,8 à +59 % **[3, 6*]**	Réservoir utile : ⇡ +36 % **[3]**	⇡ +5 à 15 % dans l'horizon 0-30 cm **[7]**	⇣ -4,5 à -9 % **[7]**			⇣ -25 à -100 % **[4,6*]**
Paillage/ mulch	9	⇣ -29 à -46 % **[6*]**	⇡ +39 à +5375,1 % **[3,8*,9]**		⇡ +4,6 à +42 % **[1, 4, 7, 8*]**	⇣ -16 à -58,8 % **[2, 5, 7, 8*]**		⇣ 0 à -23 % **[2, 4]**	⇣ -51 à -71 % [6*]
Couverts végétaux	16	⇣ 0 à -95 % **[1, 2, 3, 4, 15]**	⇡ +250 % **[4]** ⇡ 0 à +60 mm pendant l'hiver en fonction de l'année et les précipitations **[15]**		⇡ 0 à +57 % en surface en années sèches **[4]** ⇡ +1 à +22 % **[7, 8]** ⇣ -30 à -77 % en années sèches et variation de -19 à +4 % en années humides **[10]** ⇣ -4 à -25 % **[6, 15, 16*]**		⇣ 0 à -50 % **[5, 6, 11, 15]** ⇣ -5 à -27 mm par an **[9, 12, 13*, 14]**	*Transpiration :* ⇡ +20 mm par an **[9]** *Évapotranspiration :* ⇡ +15 mm à +116 mm **[12,15]**	⇣ -30 à -95 % **[1, 2, 3]**
Rotation de cultures	4				⇡ pendant la phase de remplissage de grains **[4]**	⇣ d'un facteur de 0,7 lié à la présence des résidus **[1]** ⇣ avec rotation de 4 ans **[3]**	⇣ -40 à -60 % en fonction de la rotation **[1]** ⇣ 15 mm par an en climat sec et pas de réduction en climat humide **[2]**	*Évapotranspiration :* ⇡ +2 mm à +5 mm par an **[2]** ⇣ par rapport à une prairie permanente et pas de différence entre rotation de 2 et 4 ans **[3]**	
Agriculture de conservation des sols	23	⇣ -1 à -92 % [23*] ⇡ de +4 à +78 % [23*]	⇡ 0 à +74 % **[2, 13, 16, 17, 18, 19, 20]** ⇣ -33 % **[12]** *Infiltration cumulée :* ⇣ -13 % **[9]** *Sorptivité (infiltration dominée par les forces capillaires) :* ⇣ -67 % **[3]** *Conductivité hydraulique :* ⇡ +11 à +314 % **[7, 11, 14, 15, 17]** ⇣ -13 % **[4]** *Infiltration quasi-stationnaire :* ⇣ -50 à -66,7 % **[5]**	Réservoir utile : ⇡ +3 à +36 % **[4, 11, 14, 15]**	⇡ +5 % en surface **[8]** ⇡ +9 à +44 % **[1, 10]**	⇣ 0 à -22 % **[5]**	⇣ -8 à -38 mm par an **[22]**		⇣ -67 à -82 % **[23*]**

Tableau ❷ (suite) – Synthèse des effets quantitatifs de certaines pratiques et infrastructures agroécologiques sur le bilan hydrique du sol. Les symboles ⇣ et ⇡ indiquent respectivement une diminution et une augmentation par rapport à des pratiques conventionnelles sans mise en œuvre de ces pratiques. * Indique une revue de littérature ou une méta-analyse.

Pratique/ Infrastructure	Nombre de références sélectionnées	Ruissellement	Infiltration	Rétention en eau du sol	Humidité du sol	Évaporation du sol	Drainage	Transpiration/ Évapotranspiration	Érosion
Association de cultures	6	⇣ 0 à -74,53 % **[1, 2]**			⇡ +15,9 à +28,1 % sur l'horizon 0-20 cm **[2]** ⇡ +13,2 à +21,5 % **[3]** ⇣ -1,31 % **[1]**	⇣ -7 à -30 % **[1, 2]** ⇣ **[6, 4]**		*Transpiration* : ⇡ +15 à +92 % **[2]** *Évapotranspiration :* ⇡ +9,85 % **[1]**	
Agroforesterie	11	⇣ **[8*]** ⇣ -37,7 % **[9*]**	*Taux d'infiltration :* ⇡ +70 à +200 % sous les arbres par rapport aux allés **[3, 7]** ⇡ **[7, 8*]** *Conductivité hydraulique :* ⇡ +100 % sous les arbres par rapport aux inter-rangs **[6]**	*Potentiel matriciel :* ⇡ +250 % à 1 m de profondeur et ⇡ +100 % à 1,5 m de profondeur **[2]**	⇣ -50 % près des arbres et équivalent au centre des allées à 4 m des arbres **[3]** ⇡ près des arbres selon 3 études, équivalente selon 2 études et ⇣ près des arbres selon 9 études **[8*]** ⇡ **[7]** ⇣ -1 à -15 % **[11]**	⇣ -24,5 à -32 % **[1, 11]** ⇣ **[10]**	⇡ +1 100 % à 1,5 m des arbres **[5]** Équivalent **[1]**	*Transpiration :* ⇣ -1,3 à -35,5 % des arbres **[1]** ⇣ **[3]** *Évapotranspiration :* ⇣ **[2, 8*]** ⇡ +17 à +29 % **[9, 11]**	⇣ -19 à -73 % **[4, 9]**
Haies	9	⇣ **[2*, 5]**	**Parcelle :** *Taux d'infiltration* ⇡ +278 à +3 300 % **[6]** ⇡ **[2*]** *Conductivité hydraulique :* ⇡ +2 200 à +2 700 % **[5]**		**Parcelle :** ⇣ sous la haie **[6]** **Colline :** ⇣ sous la haie **[1, 3]** ⇡ sous la haie et ⇡ pour un champ entouré d'une haie par rapport à un champ avec arbres isolés **[8]**		**Colline :** Mesures : ⇣ près de la haie dans la période de novembre à avril **[1]** Simulations : ⇣ -16 % en année sèche et -38 % en année humide **[1]**	**Parcelle :** *Évapotranspiration :* ⇣ -40 % à 18 m de la haie **[7]** ⇣ -17 % du blé et haricots à 2 m de la haie **[9]** **Colline :** *Transpiration de la haie :* ⇣ en année sèche et ⇡ de jusqu'à +100% en juin en année humide **[1]** **Bassin versant :** *Évapotranspiration :* ⇡ +3 % avec réseau de haies à densité de 18 m. ha^{-1} **[2*]** ⇡ +3,3 % **[4]**	⇣ **[2*]**

Tableau ❷ (suite) – Synthèse des effets quantitatifs de certaines pratiques et infrastructures agroécologiques sur le bilan hydrique du sol. Les symboles ⇣ et ⇡ indiquent respectivement une diminution et une augmentation par rapport à des pratiques conventionnelles sans mise en œuvre de ces pratiques. * Indique une revue de littérature ou une méta-analyse.

Pratique/ Infrastructure	Nombre de références sélectionnéess	Ruissellement	Infiltration	Rétention en eau du sol	Humidité du sol	Évaporation du sol	Drainage	Transpiration/ Évapotranspiration	Érosion
Bandes enherbées	7	**Parcelle :** ⇣ -63 à -99,9 % **[1, 2*]** ⇣ -63 à -84 % avec bande de 6 m **[6]** **Colline :** ⇣ -46 % avec bande de 5 m bordant le cours d'eau **[5]** ⇣ -43 % avec bande de 10 m en milieu de pente **[5]** **Bassin versant :** ⇣ -36,1 à -46 % **[3, 4]** ⇣ -50 % avec des bandes le long des rivières **[5]**	**Parcelle :** ⇡ +87 % avec des bandes de 6 m et ⇡ de +80 % avec des bandes de 3 m **[6]** Valeurs de 2 à 58 $cm.h^{-1}$ dans des couverts de ray-grass pérenne de 7 ans **[7*]** Valeurs de 15 à 35 $cm.h^{-1}$ dans la zone racinaire d'une fétuque jeune (2-3 mois) **[7*]**						**Parcelle :** ⇣ -59,5 % **[2*]** ⇣ -76 à -98 % avec bande de 6 m et ⇣ de -81 % avec bande de 3 m **[6]** **Colline :** ⇣ -76 à -98 % **[1]** ⇣ -26 % avec bande de 5 m bordant le cours d'eau **[5]** ⇣ -39 % avec bande de 10 m en milieu de pente **[5]** **Bassin versant :** ⇣ de -52,6 à -72,7 % **[3, 4]** ⇣ de -50 % avec des bandes le long des rivières **[5]**
Terrasses	11	**Parcelle :** ⇣ -8 à -85 % **[2*, 3*, 9, 11*]** **Bassin versant :** ⇣ -30 % **[8]** **Micro-parcelle, Parcelle, Sous-bassin versant, Bassin versant :** ⇣ -41,9 à -61,5 % **[1*, 7*]** *Coefficient de ruissellement :* ≈ 22–39 % pour terrasses avec sols nus, terrasses abandonnées et avec pâturages intensifs ≈ 9–20 % pour terrasses avec cultures mixtes et couvert végétal **[5*]**	**Micro-parcelle, Parcelle, Sous-bassin versant, Bassin versant :** ⇡ **[1*, 2*, 3*, 5*, 11*]**	**Bassin versant :** *Fraction de l'eau disponible du RU supérieur à 0,75 :* ⇡ +34 à +63 % **[8]** **Micro-parcelle, Parcelle, Sous-bassin versant, Bassin versant :** ⇡ +20 % **[1*]**	**Colline :** ⇡ **[6*]** **Micro-parcelle, Parcelle, Sous-bassin versant, Bassin versant :** ⇣ -4,24 à -12,9 % **[7*]**				**Parcelle :** ⇣ -53 % **[11*]** **Micro-parcelle, Parcelle, Sous-bassin versant, Bassin versant :** ⇣ de -91,3 % **[1*]**

Encadré ❶ – Références pour la synthèse quantitative.

NON-TRAVAIL/RÉDUCTION DE TRAVAIL DU SOL

1. Celik, I. (2011). Effects of Tillage Methods on Penetration Resistance, Bulk Density and Saturated Hydraulic Conductivity in a Clayey Soil Conditions. *Journal of Agricultural Sciences, 17*(2), 143-156. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001166
2. Lampurlanés, J., Cantero-Martínez, C. (2006). Hydraulic conductivity, residue cover and soil surface roughness under different tillage systems in semiarid conditions. *Soil And Tillage Research, 85*(1-2), 13-26. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2004.11.006
3. Gómez-Paccard, C., Hontoria, C., Mariscal-Sancho, I., Pérez, J., León, P., González, P., & Espejo, R. (2015). Soil–water relationships in the upper soil layer in a Mediterranean Palexerult as affected by no-tillage under excess water conditions – Influence on crop yield. *Soil And Tillage Research, 146*, 303-312. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2014.09.012
4. Quinton, J., & Catt, J. (2004). The effects of minimal tillage and contour cultivation on surface runoff, soil loss and crop yield in the long-term Woburn Erosion Reference Experiment on sandy soil at Woburn, England. *Soil Use And Management, 20*(3), 343-349. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2004.tb00379.x
5. Ouvry, J. F., Coufourier, N., Richet, J. B., Lhériteau, M., Pivain, Y., Martin, P., Lecomte, V., Barrier, C., Witkowski, D., Saint-Omer, L., Corruble, C., Luce, M. (2012). *Maîtrise du ruissellement et de l'érosion des sols en Haute-Normandie. Expérimentations sur les pratiques culturales 2001-2010. Synthèse des résultats de ruissellement et d'érosion.* Groupe Maîtrise du ruissellement par les pratiques culturales. https://hal.inrae.fr/hal-02811122v1
6. Skaalsveen, K., Ingram, J., & Clarke, L. E. (2019). The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in north-western Europe: A literature review. *Soil And Tillage Research, 189*, 98-109. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2019.01.004
7. Canet-Martí, A., Morales-Santos, A., Nolz, R., Langergraber, G., & Stumpp, C. (2023). Quantification of water fluxes and soil water balance in agricultural fields under different tillage and irrigation systems using water stable isotopes. *Soil And Tillage Research, 231*, 105732. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105732

MULCH

1. Kader, M., Nakamura, K., Senge, M., Mojid, M., & Kawashima, S. (2019). Soil hydro-thermal regimes and water use efficiency of rain-fed soybean (Glycine max) as affected by organic mulches. *Agricultural Water Management, 223*, 105707. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105707
2. Ramos, T. B., Darouich, H., & Pereira, L. S. (2024). Mulching effects on soil evaporation, crop evapotranspiration and crop coefficients : a review aimed at improved irrigation management. *Irrigation Science, 42*(3), 525-539. https://doi.org/10.1007/s00271-024-00924-8
3. Lordan, J., Pascual, M., Villar, J.M., Fonseca, F., Papio, J., Montilla, V., Rufat, J. (2015). Use of organic mulch to enhance water-use efficiency and peach production under limiting soil conditions in a three-year-old orchard. *Spanish Journal of Agricultural Research, 13*, e0904. https://doi.org/10.5424/sjar/2015134-6694
4. Mairata, A., Labarga, D., Puelles, M., Rivacoba, L., Portu, J., & Pou, A. (2024). Organic Mulching Versus Soil Conventional Practices in Vineyards : A Comprehensive Study on Plant Physiology, Agronomic, and Grape Quality Effects. *Agronomy, 14*(10), 2404. https://doi.org/10.3390/agronomy14102404
5. López-Urrea, R., Sánchez, J., Montoro, A., Mañas, F., & Intrigliolo, D. (2020). Effect of using pruning waste as an organic mulching on a drip-irrigated vineyard evapotranspiration under a semi-arid climate. *Agricultural And Forest Meteorology, 291*, 108064. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108064
6. Li, R., Li, Q., & Pan, L. (2021). Review of organic mulching effects on soil and water loss. *Archives Of Agronomy And Soil Science, 67*(1), 136-151. https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1718111
7. El–Metwally, I., Geries, L., & Saudy, H. (2022). Interactive effect of soil mulching and irrigation regime on yield, irrigation water use efficiency and weeds of trickle–irrigated onion. *Archives Of Agronomy And Soil Science, 68*(8), 1103-1116. https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1869723
8. Saputra, H., Soleh, M. A., Hamdani, J. S., & Saryoko, A. (2025). The potential and differences between mulch and organic matter in reducing drought stress in plants – a review. *Cogent Food & Agriculture, 11*(1). https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2454342
9. Zhang, J., Jing, H., Dong, K., Jin, Z., & Ma, J. (2022). The effect of drip irrigation under mulch on groundwater infiltration and recharge in a semi-arid agricultural region in China. *Water Science & Technology Water Supply, 22*(4), 4043-4054. https://doi.org/10.2166/ws.2022.033

COUVERTS VÉGÉTAUX

1. Gómez, J. A., Llewellyn, C., Basch, G., Sutton, P. B., Dyson, J. S., & Jones, C. A. (2011). The effects of cover crops and conventional tillage on soil and runoff loss in vineyards and olive groves in several Mediterranean countries. *Soil Use And Management, 27*(4), 502-514. https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00367.x
2. Ouvry, J. F., Coufourier, N., Richet, J. B., Lhériteau, M., Pivain, Y., Martin, P., Lecomte, V., Barrier, C., Witkowski, D., Saint-Omer, L., Corruble, C., Luce, M. (2012). *Maîtrise du ruissellement et de l'érosion des sols en Haute-Normandie. Expérimentations sur les pratiques culturales 2001-2010. Synthèse des résultats de ruissellement et d'érosion.* Groupe Maîtrise du ruissellement par les pratiques culturales. https://hal.inrae.fr/hal-02811122v1
3. Espejo-Pérez, A. J., Rodríguez-Lizana, A., Ordóñez, R., & Giráldez, J. V. (2013). Soil Loss and Runoff Reduction in Olive-Tree Dry-Farming with Cover Crops. *Soil Science Society Of America Journal, 77*(6), 2140-2148. https://doi.org/10.2136/sssaj2013.06.0250
4. Gaudin, R., Celette, F., & Gary, C. (2010). Contribution of runoff to incomplete off season soil water refilling in a Mediterranean vineyard. *Agricultural Water Management, 97*(10), 1534-1540. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.05.007
5. Plaza-Bonilla, D., Nolot, J., Raffaillac, D., & Justes, E. (2015). Cover crops mitigate nitrate leaching in cropping systems including grain legumes : Field evidence and model simulations. *Agriculture Ecosystems & Environment, 212*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.06.014
6. Meyer, N., Bergez, J., Constantin, J., Belleville, P., & Justes, E. (2020). Cover crops reduce drainage but not always soil water content due to interactions between rainfall distribution and management. *Agricultural Water Management, 231*(Mars), 105998. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105998

Encadré ❶ (suite) – Références pour la synthèse quantitative.

7. Basche, A. D., Kaspar, T. C., Archontoulis, S. V., Jaynes, D. B., Sauer, T. J., Parkin, T. B., & Miguez, F. E. (2016). Soil water improvements with the long-term use of a winter rye cover crop. *Agricultural Water Management, 172*, 40-50. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.006

8. Zhang, H., Ghahramani, A., Ali, A., & Erbacher, A. (2023). Cover cropping impacts on soil water and carbon in dryland cropping system. *PLoS ONE, 18*(6), e0286748. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286748

9. Tribouillois, H., Constantin, J., & Justes, E. (2018). Cover crops mitigate direct greenhouse gases balance but reduce drainage under climate change scenarios in temperate climate with dry summers. *Global Change Biology, 24*(6), 2513-2529. https://doi.org/10.1111/gcb.14091

10. Krstić, Đ., Vujić, S., Jaćimović, G., D'Ottavio, P., Radanović, Z., Erić, P., & Ćupina, B. (2018). The Effect of Cover Crops on Soil Water Balance in Rain-Fed Conditions. *Atmosphere, 9*(12), 492. https://doi.org/10.3390/atmos9120492

11. Ward, P., Flower, K., Cordingley, N., Weeks, C., & Micin, S. (2012). Soil water balance with cover crops and conservation agriculture in a Mediterranean climate. *Field Crops Research, 132*, 33-39. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.10.01712

12. Meyer, N., Bergez, J., Justes, E., & Constantin, J. (2022). Influence of cover crop on water and nitrogen balances and cash crop yield in a temperate climate : A modelling approach using the STICS soil-crop model. *European Journal Of Agronomy, 132*, 126416. https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126416

13. Meyer, N., Bergez, J., Constantin, J., & Justes, E. (2019). Cover crops reduce water drainage in temperate climates : A meta-analysis. *Agronomy For Sustainable Development, 39*(1), 3. https://doi.org/10.1007/s13593-018-0546-y

14. Tribouillois, H., Constantin, J., Casal, L., Villerd, J., & Therond, O. (2022). Introducing and expanding cover crops at the watershed scale : Impact on water flows. *Agriculture Ecosystems & Environment, 337*, 108050. https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108050

15. Celette, F., Gaudin, R., & Gary, C. (2008). Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adoption of cover cropping. *European Journal Of Agronomy, 29*(4), 153-162. https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.04.007

16. Garba, I. I., Bell, L. W., & Williams, A. (2022). Cover crop legacy impacts on soil water and nitrogen dynamics, and on subsequent crop yields in drylands : a meta-analysis. *Agronomy For Sustainable Development, 42*(3), 34. https://doi.org/10.1007/s13593-022-00760-0

ROTATION DE CULTURES

1. Salado-Navarro, L. R., & Sinclair, T. R. (2009). Crop rotations in Argentina : Analysis of water balance and yield using crop models. *Agricultural Systems, 102*(1-3), 11-16. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2009.06.004

2. Hlavinka, P., Kersebaum, K., Dubrovský, M., Fischer, M., Pohanková, E., Balek, J., Žalud, Z., & Trnka, M. (2015). Water balance, drought stress and yields for rainfed field crop rotations under present and future conditions in the Czech Republic. *Climate Research, 65*, 175-192. https://doi.org/10.3354/cr01339

3. Garcia, A. G. Y., & Strock, J. S. (2018). Soil Water Content and Crop Water Use in Contrasting Cropping Systems. *Transactions Of The ASABE, 61*(1), 75-86. https://doi.org/10.13031/trans.12118

4. Renwick, L. L. R., Deen, W., Silva, L., Gilbert, M. E., Maxwell, T., Bowles, T. M., & Gaudin, A. C. M. (2021). Long-term crop rotation diversification enhances maize drought resistance through soil organic matter. *Environmental Research Letters, 16*(8), 084067. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1468

AGRICULTURE DE CONSERVATION DES SOLS

1. Martínez, G. I., Ovalle, C., Del Pozo, A., Uribe, H., Valderrama, N. V., Prat, C., Sandoval, M., Fernández, F., & Zagal, E. (2011). Influence of conservation tillage and soil water content on crop yield in dryland compacted Alfisol of Central Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research, 71*(4), 615-622. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392011000400018

2. Rodríguez González, A., Arcia Porrúa, J., Antonio Martínez Cañizares, J., Domínguez Vento, C., Herrera Puebla, J., Miranda Caballero, A., González, R. (2022). Influence of Conservation Agriculture on Some Physical Properties of a Red Ferra-litic Soil. *International Journal Of Food Science And Agriculture, 6*(3), 320-326. https://doi.org/10.26855/ijfsa.2022.09.012

3. Laborde, J. P., Wortmann, C. S., Blanco-Canqui, H., McDonald, A. J., Baigorria, G. A., & Lindquist, J. L. (2019). Short-Term Impacts of Conservation Agriculture on Soil Physical Properties and Productivity in the Midhills of Nepal. *Agronomy Journal, 111*(4), 2128-2139. https://doi.org/10.2134/agronj2018.11.0714

4. Mloza-Banda, H., Makwiza, C., & Mloza-Banda, M. (2016). Soil properties after conversion to conservation agriculture from ridge tillage in Southern Malawi. *Journal Of Arid Environments, 127*, 7-16. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.11.001

5. Dominguez-Bohorquez, J. D., Wittling, C., Cheviron, B., Bouarfa, S., Urruty, N., Lopez, J., & Dejean, C. (2025). Early-Stage Impacts of Irrigated Conservation Agriculture on Soil Physical Properties and Crop Performance in a French Mediterranean System. *Agronomy, 15*(2), 299. https://doi.org/10.3390/agronomy15020299

6. Boulal, H., Gómez-Macpherson, H., & Villalobos, F. J. (2012). Permanent bed planting in irrigated Mediterranean conditions : Short-term effects on soil quality, crop yield and water use efficiency. *Field Crops Research, 130*, 120-127. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.02.026

7. Sartori, F., Piccoli, I., Polese, R., & Berti, A. (2022). Transition to conservation agriculture : how tillage intensity and covering affect soil physical parameters. *SOIL, 8*(1), 213-222. https://doi.org/10.5194/soil-8-213-2022

8. Josa, R., & Hereter, A. (2005). Effects of tillage systems in dryland farming on near-surface water content during the late winter period. *Soil And Tillage Research, 82*(2), 173-183. https://doi.org/10.1016/j.still.2004.06.007

9. Khorami, S. S., Kazemeini, S. A., Afzalinia, S., & Gathala, M. K. (2018). Changes in Soil Properties and Productivity under Different Tillage Practices and Wheat Genotypes : A Short-Term Study in Iran. *Sustainability, 10*(9), 3273. https://doi.org/10.3390/su10093273

10. Muñoz, A., López-Piñeiro, A., & Ramírez, M. (2007). Soil quality attributes of conservation management regimes in a semi-arid region of south western Spain. *Soil And Tillage Research, 95*(1-2), 255-265. https://doi.org/10.1016/j.still.2007.01.009

11. Gómez-Paccard, C., Hontoria, C., Mariscal-Sancho, I., Pérez, J., León, P., González, P., & Espejo, R. (2014). Soil–water relationships in the upper soil layer in a Mediterranean Palexerult as affected by no-tillage under excess water conditions – Influence on crop yield. *Soil And Tillage Research, 146*, 303-312. https://doi.org/10.1016/j.still.2014.09.012

Encadré ❶ (suite) – Références pour la synthèse quantitative.

12. Singh, B., & Malhi, S. (2006). Response of soil physical properties to tillage and residue management on two soils in a cool temperate environment. *Soil And Tillage Research, 85*(1-2), 143-153. https://doi.org/10.1016/j.still.2004.12.005

13. Ngwira, A. R., Thierfelder, C., & Lambert, D. M. (2012). Conservation agriculture systems for Malawian smallholder farmers : long-term effects on crop productivity, profitability and soil quality. *Renewable Agriculture And Food Systems, 28*(4), 350-363. https://doi.org/10.1017/s1742170512000257

14. Alletto, L., Cueff, S., Bréchemier, J., Lachaussée, M., Derrouch, D., Page, A., Gleizes, B., Perrin, P., & Bustillo, V. (2022). Physical Properties of Soils Under Conservation Agriculture : A Multi-Site Experiment in South-Western France. *Geoderma, 428*, 116228. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116228

15. Eze, S., Dougill, A. J., Banwart, S. A., Hermans, T. D., Ligowe, I. S., & Thierfelder, C. (2020). Impacts of conservation agriculture on soil structure and hydraulic properties of Malawian agricultural systems. *Soil And Tillage Research, 201*, 104639. https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104639

16. Mhlanga, B., & Thierfelder, C. (2021). Long-term conservation agriculture improves water properties and crop productivity in a Lixisol. *Geoderma, 398*, 115107. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115107

17. Singh, A., Phogat, V., Dahiya, R., & Batra, S. (2014). Impact of long-term zero till wheat on soil physical properties and wheat productivity under rice–wheat cropping system. *Soil And Tillage Research, 140*, 98-105. https://doi.org/10.1016/j.still.2014.03.002

18. Pareja-Sánchez, E., Plaza-Bonilla, D., Ramos, M. C., Lampurlanés, J., Álvaro-Fuentes, J., & Cantero-Martínez, C. (2017). Long-term no-till as a means to maintain soil surface structure in an agroecosystem transformed into irrigation. *Soil And Tillage Research, 174*, 221-230. https://doi.org/10.1016/j.still.2017.07.012

19. Talukder, R., Plaza-Bonilla, D., Cantero-Martínez, C., Di Prima, S., & Lampurlanés, J. (2022). Spatio-temporal variation of surface soil hydraulic properties under different tillage and maize-based crop sequences in a Mediterranean area. *Plant And Soil, 500*(1-2), 263-277. https://doi.org/10.1007/s11104-022-05758-x

20. Carof, M., De Tourdonnet, S., Coquet, Y., Hallaire, V., & Roger-Estrade, J. (2007). Hydraulic conductivity and porosity under conventional and no-tillage and the effect of three species of cover crop in northern France. *Soil Use And Management, 23*(3), 230-237. https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2007.00085.x

21. Liebhard, G., Guzmán, G., Gómez, J. A., Winter, S., Zaller, J. G., Bauer, T., Nicolai, A., Cluzeau, D., Popescu, D., Bunea, C., & Strauss, P. (2024). Vineyard cover crop management strategies and their effect on soil properties across Europe. *European Journal Of Soil Science, 75*(5), e13573. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ejss.13573

22. Alletto, L., Cassigneul, A., Duchalais, A., Giuliano, S., Brechemier, J., & Justes, E. (2022). Cover crops maintain or improve agronomic performances of maize monoculture during the transition period from conventional to no-tillage. *Field Crops Research, 283*, 108540. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108540

23. Sittig, S., & Sur, R. (2024). Runoff and erosion mitigation via conservation tillage and cover crops - derivation of model input parameters from literature. *Environmental Challenges, 17*, 101015. https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.101015

ASSOCIATION DE CULTURES

1. Liu, H., Gao, X., Li, C., Cai, Y., Song, X., & Zhao, X. (2025). Intercropping increases plant water availability and water use efficiency : A synthesis. *Agriculture Ecosystems & Environment, 379*, 109360. https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109360

2. Ma, L., Li, Y., Wu, P., Zhao, X., Chen, X., & Gao, X. (2019). Effects of varied water regimes on root development and its relations with soil water under wheat/maize intercropping system. *Plant And Soil, 439*(1-2), 113-130. https://doi.org/10.1007/s11104-018-3800-9

3. Shen, L., Wang, X., Liu, T., Wei, W., Zhang, S., Keyhani, A. B., Li, L., & Zhang, W. (2023). Border row effects on the distribution of root and soil resources in maize–soybean strip intercropping systems. *Soil And Tillage Research, 233*, 105812. https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105812

4. Wang, X., Li, Y., & Jia, W. (2025). Water and nitrogen utilization and growth simulation of soybean-maize strip intercropping : A review. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental, 29*(9). https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v29n9e291193

5. Chen, G., Kong, X., Gan, Y., Zhang, R., Feng, F., Yu, A., Zhao, C., Wan, S., & Chai, Q. (2018). Enhancing the systems productivity and water use efficiency through coordinated soil water sharing and compensation in strip-intercropping. *Scientific Reports, 8*(1), 10494. https://doi.org/10.1038/s41598-018-28612-6

6. Yin, W., Chai, Q., Zhao, C., Yu, A., Fan, Z., Hu, F., Fan, H., Guo, Y., & Coulter, J. A. (2020). Water utilization in intercropping : A review. *Agricultural Water Management, 241*, 106335. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106335

AGROFORESTERIE

1. Wang, Z., Wu, Y., Cao, Q., Shen, Y., & Zhang, B. (2021). Modeling the coupling processes of evapotranspiration and soil water balance in agroforestry systems. *Agricultural Water Management,* 250, 106839. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106839

2. Inurreta-Aguirre, H. D., Lauri, P., Dupraz, C., & Gosme, M. (2022). Impact of shade and tree root pruning on soil water content and crop yield of winter cereals in a Mediterranean alley cropping system. *Agroforestry Systems, 96*(4), 747-757. https://doi.org/10.1007/s10457-022-00736-9

3. Hébert, È., Martin-Guay, M., Maheu, A., Thivierge, M., & Rivest, D. (2025). Microclimate, soil moisture and forage yield vary spatially within a temperate tree-based intercropping system : From competition to facilitation. *Agricultural Water Management, 319*, 109782. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109782

4. Liu, W., Zhu, C., Wu, J., & Chen, C. (2016). Are rubber-based agroforestry systems effective in controlling rain splash erosion ? *CATENA, 147,* 16-24. https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.06.034

5. Ilstedt, U., Tobella, A. B., Bazié, H. R., Bayala, J., Verbeeten, E., Nyberg, G., Sanou, J., Benegas, L., Murdiyarso, D., Laudon, H., Sheil, D., & Malmer, A. (2016). Intermediate tree cover can maximize groundwater recharge in the seasonally dry tropics. *Scientific Reports, 6*(1), 21930. https://doi.org/10.1038/srep21930

6. Zhu, X., Chen, C., Wu, J., Yang, J., Zhang, W., Zou, X., Liu, W., & Jiang, X. (2019). Can intercrops improve soil water infiltrability and preferential flow in rubber-based agroforestry system ? *Soil And Tillage Research, 191,* 327-339. https://doi.org/10.1016/j.still.2019.04.017

Encadré ❶ (suite) – Références pour la synthèse quantitative.

7. Gaudin, R., Celette, F., & Gary, C. (2010b). Contribution of runoff to incomplete off season soil water refilling in a Mediterranean vineyard. *Agricultural Water Management, 97*(10), 1534-1540. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.05.007

8. Jacobs, S. R., Webber, H., Niether, W., Grahmann, K., Lüttschwager, D., Schwartz, C., Breuer, L., & Bellingrath-Kimura, S. D. (2022). Modification of the microclimate and water balance through the integration of trees into temperate cropping systems. *Agricultural And Forest Meteorology, 323*, 109065. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.109065

9. Rolo, V., Rivest, D., Maillard, É., & Moreno, G. (2023). Agroforestry potential for adaptation to climate change : A soil-based perspective. *Soil Use And Management, 39*(3), 1006-1032. https://doi.org/10.1111/sum.12932

10. Koch, O., Moore, J., Hörl, J., Cormann, M., Gayler, S., Lewandowski, I., Marhan, S., Munz, S., Pflugfelder, M., Piepho, H., Schneider, J., Von Cossel, M., Weinand, T., Winkler, B., & Schweiger, A. H. (2025). Sheltered by trees : long-term yield dynamics in temperate alley cropping agroforestry with changing water availability. *Agronomy For Sustainable Development, 45*(3), 27. https://doi.org/10.1007/s13593-025-01022-5

11. Wang, J., Yin, M., Duan, Y., Wang, Y., Ma, Y., Wan, H., Kang, Y., Qi, G., & Jia, Q. (2024). Enhancing Water and Soil Resources Utilization via Wolfberry–Alfalfa Intercropping. *Plants, 13*(17), 2374. https://doi.org/10.3390/plants13172374

HAIES

1. Thomas, Z., Ghazavi, R., Merot, P., & Granier, A. (2012). Modelling and observation of hedgerow transpiration effect on water balance components at the hillslope scale in Brittany. *Hydrological Processes, 26*(26), 4001-4014. https://doi.org/10.1002/hyp.9198

2. Viaud, V., & Thomas, Z. (2019). Une réflexion sur l'état des connaissances des fonctions du bocage pour l'eau dans une perspective de mobilisation pour l'action. *Sciences Eaux & Territoires, 30*, 32-37. https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2019.4.06

3. Ghazavi, G., Thomas, Z., Hamon, Y., Marie, J. C., Corson, M., & Merot, P. (2008). Hedgerow impacts on soil-water transfer due to rainfall interception and root-water uptake. *Hydrological Processes, 22*(24), 4723-4735. https://doi.org/10.1002/hyp.7081

4. Benhamou, C., Salmon-Monviola, J., Durand, P., Grimaldi, C., & Merot, P. (2013). Modeling the interaction between fields and a surrounding hedgerow network and its impact on water and nitrogen flows of a small watershed. *Agricultural Water Management, 121*, 62-72. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.01.004

5. Wallace, E. E., McShane, G., Tych, W., Kretzschmar, A., McCann, T., & Chappell, N. A. (2021). The effect of hedgerow wild-margins on topsoil hydraulic properties, and overland-flow incidence, magnitude and water-quality. *Hydrological Processes, 35*(3). https://doi.org/10.1002/hyp.14098

6. Holden, J., Grayson, R., Berdeni, D., Bird, S., Chapman, P., Edmondson, J., Firbank, L., Helgason, T., Hodson, M., Hunt, S., Jones, D., Lappage, M., Marshall-Harries, E., Nelson, M., Prendergast-Miller, M., Shaw, H., Wade, R., & Leake, J. (2019). The role of hedgerows in soil functioning within agricultural landscapes. *Agriculture Ecosystems & Environment, 273*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.11.027

7. Veste, M., Littmann, T., Kunneke, A., Du Toit, B., & Seifert, T. (2020). Windbreaks as part of climate-smart landscapes reduce evapotranspiration in vineyards, Western Cape Province, South Africa. *Plant Soil And Environment, 66*(3), 119-127. *https://doi.org/10.17221/616/2019-pse*

8. Sánchez, I., & McCollin, D. (2015). A comparison of microclimate and environmental modification produced by hedgerows and dehesa in the Mediterranean region : A study in the Guadarrama region, Spain. *Landscape And Urban Planning, 143*, 230-237. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.07.002

9. Campi, P., Palumbo, A., & Mastrorilli, M. (2011). Evapotranspiration estimation of crops protected by windbreak in a Mediterranean region. *Agricultural Water Management, 104*, 153-162. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.12.010

BANDES ENHERBÉES

1. Ouvry, J. F., Coufourier, N., Richet, J. B., Lhériteau, M., Pivain, Y., Martin, P., Lecomte, V., Barrier, C., Witkowski, D., Saint-Omer, L., Corruble, C., Luce, M. (2012). *Maîtrise du ruissellement et de l'érosion des sols en Haute-Normandie. Expérimentations sur les pratiques culturales 2001-2010. Synthèse des résultats de ruissellement et d'érosion.* Groupe Maîtrise du ruissellement par les pratiques culturales. https://hal.inrae.fr/hal-02811122v1

2. Muñoz, J., Guzmán, G., Soriano, M., & Gómez, J. A. (2024). Appraising trapping efficiency of vegetative barriers in agricultural landscapes : Strategy based on a probabilistic approach based on a review of available information. *International Soil And Water Conservation Research, 12*(3), 615-634. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.12.001

3. Assaye, Y., Desta, G., Molla, E., & Adimassu, Z. (2025). Effects of land management practices on runoff and soil and nutrient losses in the rainfed agroecosystem of the Beles River Basin, Ethiopia. *International Journal Of Sediment Research, 40*(4), 651-665. https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2025.03.002

4. Zhang, X., Li, P., Li, Z. B., & Yu, G. Q. (2024). Effects of grass strips distribution on soil erosion and its optimal configuration on hillslopes. *CATENA, 238*, 107882. https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.107882

5. Furlan, A., Poussin, J., Mailhol, J., Bissonnais, Y. L., & Gumiere, S. J. (2012). Designing management options to reduce surface runoff and sediment yield with farmers : An experiment in south-western France. *Journal Of Environmental Management, 96*(1), 74-85. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.11.001

6. Bissonnais, Y. L., Lecomte, V., & Cerdan, O. (2004). Grass strip effects on runoff and soil loss. *Agronomie, 24*(3), 129-136. https://doi.org/10.1051/agro:2004010

7. Lacas, J., Voltz, M., Gouy, V., Carluer, N., & Gril, J. (2009). Using Grassed Strips to Limit Pesticide Transfer to Surface Water : A Review. Dans *Springer eBooks* (Vol. 25, Numéro 2, p. 471-491). *https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_30*

TERRASSES

1. Wei, W., Chen, D., Wang, L., Daryanto, S., Chen, L., Yu, Y., Lu, Y., Sun, G., & Feng, T. (2016). Global synthesis of the classifications, distributions, benefits and issues of terracing. *Earth-Science Reviews, 159*, 388-403. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.06.010

2. Wolka, K., Mulder, J., & Biazin, B. (2018). Effects of soil and water conservation techniques on crop yield, runoff and soil loss in Sub-Saharan Africa : A review. *Agricultural Water Management, 207*, 67-79. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.05.016

Encadré ❶ (suite) – Références pour la synthèse quantitative.

3. Abiye, W. (2022). Soil and Water Conservation Nexus Agricultural Productivity in Ethiopia. *Advances In Agriculture, 2022*, 1-10. **https://doi.org/10.1155/2022/8611733**

4. Debie, E. (2024). Effectiveness of sustainable land management initiatives in the highlands of Ethiopia. *Regional Environmental Change, 24*(3). **https://doi.org/10.1007/s10113-024-02263-y**

5. Arnáez, J., Lana-Renault, N., Lasanta, T., Ruiz-Flaño, P., & Castroviejo, J. (2015). Effects of farming terraces on hydrological and geomorphological processes. A review. *CATENA, 128*, 122-134. **https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.01.021**

6. Stanchi, S., Freppaz, M., Agnelli, A., Reinsch, T., & Zanini, E. (2012). Properties, best management practices and conservation of terraced soils in Southern Europe (from Mediterranean areas to the Alps): A review. *Quaternary International, 265*, 90-100. **https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.09.015**

7. Deng, C., Zhang, G., Liu, Y., Nie, X., Li, Z., Liu, J., & Zhu, D. (2021). Advantages and disadvantages of terracing: A comprehensive review. *International Soil And Water Conservation Research, 9*(3), 344-359. **https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.03.002**

8. Werle, L., Minella, J. P. G., Merten, G. H., Kaiser, D. R., Schlesner, A., Dambroz, A. P. B., Hammes, B. E., & Bernardi, F. (2025). Modeling the effect of terracing on runoff control in a rural catchment in southern Brazil. R*evista Brasileira de Ciência Do Solo, 49*. **https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20240108**

9. Barbosa, E. A. A., De Paula, A. L., Santos, É. L. D., Barbosa, F. T., & Giarola, N. F. B. (2025). Use of Agricultural Terraces to Control Water Loss on Slopes Cultivated with Grains Under a No-TillAGE System. *Engenharia Agrícola, 45*(spe1). **https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v45nespe120240186/2025**

10. Da Rosa Freitas, L., Gubiani, P. I., Mulazzani, R. P., Minella, J. P. G., & Londero, A. L. (2021). Terracing increases soil available water to plants in no-tillage. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo, 45*. **https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20210046**

11. Chen, D., Wei, W., & Chen, L. (2017). Effects of terracing practices on water erosion control in China: A meta-analysis. *Earth-Science Reviews, 173*, 109-121. **https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.08.007**

Annexe – Synthèse des climats et types de sols des études sur l'impact des pratiques et infrastructures agroécologiques sur le bilan hydrique du sol.

Pratique / Infrastructure	Climats observés (pays)	Type de sols (texture)	Nombre de références sélectionnées
Travail réduit – Non-travail du sol	Méditerranéen (Turquie, Espagne) ; Semi-aride (Espagne) ; Tempéré océanique (France, Royaume-Uni) ; Tempéré continental (Autriche) ; Tempéré d'Europe du Nord-Ouest	Sols argileux, chernozems, Palexerult (textures : argile lourde, limoneux à limono-sableux, argilo-limoneux, sableux, limons battants)	7
Paillage – Mulch	Tempéré continental humide (Japon) ; Méditerranéen et méditerranéen à influence atlantique (Espagne) ; Méditerranéen aride (Égypte) ; Semi-aride continental de mousson (Chine) ; Contextes multiples mondiaux (revues)	Aridisols et sols variés (textures : limoneux à limono-sableux, limono-argileux, limon, sableux, sable, limon sableux, textures multiples)	9
Couverts végétaux	Méditerranéen (Portugal, Espagne, France, Australie) ; Tempéré océanique (France) ; Tempéré à été sec (France) ; Continental humide à été chaud (États-Unis, Serbie) ; Semi-aride (Australie) ; Tempéré (multiples pays) ; Climats multiples (États-Unis, Australie, Canada, France, Ghana, Thaïlande, Espagne, Iran)	Cambisols, Vertisols, Fluvisols calcaires, Chernozems, Régosols, Phaeozems, Luvisols, Gleysols (textures : limono-sableux, argilo-limoneux, sableux, argileux, argilo-sableux, limons battants)	16
Rotation de cultures	Tempéré (Argentine) ; Tempéré continental intérieur (États-Unis) ; Tempéré humide continental (Canada) ; Tempéré (République Tchèque)	Typic Argiudol, Endoaquolls, Hapludalf (Luvisol gris), Chernozem, Cambisol (textures : limoneux, argilo-limoneux, sableux à limono-sableux)	4
Agriculture de conservation des sol	Méditerranéen (Chili, France, Espagne) ; Sub-tropical (Cuba, Népal) ; Semi-aride (Malawi, Iran, Espagne) ; Sub-humide (Italie, Canada) ; Océanique (France) ; Humide subtropical (Zambie) ; Tropical humide et savane (Malawi) ; Multiples (Europe : Autriche, France, Roumanie, Espagne) ; Tempéré océanique (France)	Luvisols, Cambisols, Fluvisols, Acrisols, Lixisols, Phaeozems, Palexerults, Haploxerepts (textures : limon, limon argileux, limon argileux sableux, limon alluvial, limono-argileux, limoneux, sableux, limoneux à argilo-limoneux	23
Association de cultures	Multiples (revues) ; Subtropical tempéré de montagne (Chine) ; Aride continental (Chine) ; Aride/semi-aride (Chine)	Aridisols, sols rouges de montagne, sols désertiques gris (textures : multiples)	6
Agroforesterie	Semi-aride (Chine) ; Méditerranéen (France) ; Tempéré humide froid (Canada) ; Tropical de mousson fort (Chine) ; Tropical semi-aride (Burkina Faso) ; Climat tropical de mousson (Chine) ; Méditerranéen (France) ; Tempéré (Europe, Chine, États-Unis, Canada) ; Multiples (revues/Europe/Chine/États-Unis/Canada) ; Tempéré (Allemagne) ; Aride continental (Chine)	Gleysols, Cambisols, Lixisols, Luvisols (textures : limon, argilo-limoneux calcaire, limono-argilo-sableux, limono-sableux à limoneux)	11
Haies	Tempéré océanique (France, Angleterre) ; Méditerranéen (Espagne, Italie, France) ; Subtropical/Tropical (Chine, Afrique du Sud, Burkina Faso) ; Tempéré humide/froid (Canada) ; Tempéré (Allemagne, États-Unis)	Lixisols ferriques, Gleysols orthiques, Cambisols, Luvisols (textures : limono-sableux, limoneux, argilo-limoneux, sable limoneux, argileux,limoneux léger < 15 % argile)	9
Bandes enherbées	Tempéré humide (Normandie, Sud-Ouest France, France) ; Tropical (Éthiopie) ; Multiples (Chine, France, Éthiopie, etc.)	Hapludalf, Leptosols, Nitisols, Luvisols, Vertisols (textures : limono-sableux, limoneux, sol limoneux, textures multiples)	7
Terrasses	Tropical et subtropical (Monde entier) ; Désertique et semi-aride (Monde entier) ; Méditerranéen (Sud de l'Europe) ; Subtropical (Brésil) ; Variable/multiples (Afrique subsaharienne, Chine, Canada, Indonésie, Corée, Inde, Vietnam, Népal, Israël, Tunisie)	Leptosols, Nitisols, Luvisols, Vertisols, Hapludalf, Latosol rouge-jaune dystrophique, Nitosol (textures : limon, texture moyenne, textures multiples)	11