



Fonds européen agricole pour le développement rural - l'Europe investit dans les zones rurales



Rédaction : Damien Gillain & Pascal Balleux (CDAF asbl) - mai 2022

Illustrations et mise en page : Jean-Yves LAMBERT (CDAF asbl)

Bonnes pratiques agroforestières

Dossier - lutte contre l'érosion : les arbres au service de la protection des sols et de l'eau



Sommaire

1. Protection des sols	2
2. Protection des eaux	8
2.1. Eaux de surface	8
2.2. Eaux souterraines	9
3. Création de baissières plantées d'arbres et d'arbustes	11
Bibliographie	14

1. Protection des sols

La problématique de l'érosion des sols doit toujours être envisagée sous différents angles. En effet, se cantonner à de simples créations d'ouvrages hydrauliques pour la contrer revient à soigner les symptômes et non les causes originelles.



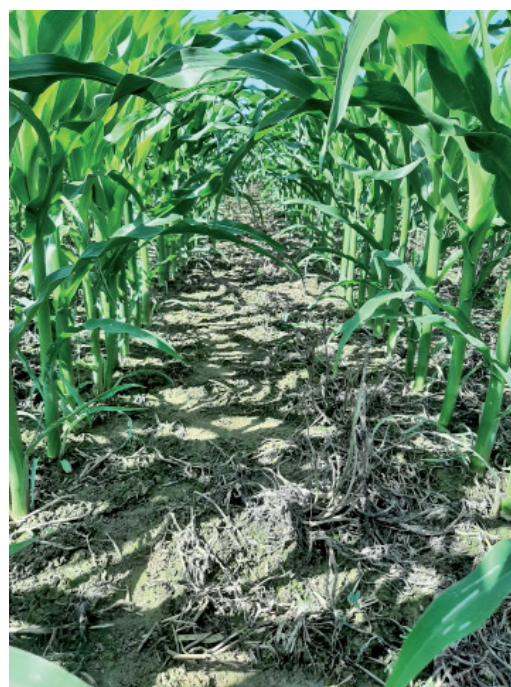
Erosion des sols agricoles

Le phénomène d'érosion des sols s'est fortement amplifié avec l'intensification des pratiques agricoles, entraînant une perte du taux de matière organique (MO) et de la vie du sol. Celui-ci ayant perdu son « squelette », sa porosité et sa cohésion, l'eau ne s'infiltre plus correctement : elle ruisselle, emportant avec elle les particules libres constitutives du sol. Au printemps et en été, l'eau ruisselante constitue d'ailleurs une perte pour les plantes et pour les agriculteurs.

L'objectif prioritaire est de rendre aux sols leur fonction agronomique première en les envisageant non pas comme un support physique, mais comme un écosystème vivant : il faut en prendre soin pour garantir aux plantes les conditions optimales de croissance. Les techniques culturales simplifiées et notamment les semis sous couvert soutiennent cette agriculture de conservation.



Semis de froment dans du trèfle blanc, semé avec le colza l'année précédente



Résidus de couvert dans du maïs semé en direct

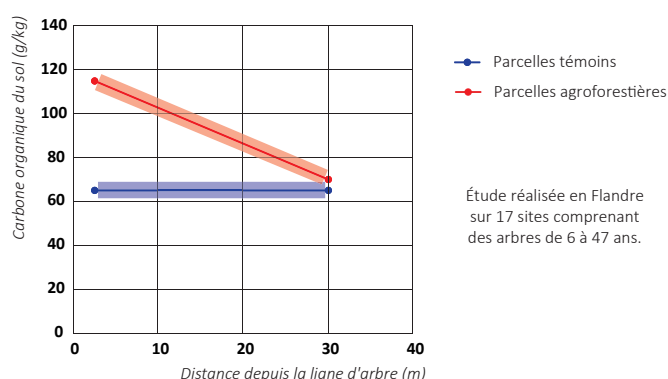
Outre ces mesures de base, les techniques agroforestières sont également des alliées de premier choix. En effet, si les éléments agroforestiers sont judicieusement disposés dans le bassin versant, leur présence peut réduire significativement les ruissellements et les forces érosives associées mais pas seulement :

- Les arbres interceptent une large quantité d'eau dans leur feuillage, sur leurs branches et sur leur tronc. En début d'averse, une grande partie de l'eau est retenue par les parties sèches du végétal ; si les précipitations se poursuivent, l'eau sature les houppiers et arrive au sol avec un décalage, soit par égouttement soit en s'écoulant le long du tronc. Une part de cette eau de précipitation, retenue sur les différentes parties de l'arbre, est perdue par évaporation ; la pluie arrivant directement ou indirectement au sol constitue les précipitations nettes. En cas d'averses violentes durant la feuillaison, cela réduit les ruissellements. A titre d'exemple, un platane à feuilles d'érable en fin de vie peut éviter le ruissellement de 4,5 m³ d'eau (en moyenne par an) alors qu'un érable champêtre n'évite le ruissellement que d'1 m³ (Guinaudeau B., 2016).
- Les arbres augmentent aussi la teneur des sols en matière organique (MO) par les racines avortées mais également par les feuilles et les débris de branches tombés au sol : la vie du sol est directement favorisée ; la porosité et la capacité de rétention en eau sont indirectement améliorées.

Influences positives de l'agroforesterie sur les sols agricoles (Artru S. & al., 2019)

Augmentation de la charge organique des sols

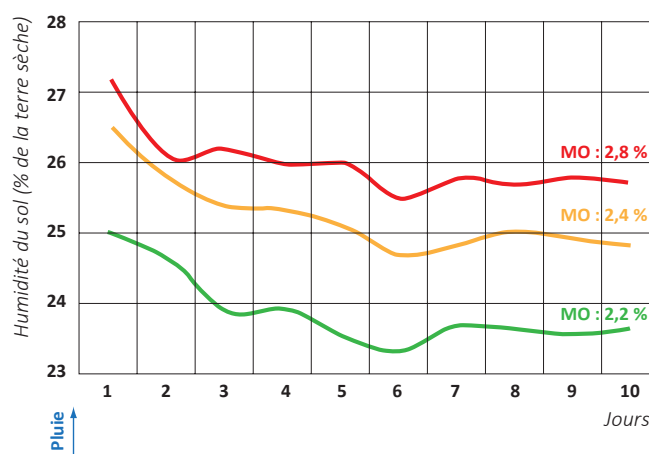
Teneur en carbone organique du sol à différentes distances de bordures de parcelles avec et sans arbres



Une étude menée par le projet Agripsoil en 2012 a démontré la présence de 40 % de matière organique (MO) additionnelle sur une profondeur totale de 2 m dans une parcelle agroforestière composée d'arbres intraparcéllaires âgés de 18 ans associés à des cultures, et ce par rapport à une parcelle agricole témoin. A l'échelle de cette parcelle agroforestière, le stockage de carbone additionnel moyen sur 1 m de profondeur est de + 12 % par rapport à un système témoin sans arbre.

Amélioration de la capacité de rétention en eau

Capacité de rétention en eau du sol en fonction de la teneur en matière organique après un épisode pluvieux



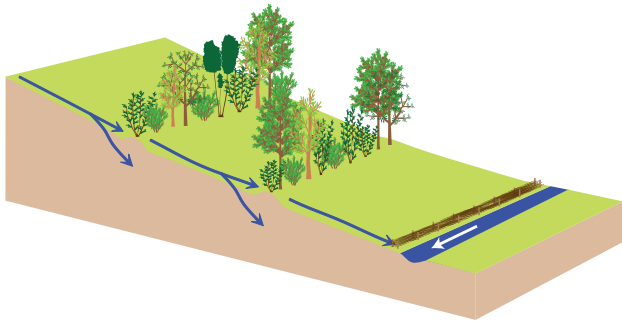
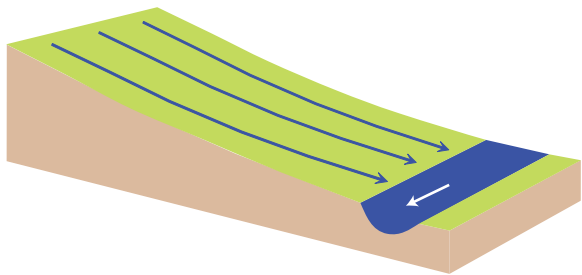
Une augmentation même faible de la MO contribue à renforcer la capacité de rétention de l'humidité du sol. Cela est d'autant plus vrai si la structure des agrégats est respectée lors du travail du sol ; en toutes circonstances, l'émiettement fin du sol doit être évité.

- Renforcés par la présence de bandes herbeuses, talus et fossés, les alignements d'arbres perpendiculaires au sens de la pente réduisent la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement et participent à la sédimentation des particules en suspension. L'infiltration de l'eau dans le sol est, par ailleurs, facilitée grâce au maillage racinaire, à la faune plus présente et à l'amélioration de la structure et de la charge organique du sol. Une vaste étude menée par Aréas a démontré la réelle capacité d'infiltration de l'eau au pied des haies : elle est estimée à 400 l/m²/h avec une variation de ± 100 l/m²/h (Ouvry J.-F. & al., 2012). Pour ces valeurs, il faut en moyenne 9 m² pour infiltrer 1 l/s. À titre indicatif, une parcelle de limon fraîchement travaillée infiltre entre 30 et 60 l/m²/h, et entre 1 et 10 l/m²/h quand la croûte de battance y est développée (Coufourier & al., 2008).

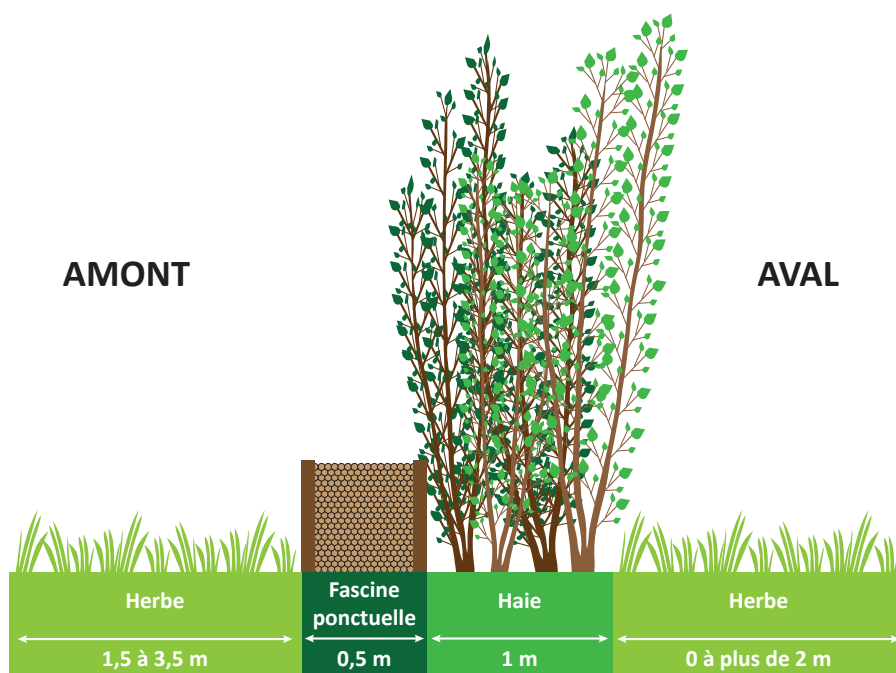


Éléments ligneux de rupture de pente

- Cette même étude a, en outre, démontré des taux de sédimentation très intéressants avec des fascines et des haies antiérosives, densément plantées et recépées. Les débits testés étaient compris entre 1 et 12 l/s/m (de largeur) et les concentrations de matière en suspension (MES) étaient voisines de celles habituellement mesurées en culture dans le nord de la France. Ce taux de sédimentation est de l'ordre de 74 à 91 % lorsque la charge solide est globalement composée d'1/3 de particules de granulométrie inférieure à 63 μm , d'1/3 de particules de granulométrie supérieure à 125 μm et d'1/3 de particules de granulométrie comprises entre 63 et 15 μm . Si les particules sont plus grossières, il est compris entre 93 % et 99 %. Ces résultats sont possibles grâce au rôle puissant de frein hydraulique que jouent les haies très denses et les fascines.

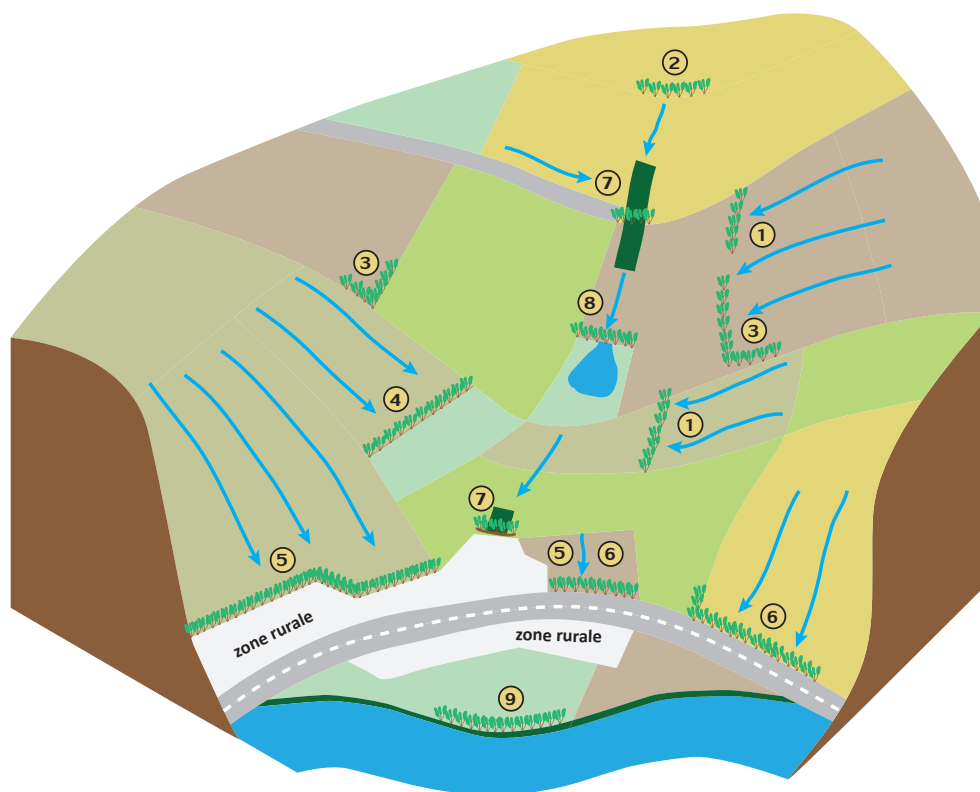
À favoriser	À éviter
  ✓ réduction des vitesses d'écoulement ✓ limitation du transport solide des particules de terre (augmentation des taux de sédimentation) ✓ infiltration de l'eau favorisée au pied des arbres	  ✗ risque accru du ruissellement de l'eau en forte pente ✗ érosion accentuée des terres

Aménagements complémentaires pour freiner les écoulements, infiltrer l'eau et sédimenter les particules (Coufourier & al., 2008)



- **Haie + herbe** : en associant une haie à une zone enherbée, on obtient un aménagement deux fois plus efficace pour freiner les écoulements, infiltrer l'eau et sédimenter les particules. Pour ce faire, mieux vaut implanter la haie en aval de l'herbe ; la présence d'une raie de labour entre la parcelle et le dispositif est à proscrire.
- **Haie + fascine** : la fascine joue son rôle hydraulique dès la première année de mise en place. La haie nécessite, quant à elle, plusieurs années pour jouer le même rôle. C'est pourquoi, ponctuellement, dans les endroits sensibles, la jeune haie peut être renforcée par une fascine.
- **Haie + fascine + herbe** : la solution procurant une efficacité maximale dès la plantation consiste à associer les trois éléments sur 3 m au minimum. Le triple dispositif est surtout recommandé dans les zones les plus sensibles, notamment les zones de contact entre les parcelles agricoles et les infrastructures humaines.

Localisations pertinentes des haies, des alignements d'arbres associés à une bande enherbée et des fascines vis-à-vis des zones à risque élevé d'érosion (Ouvry J.-F. & al., 2012)



- ① Au pied des versants de pente > 5 % qui souffrent d'érosion en rigole
- ② Perpendiculaire à un axe de ruissellement
- ③ En coin de parcelle
- ④ À l'interface entre parcelle cultivée et prairie
- ⑤ En protection rapprochée d'une zone urbaine
- ⑥ En protection rapprochée d'une route
- ⑦ En association avec une bande enherbée sur talweg (chemin de plus basse altitude dans le paysage dans lequel se concentrent les eaux de ruissellement)
- ⑧ En protection rapprochée d'un ouvrage de réduction des inondations
- ⑨ En renforcement d'une bande enherbée le long de la rivière

Les éléments de rupture de pente doivent se situer immédiatement en aval de surfaces ruisselantes de petites dimensions et très érodables. A ces endroits, leur intérêt est le plus notable.

Il s'agit par exemple des situations suivantes : au pied des versants concernés par l'érosion en rigoles, c'est-à-dire en majorité ceux qui ont une pente supérieure à 5 % ; au pied des versants de pente plus faible (2 à 5 %) mais concernés par des problématiques de pluies intenses sur sol nu (par exemple : semis de maïs ou de betteraves) ou avec un type d'occupation du sol très ruisselant (par exemple : pommes de terre) et a fortiori si les parcelles sont cultivées dans le sens de la pente ; sur des axes d'écoulements concentrés (coin de parcelle) sujets à l'érosion en ravines, c'est-à-dire en majorité ceux qui ont une pente supérieure à 1 %.

Conditions d'efficacité optimale des haies antiérosives et des fascines pour la sédimentation (Ouvry J.-F. & al., 2012)

- **La densité** : pour les fascines, il faut compter au moins 40 % de densité, et plus si possible, au niveau des tiges des fagots. Pour les haies, il faut compter 6 pieds/m avec recépage et un choix d'essences idéalement drageonnantes pour densifier les tiges.
- **Les courts-circuits** : les trous dans les fascines et les haies doivent être contrôlés et comblés le plus rapidement possible car ils concentrent l'écoulement. Aussi, la longueur du linéaire doit être suffisante pour ne pas engendrer des écoulements de part et d'autre.
- **La pente en amont et son évolution dans le temps** : la quantité de particules sédimentant est proportionnelle à la longueur de la zone d'eau calme en amont du linéaire, donc à la faible pente du terrain. C'est pourquoi il est préférable de planter en zone de replat. Au cours du temps, avec les sédimentations successives, la pente en amont s'horizontalise naturellement, améliorant davantage les conditions favorables à la sédimentation.
- **La localisation** : la sédimentation est d'autant plus importante quand les particules transportées par le courant sont de taille élevée, c'est-à-dire dans les zones d'érosion linéaire, en cas de pluie intense sur sol nu, et plus particulièrement en zone de pente où l'arrachement et le transport de particules grossières peuvent être très significatifs.

Pour en savoir plus, se référer aux documents « Haie, freiner les ruissellements, provoquer l'infiltration et la sédimentation » 4 p. (Coufourier & al., 2018) et « Fascines et haies, pour réduire les effets du ruissellement érosif, caractérisation de l'efficacité et conduite d'utilisation » 68 p. (Ouvry J.-F. & al., 2012). Ils sont téléchargeables sur internet.

- Les arbres jouent un rôle de pompe, ils interceptent les éléments minéraux lessivés en profondeur grâce à leurs racines et les ramènent en partie à la surface du sol lors de la chute des feuilles. À une densité de 50 arbres à l'hectare, on peut s'attendre à une prospection complète de la parcelle sous la culture par les racines des arbres s'ils sont à maturité (Artru S. & al. 2019).
- La matière ligneuse peut être valorisée en BRF (Bois Raméal Fragmenté) : ces broyats de rameaux ($\varnothing < 7$ cm) concentrent une grande part de la richesse minérale de l'arbre (± 75 %), des acides aminés, des protéines, des phytohormones, des enzymes, etc. Le BRF constitue un excellent amendement agricole pour régénérer l'humus des sols. Cependant, son usage nécessite certaines précautions pour gérer la faim d'azote car son C/N (rapport carbone/azote) est assez élevé. Le mieux est de l'utiliser en complément de la paille comme litière dans les étables, il sera ainsi pré-composté dans le tas de fumier avant d'être épandu sur le champ. Parmi les atouts du BRF, nous pouvons citer entre autres :
 - o stimulation de la vie du sol, des champignons et des mycorhizes ;
 - o apport majeur en Mg^{++} et Ca^{++} , éléments essentiels des liens argilo-humiques ;
 - o amélioration du pH, de la conductivité et de l'assimilation chimique par les plantes ;
 - o remobilisation de certains éléments minéraux et réorganisation sous forme organique : amélioration de la fertilité à court et moyen termes ;
 - o augmentation du taux d'humus des sols : 75 kg d'humus/m³ de BRF ;
 - o réduction des parasites et des pathogènes par la stimulation d'une pédofaune favorable, etc.



2. Protection des eaux

Si l'agriculture est souvent pointée du doigt face à la problématique de la pollution des eaux, l'arbre peut se positionner comme un partenaire durable et efficace pour protéger et améliorer la qualité des eaux (Guinaudeau B., 2016).

De manière générale, si on tend vers une agriculture plus durable en termes de respect et d'amélioration de la qualité des sols, on tend également vers une aggradation de la qualité des eaux souterraines et de surface.

2.1. Eaux de surface

Plantés perpendiculairement aux pentes des terres agricoles, les alignements d'arbres et d'arbustes associés à une bande herbeuse retiennent, dès la première année, une partie de l'eau de ruissellement et, surtout, réduisent la vitesse et les forces érosives.

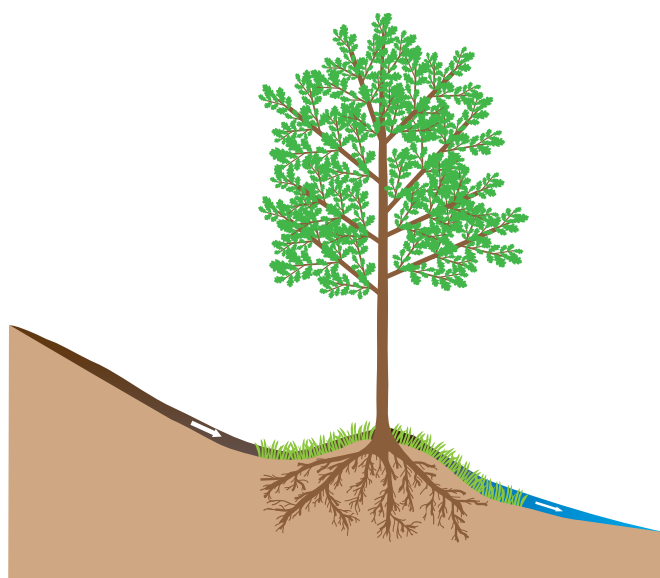
L'objectif est, en réalité, de réduire la vitesse du ruissellement à moins de 0,20 m/s (Coufourier & al., 2008). Cette vitesse assure la sédimentation des matières en suspension (MES) dans le champ lui-même et évite les écoulements et la sédimentation des eaux boueuses sur les prairies, les cultures ou les infrastructures humaines en aval ; elle limite le colmatage des fonds de cours d'eau indispensable à la faune benthique.

Ces effets positifs sont surtout vérifiés avec des haies antiérosives densément plantées (Coufourier & al., 2008), mais l'utilité des alignements d'arbres associés à une bande enherbée est également indiscutable.

Les arbres retardent l'écoulement de l'eau vers l'aval en interceptant une quantité importante d'eau de précipitations au niveau de leur interface aérienne et en la restituant au sol avec un décalage de 10 à 20 minutes (Guinaudeau B., 2016) : les ruissellements, l'érosion des sols et les risques d'inondation sont ainsi en partie réduits.

L'entraînement des substances fertilisantes (notamment le phosphore) et des produits phytosanitaires avec les particules érodées vers le réseau hydrographique aval impacte les eaux de surface.

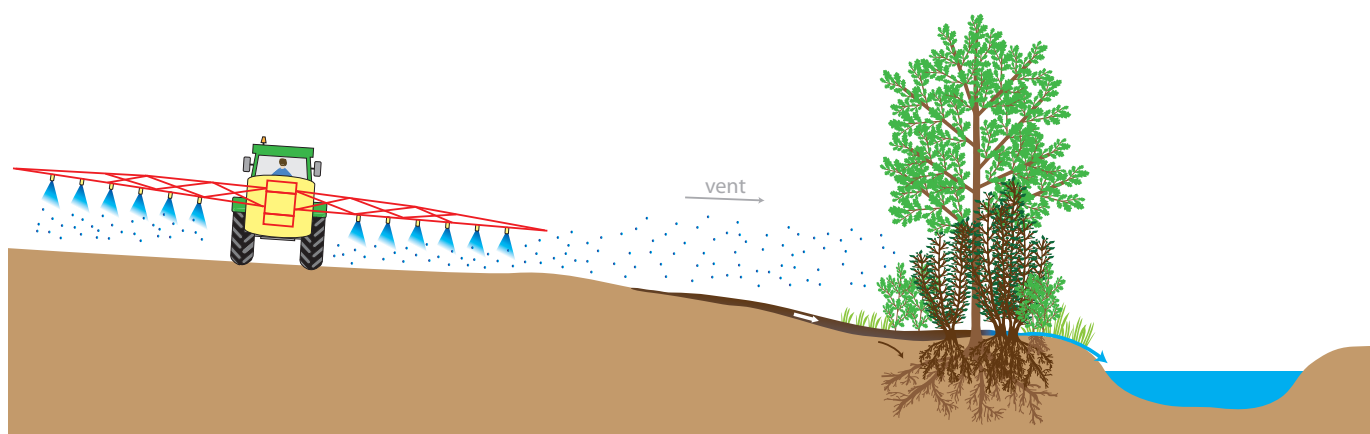
Les arbres jouent un rôle significatif et favorable sur les écoulements de surface en favorisant l'infiltration de l'eau. De plus, ils interceptent les éléments dans le sol grâce à leur maillage racinaire : d'abord et surtout l'azote, mais aussi les cations mobiles comme le calcium, le magnésium et le potassium (Dupraz C., Liagre F., 2011).





Sédimentation des matières en suspension grâce aux alignements d'arbres perpendiculaires aux pentes et aux fascines vivantes ou mortes

Les ripisylves (bandes d'arbres rivulaires, c'est-à-dire croissant le long des cours d'eau) constituent des zones tampons très importantes, protégeant les eaux contre les dérives éventuelles d'épandage. De plus, elles assurent le maintien d'une bonne concentration en oxygène dissous dans l'eau, notamment par l'ombrage et le maintien d'une température suffisamment basse en été. En outre, les arbres rivulaires présentent un atout pour la faune aquatique : zone de frais, cache, site de nourrissage et ombrage (Collette & al., 2018).



Effet protecteur des ripisylves sur les cours d'eau

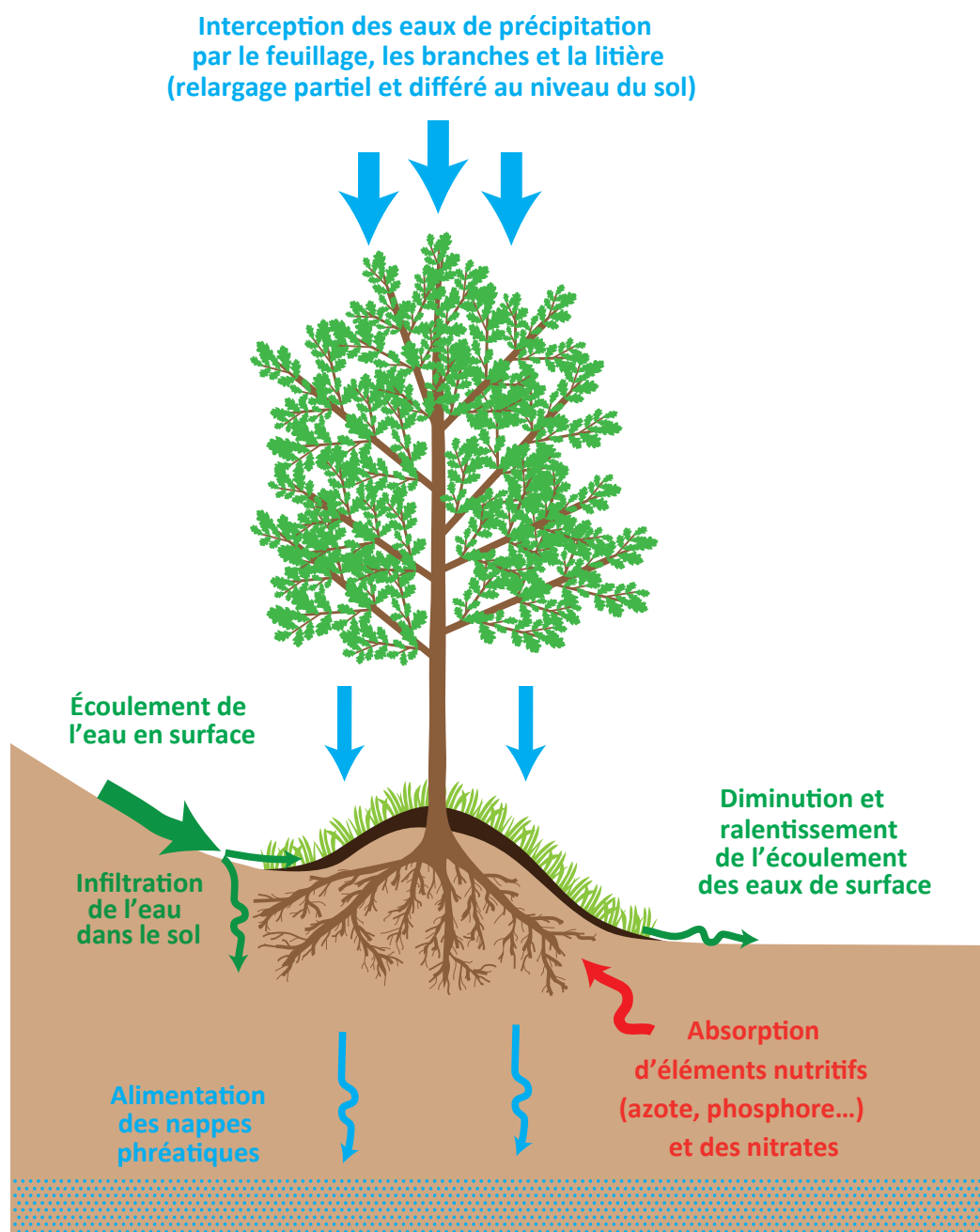
Les arbres et arbustes stabilisent les berges : l'enchevêtrement des racines retient les terres et limite l'érosion. Avec des essences bien adaptées aux fonds humides (saules et aulnes notamment) et grâce à un traitement en cépées (rejets de souche après coupe au ras de sol), ces effets positifs sont plus marqués.

2.2. Eaux souterraines

Les arbres participent à la recharge en eau des nappes phréatiques : leurs racines et la meilleure porosité du sol à leur pied constituent un cheminement d'écoulement préférentiel, permettant à l'eau de s'infiltrer profondément dans le sol. Une étude réalisée en 2018 par Charlier S. a démontré une augmentation de la porosité du sol d'environ 50 % à l'approche d'une haie, principalement grâce à l'augmentation de MO, des racines de la végétation et de la faune plus présente.

Les arbres assurent le rôle de filtre naturel contre la pollution diffuse en absorbant certains résidus de produits phytosanitaires. Ils interceptent les nitrates et les cations mobiles lessivés jusqu'à 4,5 m de profondeur ; ceux-ci sont remobilisés dans la croissance de l'arbre et aussi dans la croissance de la culture grâce à des processus de facilitation (Dupraz C. & al., 2011).

Une étude réalisée au Québec, au sein d'un système agroforestier intraparcellaire composé de peupliers âgés de 7 ans, a démontré une réduction des quantités de nitrates lessivés dans l'eau du sol de mai à novembre allant jusqu'à 80 %, celle-ci étant surtout marquée à l'automne (Artru S. & al., 2019).



Effet favorable des arbres sur les eaux de surface et souterraines

Le phénomène d'ascenseur hydraulique permet aux arbres de faire remonter de l'eau des horizons profonds humides vers les horizons de surface plus secs grâce à leurs racines. Le système racinaire des arbres est plus profond en agroforesterie qu'en forêt (Dupraz C., Liagre F., 2008). Durant la nuit, la photosynthèse s'arrête et, avec elle, la transpiration de l'arbre. Ainsi, pendant ce temps, les tissus desséchés de l'arbre (branches, tronc, feuilles) se réhumectent (Dupraz C., 2009).

Pour cette mise à niveau du potentiel hydrique de l'arbre, les racines qui ont accès à des zones humides continuent de pomper de l'eau pour alimenter les tissus les plus secs et également les racines situées dans les zones de sol les plus sèches. Des racines humides dans un sol sec exsudent de l'eau : l'arbre irrigue donc le sol en redistribuant l'eau pompée.

3. Création de baissières plantées d'arbres ou d'arbustes

Les parcelles agricoles qui présentent une localisation critique dans un bassin versant ainsi qu'une topographie et/ou des sols fortement enclins aux ruissellements et à l'érosion sont à protéger en priorité. Un dispositif particulièrement efficace contre l'érosion consiste à réaliser des baissières, il s'agit d'un réseau de fossés et de talus perpendiculaire à la pente et disposé suivant les courbes de niveau. Les talus constituent une barrière physique pour l'eau de ruissellement tandis que les fossés la recueillent et l'accumulent, facilitant ainsi son infiltration progressive dans le sol. Par conséquent, l'eau ne ruisselle plus et ne se perd plus, elle s'infiltre et recharge les nappes phréatiques ou est valorisée par les plantes en période de végétation.



Les baissières présentent un caractère esthétique largement apprécié pour son intégration paysagère, néanmoins son inconvénient majeur est de rendre la mécanisation compliquée si les courbes de niveau évoluent de manière irrégulière.

Idéalement, les talus des baissières doivent être associés à de l'agroforesterie et plantés d'arbres et/ou d'arbustes : leurs racines structurent la terre en profondeur et aident l'eau à s'infiltrer dans le sol. Les arbres bénéficient, quant à eux, de l'eau concentrée à leur pied, notamment en période plus sèche. Cette technique est bien connue en régions chaudes où les précipitations sont plus rares mais plus intenses, pour assurer la survie des arbres plantés sur des pentes. Pour favoriser la vie du sol et améliorer davantage sa structure, il est conseillé d'apporter de la matière organique sur les talus : ces apports profitent aux arbres et participent aussi à augmenter l'infiltration de l'eau dans le sol.



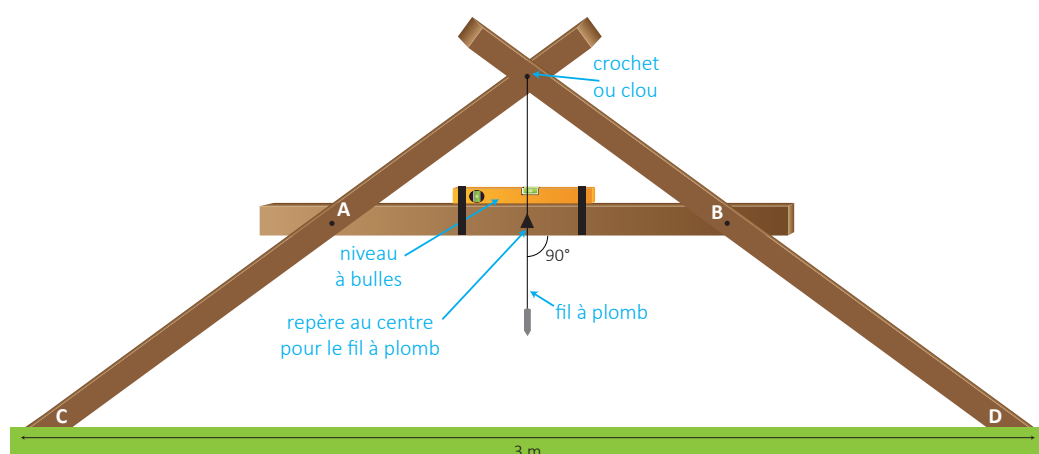
Baissière plantée de fruitiers et de rhubarbes en aval d'une terre de culture en forte pente (présence d'une tournière enherbée en amont)

Pour réaliser l'ouvrage, les courbes de niveau sont préalablement délimitées grâce à un cadre en forme de « A », un niveau à eau rudimentaire ou un niveau laser. Les baissières sont ensuite terrassées à l'aide d'une pelleteuse mécanique. Il est cependant possible de réaliser des baissières de plus petites dimensions à l'aide d'un tracteur muni d'un seul socle de labour ; dans ce cas, un fraisage préalable du sol permet d'obtenir un andin plus homogène lors du labour.



Niveau à eau

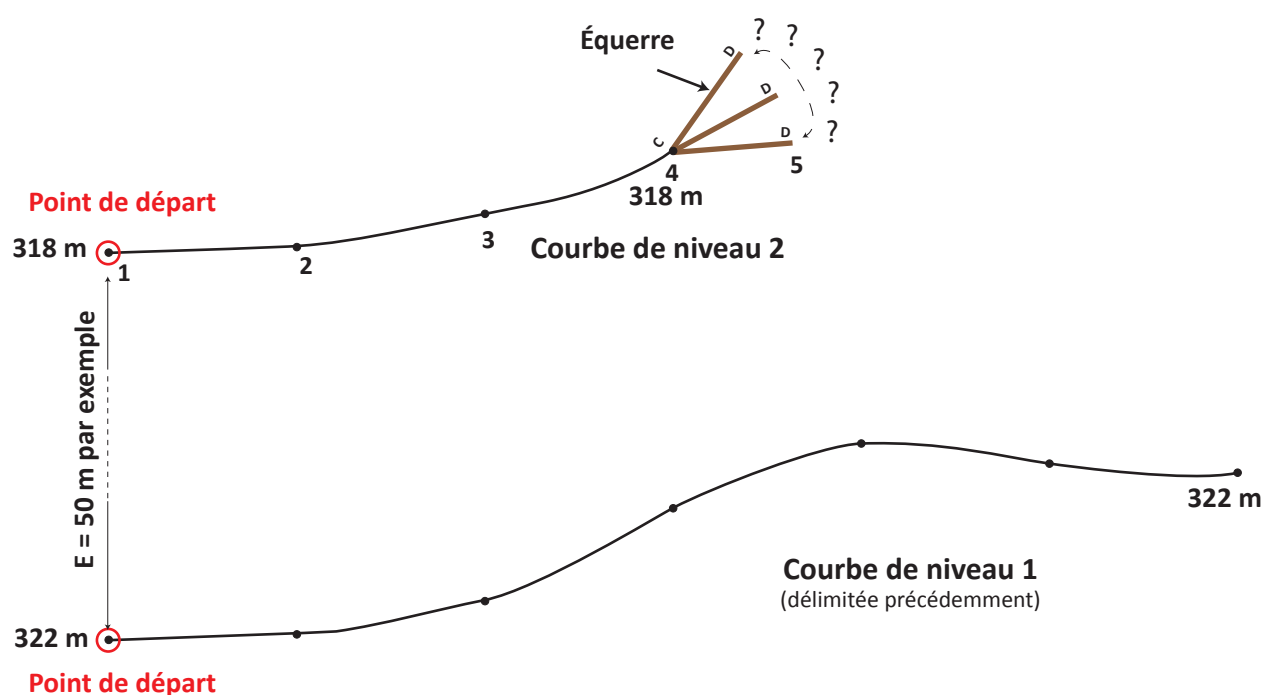
Plantation, délimitation des courbes de niveau avec un cadre en forme de « A »



Avec un niveau ou un fil à plomb.

Lorsque AB est parfaitement horizontal
 $\Leftrightarrow$ CD l'est également
 : donc C et D sont exactement à la même hauteur par rapport au niveau de la mer.

Utilisation d'un cadre en forme de « A » pour délimiter les courbes de niveau dans un champ (vue du dessus)



Pour déterminer le point (5) de la courbe de niveau, sachant que les points (1 ; 2 ; 3 ; 4) sont déjà établis et ont la même hauteur par rapport au niveau de la mer : on place le point C de l'équerre schématisée ci-dessus sur le point (4), C reste fixe au sol. On déplace ensuite la jambe BD sur le sol comme un compas jusqu'à trouver l'horizontale ; D marque l'orientation de la ligne par le point (5) au sol, on le matérialise avec une baguette et on passe au point suivant.

Plus on rapproche les baissières les unes des autres, plus on réduit les risques d'érosion et l'éventualité de devoir curer les fossés où sédimentent les particules fines ; toutefois, un réseau trop dense complique la mécanisation. Chaque agriculteur doit donc trouver le meilleur compromis au cas par cas.



*Haie plantée sur un talus (avec fossé et tournière enherbée)
en bas d'une terre de culture présentant des risques de ruissellement*



*Gros dépôt de matière organique pour stimuler le vie
et la porosité du sol afin de favoriser l'infiltration de l'eau*



Hauts-jets à vocation de production de bois d'œuvre plantés sur le talus d'une baissière

Bibliographie

- Artru S. & al., 2019**, « Projet Aforclim - Eléments agroforestiers, outils d'atténuations et d'adaptations de l'agriculture face aux changements climatiques », 69 p.
- Charlier S., 2018**, « Impacts hydrologiques et pédologiques d'une haie en ceinture limoneuse belge », Faculté des bioingénieurs, Université catholique de Louvain, Prom. : Biielders, Charles, 132 p.
- Collette & al., 2018**, « La ripisylve : intérêts et particularités, travaux, gestion », Sylva Belgica, 18 p.
- Coufourier & al., 2008**, « Haie, freiner les ruissellements, provoquer l'infiltration et la sédimentation », Aréas, fiche n°14, 4 p.
- Dupraz C., 2009**, « L'ascenseur hydraulique, ou comment les arbres redistribueraient l'eau du sol », Revue Française des arbres ruraux, 5 p.
- Dupraz C. & al., 2011**, « L'agroforesterie peut-elle permettre de réduire les pollutions diffuses azotées d'origine agricole ? », INRA, AGROOF, Montpellier Sup Agro, UMR System, 118 p.
- Dupraz C., Liagre F., 2011**, « Agroforesterie : Des arbres et des cultures », Edition France Agricole, 432 p.
- Gillain D., Balleux p., 2021**, « Guide technique de l'agroforesterie », Trans Agro Forest, 262 p.
- Guinaudeau B., 2016**, « Services écosystémiques des arbres isolés du canton de Genève », Université de Genève, 75 p.
- Ouvry J.-F., 2012**, « Fascines et haies pour réduire les effets du ruissellement érosif : Caractérisation de l'efficacité et conditions d'utilisation », Aréas, areas-asso.fr, 68 p.
- Ouvry J.-F. & al., 2012**, « Fascines & haies, pour réduire les effets du ruissellement érosif, caractérisation de l'efficacité et conduite d'utilisation », Aréas, 68 p.

Crédit photos

- © CDAF asbl, à l'exception des photos suivantes :
- © Consortium Agroforestry Vlaanderen : p. 12 (1 & 2) ; p. 14 (3)
- © Giser : p. 3 (1 & 2) ; p. 4
- © Greenotec : p. 3 (3 & 4)
- © Greenotec : p. 3 (3 & 4)
- © Halleux William : p. 8 (1 & 5)
- © Trans Agro Forest : p. 9 ; p. 10
- © Wartelle R. : p. 5 (2)