

L'érosion des sols - Bases théoriques

Mieux les comprendre pour les développer durablement
en inter-sciences et multi-acteurs, sur le terrain et au laboratoire.

Dumat C., Jamault, A., Baquié, A. (2024)



Sommaire :

Partie 1 :

1-1 : L'érosion des sols : c'est quoi exactement, et pourquoi c'est un problème ?

1-2 : Solutions développées sur le terrain avec les agriculteurs.

Partie 2 :

Panel d'exercices pour comprendre l'érosion.



1-1. L'érosion des sols : c'est quoi exactement, et pourquoi c'est un problème ?





Impact d'un travail du sol superficiel dans un vignoble (INRAE, 2023)



L'agriculteur est responsable de la terre entraînée sur la route suite à un épisode d'érosion (©F.Georges)

Contexte global

- ❑ A l'échelle globale, la dégradation des sols alarme l'Unesco (Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture) : **Erosion**, artificialisation et/ou contaminations; les périls s'accumulent sur ces écosystèmes indispensables à la vie. Selon le Centre commun de recherche de l'Union européenne, en 2018, 75 % des terres sont dégradées impactant 3,2 milliards de personnes, et en 2050, 90 % des terres pourraient l'être.
- ❑ Pour favoriser la protection et la réhabilitation des sols, et éviter une dégradation estimée à 90 % des sols d'ici 2050, **un indice global de la santé des sols est envisagé** pour définir « un sol sain », évaluer et comparer sa qualité et son évolution. De plus, une gestion durable des sols participe à lutter contre le changement climatique, car les arbres et les sols stockent le carbone (GIEC, 2019).

(Rosier, 2024 - <https://www.lemonde.fr/planete>)



L'érosion : quand le sol s'en va...

- L'érosion est un processus naturel à l'origine des reliefs et paysages. En agriculture, c'est l'amincissement de la couche arable d'une parcelle sous l'effet d'un arrachement/entraînement de particules solides par les forces érosives de l'eau, du vent ou les pratiques de travail du sol. 3 séquences consécutives dans le processus d'érosion : 1-Détachement; 2-Déplacement; 3-Dépôt.
- **1^{ère} menace qui pèse sur les sols (FAO). En Europe, elle provoque une perte de productivité agricole de 1,25 milliard d'euros/an** en raison de ses multiples conséquences : Pertes en quantité de terre (à remonter) avec des coulées de boues; Réduction de fertilité (particules fines); Réduction biodiversité (éléments nutritifs, réduction de porosité); Réduction de l'infiltration; Possibles pollutions; Pertes économiques.



- ❑ **5 types d'érosion : hydrique, éolienne, de labour ou aratoire (quand on travaille le sol, une fraction peut être redéposée hors de la parcelle), de récolte (lorsque l'on récolte des carottes, des betteraves, des pommes de terre, etc. cette érosion peu étudiée est sous-estimée!) et côtière (24 % du littoral français).**
- ❑ **Erosion hydrique :** Processus majeur en France et nombreux autres pays $\approx 26\text{Mha}$ concernés en Europe selon Le Bissonais et al. (2002). Sous l'impact des gouttes d'eau, la partie superficielle du sol se détache, soit 1,5 tonne de terre/hectare et par an. L'intensification de l'agriculture, le surpâturage, la déforestation ou l'imperméabilisation aggravent ce phénomène.
- ❑ L'érosion éolienne limitée géographiquement est liée au type de sol: sols sableux (vents de sable landais) ou sols très organiques (terres noires : arrachage de petits agrégats) $\approx 1\text{Mha}$ en Europe. L'érosion aratoire (liée au travail du sol) peut provoquer des pertes en terre importantes sur les parcelles agricoles dès qq % de pente et ouvre aussi la voie à des pertes par érosion hydrique.



L'érosion réduit la biodiversité et la fertilité des sols, les rendements, dégrade la qualité de l'eau et génère des coulées de boues

- ❑ **L'intensité de l'érosion dépend de deux types de facteurs :**
 - Environnementaux : Climat, Topographie, Type de sol, Végétation
 - Anthropiques : Techniques culturales, Urbanisation

- ❑ **↑ de l'érosion des sols et des coulées de boue, ces dernières années.** Des orages violents au printemps sur des sols nus venant juste d'être semés occasionnent des coulées de boues et des dégâts sur les habitations, constructions, routes, chemins.

- ❑ **La gestion durable de l'érosion implique : Compréhension et modélisation des phénomènes (approche systémique) + Connaissance du terrain et des contraintes des agriculteurs !**



Quelques facteurs influant l'érosion

Facteur	Indicateur opérationnel	Principes des solutions
Pente du terrain	L'érosion croît lorsque les pentes sont longues ou assez fortes. Risque fort d'érosion si pente > 5% et les rigoles apparaissent à partir de 2% de pente.	Casser la pente pour réduire la vitesse de l'eau par un ensemble de dispositifs complémentaires
Couverture du sol	Risque fort d'érosion, si couverture du sol < 40 % de couverture végétale	Plantes de couverts, mulch, etc. permettent d'amortir et ralentir l'eau des pluies.
Texture du sol	Risque si texture limoneuse avec moins de 15% d'argile.	La texture du sol ne se change pas, mais les apports de MO et apports de carbonates de calcium améliorent la structure du sol.
Teneur en matière organique (OM), et présence de cations bivalents	Risque si OM < 2% (sol) dans le cas de l'agriculture intensive sur grands plateaux limoneux. Indice de battance > 1,6	Apports de MO si possible locale et bio avec un indice de stabilité élevé pour jouer un rôle d'amendement.
Force et fréquence des pluies	2 périodes d'érosion : l'érosion hivernale, avec des pluies continues et peu intenses; l'érosion printanière, avec des pluies courtes, intenses et des orages.	Aménagements au niveau de la parcelle et du BV pour canaliser l'eau, permettre son infiltration dans le sol.

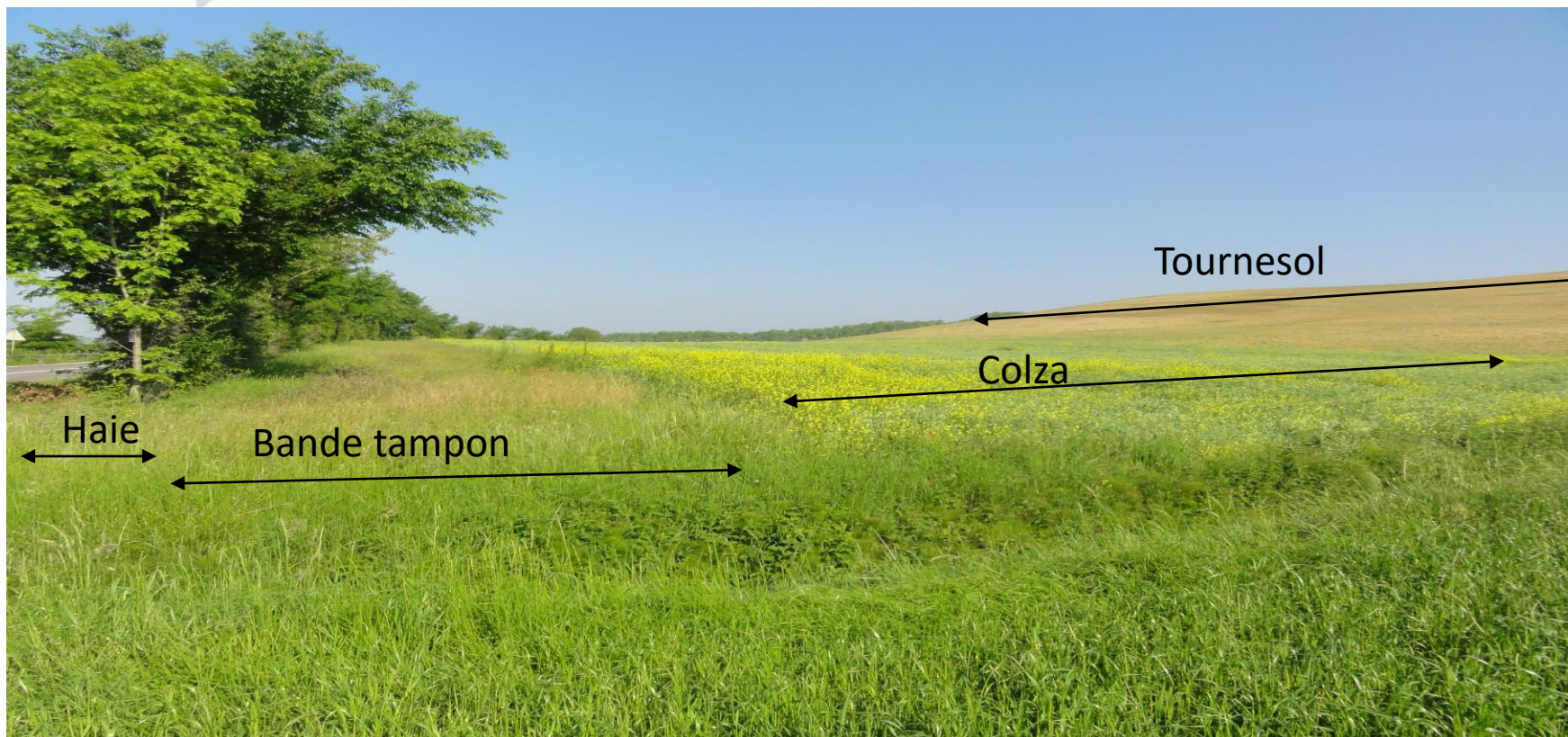
1-2 : Solutions développées sur le terrain avec les agriculteurs pour réduire l'érosion !



Des causes
aux solutions



Exemple de bonne gestion Dans & autour de la parcelle

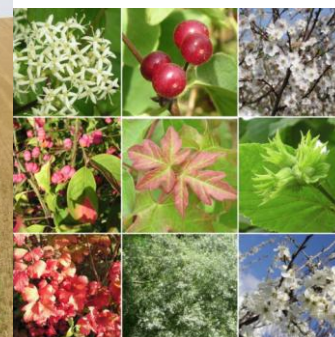
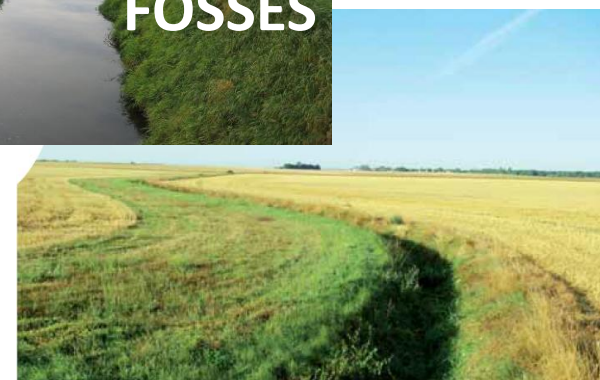




Solutions développées autour du champ

Bandes enherbées, haies, fossés

A. SOLutions autour du champ



Bande enherbées



Enjeux

- ✓ Perte en terre
- ✓ Pollution des eaux
- ✓ Inondations
- ✓ Dégradation des infrastructures

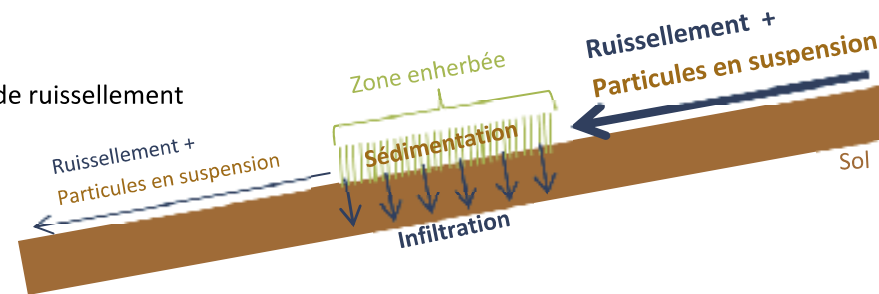
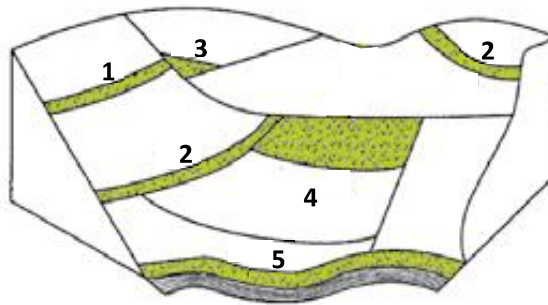
Objectifs

- ✓ Retenir les sédiments issus de l'érosion diffuse
- ✓ Diminuer ruissellement/érosion diffus
- ✓ Augmenter l'infiltration de l'eau
- ✓ Diminuer le transfert de polluants

Fonctionnement/bénéfices

Diminution de la vitesse et de la quantité d'eaux de ruissellement
Protection des cours d'eau

Localisation

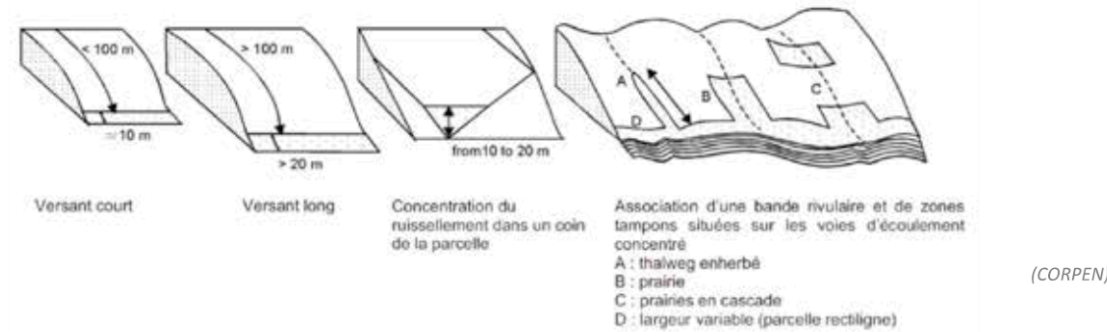


- 1 : dans les parcelles
- 2 : bordure de parcelle et rupture de pente
- 3 : zone de concentration de ruissellement en coin
- 4 : prairie perpendiculaire au talweg
- 5 : en aval le long d'un cours d'eau

(CORPEN)

Bande enherbées

Dimensionnement



Installation

- **Semis** : à une période où l'herbe pousse rapidement (périodes pluvieuses) et où les risques de ruissellement sont minimes (parcelles amont couvertes) → de mars à juin ou d'août à septembre si apparition d'épisodes pluvieux
Passer le rouleau directement après le semis
- **Densité** : élevée, environ 30kg/ha
- **Variétés** : mélange gazonnant à l'entretien aisé, graminées vivaces comme sur prairie : fétuque élevée, le ray-grass, pâturin des prés,...

Entretien

- Faucher (pas en dessous de 15cm) une à deux fois par an en fin de printemps ou début d'été puis exporter la matière
- Passer éventuellement la herse s'il y a une forte accumulation de sédiments

Réglementation

Surface d'Intérêt Ecologique (SIE) : 1ml bande enherbée = 9m² SIE avec 5 < largeur < 10m

Coût

Installation : 250 €/ha, entretien : 50 €/ha



Haies



Enjeux

- ✓ Perte en terre
- ✓ Pollution des eaux
- ✓ Inondations
- ✓ Dégradation des infrastructures

Objectifs

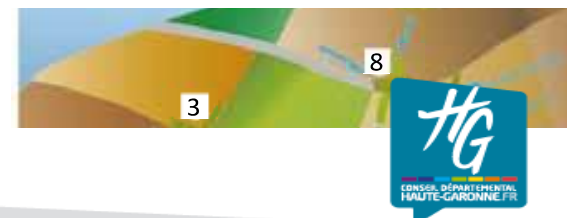
- ✓ Retenir les sédiments issus de l'érosion diffuse et concentrée
- ✓ Diminuer ruissellement/érosion diffus
- ✓ Augmenter l'infiltration de l'eau
- ✓ Diminuer le transfert de polluants

Fonctionnement/bénéfices

Diminution vitesse et quantité d'eaux ruisselantes
Protection des cours d'eau
Augmentation de la biodiversité (faune et flore)

Localisation

- Au pied des versants où pente >5% (1)
- Perpendiculaire à la pente (2), en bordure (4) ou coin de parcelle (3)
- En renforcement d'une bande enherbée le long d'un cours (7) d'eau ou dans un talweg (8)
- A l'interface parcelle/zone à enjeu : cours d'eau (7), zones urbaines (5) et routes (6)



Haies

Dimensionnement

- Largeur : 2 ou 3 rangs (50cm à 1 m)
- Densité : 30 à 50cm entre chaque pied
- Longueur : longueur de la parcelle
- Bande non cultivée de 50cm de chaque côté

Installation

- Passer la sous-soleuse (profondeur = 50 à 80cm) et affiner le sol
- Planter de fin novembre à début mars et arroser les plants
- Disposer un paillis biodégradable aux pieds des plants (garde l'humidité et limite les adventices)

Espèces locales de 2 ans à croissance rapide. Privilégier celles qui drageonnent pour mieux freiner l'eau.

Entretien

Faucher en hiver autour du paillage pendant les 3 à 5 premières années.

- 2^{ème} hiver : recépage des arbustes à 10-15cm du sol
- 3^{ème} hiver : taille latérale des arbres et arbustes (garder une emprise de la haie de 2m minimum)
- Les années suivantes : - élagage au lamier des arbres de haut-jet (en été)
- taille latérale annuelle

Interdiction de taille entre le 1^{er} avril et le 31 juillet (Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales BCAA)

Réglementation

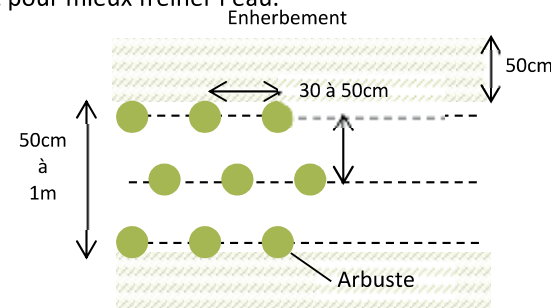
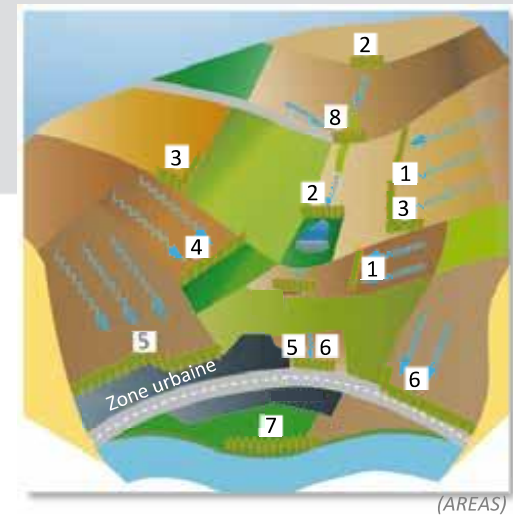
Surface d'Intérêt Ecologique (SIE) : 1ml haie = 10m² SIE avec largeur <10m

Distance axe haie/limite de propriété : hauteur haie <2m : 0,5m et hauteur haie >2m : 2m

Coût

Installation : environ 25€/ml, entretien : 0,15 à 0,20 €/ml

Mesure 222 du PDRH (installation de systèmes d'agroforesterie sur les terres agricoles) : Taux de subvention (taux communautaires et règlement CE) = 70 % en zone non défavorisée à 80 % en zone défavorisée



Fosses enherbées



Enjeux

- ✓ Perte en terre
- ✓ Pollution des eaux
- ✓ Inondations
- ✓ Dégradation des infrastructures

Objectifs

- ✓ Diminuer ruissellement/érosion diffus
- ✓ Augmenter l'infiltration de l'eau
- ✓ Diminuer le transfert de polluants

Fonctionnement/bénéfices

Collecte et guide les eaux de ruissellement

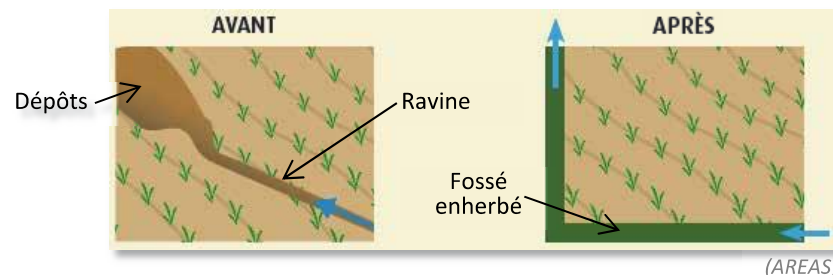
Localisation

- Bordure de parcelle
- Fond de talweg

Faire déboucher le fossé sur une zone aménagée (ouvrage hydraulique, prairie)

Types de fossés

- Fossés de transfert : favorisent le passage de l'eau
- Fossés à redents : retardent l'arrivée de l'eau à l'aval du bassin versant, favorisent l'infiltration sur sol à forte perméabilité
- Fossés associés à un talus : zones de rétention/déviation du ruissellement en amont du bassin versant



Fosses enherbées

Dimensionnement

Adapté pour une crue annuelle

Pente : longitudinale <2%, latérale =30% côté ruissellement sinon 50%

Bande enherbée >3 m sur le bord où le ruissellement arrive sinon >1m

Profondeur entre 40 et 70cm

Fond de talweg : en V évasé avec largeur >4m et 0,5<profondeur <1m

Bord de routes : buses adapté pour une crue semestrielle, pente = 50% et largeur = 0,5m

Entretien

A éviter entre avril et juillet

1 fauche/an, ne pas utiliser de produits phytosanitaires

Curage annuel selon les dépôts observés par tronçon de fossés

(pas de « curage à blanc »)

Coût

Installation : simple : 6 à 11 €/ml HT, à redents : 15 à 82 €/ml HT

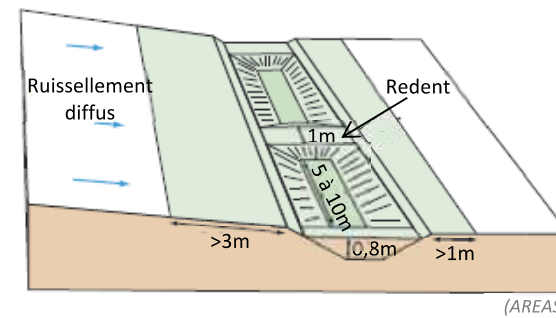
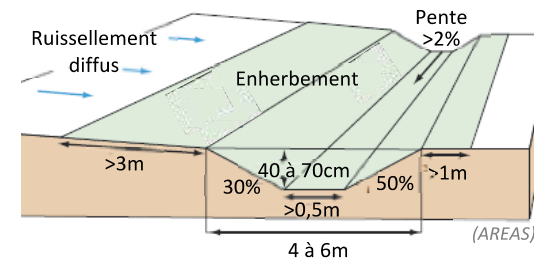
Voir aides du département. Entretien : 0,76 €/ml

Réglementation

Surface d'Intérêt Ecologique (SIE) : 1 ml fossé = 6m² SIE avec largeur <6m

Distance des habitations >5 à 10m et distance fossé/limite de propriété >50cm

Soumis à déclaration ou autorisation au titre de la Loi sur l'eau





Solutions développées dans le champ

Assolement, couverts végétaux

B. SOLutions dans le champ

Cultures d'hiver



Mulch



Associations de cultures



Couverts végétaux



Assolement



Enjeux

- ✓ Perte en terre

Objectifs

- ✓ Diminuer ruissellement/érosion diffus
- ✓ Augmenter l'infiltration de l'eau

Fonctionnement/bénéfices

Améliore la stabilité du sol et la couverture du sol à long terme.

Techniques

Prairies temporaires = meilleur choix pour protéger le sol de l'érosion :

- Augmentation de la matière organique et l'humus dans le sol
- Augmentation de l'infiltration de l'eau
- Amélioration de la structure du sol

Planter les cultures les plus sensibles sur les plus faibles pentes. Alternier cultures sensibles/peu sensibles dans une même pente si elle est trop longue.

Faire des semis précoces de céréales en automne (début octobre) → taux de couverture du sol de plus de 30% dès le début d'hiver.

Mise en place

Sensibilité à l'érosion	Cultures
Très faible	Prairie
Faible	Orge d'automne, blé d'automne, colza, seigle d'automne, avoine
Moyenne	Céréales de printemps, pois
Elevée	Maïs, sorgho, tournesol, pommes de terre, soja, tabac



Assolement

Préconisation cultures

▪ Céréales

Période à risque : automne/début d'hiver

- Déchaumage superficiel des précédents de récoltes
- Ecroutage en sortie d'hiver avec une houe rotative pour casser la croûte de battance
- Déchaumage superficiel dès que possible après la récolte



▪ Maïs

Période à risque : printemps

- Couverture du sol en interculture précédente
- Semis direct ou strip-till (cf. fiches correspondantes)
- Binage dans l'inter rang dès la formation d'une croûte de battance
- Semer du ray-grass dans le maïs (stade 8-10 feuilles)
- Déchaumage superficiel dès que possible après la récolte



▪ Colza

Période à risque : fin été/début automne

Bonne couverture de sol en automne/hiver/printemps

- Déchaumage superficiel dès que possible après la récolte



 Ne pas faire un déchaumage trop fin : utiliser un outil à dents et non à disque



Couverts Végétaux



Enjeux

- ✓ Perte en terre

Objectifs

- ✓ Diminuer ruissellement/érosion diffus
- ✓ Augmenter l'infiltration de l'eau

Fonctionnement/bénéfices

Culture apportant une bonne couverture de sol mise en place au moment d'une interculture longue.

Techniques

- Déchaumer après la récolte précédente : Privilégier les outils à dents plutôt qu'à disque
- Semer la culture intermédiaire à la volée, si pas de travail du sol : sous couvert, à la moisson ou semis direct
- Détruire la culture (mécaniquement si possible) 2 mois avant de semer la culture de printemps, laisser les résidus au sol, ou semis directement dans la culture intermédiaire

⚠ Destruction lors de périodes à risque d'érosion (pluvieuses) augmente la vulnérabilité des parcelles



Couverts Végétaux

Mise en place

Espèces	Avantages/érosion
 Avoine	Effet structurant des racines, croissance rapide
 Seigle	Effet structurant des racines
 Ray-grass	Effet structurant des racines

Espèces	Avantages/érosion
 Moutarde	Croissance rapide, forte couverture
 Féverole	Effet structurant des racines
 Phacélie	Croissance rapide, forte couverture

⚠ Contrainte date de semis : besoin d'un épisode pluvieux

Possibilité de repousses pour le colza et l'orge.

Pour le maïs : biner et semer dans l'inter rang du ray-grass sous couvert au stade 8-10 feuilles. Ne pas avoir désherbé le maïs en pré-levée.

Réglementation

- Surface d'Intérêt Ecologique (SIE) : 1 m² culture intermédiaire = 0,3 m² SIE avec l'implantation entre le 01/07 et le 01/10
- Zones vulnérables nitrates : obligation de Cultures Intermédiaires Pièges A Nitrates (CIPAN) → piègent les nitrates pour préserver de la qualité de l'eau et servir d'engrais vert et destruction mécanique.

**Après ces bases de compréhension des concepts,
vous pouvez tester et compléter vos connaissances avec les exercices
(partie 2) !**

