



Exercices pédagogiques à destination des lycées agricoles et écoles d'ingénieurs sur l'intérêt des couverts végétaux et l'utilisation de la méthode MERCI

- Déroulés -

Public cible : BTS Productions Végétales / Elèves Ingénieurs

Objectifs pédagogiques

MODULE 1 (page 1 à 4)

Couverts végétaux et découverte de l'outil MERCI

- Comprendre les intérêts des couverts végétaux
- Savoir appliquer la méthodologie MERCI de prélèvement au champ
- Savoir utiliser le logiciel MERCI et interpréter les résultats obtenus
- Mesurer concrètement certains intérêts des couverts végétaux à l'aide de la méthode MERCI

MODULE 2 (page 5 à 13)

Deux exercices d'utilisations agronomiques des résultats MERCI

- Exercice 1 : Savoir analyser les résultats MERCI et les intégrer dans les préconisations de fertilisation azotée des cultures
- Exercice 2 : Comprendre un bilan humique et utiliser les résultats MERCI pour estimer la part des résidus d'un couvert végétal intermédiaire pouvant alimenter le pool organique d'un sol

Exemples de calculs réalisés avec MERCI (page 14 à 16)

--- MODULE 1 ---

Couverts végétaux et découverte de la plateforme MERCI

1. En salle (2h30) : diaporama + démonstration sur internet

Objectifs : Rappels sur les intérêts des couverts végétaux
Démonstration en salle de la méthode MERCI

1.1 Introduction sur les couverts végétaux : définitions, services recherchés

👉 20 diapos, 45-60 minutes

1.2. Présentation de la méthode MERCI

1.2.1. Diaporama :

- principe de la méthode, modalité de prélèvement des végétaux
- fonctionnement, utilisations, limites, intérêts de créer un compte

👉 20 diapos, 60 minutes

1.2.2. Présentation sur internet de la plateforme et des différentes fonctionnalités :

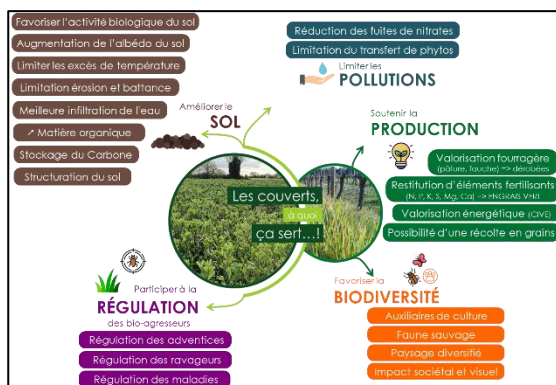
- les différents menus : FAQ, bibliothèque, inscription, [créer un compte](#)
- module de calcul : présenter les différents critères à renseigner sur écran de saisie
- réaliser une démonstration de l'outil en mode « SIMULATION » : 1 calcul
- interpréter les résultats (écran de résultats)

👉 30 minutes

Outils disponibles à mobiliser :

- Les diaporamas sur les couverts végétaux et sur la méthode MERCI peuvent être fournis.
- Tutoriel MERCI de la démarche de prélèvement

Selon les besoins et les compétences des enseignants, cette partie sera réalisée en amont par l'enseignant ou un conseiller en agronomie.



2. Aux champs (1h30)

Objectifs : Comment mettre en œuvre le protocole MERCI sur un couvert végétal au champ

- Quelles sont les bonnes conditions pour effectuer les prélèvements ?
- Quel est le matériel nécessaire ?
- Quelles sont les précautions à prendre lors des prélèvements ?
- Saisir les données sur la fiche terrain MERCI

Les prélèvements doivent être réalisés en conditions ressuyées, privilégier les après-midis ensoleillés.

2.1. Matériel nécessaire

- présentation du matériel : sécateur/couteaux, sacs, surface de prélèvements (*cerceau*, « *cadre* PVC », ...), balance
 - ☞ prévoir le matériel pour plusieurs groupes
 - ☞ privilégier une surface de prélèvement de 1 m²
 - ☞ prévoir 1 sac par espèce
- imprimer une feuille de saisie MERCI : www.methode-merci.fr ☞ bibliothèque

2.2. Méthode de prélèvements

- Rappeler les consignes de prélèvements et de tri des différentes espèces
- Séparer les étudiants en binôme (*ou trinôme*) sur la même parcelle
- Observer, identifier les espèces de couverts présentes dans la parcelle (+ *adventices*)
 - ☞ noter les éventuelles observations (*nombre d'espèces, état végétatif de chaque espèce du couvert, présence de limaces, adventices, appréciation de l'hétérogénéité du couvert,*)
- Prélever de 1 ou 2 placettes de 1 m² par groupe selon le temps disponible
 - ☞ prélèvements + identification et tri des espèces (*1 espèce par sac*)
 - ☞ peser (*en gramme*)
 - ☞ saisir les données sur la fiche terrain MERCI + observations diverses

Outils disponibles à mobiliser :

- Outils pour réaliser les prélèvements (sécateurs, cadres, sacs, balances/pesons,)
- Fiche MERCI de saisie des données terrain



3. En salle (1h00) :

Objectifs : Utilisation par les étudiants de la méthode MERCI (*saisie des informations*)
Comprendre les résultats MERCI
Interpréter agronomiquement les résultats

Les étudiants récupèrent l'ensemble des résultats des mesures réalisées aux champs. Ils utilisent (*seul ou en groupe*) la plateforme MERCI. Ils doivent se connecter, remplir les données nécessaires aux calculs, réaliser et enregistrer les calculs. L'interprétation agronomique des résultats est réalisée à partir des questions suivantes.

3.1. Utiliser le calculateur de la plateforme MERCI

- récupérer l'ensemble des fiches de prélèvements (*pour avoir différents calculs à saisir*)
- se connecter à www.methode-merci.fr
- aller sur « Réaliser un calcul »
- remplir les différentes données nécessaires aux calculs
- réaliser les calculs et enregistrer

3.2. Premières questions de compréhension et d'interprétations agronomiques

Mobiliser les résultats obtenus par MERCI et les observations réalisées sur la parcelle

Question 1. Quelles sont les différentes espèces composant le couvert végétal ? Quels sont les intérêts de chacune des espèces ? Quelles sont les systèmes racinaires de chaque espèce du couvert végétal (*pivotant, fasciculé, mixte*) ? ➤ *Compléter le tableau*

	Espèces	Système racinaire	Intérêts de l'espèce
1			
2			
3			
...			
.....			

Question 2. Commentaire sur la présence ou non d'adventices (*biomasse, type d'adventices, ...*)

➤ *Interprétations / commentaires / conclusions (2 lignes)*

Question 3. Analyse de l'hétérogénéité du couvert végétal dans la parcelle pour la biomasse aérienne totale en tonnes de MS/ha : valeurs individuelles et moyenne des différentes placettes, que pouvez-vous dire ?

➤ *Interprétations / commentaires / conclusions (3 lignes)*

Question 4. Biomasse aérienne produite (*tonne de MS/ha*)

- La biomasse aérienne produite est-elle faible, moyenne, importante ?
- Quelle espèce est la plus productive en terme de biomasse aérienne (*t MS/ha*) ?

➤ *pourquoi, argumenter votre réponse (2-4 lignes)*

Question 5. Restitution au sol de l'azote contenu dans le couvert végétal

- Quelle est la quantité d'azote restituée rapidement au sol (*en kg/ha*)
- Que veulent dire les chiffres dans la frise bleue ?

➤ *Interprétations / conclusions (3 lignes)*

Question 6.

- D'après les résultats, que pouvez-vous proposer pour les apports en azote pour la culture suivante ?

➤ *discussions (4 lignes)*

--- MODULE 2 ---
Utilisations des résultats pour la réalisation de deux bilans agronomiques

Exercice pédagogique 1. Utilisation des résultats MERCI pour une préconisation en fertilisation azotée (2 x 30 minutes)

A partir des résultats MERCI, quelles préconisations sur la fertilisation azotée de la culture suivante réalisez-vous ?

L'enseignant pourra utiliser le contexte (culture suivante, sol, objectif de rendement, ...) précis de l'exploitation agricole du lycée agricole ou valoriser les résultats de la méthode MERCI dans l'exemple ci-dessous.

Préalables :

- Rappels sur la méthode du bilan, méthode de calcul de la dose prévisionnelle en fertilisation azotée des cultures

La méthode MERCI permet de calculer, entre autres, la quantité d'azote minéral (kg N/ha) restituée par le couvert végétal au sol après la destruction de la culture intermédiaire. Cette quantité d'azote provient de la minéralisation des résidus (enfouis ou laissés en surface) et est, en partie disponible pour la culture suivante.

Le résultat du calcul de la méthode MERCI est exprimé de 2 manières différentes :

- Une valeur correspondant à la quantité d'azote totale fournie au bout de 6 mois (kg/ha).
- Une frise illustrant la cinétique de minéralisation de l'azote du couvert avec la valeur cumulée d'azote libéré mois après mois.

Au-delà de 6 mois, la minéralisation des résidus de la culture intermédiaire est considérée comme très faible et négligeable.

Des valeurs négatives peuvent également apparaître. Elles correspondent à un phénomène d'organisation nette de l'azote par la biomasse microbienne du sol, en particulier dans le (ou les) premier(s) mois après la destruction et l'incorporation de résidus à C/N élevé (> 25), c'est-à-dire des résidus de cultures intermédiaires « pauvres » en azote.

Méthode du bilan prévisionnel en azote

Dans la méthode du bilan azoté, les fournitures d'azote par les cultures intermédiaires sont prises en compte par le terme MrCi (supplément d'azote provenant de la minéralisation des résidus de culture intermédiaire durant le cycle de la culture). La méthode du bilan exige la réalisation (prélèvement de sol = reliquat azoté) ou l'estimation (simulation) d'une teneur en azote à « l'ouverture du bilan » en kg d'azote par hectare contenu dans les horizons prospectables par les racines de la culture suivante.

Attention ! Sa valeur ne correspond pas toujours à la quantité d'azote totale calculée par la méthode MERCI au bout de 6 mois.

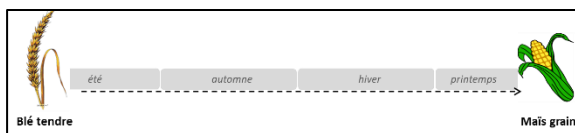
En effet, selon la date d'ouverture du bilan, une part de l'azote des résidus de culture intermédiaire est susceptible d'être déjà minéralisée et présente dans le reliquat d'azote minéral réalisé à « l'ouverture du bilan » (terme Ri : reliquat azoté à la date d'initialisation du bilan => très souvent « reliquat sortie hiver »). En revanche, les possibles pertes par lixiviation, dues à une minéralisation précoce des résidus de cultures intermédiaires sont pris en compte dans la méthode MERCI à travers les simulations STICS réalisées sur les 24 contextes climatiques de France métropolitaine croisés au 4 « grandes classes de réserve utile (RU) du sol ».

Afin d'approcher une valeur exacte du terme MrCi, il convient donc de « retrancher » une partie de la quantité d'azote annoncée par la méthode MERCI dans le cas où la destruction de la culture intermédiaire intervient à une date très précoce par rapport à l'ouverture du bilan. L'objectif est de ne pas comptabiliser deux fois l'azote issu de la minéralisation des résidus.

Exemple

Précédent : blé tendre

Culture suivante : maïs grain



Culture intermédiaire : avoine fourragère (strigosa) + vesce commune hiver

Biomasse atteinte par le couvert : 4,7 tonnes de MS/ha

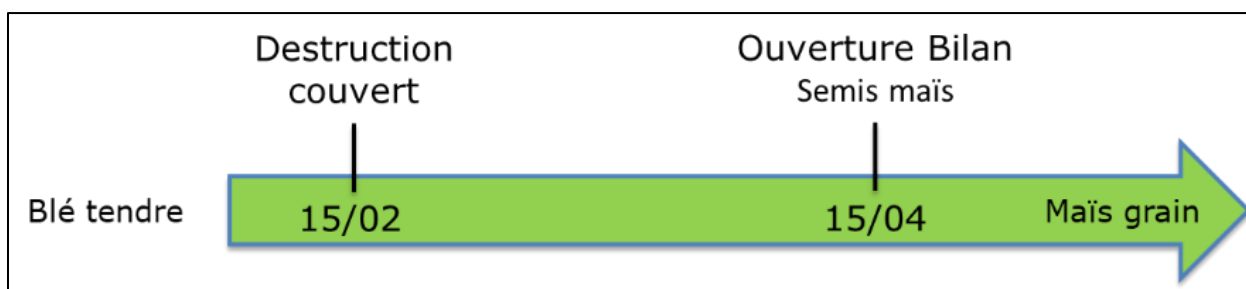
Date de destruction du couvert végétal : 15/02

Semis culture suivante : Maïs – 20/04

Résultats de la méthode MERCI



L'ouverture du bilan est réalisée à la date de semis du maïs (20/04), date de réalisation du reliquat d'azote minéral du sol permettant la mise en œuvre de la méthode du bilan. L'azote restitué au sol par la culture intermédiaire est de **43** kg N/ha (calculs ci-dessous).

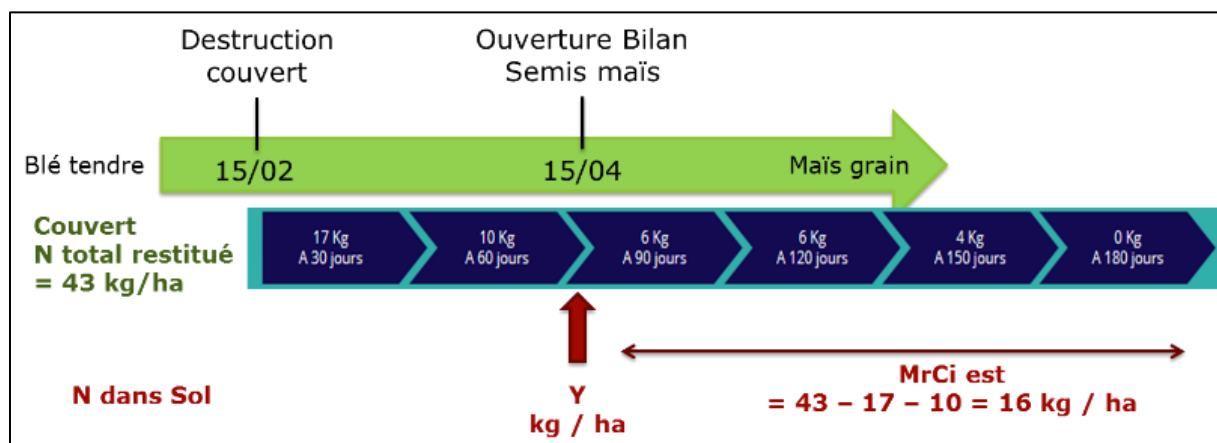


Question 1. Dans cet exemple, quelle sera la valeur du terme MrCI correspondant à la minéralisation des résidus de cultures intermédiaires ?

Argumentaires / conclusions (3-6 lignes)

Réponse

Au 20/04, soit environ 60 jours après destruction du couvert, 17 + 10 soit 27 kg N/ha ont déjà été restitués lors de la minéralisation des résidus. Cette valeur est prise en compte dans la mesure du reliquat (reliquat d'ouverture du bilan = Ri). Il ne reste donc que 16 kg N/ha ($43 - 27 = 16$ ou $6 + 6 + 4 + 0 = 16$) qui sera minéralisé au cours de la croissance du maïs. Le supplément d'azote fourni par la minéralisation de cette culture intermédiaire au maïs (MrCI) est donc de 16 kg N/ha.



Question 2. Dans ce même exemple, si l'ouverture du bilan est maintenant réalisée le 15/02 à la date de destruction du couvert végétal, quelle sera la valeur du terme MrCI correspondant à la minéralisation des résidus de cultures intermédiaires ?

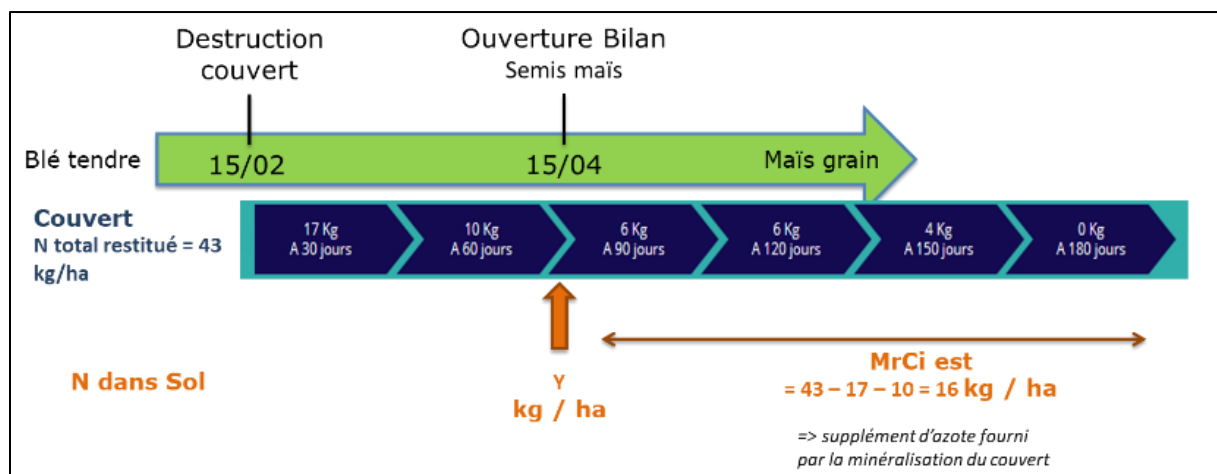
Argumentaires / conclusions (3-6 lignes)

Réponse

L'ouverture du bilan est réalisée à la date de destruction du couvert, donc avant la restitution en azote provenant de la minéralisation des résidus du couvert.

L'azote restitué au sol par la culture intermédiaire est de 43 kg N/ha.

Dans ce cas, le supplément d'azote fourni par la minéralisation de cette culture intermédiaire au maïs grain (MrCI) est la valeur annoncée par la méthode MERCI, soit 43 kg N/ha.



Exercice pédagogique 2. Approcher le bilan humique d'un couvert végétal

La mise en place des couverts végétaux peut-elle permettre d'équilibrer les pertes par minéralisation de matières organiques dans les sols ? S'appuyer sur les résultats de la méthode MERCI pour répondre à cette question.

L'enseignant pourra utiliser le contexte (culture, sol, rendements, produits organiques disponibles...) précis de l'exploitation agricole du lycée ou valoriser les résultats de la méthode MERCI dans les deux exemples ci-dessous.

Aller plus loin : Cet exercice peut être également une introduction à la découverte de l'outil Simeos-AMG : <https://simeos-amg.org/> ou à l'approche 4/1000 de stockage du carbone dans les sols.

Préalables :

- Les matières organiques et leurs dynamiques dans le sol
- Explication de la notion de bilan humique (K1, K2 ...)

Il existe un continuum de matières organiques dans les sols aux propriétés différentes selon leurs caractéristiques et les protections dont elles bénéficient. Pour simplifier, elles sont classées en deux catégories, les matières organiques labiles et les matières organiques stables. Leurs dynamiques de minéralisation sont différentes et dépendent du contexte pédoclimatique.

Pour estimer, l'évolution de ce pool organique dans les sols, des modélisations ont été mises en place (modèle Hénin-Dupuis, modèle AMG).

Le bilan humique

Le but du bilan humique est de vérifier l'équilibre entre humification et minéralisation secondaire. Cet équilibre doit être durablement positif améliorer la fertilité du sol. La première étape est donc d'estimer les pertes. Le coefficient K2 permet d'estimer cette minéralisation secondaire. Selon les conditions climatiques et le type de sol, les dynamiques de minéralisation ne seront pas les mêmes. La 2^e étape est d'évaluer la contribution des restitutions au sol qui alimentent le stock de matière organiques. Les couverts végétaux sont une pratique que peut contribuer au maintien cet équilibre. Le coefficient d'humification K1 permet d'estimer la part des restitutions qui sont incorporées dans le pool stable de la matière organique des sols. La méthode MERCI utilise le modèle AMG de l'INRAe pour estimer ces restitutions.

Bilan humique = > Entrées des matières organiques – sorties des matières organiques

Entrées	Sorties
Résidus de cultures	Minéralisation de la matière
Couverts végétaux	organique des sols ...
Produits organiques ...	
SOLDE POSITIF	SOLDE NÉGATIF
Humification > minéralisation	Humification < minéralisation
Taux de MO augmente	Taux de MO diminue

Le résultat du calcul de la méthode MERCI est exprimé de 2 manières différentes :

- Une valeur correspondant à la quantité de carbone « stable » (C) restitué par le couvert végétal au sol (kg/ha).
- Une valeur correspondant à la quantité de matière organique « stable » (MO) restituée par le couvert végétal au sol (kg/ha).

Le passage d'une valeur à l'autre est réalisé par la formule suivante : $MO = 1,724 \times C$.

Le carbone ou la matière organique « stables » indiqués dans la fiche de résultats MERCI représentent une matière organique stable sur 1 an au moins.

En salle (2 h 30) Cf. *Préalables*

1. Introduction ou révisions sur la notion de bilan humique

Les matières organiques et leurs dynamiques dans les sols

Principes d'un bilan humique

🕒 1 heure

Mise en œuvre pratique

Réaliser un bilan humique partiel en utilisant les données concrètes ou tirer des exemples ci-dessous.

🕒 30 minutes

L'enseignant pourra utiliser le contexte (culture, sol, rendements, produits organiques disponibles...) précis de l'exploitation agricole du lycée ou valoriser les résultats de la méthode MERCI dans les deux exemples ci-dessous.

2. Les données parcellaires et techniques nécessaires à la mise en œuvre du bilan humique partiel

Question 1. Allez sur le logiciel MERCI en ligne (<https://methode-merci.fr/>) et listez quelles sont les données d'entrées parcellaires et techniques nécessaires pour utiliser l'outil ?

👉 *Liste des éléments à connaître sur la parcelle et les couverts végétaux*

Question 2. Allez sur le site de l'agro-calculatrice du K2 en ligne (https://wiki.aurea.eu/index.php/L%27Agro-calculatrice_K2) et listez quelles sont les données parcellaires et techniques nécessaires pour utiliser l'outil ?

👉 *Liste des éléments à connaître sur le sol et sur les conditions climatiques*

Réponse

Les paramètres à connaître :

Méthode MERCI	Agro-calculatrice K2
Système de culture dominant de l'exploitation	Teneur en argile
Nom de la parcelle	Teneur en calcaire
Commune	pH
Type de sol	Température moyenne
Composition du couvert végétal semé (les espèces)	-----
Date de semis ou de levée	Profondeur travaillée / de calcul
Proportion de surface semée en couvert sur la parcelle	Teneur en matière organique
Devenir du couvert (restitution intégrale ou exportation)	Densité apparente en t/m ³
Recommandé : précédent et culture suivante / conseil	Taux de cailloux

Outils disponibles :

- Logiciel en ligne MERCI : <https://methode-merci.fr/>
- Agro-calculatrice K2 : https://wiki.aurea.eu/index.php/L%27Agro-calculatrice_K2

Si le module 1 a été mis en œuvre, il est possible de s'appuyer sur les données récupérées sur le terrain lors des pesées MERCI pour réaliser les exercices. Il est aussi possible d'utiliser les données des deux exemples présentés ci-dessous.

3. Les entrées « couverts végétaux » du bilan humique partiel avec le logiciel MERCI

Il s'agit de repérer les valeurs permettant de connaître l'apport de carbone et matière organique stables au sol par le couvert végétal, dans les résultats du calcul MERCI.

Question 3. Interprétation des résultats issus du volet « Contribution au stockage de carbone » de la méthode MERCI : biomasse aérienne produite / matière organique stable produite ?

👉 *Interprétations / commentaires / conclusions (3 lignes)*

ATTENTION pour la question suivante, un compte actif MERCI est nécessaire pour récupérer la sortie excel => Saisir à l'avance avec un compte actif puis fournir le tableau excel associé aux étudiants.

Question 4. A l'aide du fichier Excel des résultats de sortie de l'outil MERCI, repérez quelles sont les espèces qui ont le plus participé à la fourniture de matière organique stable. Que pouvez-vous en dire ?

☞ *Liste des espèces ayant produit la plus forte biomasse - Analyse (4 à 6 lignes)*

4. Les données de sortie du bilan humique avec l'agro-calculatrice du K2

Question 5. Deux méthodes de calcul du coefficient k2 sont proposées dans l'outil en ligne. Pouvez-vous expliquer leur différence et leurs limites de validité ?

☞ *Analyses (3 lignes)*

L'enseignant pourra ensuite orienter le choix de la méthode de calcul à utiliser, en privilégier une ou faire travailler la classe en 2 groupes pour ensuite confronter les résultats.

Puis il s'agira d'utiliser l'outil en ligne pour estimer la minéralisation de la matière organique stable du sol à partir des données disponibles de caractérisation du sol.

L'enseignant pourra s'appuyer sur la lecture d'une analyse de terre pour récupérer les données nécessaires à l'utilisation de l'agro-calculatrice K2 ou utiliser les cas types proposés dans les exemples ci-dessous.

ATTENTION aux unités dans la saisie des données sol sur l'Agro-calculatrice (pour mille) et à la notion de profondeur travaillée (plutôt profondeur de calcul).

Question 6. A l'aide de l'agro-calculatrice K2 de WikiAurée, déterminez quelle est la perte moyenne en matière organique et en carbone pour le sol étudié.

☞ *Donner la valeur obtenue*

Activité : Confronter les résultats MERCI et minéralisation de la matière organique

☞ 1 heure

Proposition de questions à traiter :

Question 1. La matière organique apportée par le couvert permet-elle de compenser les pertes moyennes annuelles par minéralisation ? De combien ? (*Réalisation du bilan humique partiel*)

☞ *Réalisation du bilan humique partiel / commentaires (3 lignes)*

Question 2. Pour ce couvert, quelle serait la biomasse nécessaire pour compenser les pertes de matières organiques moyennes annuelles ? Est-ce réalisable ? Qu'en déduire ?

☞ *Interprétations / commentaires / conclusions (4 à 6 lignes)*

Question 3. Quelle est l'influence du statut acido-basique sur la minéralisation de la matière organique ? Pourquoi ? (*n'hésitez pas à refaire des calculs avec l'agro-calculatrice en modifiant les paramètres*)

☞ *Interprétations / commentaires / conclusions (3 lignes)*

Question 4. Quel sera l'impact du changement climatique sur l'équilibre de ce bilan humique ?

☞ *Argumentaire de 4 à 6 lignes pour débattre avec l'enseignant*

Il est aussi possible de s'interroger sur les limites de l'exercice :

- *Hétérogénéité du sol, de la composition et la biomasse des couverts végétaux dans la parcelle,*
- *Rappeler que l'on se situe dans une moyenne. Or il existe de grandes variabilités, ...*

Aller plus loin : Cet exercice sur le bilan humique peut également être une introduction à la découverte de l'outil Simeos-AMG : <https://simeos-amg.org/> ou à l'approche 4/1000 de stockage du carbone dans les sols.

Sur l'outil MERCI, possibilité de travailler en mode simulation en faisant varier des paramètres

- a) Soit sur la date de semis et la biomasse du couvert végétal
Les dates de semis (ou mieux de levée) et la durée de présence du couvert sont importantes, elles conditionnent en partie la biomasse et le C/N du couvert
- b) Soit sur le type de sol au niveau de l'Agro-calcullette K2 (pH ou MO des sols, température, etc...)

Outils disponibles :

- Logiciel en ligne MERCI : <https://methode-merci.fr/>
- Agro-calcullette K2 : https://wiki.aurea.eu/index.php/L%27Agro-calcullette_K2
- Fichiers des sorties MERCI (pdf + excel) pour les deux exercices sur le bilan humique
- Diaporama explicatif de la méthode MERCI
- FAQ MERCI

Exemple 1 : bilan simplifié en grandes cultures

Couvert : avoine rude (12 kg) + vesce commune de printemps (15 kg) + phacélie (3 kg)

Sol : limon battant sain profond

Argiles	Limons	Sables	MO	CaCO3	pH	da	Cailloux
15%	55%	30%	1,7%	0%	6,8	1,4	0%

Pratiques agricoles : Exploitation en grandes cultures

- Travail du sol : labour régulier à 25 cm de profondeur
- Précédent : blé (80 q /ha)
- Culture suivante : maïs grain (120 q /ha)

Lieu : Drôme – Bourg-lès-Valence

Résultats des pesées MERCI (g /m²)

Espèce	Placette 1	Placette 2	Placette 3
Avoine rude (Strigosa)	800	500	200
Vesce comm. printemps	500	700	100
Phacélie	300	500	100



RÉSULTATS

Date de calcul : 01/10/2024
Date de mesure : 20/03/2024
Nom de la parcelle : Test exercice
Localisation : BOURG LES VALENCE
Devenir du couvert : Restitué
Type de sol : Limon Battant sain
Réserve Utile du sol : RU > 200
Date de levée (semis) : 10/08/2023
Liste des espèces présentes dans le couvert :
Avoine fourragère (strigosa), Phacélie, Vesce commune
printemps



Agro-calculette K2

I CARACTÉRISTIQUE DU COUVERT

Matière sèche aérienne (t/ha)

3,2

Azote piégé total (kg/ha)

85

I RESTITUTIONS DU COUVERT AU SOL

(kg/ha, éléments disponibles pour la culture suivante)

Azote (N)

33

Informations sur la dynamique de minéralisation



Phosphore (P ₂ O ₅)	Potasse (K ₂ O)	Soufre (SO ₂)	Magnésium (MgO)
20	125	10	10

I VALORISATION DU COUVERT EN DÉROBÉE

Valeurs fourragères - Alimentation animaux

Méthanisation

UFL

MAT (g/kg) ou (kg/t)

Rendement en énergie (Nm³ de CH₄ / ha)

0,90

155

735

I CONTRIBUTION AU STOCKAGE DE CARBONE DANS LE SOL

Carbone stable (t/ha)

0,4

Evolution Matière Organique (t/ha)

0,7

Estimation du coefficient k2

Formule pour le calcul du k2 : *

Teneur en argile en g/kg :

150

Teneur en calcaire total en g/kg :

0

pH :

6,8

Température moyenne annuelle en °C :

13

Besoin d'aide ? Voir Aide n°1.

Estimation du coeff. K2 (%) :

1.55

Estimation des pertes annuelles en MO

Profondeur travaillée en cm :

25

Teneur en matière organique en g/kg :

17

Densité apparente en t/m³ :

1.4

Besoin d'aide ? Voir Aide n°2.

Taux de cailloux en % :

0

Estimation des pertes annuelles en MO
(kg/ha/an) :

922,25

Estimation du coefficient k2

Formule pour le calcul du k2 : *

Teneur en argile en g/kg :

150

Teneur en calcaire total en g/kg :

0

pH :

6,8

Température moyenne annuelle en °C :

13

Besoin d'aide ? Voir Aide n°1.

Estimation du coeff. K2 (%) :

2.74

Estimation des pertes annuelles en MO

Profondeur travaillée en cm :

25

Teneur en matière organique en g/kg :

17

Densité apparente en t/m³ :

1.4

Besoin d'aide ? Voir Aide n°2.

Taux de cailloux en % :

0

Estimation des pertes annuelles en MO
(kg/ha/an) :

1632

Matière organique stabilisée (durée de vie > 1 an) apportée par le couvert : **+700 kg /ha**

Le reste sera minéralisé rapidement par l'activité biologique du sol (3 100-700 = 2 400 kg /ha)

Matière organique stable minéralisée en moyenne dans l'année pour ce sol : 922 à 1632 kg /ha (coefficient K2)

$10\,000 \times 0,25 \times 1,4 = 3\,500 \text{ t/ha} / 3\,500 \times 0,017 \times 0,0155 = 922,25 \text{ kg/ha}$

Bilan humique simplifié : + 700 - 922 à 1632 = -222 à -932 kg /ha

=> **Le bilan est déficitaire** ; les apports par le couvert végétal ne compensent pas toutes les pertes annuelles par minéralisation du capital organique. D'autres entrées organiques doivent être utilisées.

Question . Pouvez-vous donner des exemples ? *Résidus de culture, fumiers, composts...*

Exemple 2 : bilan simplifié en vigne

Couvert : avoine rude (15 kg) + vesce commune de printemps (20 kg) + féverole de printemps (50 kg)

Sol : graviers, neutre et caillouteux

Argiles	Limons	Sables	MO	CaCO3	pH	da	Cailloux
15%	30%	55%	1,7%	0%	6,8	1,4	25%

Pratiques agricoles : Exploitation en viticulture

Vigne avec couvert végétal implanté sur tous les rangs sur 50% de la surface de la parcelle

Désherbage mécanique sur le rang

Lieu : Drôme – Bourg-lès-Valence

Résultats des pesées MERCI (g /m²)

Espèce	Placette 1	Placette 2	Placette 3
Avoine rude (Strigosa)	700	1000	200
Vesce comm. printemps	500	200	400
Féverole de printemps	800	400	1200



RÉSULTATS

Date de calcul : 01/10/2024
Date de mesure : 30/04/2024
Nom de la parcelle : Test exercice - vigne
Localisation : BOURG LES VALENCE
Devenir du couvert : Restitué
Type de sol : Sol de graviers
Réserve Utile du sol : 100 < RU < 150
Date de levée (semis) : 10/10/2023
Liste des espèces présentes dans le couvert :
Avoine fourragère (strigosa), Féverole printemps, Vesce commune printemps



Agro-calcullette K2

I CARACTÉRISTIQUE DU COUVERT

Matière sèche aérienne (t/ha)

2,0

Azote piégé total (kg/ha)

65

II RESTITUTIONS DU COUVERT AU SOL

(kg/ha, éléments disponibles pour la culture suivante)

Azote (N)

33

Informations sur la dynamique de minéralisation



Phosphore (P₂O₅)

10

Potasse (K₂O)

75

Soufre (SO₂)

5

Magnésium (MgO)

10

III VALORISATION DU COUVERT EN DÉROBÉE

Valeurs fourragères - Alimentation animaux

Méthanisation

UFL

0,92

MAT (g/kg) ou (kg/t)

195

Rendement en énergie (Nm³ de CH₄/ha)

455

IV CONTRIBUTION AU STOCKAGE DE CARBONE DANS LE SOL

Carbone stable (t/ha)

0,3

Evolution Matière Organique (t/ha)

0,5

Estimation du coefficient k2

Formule pour le calcul du k2 : *

Teneur en argile en g/kg :

150

Teneur en calcaire total en g/kg :

0

pH :

6,8

Température moyenne annuelle en °C :

13

Besoin d'aide ? Voir Aide n°1.

Estimation du coeff. K2 (%) :

1,55

Estimation des pertes annuelles en MO

Profondeur travaillée en cm :

25

Teneur en matière organique en g/kg :

17

Densité apparente en t/m3 :

1,4

Taux de calcaire en % :

25

Besoin d'aide ? Voir Aide n°2.

Estimation des pertes annuelles en MO

(kg/ha/an) :

691,69

Estimation du coefficient k2

Formule pour le calcul du k2 : *

Teneur en argile en g/kg :

150

Teneur en calcaire total en g/kg :

0

pH :

6,8

Température moyenne annuelle en °C :

13

Besoin d'aide ? Voir Aide n°1.

Estimation du coeff. K2 (%) :

2,74

Estimation des pertes annuelles en MO

Profondeur travaillée en cm :

25

Teneur en matière organique en g/kg :

17

Densité apparente en t/m3 :

1,4

Taux de calcaire en % :

25

Besoin d'aide ? Voir Aide n°2.

Estimation des pertes annuelles en MO

(kg/ha/an) :

1224

Matière organique stabilisée (durée de vie > 1 an) apportée par le couvert : **+500 kg /ha**

Le reste sera minéralisé rapidement par l'activité biologique du sol (

Matière organique stable minéralisée dans l'année : 692 à 1224 kg /ha (coefficient K2)

$10\,000 \times 0,25 \times 1,4 \times 0,75 = 2\,625 \text{ t/ha} / 2\,625 \times 0,017 \times 0,0155 = 691,69 \text{ kg/ha}$

Bilan humique simplifié : + 500 - 692 à 1224 = **-192 à -724 kg /ha**

=> **Le bilan est déficitaire** ; les apports par le couvert végétal ne compensent pas toutes les pertes annuelles par minéralisation du capital organique. D'autres entrées organiques doivent être utilisées. Pouvez-vous donner des exemples ?

Question . Pouvez-vous donner des exemples ? *Bois de taille, fumiers, composts...*

METHODE MERCI

- EXEMPLES DE CALCULS SUPPLEMENTAIRES -

A quelle période faut-il détruire ? Faut-il enfouir ou laisser en surface ?

Exemple 1. Destruction d'un couvert à 2 dates différentes

Couvert végétal :

- Phacélie (4 kg/ha) + féverole d'hiver (110 kg/ha)
- semis : 25/07/2020 => date de levée : 15/08/2020
- Lieu : Lusignan (86600)
- sol : Limon sain sur argile (*Terres Rouge à Châtaigniers*) – RU 125 mm
- résidus **restitués** et **enfouis**

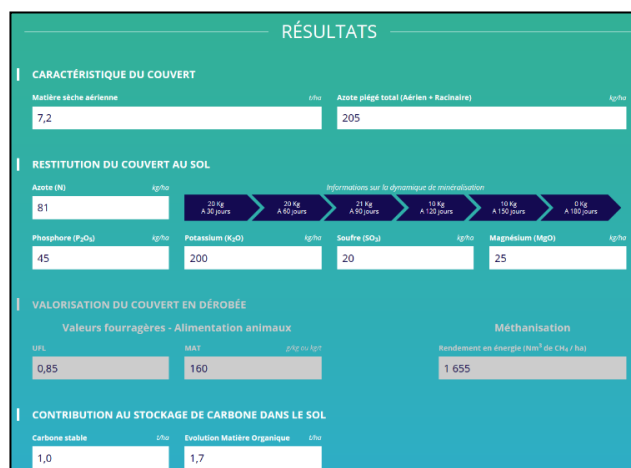
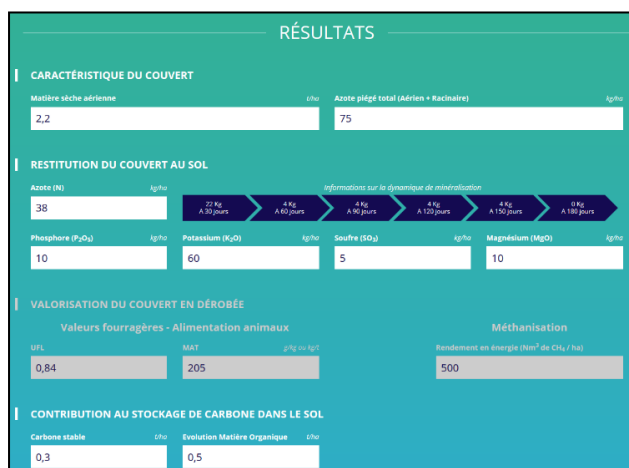
2 dates de destruction (date de réalisation des prélèvements)

15/01/2020

- Phacélie : 650 g/m²
- Féverole d'hiver : 800 g/m²

15/03/2020

- Phacélie : 1050 g/m²
- Féverole d'hiver : 3000 g/m²



MERCI 2020 – Exemple de résultats fournis par la plateforme MERCI

L'utilisation de la plateforme vous indique l'intérêt ou non à conserver un couvert végétal pour la dynamique de l'azote. Vous disposez de la quantité d'azote totale restituée par le couvert, ainsi que la dynamique de restitution par mois.

Exemple 2. Couvert avec C/N faible - Résidus « enfouis » ou laissés en surface

Couvert végétal :

- Phacélie (4 kg/ha) + féverole d'hiver (110 kg/ha)
- semis : 25/07/2020 => date de levée : 15/08/2020
- Lieu : Lusignan (86600)
- sol : Limon sain sur argile (*Terres Rouge à Châtaigniers*) – RU 125 mm

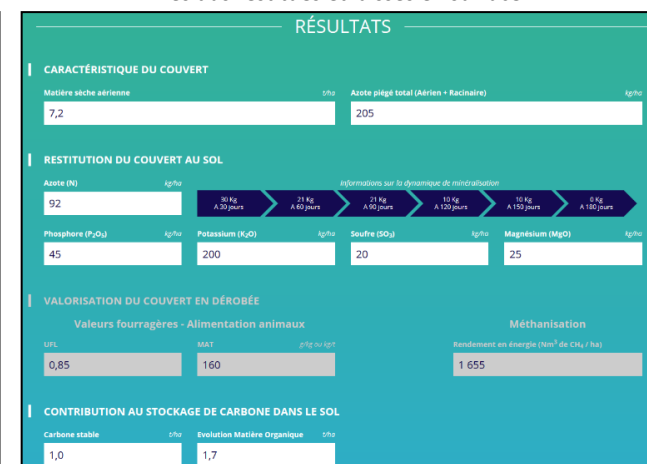
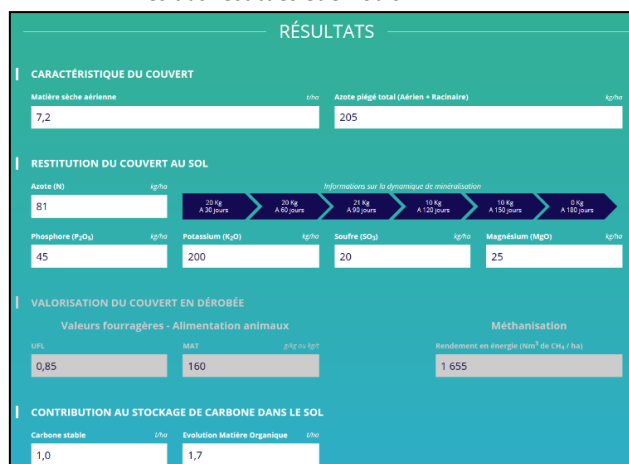
2 modalités de gestion des résidus à la destruction

15/03/2020

- Phacélie : 650 g/m²
- Féverole d'hiver : 800 g/m²
- résidus restitués et enfouis

15/03/2020

- Phacélie : 1050 g/m²
- Féverole d'hiver : 3000 g/m²
- résidus restitués et laissés en surface



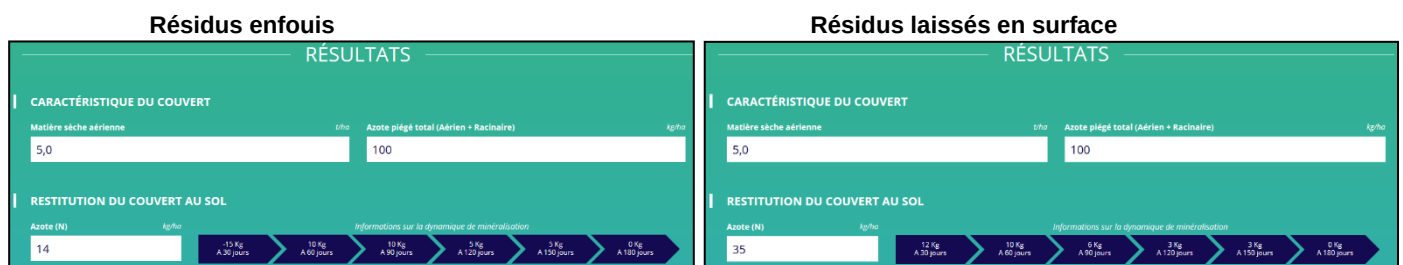
La possibilité d'enfouir ou laisser en surface les résidus permet de préciser les estimations de restitutions en azote par les couverts. Dans cet exemple, le maintien en surface des résidus permet une restitution supérieure d'environ 10 U par hectare pour un couvert avec un C/N moyen de 17 pour la biomasse aérienne et 29 pour la biomasse racinaire. Les autres paramètres sont inchangés par la gestion des résidus.

Exemple 3. Couvert avec C/N élevé - Résidus « enfouis » ou laissés en surface

Couvert végétal :

- Avoine commune d'hiver (80 kg/ha)
- semis : 20/08/2020 => date de levée : 01/09/2020
- Lieu : Lusignan (86600) - sol : Limon sain sur argile – RU 125 mm
- biomasse aérienne du couvert : 5 tonnes MS/ha
- C/N biomasse aérienne : 25 ; C/N biomasse racinaire : 34

1 date de destruction : 1^{er} avril - 2 modalités de gestion des résidus à la destruction



L'enfouissement des résidus entraînent une réorganisation plus importante de l'azote sur les 30 premiers jours (« *faim en azote* ») diminuant ainsi les restitutions en azote.

Exemple 4. Couvert avec C/N très élevé - Résidus « enfouis » ou laissés en surface

Couvert végétal :

- Avoine fourragère (*strigosa*) lignifiée (*détruite par l'hiver*)
- semis (40 kg/ha) : 20/08/2020 => date de levée : 01/09/2020
- Lieu : Lusignan (86600) - sol : Limon sain sur argile – RU 125 mm
- biomasse aérienne du couvert : 4.1 tonnes MS/ha
- C/N biomasse aérienne : 31 ; C/N biomasse racinaire : 39

1 date de destruction : 1^{er} avril - 2 modalités de gestion des résidus à la destruction



Exemple 5. Valorisation ou non d'un couvert par pâturage

Couvert végétal :

- Avoine Strigosa (25 kg/ha) + vesce commune printemps (25 kg/ha)
- semis : 05/08/2020 => date de levée : 12/08/2020
- Lieu : Lusignan (86600) - sol : Limon sain sur argile (RU : 125 mm)
- Mesures : Avoine Strigosa (1400 g/m²) + vesce commune printemps (1100 g/m²)
- biomasse aérienne du couvert : 4.4 tonnes MS/ha - résidus enfouis

2 modalités de « Devenir du couvert » au 1^{er} décembre (01/12/2020)

Couvert RESTITUE au sol

RÉSULTATS					
CARACTÉRISTIQUE DU COUVERT					
Matière sèche aérienne	t/ha	Azote piégé total (Aérien + Racinaire)			
4,4		110			
RESTITUTION DU COUVERT AU SOL					
Azote (N)	kg/ha	Informations sur la dynamique de minéralisation			
31		14 kg A 30 jours, 3 kg A 60 jours, 5 kg A 90 jours, 5 kg A 120 jours, 3 kg A 150 jours, 0 kg A 180 jours			
Phosphore (P ₂ O ₅)	kg/ha	Potassium (K ₂ O)	kg/ha	Soufre (SO ₂)	kg/ha
25		140		10	15
VALORISATION DU COUVERT EN DÉROBÉE					
Valeurs fourragères - Alimentation animaux			Méthanisation		
UFL	MAT	g/kg ou kg/t	Rendement en énergie (Nm ³ de CH ₄ / ha)		
0,94	140		1 010		
CONTRIBUTION AU STOCKAGE DE CARBONE DANS LE SOL					
Carbone stable	t/ha	Evolution Matière Organique		t/ha	
0,6		1,1			

Couvert EXPORTE

RÉSULTATS					
CARACTÉRISTIQUE DU COUVERT					
Matière sèche aérienne	t/ha	Azote piégé total (Aérien + Racinaire)			
4,4		110			
RESTITUTION DU COUVERT AU SOL					
Azote (N)	kg/ha	Informations sur la dynamique de minéralisation			
5		2 kg A 30 jours, 1 kg A 60 jours, 1 kg A 90 jours, 1 kg A 120 jours, 1 kg A 150 jours, 0 kg A 180 jours			
Phosphore (P ₂ O ₅)	kg/ha	Potassium (K ₂ O)	kg/ha	Soufre (SO ₂)	kg/ha
5		30		5	5
VALORISATION DU COUVERT EN DÉROBÉE					
Valeurs fourragères - Alimentation animaux			Méthanisation		
UFL	MAT	g/kg ou kg/t	Rendement en énergie (Nm ³ de CH ₄ / ha)		
0,94	140		1 010		
CONTRIBUTION AU STOCKAGE DE CARBONE DANS LE SOL					
Carbone stable	t/ha	Evolution Matière Organique		t/ha	
0,2		0,3			

La valorisation du couvert par pâturage ou méthanisation (exportation) entraîne une diminution nette des restitutions au sol.

Dans le cas d'une valorisation par pâturage (ovins, bovins), les déjections des animaux ne sont pas prises en compte par la méthode MERCI. Il est nécessaire d'estimer les apports des animaux en considérant une valeur de restitutions par animal, le nombre d'animaux présents à l'hectare et le nombre de jours de pâturage par hectare. La prise en compte est possible depuis les modifications réalisées en février 2025.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet financé par le FOND NATIONAL DE MODERNISATION, DE PERFORMANCE ET DE PEREQUATION.



Partenaires :



Rédaction du document :

- Marie-Pascale Couronne (CdA Drôme)
- Sébastien Minette (CRA Nouvelle Aquitaine)

Remerciements à pour leurs relectures et contributions :

- Emmanuelle Poirier (EPL Venours – Poitiers, 86)
- Estelle Jourdan (EPL du Valentin, 26)