



décembre 2020

# Fertilité biologique des sols :

## les outils d'évaluation

avec le soutien



## Quelques indicateurs de l'activité microbienne

Lorsque l'on parle de la fertilité des sols, les références sur la fertilité chimique ou sur la fertilité physique ne manquent pas. Par contre, la composante biologique est encore assez méconnue. L'acquisition de références expérimentales locales et nationales nous permet maintenant d'avoir des indicateurs fiables pour faire l'état des lieux d'une parcelle.

La fertilité biologique des sols est complexe, elle repose sur le fonctionnement d'une chaîne alimentaire (on parle de chaîne trophique) qui transforme la matière organique en composés minéraux assimilables par les cultures et participe à la stabilité du sol.

L'ensemble des organismes vivants qui participe à cette chaîne alimentaire peut être regroupé en grands ensembles :

- micro-organismes (bactéries, champignons, nématodes)
- mésofaune (acariens, collemboles ...)
- et macro-organismes (coléoptères, mollusques, lombrics ...).

Si on se focalise sur **les bactéries**, leur rôle peut être comparé aux performances d'un véhicule : on surveillera le niveau de **carburant** disponible, la **puissance** du moteur et la vitesse atteinte.

## La matière organique labile : le carburant de la fertilité biologique

La matière organique est le carburant de la vie du sol.

Elle se divise en trois composantes qui agissent différemment :

- les résidus grossiers jouent un rôle de protection du sol et forment la réserve des autres fractions de matière organique.
- à l'opposé, la matière organique fortement transformée forme le complexe argilo-humique mais ne contribue pas au fonctionnement de la vie du sol.
- entre les deux fractions précédentes, la matière organique labile, constituée d'éléments fins est la réelle source d'alimentation de la chaîne trophique du sol.

## La biomasse bactérienne et la diversité bactérienne : 2 indicateurs de la puissance du moteur de l'activité biologique

Pour que la matière organique soit bien dégradée, il est nécessaire que les bactéries soient nombreuses et adaptées.

La quantité de bactéries est mesurée par l'analyse de la biomasse bactérienne. Généralement comprise entre 2 et 4 % de la matière organique du sol, une biomasse bactérienne importante permet de transformer rapidement la matière organique. C'est l'équivalent de la cylindrée du moteur.

Sur le plan qualitatif, une bonne diversité des populations bactériennes permet une plus grande adaptabilité face aux différentes sources de matières organiques disponibles. Cet indicateur varie entre 1 et 5. Il peut être comparé au couple du moteur.

## La minéralisation de l'azote : la vitesse des processus

Placée en conditions contrôlées de température et d'humidité, la matière organique du sol libère de l'azote. La valeur de l'ABM (Azote Biologiquement Minéralisable) donne la proportion de l'azote qui est rapidement libérée par l'activité microbienne. Cette valeur est généralement comprise entre 0 et 4 % mais peut aussi être plus élevée pour les sols riches ou au contraire, parfois inférieure à 0 % quand la parcelle reçoit des apports de matière organique très difficilement dégradable.

Alors qu'on imagine parfois des pratiques radicalement différentes pour faire face à des problèmes de baisse de la fertilité de certaines parcelles, avoir quelques bons indicateurs sur le tableau de bord, c'est utile pour aller dans la bonne direction.

## SOMMAIRE

L'importance d'évaluer la fertilité biologique des sols p.3

Diagnostics rapides de l'état biologique des sols

- le comptage de vers de terre p.4
- les litter-bags p.5

Indicateurs de la fertilité biologique

- le test de la biomasse microbienne p.6
- le test Biodif p.7
- le test ABM : Azote Biologiquement Minéralisable p.8
- le fractionnement de la matière organique p.9

Expérimentations à la ferme agroécologique 3.0 p.10

Récapitulatif p.11

Pour en savoir plus... p.12



# L'importance d'évaluer la fertilité biologique des sols

## Fertilité biologique

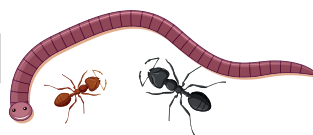
Il s'agit de l'aptitude d'un sol à apporter les éléments essentiels (azote, phosphore et potassium principalement) aux végétaux par l'action des organismes vivants naturellement présents dans le sol. Le sol est un milieu de vie hétérogène hébergeant des organismes multiples et diversifiés.

## Les organismes du sol et leurs rôles

### → LES INGÉNIEURS PHYSIQUES

- Création de **porosité**, par des galeries permettant les échanges d'eau et d'air dans le sol
- **Fragmentation des déchets** en plus petites particules assimilables par la biomasse microbienne

=> Vers de terre, fourmis, acariens, ...



### → LES INGÉNIEURS CHIMISTES

- **Libération de sels minéraux** / d'éléments nutritifs facilement assimilables par les plantes
- **Décontamination du sol** des toxines (pesticides, hydrocarbures,...)

=> Bactéries, champignons, ...

### → LES RÉGULATEURS ET PRÉDATEURS

- **Régulation des microorganismes**
- **Protection des cultures** : compétitions, production d'antibiotiques, limitation de la prolifération d'ennemis et pathogènes des cultures

=> Acariens, collemboles, nématodes, ...

## Les avantages d'une bonne fertilité biologique



- Diminution des intrants
- Lutte contre l'érosion
- Diminution du tassement
- Stabilité de la structure du sol
- Décontamination des eaux et des sols

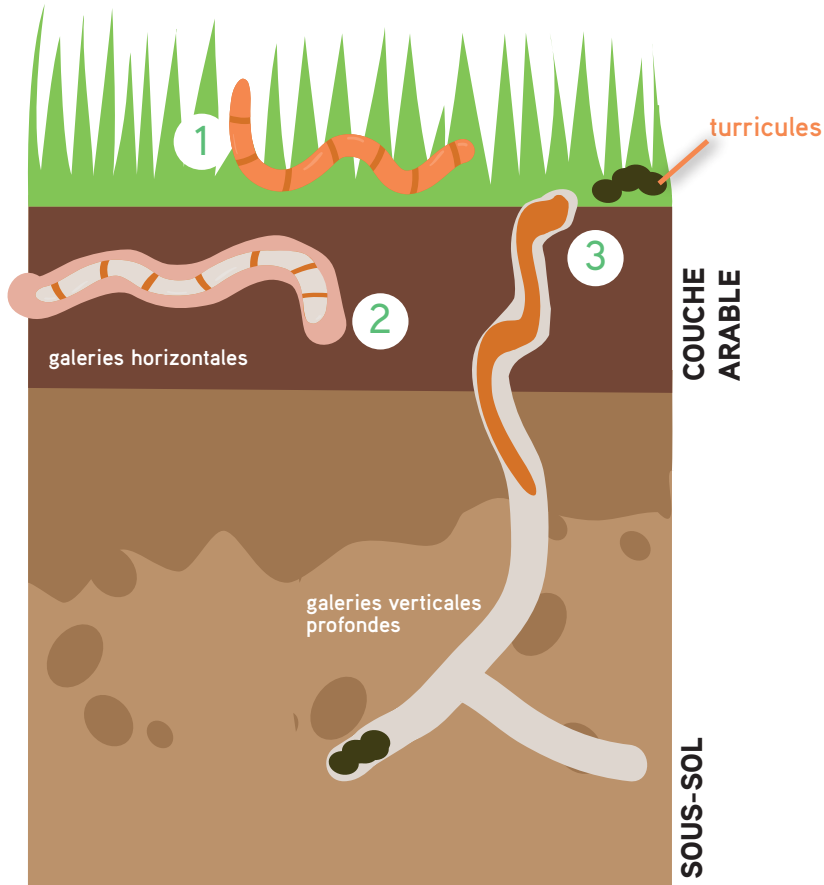
## Le saviez-vous ?

• On estime que pour **1 m<sup>2</sup> de sol**, nous pouvons dénombrer environ **300 milliards de bactéries**, **10 milliards de protozoaires**, **15000 km de filaments de champignons**, **5 000 insectes**, **500 mollusques** et **100 vers de terre**.

# Diagnostic rapide de l'état biologique des sols : le comptage de vers de terre

L'abondance et la diversité des vers de terre constituent de **très bons indicateurs de la qualité d'un sol**. En effet, ces organismes sont sensibles à la moindre perturbation de leur environnement et notamment au travail du sol, à la quantité de matière organique et au taux d'humidité.

## 3 groupes



### 1) LES ÉPIGÉS

vivent à la surface, fragmentent la matière organique

- Fractionnement des résidus de culture
- Intérêt agronomique important en semi-direct

### 2) LES ENDOGÉS

vivent dans le sol creusant des galeries horizontales

- Rétention et infiltration de l'eau
- Intérêt agronomique important

### 3) LES ANÉCIQUES

vivent dans le sol, creusent des galeries verticales et enfouissent la matière organique

- Aération du sol favorable à la vie des autres organismes du sol
- Infiltration de l'eau limitant l'érosion
- Fertilisation avec leurs déjections riches en N, P, K
- Intérêt agronomique majeur

## Protocole du test bêche



### QUAND ?

Printemps et automne, sur sol ressuyé et profond



### COMBIEN DE TEMPS ?

Minimum **3 h**/personne seule

**COMMENT ?** Récupérer **6 blocs de terre de 25 cm** de profondeur (20 x 20 x 25) par parcelle puis compter et identifier selon les 3 groupes les vers de terre.

## Les favoriser

- Limiter le travail du sol,
- Effectuer des restitutions organiques régulières,
- Raisonner l'utilisation de produits phytosanitaires.

## Le saviez-vous ?

- Les vers de terre constituent la première biomasse terrestre et leur nombre ne cesse de diminuer passant de **2 tonnes/ha en 1950 à 200 kg/ha** aujourd'hui. Actuellement, une centaine d'espèces sont recensées en France.

# Diagnostic rapide de l'état biologique des sols : les litter-bags

Les litter-bags sont des indicateurs de l'activité biologique des sols. Ils permettent d'apprécier la vitesse de dégradation de la matière organique. Il s'agit de sacs en nylon de maillage 1 mm contenant une quantité connue de paille.

## Pourquoi ?

Apprécier la vitesse de dégradation des résidus végétaux, c'est s'assurer de la capacité d'un sol cultivé à recycler les matières organiques et à conforter sa fertilité biologique et structurale.

## Protocole



### QUAND ?

Pose des sacs entre **mi-février jusqu'au début de l'été**  
=> période d'activité maximale des organismes du sol

**COMMENT ?** Enfouir un litter-bag, préalablement pesé, par parcelle à **10 cm de profondeur**. Après 4 mois, venir le récupérer et le peser.



## Le saviez-vous ?

Un test plus ludique a été mis en place par l'IFAO\* appelé **test du slip**. Il s'agit d'enterrer un slip 100 % coton dans le sol pendant **8 semaines**. Plus le slip est dégradé, plus la vie du sol est active.

\*IFAO= Innovative Farmers Association of Ontario

## Interprétation

Les micro-organismes utilisent la paille comme litière pour leur développement. Plus la perte de masse est forte, plus importante est la dégradation de la matière organique, signifiant une bonne activité des organismes du sol.

## LEVA-bag par l'ESA d'Angers

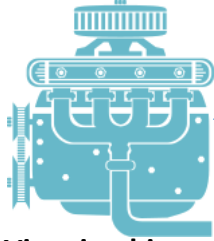
Le LevaKit (3 LEVA-bags) proposé par l'ESA d'Angers vous permet de tester une parcelle avec un accès personnalisé pour visualiser vos résultats en ligne. Vous commandez directement votre kit ([www.levabag.com](http://www.levabag.com)) et après 120 jours d'enfouissement, vous le renvoyez pour l'analyse au laboratoire. Aucune pesée n'a besoin d'être effectuée par vos soins.



# Indicateur de la fertilité biologique : le test de la biomasse microbienne

3 catégories d'indicateurs de la Fertilité Biologique au labo

## Le moteur



### Vie microbienne

= Moteur  
de la transformation de la MO

Exemple d'analyse :

- **Biomasse Microbienne** (Quantitatif)  
65 €HT

Votre sol  
est-il vivant ?



## Objectif

Déterminer l'abondance microbienne (= masse des êtres vivants), autrement dit la quantité d'organismes présents dans le sol.

## Principe

Il est basé sur la perturbation des cellules microbiennes due à la fumigation au chloroforme et à la libération ultérieure de carbone extractible au sulfate de potassium ( $K_2SO_4$ ) par des microbes.

Quantifier le carbone microbien.

Le test est effectué par les laboratoires AUREA et Célesta-lab.

## Résultats

Biomasse microbienne en % de carbone total.

## Interprétation

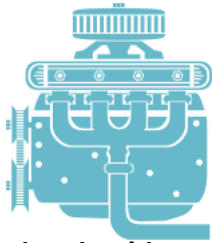
Le taux moyen se situe entre 2 et 4 % du carbone total. Une biomasse microbienne élevée permet de transformer rapidement la matière organique et ainsi libérer les éléments minéraux (N, P, K) potentiellement disponibles pour les plantes. Si ce taux est faible, des apports de matières organiques sont envisageables (en l'absence de problèmes de fertilité physique).

Attention, ce taux peut également révéler un travail intensif et profond du sol qui, en enfouissant la matière organique et en aérant le sol, favorise cette biomasse.

# Indicateur de la fertilité biologique : le test Biodif

3 catégories d'indicateurs de la Fertilité Biologique au labo

## Le moteur



### Vie microbienne

= Moteur  
de la transformation de la MO

Exemple d'analyse :

- **Biomasse Microbienne** (Quantitatif)

65 €HT

*Votre sol peut-il faire face  
à des situations  
contrastées ?*



## Objectif

Evaluer la diversité (= ensemble des différentes formes de vie d'un sol) des populations microbiennes présentes dans le sol.

## Principe

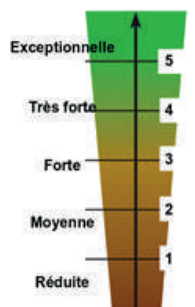
Tester la capacité des populations microbiennes à utiliser différents substrats.

Incubation du sol sur des plaques contenant des substrats différents.

Le test est effectué par le laboratoire SEMSE.

## Résultats

Exprimés en IBF : Indice de Biodiversité Fonctionnelle.



## Interprétation

Plus la diversité d'organismes est importante, mieux sera la résilience du sol ainsi que sa capacité à faire face à différentes situations, notamment une plus grande adaptabilité face aux diverses sources de matières organiques (résidus de culture,...). En effet, pour que la matière organique soit bien dégradée, il faut que les organismes du sol soient nombreux et adaptés.

Pour améliorer l'IBF du sol et donc améliorer sa qualité biologique, il est nécessaire d'adapter les outils et de limiter le travail du sol.

# le test ABM : Azote Biologiquement Minéralisable

3 catégories d'indicateurs de la Fertilité Biologique au labo

## La vitesse



**Minéralisation C (et N)**  
= réactivité de la vie du sol

Exemple d'analyse:

- **ABM**
- 50 €HT



Les matières organiques  
du sol se minéralisent-elles bien ?

## Objectif

Evaluation de l'activité microbienne du sol.

## Principe

Le sol est incubé pendant 7 jours en conditions contrôlées. La matière organique du sol libère de l'azote. La valeur de l'ABM donne la proportion de l'azote qui est rapidement libéré par l'activité microbienne. Le test est effectué par les laboratoires SEMSE et Célesta-lab.

## Résultats

Exprimés en mg/Kg et % d'azote total.



## Interprétation

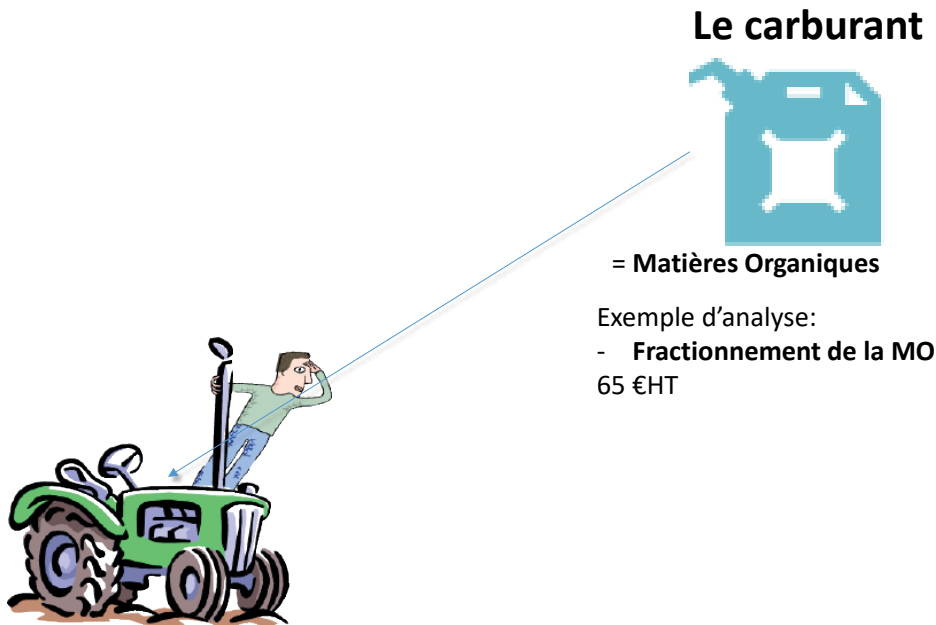
La valeur de l'ABM est généralement comprise entre 0 et 4 % mais peut être plus élevée pour les sols riches ou au contraire, parfois inférieure à 0 % quand la parcelle reçoit des apports de matière organique très difficilement dégradable. Plus la valeur de l'ABM est importante, plus la matière organique est minéralisée rapidement et libérera les éléments minéraux (N, P, K) disponibles pour les plantes.

Pour améliorer l'ABM du sol, la mise en place d'intercultures à base de légumineuses ou des couverts permanents sont recommandés.



# Indicateur de la fertilité biologique : le fractionnement de la matière organique

3 catégories d'indicateurs de la Fertilité Biologique au labo



## Objectif

Une fraction de la matière organique, facilement dégradable, participe à la fertilité du sol en « nourrissant » la biomasse microbienne : la matière organique labile. La matière organique labile libère donc rapidement ses éléments minéraux (N, P, K) disponibles pour les plantes. Le fractionnement consiste à connaître la proportion de cette matière organique labile du sol.

## Principe

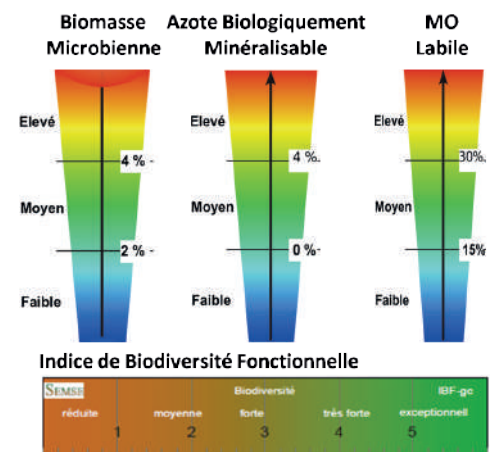
Succession de tamisages.  
Le test est effectué par les laboratoires AUREA et Célesta-lab.

## Résultats

Exprimés en % de MO totale.

## Interprétation

La quantité de matière organique labile souhaitable se situe autour de 15 % de la matière organique totale. Pour favoriser la vie dans le sol, il faut apporter de la matière organique en fonction des effets recherchés. Si le taux de matière organique labile est faible, il faut préférer des matières rapidement dégradables (engrais verts, fumier frais, pailles...). Par contre, pour reconstituer le stock d'humus, il faut préférer des matières organiques avec un C/N élevé (composts, Bois Raméal Fragmenté (BFR)...).



# Expérimentations à la ferme agroécologique 3.0

La chambre d'agriculture de la Somme, dans le cadre du « programme biodiversité », a mis en place depuis 2018 des essais de suivi de la fertilité biologique des sols. Financés par la région Hauts-de-France, ces essais effectués sur la parcelle « Revers des dix » à la ferme 3.0 de Aizecourt-le-Haut (80) permettent de comparer l'influence sur cette fertilité de 3 itinéraires techniques différents et de 2 types de sol (argilo-limoneux profond et superficiel sur craie) :

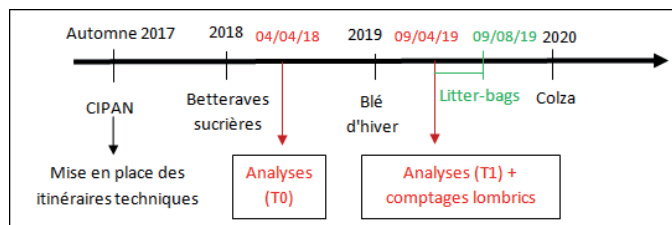
- Labour (travail profond du sol)
- TCS (travail moindre du sol)
- Semi-direct (aucun travail du sol)

## Objectif

Déterminer les pratiques qui améliorent globalement la fertilité des sols et les performances agronomiques.

## Premiers acquis

- Choix des tests : pertinents, mesurables, interprétables et abordables
- Réalisation des tests
- Premiers résultats : comptage vers de terre



	Type de sol		Méthodes culturales			
	Calcosol	Brunisol	Semi-Direct	TCS	Conventionnel	
Tous les lombrics	Pas d'influence	Pas d'influence	Favorable	Défavorable	Défavorable	
Endogés	Pas d'influence	Pas d'influence	Favorable	Défavorable	Défavorable	
Anéciques	Pas d'influence	Pas d'influence	Favorable	Défavorable	Défavorable	

Legend:   
Blue square: Pas d'influence   
Green square: Favorable   
Red square: Défavorable

## Perspectives

Continuité de l'essai pendant 5 ans pour obtenir des conclusions définitives et fiables sur l'influence de ces paramètres sur la fertilité biologique des sols mais également pour sélectionner les tests qui déterminent le mieux cette fertilité.

# Récapitulatif

	UTILITÉ	COÛT HT	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
<b>Biomasse microbienne</b>	"Quantité"	50 €	Rapide à réaliser rapide, obtention des résultats des analyses avec référentiel d'interprétation et conseils	Coûteux
<b>Test Biodif</b>	"Diversité"	90 €		
<b>Test ABM</b>	"Activité"	50 €		
<b>Fractionnement de la MO</b>	"Nourriture"	65 €		
<b>Comptage vers de terre : Test bêche</b>	Qualité biologique du sol	-	Résultats immédiats, non coûteux	Protocole long à réaliser (3 h pour une personne seule) et absence de référentiel d'interprétation
<b>Litter-bag</b>	"Activité"	Achat du nylon	Protocole rapide à réaliser	Réalisation des litter-bags, résultats au bout de 4 mois et absence de référentiel d'interprétation

	PROTOCOLE AU LABORATOIRE	RÉSULTATS	INTERPRÉTATIONS
<b>Biomasse microbienne</b>	Fumigation extraction au Chloroforme	En % du carbone total	Plus la quantité d'organismes est importante, plus la MO est minéralisée rapidement et libérera les éléments minéraux (N, P, K) disponibles pour les plantes
<b>Test Biodif</b>	Incubation du sol sur divers substrats	En IBF: indice de biodiversité fonctionnelle	Plus la diversité d'organismes est importante, mieux sera la résilience du sol et son adaptabilité face aux diverses sources de MO (résidus de culture,...)
<b>Test ABM</b>	Incubation du sol pendant 7 jours. Quantification de l'azote libéré par la MO	En % d'azote total	Plus la valeur de l'ABM est importante, plus la MO est minéralisée rapidement et libérera les éléments minéraux (N, P, K) disponibles pour les plantes
<b>Fractionnement de la MO</b>	Succession de tamisages	Proportion de la MO labile en % de MO totale	Pour favoriser la vie dans le sol, il faut que votre sol contienne de la MO labile. Ainsi, si le taux de MO labile est faible, il faut apporter des matières rapidement dégradables (engrais verts, fumier frais,...)
<b>Comptage vers de terre : Test bêche</b>	-	x 25 en m <sup>2</sup> de sol	Plus la quantité de vers de terre est importante, plus la qualité biologique des sols est bonne
<b>Litter-bag</b>	-	Différence de poids	Plus la perte de masse est forte, plus la dégradation de la MO est importante, signifiant une bonne activité des organismes du sol



**Pour plus de renseignements, n'hésitez pas à contacter votre Chambre d'agriculture :**

**Chambre d'agriculture de l'Aisne**

Emilie Nivelles  
emilie.nivelles@aisne.chambagri.fr

**Chambre d'agriculture de l'Oise**

Sophie Wieruszeski,  
sophie.wieruszeski@oise.chambagri.fr

**Chambre d'agriculture de la Somme**

Olivier Suc  
o.suc@somme.chambagri.fr

**Chambre d'agriculture du Nord-Pas de Calais**

Pierre Mortreux,  
pierre.mortreux@npdc.chambagri.fr

**Chambre régionale d'agriculture  
des Hauts-de-France**

Régis Wartelle  
r.wartelle@hautsdefrance.chambagri.fr

**Rédaction :** Camille Barry & Olivier Suc dans le cadre du groupe régional biodiversité des Chambres d'agriculture des Hauts-de-France. Mise en page : service communication Chambre d'agriculture Nord-Pas de Calais/C. Faure/décembre 2020

