

Nom du candidat : **SMOUTS**

Prénoms : Noé, Emile

N° Candidat : A BCPST – 31245

Noms des auteurs  
en cas de travail en commun :

HOULETTE Augustin

.....  
SKUTECKI Paul

.....

Dominante **BIOLOGIE**

Dominante **GÉOLOGIE**

**MIXTE**

*Surligner la dominante du TIPE*

## **BANQUE AGRO-VETO - Session 2021**

### **T.I.P.E.**

Maximum 6 à 10 pages (illustrations comprises), 20 000 caractères maximum, Times New Roman 12 ou Arial 10, interligne simple espaces compris.

**IMPORTANT :** n'inscrire sur cette couverture aucune référence à l'établissement scolaire.

**TITRE :** Évaluation des effets écologiques d'une bande enherbée par l'exploitation d'un modèle analogique

#### **RÉSUMÉ** (en six lignes) :

Ce TIPE présente une modélisation d'une bande enherbée entre terre agricole et milieu naturel. Il s'agit d'évaluer les effets mécaniques et biologiques de cette bande enherbée qui peuvent justifier son installation. Le rapport se compose d'une première partie décrivant l'influence de la bande sur la dynamique des flux d'eau. Nous nous intéressons ensuite aux conséquences des eaux de ruissellement sur le déplacement des sédiments avant de montrer le rôle de cette zone tampon dans la préservation des écosystèmes tout en la confrontant à ses limites.

**Nombre de caractères** (espaces compris) : 19053

Le document, constitué uniquement de feuilles blanches A4, sera **simplement agrafé**, avec en couverture cette présentation.

Aucune couverture de couleur, cartonnée, rhodoïd ou autre.

*Il ne sera surtout pas relié avec une spirale, ou une réglette.*

## Évaluation des effets écologiques d'une bande enherbée par l'exploitation d'un modèle analogique



### **Sommaire:**

<u>I) Influence de la bande enherbée sur la dynamique des flux d'eau</u>	P-2
1) Mise en place d'un modèle pour limiter le nombre de facteurs influant sur les mesures	
2) Rétention de l'eau par les bandes enherbées	
3) La bande enherbée diminue la vitesse des eaux de surface	
<u>II) Une zone de rétention des sédiments</u>	P-4
1) Transport différentiel des sédiments par les flux d'eau selon leur taille	
2) La bande enherbée permet la rétention des particules en suspension	
3) La bande enherbée permet de maintenir la structure du sol	
<u>III) Un outil de préservation des écosystèmes</u>	P-6
1) La bande enherbée limite le phénomène d'eutrophisation par rétention des nitrates et phosphates	
2) La bande enherbée préserve le système détritivore	
<u>IV) Les limites du système</u>	P-8
1) Une efficacité différentielle de la BE en fonction de l'inclinaison du terrain	
2) Une perte d'efficacité de la BE pour une fréquence de précipitations soutenue	
Bibliographie	P-10

## Introduction:

Le bocage est un élément important du paysage normand et est remis en avant depuis quelques années. Cette structure est composée d'une bande enherbée (BE) et d'une haie d'arbres, souvent positionnée en bordure des cours d'eau et permet de limiter les effets néfastes des eaux ruisselant dans les ravines lors de précipitations. La bande enherbée est définie comme: «une infrastructure agro écologique formée d'un couvert végétal linéaire. Selon son emplacement et sa composition floristique, elle participe à différentes fonctions parmi lesquelles préserver la biodiversité et limiter la pollution des cours d'eau.» [1] Avant de commencer ce dossier, nous avons voulu discuter avec des agriculteurs du Pays de Bray pour en apprendre plus sur ces installations. Bien qu'ils connaissent les bienfaits de la bande enherbée, rendue obligatoire par les directives nitrates [5], leur mise en place est coûteuse et leur superficie non comprise dans la surface agricole commune, indice dont découlent les subventions perçues par les agriculteurs. On peut donc se demander si les avantages écologiques et mécaniques des BE permettent de justifier leur installation.

## I/ Influence de la bande enherbée sur la dynamique des flux d'eaux

### 1/ Mise en place d'un modèle pour limiter le nombre de facteurs influant sur les mesures.

Pour faciliter les mesures des volumes d'eau et limiter le nombre de paramètres influant sur le système, nous avons décidé de construire un modèle en nous basant sur un champ du Pays de bray :

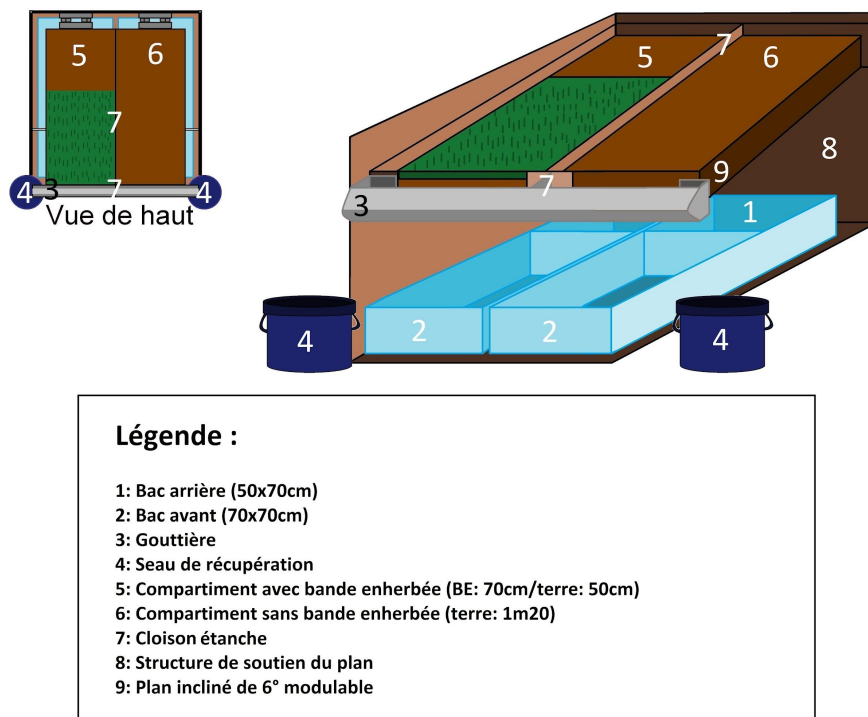


Figure 1: Présentation du modèle de bande enherbée

La terre et l'herbe ont été prélevées dans le champ du Pays de Bray étudié. Nous avons découpé le modèle en deux compartiments (séparés hermétiquement) remplis de terre: l'un avec une bande enherbée de 70 cm de longueur, l'autre sans. Le fond de ces compartiments est grillagé et recouvert de géotextile permettant la rétention de la terre et le passage de l'eau. En dessous se trouvent des bacs de récupération d'eau, un entre l'arrivée d'eau et 50cm, l'autre entre 50 cm et 120 cm (sous la bande enherbée) qui permettent la quantification des volumes d'eau qui ont percolé (irréalisable sur le terrain). Aussi en aval, deux gouttières conduisent l'eau qui a ruisselé dans des seaux. La pente est de 6° ce qui correspond à celle du terrain. Nous avons fixé un débit d'eau en amont du modèle de 0,2 L/s (par le biais d'un tuyau relié à un bidon de 7 L en hauteur), ce qui modélise l'écoulement de l'eau dans une ravine créée lors de fortes précipitations. Ces conditions extrêmes nous permettent d'estimer plus précisément l'efficacité de la BE en accentuant les différences entre le compartiment avec BE et celui sans lors des mesures expérimentales.

## 2) Rétention de l'eau par les bandes enherbées :

On cherche à montrer que la capacité de rétention des eaux par les sols est accrue en présence de BE. Pour se faire, on utilise notre modèle selon les paramètres présentés ci-dessus avec un volume d'eau 7L. L'eau qui percole est récupérée dans les bacs. L'eau qui ne percole pas ruisselle, et est récupérée grâce au système de gouttière. On obtient les résultats ci-contre:

Dans le premier bac, situé entre l'arrivée d'eau et les premiers 60 cm, les différences de percolation entre les deux compartiments sont non significatives. En revanche, le second bac contient un volume près de deux fois supérieur d'eau dans le compartiment avec BE par rapport à celui sans. La BE permet donc de favoriser l'infiltration des eaux de ravine formée lors de fortes précipitations. En effet, la structure racinaire permet au liquide de percoler plus rapidement dans le sol. Aussi, le volume d'eau récupéré en aval du modèle est bien plus élevé dans le compartiment sans BE, ce qui témoigne encore de la rétention d'eau par la BE. Ainsi, la zone tampon limite le ruissellement des eaux en surface, et son impact sur la structure du sol.

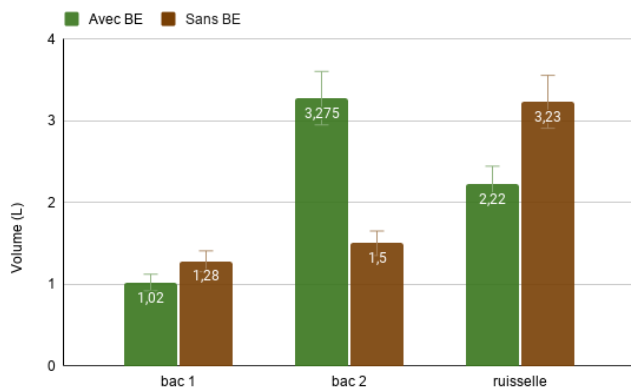


Figure 2: Volumes récupérés dans les différents bacs avec et sans BE

## 3) La bande enherbée diminue le débit volumique des eaux de surface

Il faut alors se demander quels mécanismes permettent une percolation plus importante de l'eau lorsqu'il y a installation d'une bande enherbée. La première hypothèse serait une augmentation de la durée de contact entre l'eau et la terre qui favoriserait l'infiltration de l'eau. Pour cela, nous avons mesuré le temps de parcours de l'eau qui ruisselle dans les deux compartiments, c'est-à-dire la durée que met la première goutte à tomber dans la gouttière. Les 5 essais sont réalisés à 10 min d'intervalle seulement pour cette expérience.

Le temps de parcours de l'eau en surface augmente en présence d'une BE, ce qui témoigne d'une augmentation du temps de contact entre la terre et l'eau en surface. Ceci facilite ainsi la percolation de l'eau dans le sol. Cependant, avec la répétition de l'expérience, le temps de parcours diminue d'environ 50 % par rapport à sa valeur initiale, ce qui s'explique par la surcharge en eau de la terre. Ainsi, lors de précipitations successives ou de longue durée, la BE perd son efficacité à ralentir l'eau, et donc à maintenir les particules en suspension.

Aussi, nous cherchons à évaluer l'influence de la BE sur le débit des eaux de surface. Pour cela, on mesure le temps nécessaire pour remplir un seau de deux litres en aval du modèle. On applique le rapport volume/temps pour déterminer le débit pour chaque compartiment en prenant la moyenne sur 8 essais.

Sachant que le débit du tuyau d'entrée est de  $0,20 \pm 0,03$  L/s, on remarque que le débit volumique à la sortie du modèle a largement diminué dans les deux cas étudiés. En revanche, la diminution est encore plus marquée avec la BE (le débit volumique est divisé par plus de 4). Ainsi, la zone tampon limite le débit, ce qui réduit fortement le transport de particules en surface et le lessivage des particules en solution. Pour la suite, nous cherchons à estimer si cette diminution de ce débit et de la quantité d'eau favorise la rétention des particules et des sédiments.

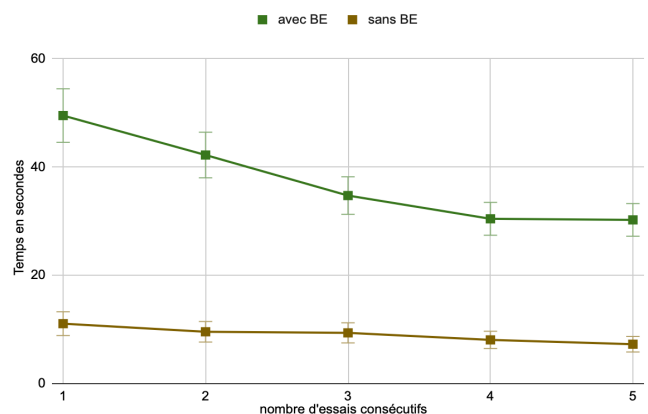


Figure 3 : Temps de parcours de l'eau de ruissellement pour traverser le modèle

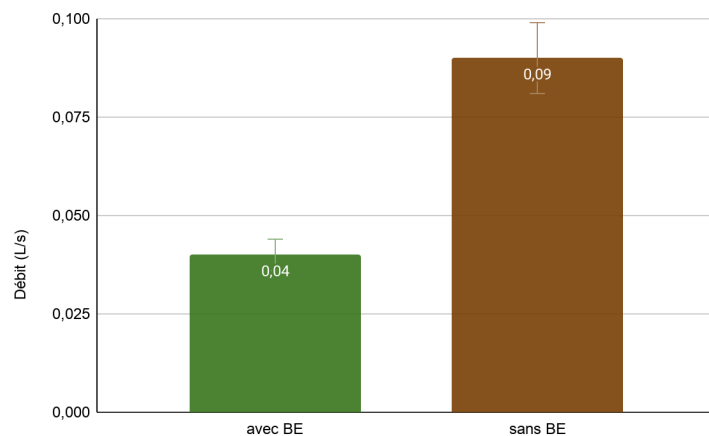


Figure 4 : Débit volumique de l'eau qui ruisselle en aval de la pente



## II) Une zone de rétention des sédiments

### 1) Transport différentiel des sédiments par les flux d'eau selon leur taille

La bande enherbée réduit le débit de l'eau en surface, que l'on peut associer à une rétention éventuelle des sédiments. On cherche donc à estimer l'influence de la BE sur le transport différentiel des sédiments. Tout d'abord, on place au début du modèle une certaine quantité de particules de différentes tailles, des graviers de plus de 3 cm, des graviers de moins de 3 cm, et du sable coloré au bleu de méthylène de 0,1 mm de diamètre. L'idée ici n'est pas de chercher des données quantitatives mais de regarder qualitativement le déplacement des graviers.

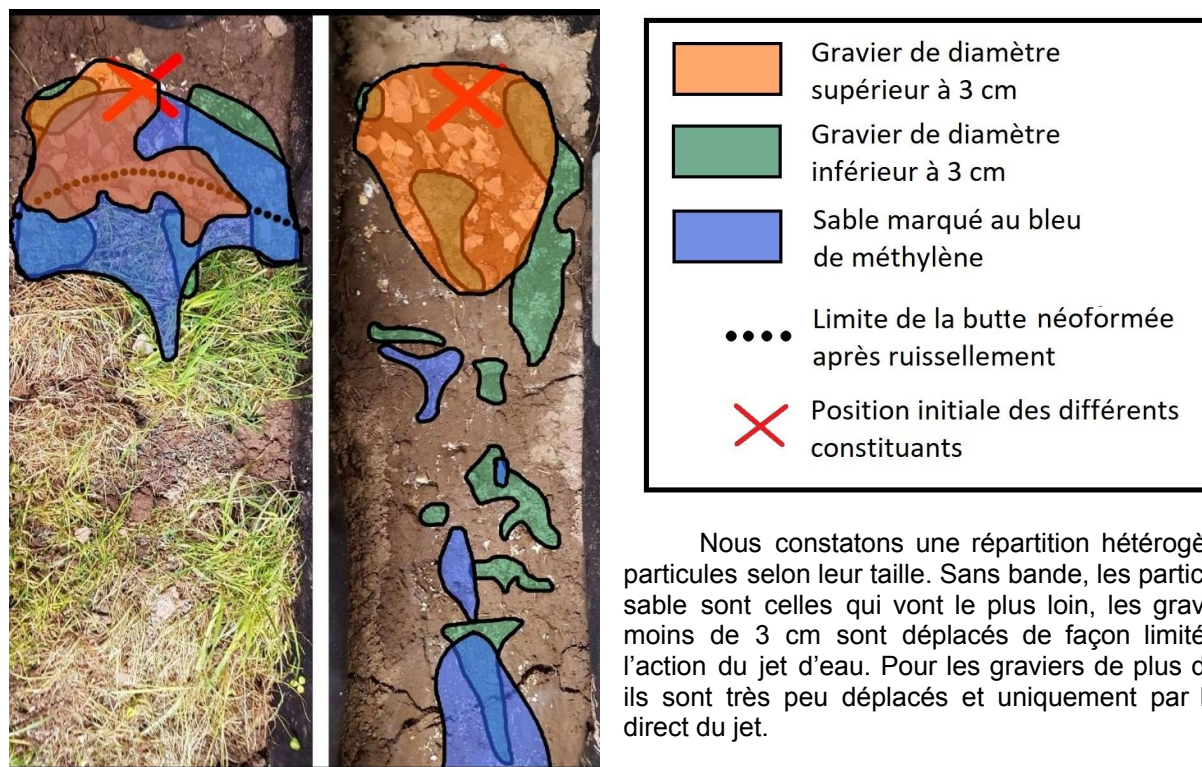


Figure 5 : Répartition de particules sédimentaires en fonction de leur taille après ruissellement d'un jet d'eau

### 2) La bande enherbée permet la rétention des particules en suspension

La mesure de turbidité permet de quantifier le taux des microparticules en suspension dans les eaux de surface. La turbidité est en lien direct avec le transport des microparticules souvent associées à des substances polluantes [3]. Ainsi, sa mesure nous renseigne directement sur la quantité de molécules organiques que l'on cherche à réduire par l'installation de la bande enherbée. Après le passage dans le modèle, on mesure à l'aide d'un turbidimètre la turbidité des solutions récupérées dans chaque compartiments. On répète l'expérience 5 fois (avec des intervalles réguliers de 10 min). Nous obtenons les résultats suivants pour des solutions diluées 20 fois :

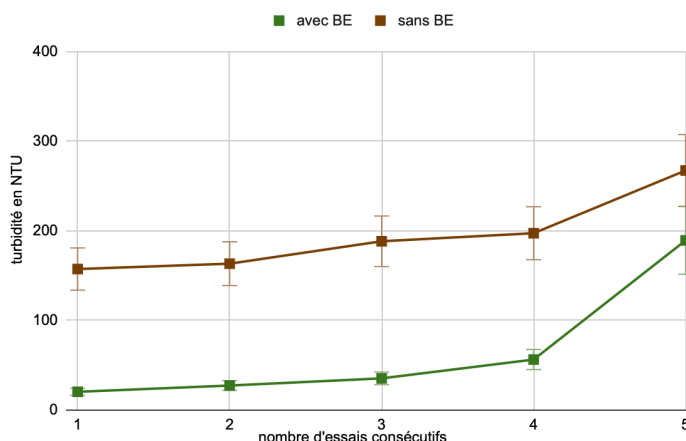


Figure 7 : Turbidité de l'eau de ruissellement pour essais consécutifs

La bande enherbée limite la turbidité pour les 4 premiers essais, et donc la quantité de particules de surface entraînées par ruissellement. Cependant, encore une fois, la saturation de la terre du modèle explique la rupture de pente à la 5ème répétition. En effet, le débit volumique de l'eau en surface augmente (*fig. 14*) pour des essais consécutifs, entraînant une plus grande quantité de matière (*fig.6*). La turbidité augmente largement dans les deux compartiments, et témoigne de la diminution de l'efficacité de la BE lors de période pluvieuses longues.

### 3) La bande enherbée permet de maintenir la structure du sol:

Dans cette partie, nous étudions le soutien mécanique de la BE lors de formation de ruisseau pendant des précipitations. Le transport des particules en suspension dégrade la structure du sol, nous cherchons donc à évaluer les variations d'épaisseur de la terre au sein du modèle. Nous commençons sur un terrain plat, d'épaisseur connue (ici 7cm). On observe la variation de la structure de la terre après le passage d'un bidon d'eau (7L). On mesure ensuite l'épaisseur tous les 10cm et on réitère l'expérience 3 fois.

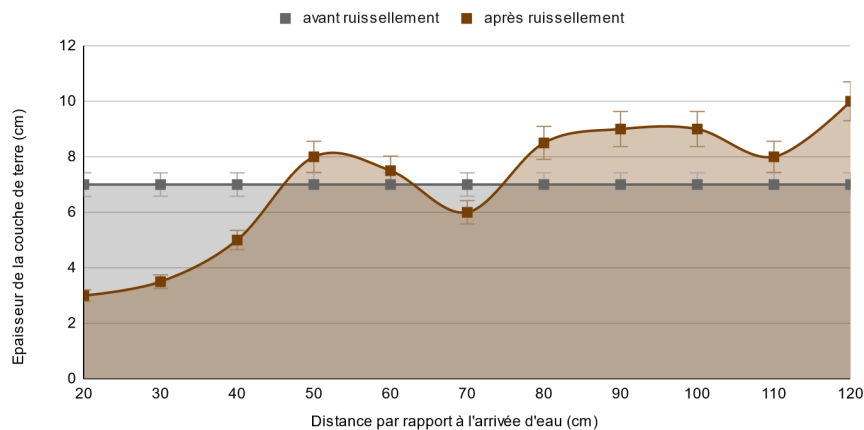


Figure 8: Evolution de l'épaisseur de la couche de terre sans BE en fonction de la distance par rapport à l'arrivée du jet d'eau

La courbe présente deux maxima locaux de 8 cm d'épaisseur à 50 cm et de 9 cm à 90 cm suivis directement par des pentes fortes. On remarque aussi une augmentation globale de l'épaisseur à la fin du modèle. L'épaisseur de la terre augmente lorsqu'on s'éloigne de l'arrivée d'eau. Ainsi, l'étude de cette courbe met en évidence l'influence de l'écoulement de l'eau sur la détérioration de la topographie. Sans BE, le débit d'eau est important, et augmente donc le déplacement des particules de terre. Ces déplacements de matière sont responsables de la formation d'une succession de creux et de buttes de la même manière que les rides de plages formées au gré des courants. Ce déplacement important de matière est à mettre en lien avec une turbidité importante. On réalise la même expérience sur la partie enherbée du modèle:

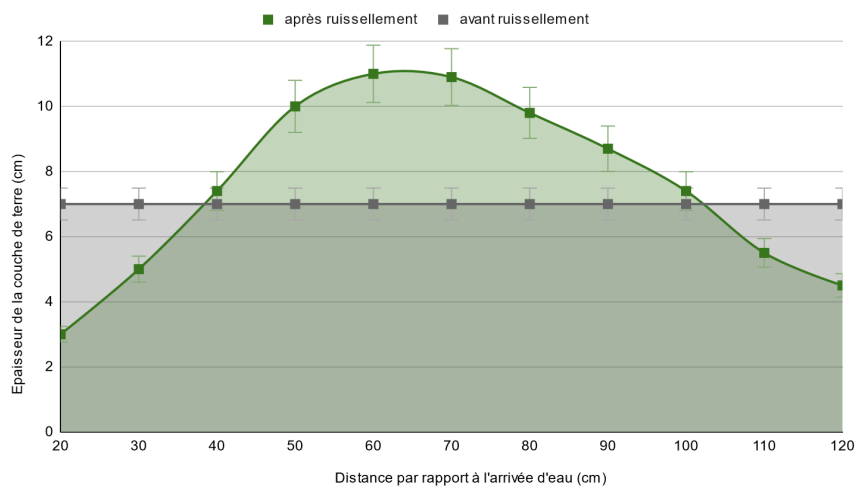


Figure 9: Evolution de l'épaisseur de la couche de terre avec BE en fonction de la distance par rapport à l'arrivée du jet d'eau

En présence d'une bande enherbée, le déplacement de terre est plus homogène. Un talus avec un maximum d'épaisseur de 11 cm à 60 cm de long se forme, c'est-à-dire à la limite entre la terre nue et l'herbe. Ainsi, en réduisant la vitesse de l'eau, la bande enherbée provoque l'apparition progressive d'un talus, ce qui permet aux sédiments de se déposer, l'eau ne peut pas passer par-dessus contrairement aux buttes formées sans la bande. Le talus ainsi formé limite les flux d'eau, et favorise la formation d'un bassin en amont de la BE. Cette zone d'accumulation d'eau augmente le temps de contact de l'eau avec la terre, ce qui facilite la percolation de l'eau.

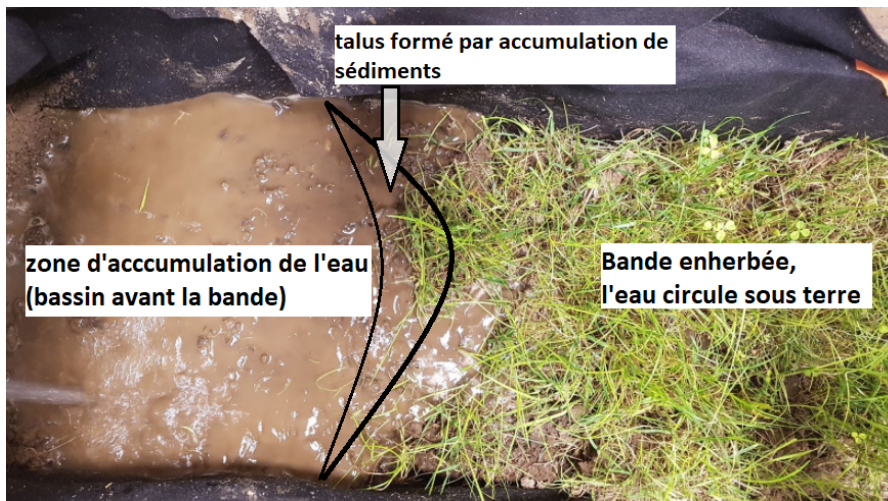


Figure 10: Photo annotée du bac avec BE

Ainsi, un des premiers avantages de la bande enherbée est la mise en place d'un talus qui limite la dynamique des flux d'eau et permet la sédimentation rapide des particules, des plus grandes aux plus petites. On se demande alors si cette rétention d'eau par la BE induit une absorption de certains polluants de la surface vers le sol, faisant de la bande enherbée un acteur important de la sauvegarde de la biodiversité dans le milieu naturel.

### III) Un outil de préservation des écosystèmes

#### 1) La bande enherbée limite le phénomène d'eutrophisation par rétention des nitrates et phosphates

Les nitrates contribuent avec les phosphates au phénomène d'eutrophisation des eaux de surface. Afin d'observer l'effet de la bande enherbée sur le transport de ces ions, nous avons réalisé des solutions de nitrates de même concentration que l'on a laissé s'écouler le long des deux compartiments. On relève ensuite les concentrations en nitrate dans les différents bacs par une série de réactions formant une solution colorée qui peut être analysée par spectrophotométrie à la longueur d'onde de 520 nm.

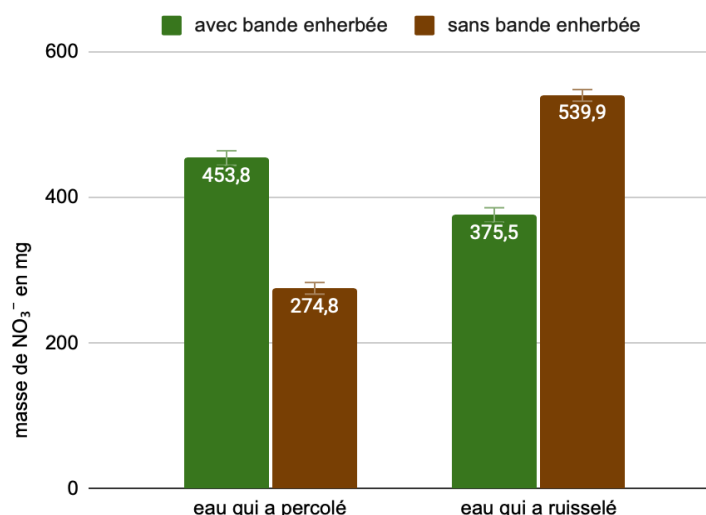


Figure 11 : Quantité de nitrates dans l'eau de ruissellement (en mg)

Les quantités de nitrates retrouvées dans les eaux de ruissellement diminuent avec la présence d'une BE. La rétention des volumes d'eau par la BE réduit le lessivage des ions nitrates et phosphates qui sont alors bien moins transportés en solution. De plus, les nitrates percolent d'avantage avec une bande et peuvent donc être utilisés par les végétaux de la bande. Ainsi, une BE limite l'apport de ces ions dans les cours d'eau en aval du champ exploité. Or, on sait qu'un excès de nitrates et de phosphates peut conduire à la prolifération d'algues et par conséquent aboutir à l'eutrophisation des cours d'eau [6]. La bande enherbée, en retenant les nitrates, est donc un acteur important dans la préservation des écosystèmes aquatiques.

La limitation de la turbidité des eaux de surface permet aussi de montrer que les polluants sont retenus dans la bande enherbée car s'accrochent plus facilement aux petites particules en suspension.

## 2) La bande enherbée préserve le système détritivore

Pour s'intéresser à l'évolution d'une population spécifique dans notre modèle, nous avons placé, au départ, 70 vers de terre dans chaque compartiment. A la fin de toutes nos expériences, nous comptons le nombre de lombrics en les triant selon leur taille dans les deux compartiments et on observe les résultats suivants:

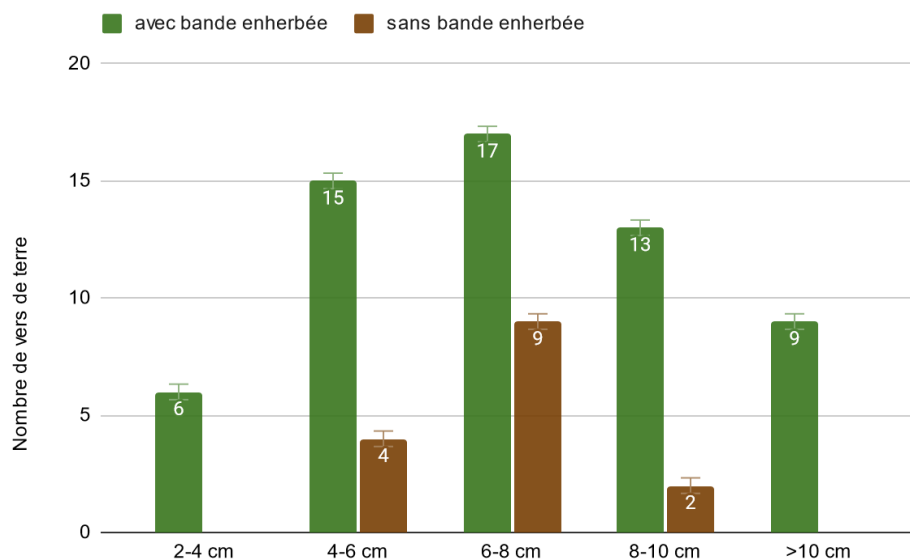


Figure 12: Nombre de vers de terre en fonction de leur taille

On observe 4 fois plus de lombrics en présence de la bande enherbée, avec une taille de, en moyenne,  $7,04 \pm 0,33$  cm contre  $6,73 \pm 0,33$  cm sans herbe. Ainsi, si les moyennes de taille ne sont pas très éloignées, la quantité, elle, montre un maintien de la biodiversité du sol dans le bac avec une bande enherbée. De plus, on peut voir que la répartition des tailles forme une courbe gaussienne dans les deux cas, indiquant que la survie différentielle dans les deux bacs n'est pas liée à la taille des individus. On peut donc supposer que le facteur induisant une population plus importante est la présence de la zone tampon.



## IV) Les limites du système

### 1) Une efficacité différentielle de la BE en fonction de l'inclinaison du terrain

Pour jouer sa fonction de zone tampon, la bande enherbée doit répondre à de nombreux critères. On étudie d'abord l'influence de la pente dans le ruissellement et la percolation des eaux de surface. On répète donc les expériences précédentes avec une pente nulle.

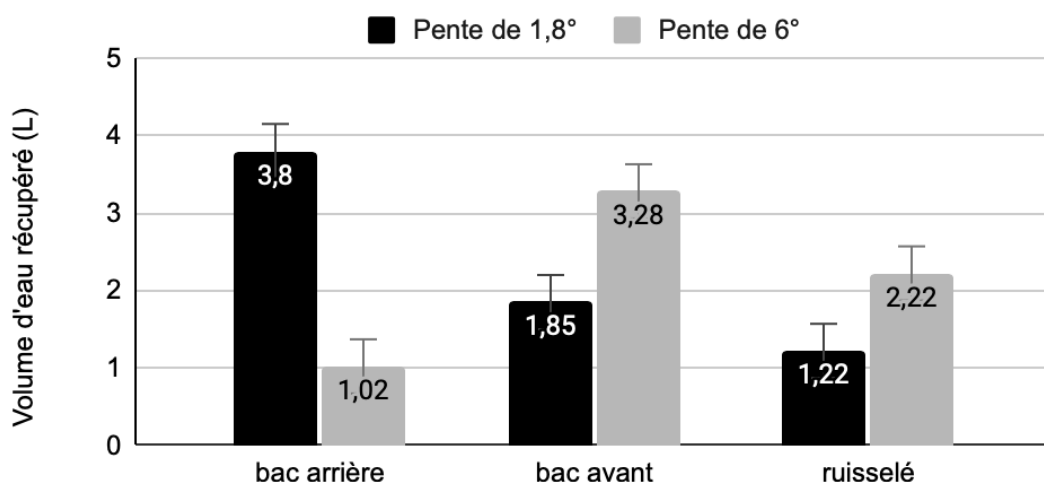


Figure 13 : Volumes d'eau récupérés avec BE avec deux pentes différentes

Pour une faible pente, le ruissellement de l'eau est réduit, et a tendance à beaucoup plus percoler. La faible inclinaison du terrain et la butte (fig 10) favorise la stagnation de l'eau, en amont de la bande enherbée. Ainsi, la BE perd de son efficacité pour des pentes trop importantes.

Avec les mesures de turbidité, on arrive à la même conclusion : la BE perd de son efficacité pour des pentes trop fortes. Pour contrer ce problème, on peut jouer sur la longueur de la BE. Une pente trop forte pour une si faible largeur peut limiter la rétention de substances polluantes par le BE du fait de l'augmentation de vitesses de l'eau de surface qui entraîne les particules en suspension [4].

### 2) Une perte d'efficacité de la BE pour une fréquence de précipitations soutenue

Afin d'estimer l'effet de précipitations successives sur la rétention d'eau par les bandes enherbées, on mesure les volumes d'eau récupérée par ruissellement après 3 essais espacés de 5 minutes.

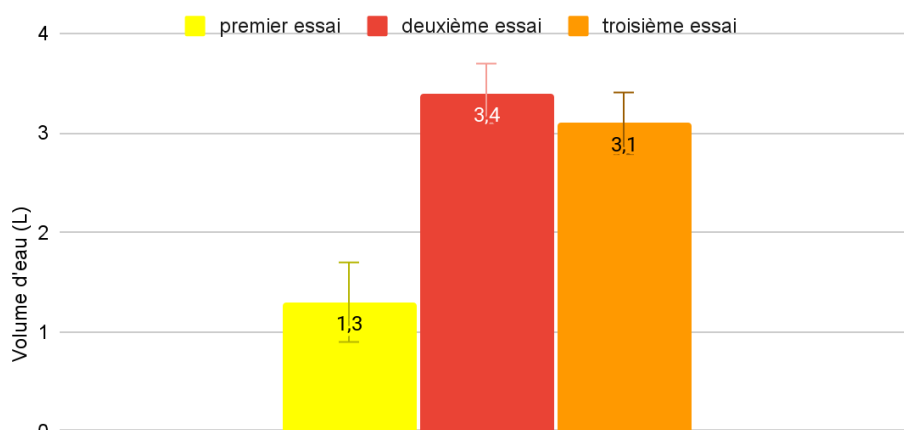


Figure 14 : Volume d'eau en litre qui a ruisselé après essais consécutifs avec BE

Si les différences d'infiltration ne sont pas significatives, le ruissellement (représenté ici) est rapidement augmenté (multiplié par 3) et se stabilise autour de 3L (pratiquement la moitié du volume introduit au départ). On peut donc en déduire que l'efficacité de la zone tampon sur l'écoulement en surface est fortement diminuée par des précipitations successives.

Figure 14 : Volume d'eau en litre qui a ruisselé après essais consécutifs avec BE

## **Conclusion**

En accord avec la bibliographie étudiée, ce dossier présente les atouts de l'utilisation d'une bande enherbée en bordure de champ. En effet, cette dernière permet de réduire le débit des eaux de ruissellement et la quantité d'eau en surface. La création du talus et la plus forte porosité du sol grâce aux végétaux contribuent ainsi à limiter la dégradation des sols en aval de la bande par entraînement de particules et le déplacement d'ions solubles de la zone cultivée vers le milieu naturel. Les différents mécanismes présentés s'auto-régulent les uns par rapport aux autres, créant une dynamique complexe au sein du système. Cette zone tampon est d'autant plus bénéfique lorsqu'elle est proche d'un point d'eau car elle empêche l'eutrophisation et préserve les écosystèmes. Cette observation montre ainsi la nécessité d'appliquer les directives nitrates mises en place par le gouvernement obligeant l'installation de bandes enherbées le long des cours d'eau à proximité de grandes zones agricoles [5]. Cependant, on observe de nombreuses limites à la bande enherbée qui soulignent des conditions d'installation strictes afin d'assurer son fonctionnement optimal. Ces limites sont aussi un indicateur des bornes qu'imposent notre modèle.

## **Bibliographie:**

[1] Définition de la bande enherbée: <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/bande-enherbee/>

[2] Mémoire de David Vallières présenté à la faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation à Québec intitulé : Efficacité du mode de travail de sol et des bandes enherbées sur la diminution de la pollution diffuse:  
[https://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk4/etd/MQ98118.PDF?oclc\\_number=63124743](https://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk4/etd/MQ98118.PDF?oclc_number=63124743)

[3] Dossier sur les bandes végétales filtrantes de Marc Duchemin et Rajouene Majdoub de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement :  
[http://crebsl.com/documents/pdf/algues\\_bleu-vert/agriculteurs/duchemin\\_et\\_majdoub\\_2004.pdf](http://crebsl.com/documents/pdf/algues_bleu-vert/agriculteurs/duchemin_et_majdoub_2004.pdf)

[4] Guide de dimensionnement des zones tampons enherbées ou boisées par Nadia Carluer, A. Fontaine, Claire Lauvernet, R. Muñoz Carpena: <https://hal.inrae.fr/hal-02595578/document>

[5] Page internet du site des services de l'état du Loiret sur les directives nitrates :  
<https://www.loiret.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-eau-foret-chasse-peche/Eau/Lutte-contre-les-pollutions-diffuses/Application-de-la-Directive-Nitrates/Informations-Directive-Nitrates/Couverture-vegetale-permanente-exigible-le-long-de-certains-cours-d-eau>

[6] NEMERY Julien (2021), Phosphore et eutrophisation, Encyclopédie de l'Environnement, [en ligne ISSN 2555-0950] url : <https://www.encyclopedie-environnement.org/eau/phosphore-et-eutrophisation/>.

[7] Effets des dispositifs enherbés sur les transferts diffus de phosphore dans les bassins versants agricoles par J.M. Dorioz: [https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2017/10/EGS\\_14\\_4\\_dorioz.pdf](https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2017/10/EGS_14_4_dorioz.pdf)