



**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRES D'AGRICULTURE
NOUVELLE-AQUITAINE

MERCI

Méthode d'Estimation des Restitutions par les Cultures Intermédiaires

Evolutions réalisées en 2025

Méthodes de calculs & Formalismes

www.methode-merci.fr

Sébastien Minette
Chambre Régionale d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine
Service Régional Innovation Recherche & Développement

INRAE Les Verrines – 86600 Lusignan

Mel : sebastien.minette@na.chambagri.fr

Mai 2025

SOMMAIRE

LA VERSION 2025 DE LA METHODE MERCI : ACTUALISATION DES RÉFÉRENCES, NOUVELLES FONCTIONNALITES

- Principes de calcul
- Bases de données « Terrain » permettant le paramétrage de la méthode MERCI
- Références issues de la simulation STICS
- Bibliographie – Sitographie

SITE INTERNET DE LA MÉTHODE MERCI VERSION 2

- Evolution de la plateforme

PARTENAIRES TECHNIQUES DU PROJET



Merci à tous les contributeurs à la base de données de paramétrages de la méthode MERCI.

PARTENAIRES FINANCIERS DU PROJET

Ce projet a bénéficié de financements du FOND NATIONAL DE MODERNISATION, DE PERFORMANCE ET DE PEREQUATION (FNMPP).



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR



MERCI

La dénomination MERCI (*Méthode d'Estimation des Restitutions par les Cultures Intermédiaires*) est une marque verbale déposée auprès de l'INPI sous le numéro : 4680133.

La Chambre Régionale d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine, et les partenaires du projet MERCI, sont les propriétaires exclusifs de la base de données générée par l'utilisation de la plate-forme MERCI.

La Chambre Régionale d'Agriculture Nouvelle Aquitaine est le propriétaire exclusif de l'application développée et des codes informatiques.

LA VERSION 2025 DE LA METHODE MERCI - ACTUALISATION DES RÉFÉRENCES, NOUVELLES FONCTIONNALITES -

Cibles

La méthode MERCI, et la plateforme internet pour sa mise en œuvre, est principalement à destination des agriculteurs, conseillers agricoles. Ses fonctionnalités et son ergonomie ont donc été développées en ce sens.

Support de la méthode MERCI version 2025

La méthode MERCI est mise à disposition sous la forme d'une plateforme internet regroupant un module de calcul, une bibliothèque de ressources, une foire aux questions (FAQ) et la possibilité d'enregistrer et sauvegarder ces calculs (*fonctions de sauvegarde, d'exportation, impression*).

L'accès à la plateforme est **gratuit**. La création d'un compte utilisateur permet de bénéficier de toutes les fonctionnalités de la plateforme. Les fonctionnalités de sauvegarde, impression et d'exportation ne sont pas actives lors d'une utilisation sans connexion.

Ce développement vise à :

- 1- Favoriser la création d'une communauté d'utilisateurs de cette méthode
- 2- Faciliter la diffusion et la promotion de la méthode
- 3- Proposer de nouvelles fonctionnalités permettant une meilleure compréhension et appropriation rapide de la méthode : *bibliothèque, tutoriels pédagogiques, notices, exemples d'utilisation, foire aux questions, base de données exportable, ...*
- 4- Faciliter les mises à jour éventuelles
- 5- Anticiper les problèmes informatiques
- 6- Evaluer le nombre d'utilisateurs et d'utilisations de la méthode

La plateforme MERCI permettra de collecter et enregistrer l'ensemble des calculs dans une base de données qui pourra être valorisée, de façon anonyme, par la Chambre Régionale d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine dans le respect des règles informatiques relatives à la RGPD (*suppression possible des données par les utilisateurs ou sur demande, par mail, à la CRANA*).

Les possibles valorisations des données « utilisateurs » permettront d'élaborer des bilans et références techniques sur les couverts végétaux : *espèces utilisées, date de semis/destruction, biomasse produite dans différentes régions ou zones géographiques,*

Principes de la méthode – Combinaison innovante entre « données de terrain et simulations »

La méthode MERCI combine des références issues de données de terrain (% N, P, K, S, Mg, teneur en MS) et de simulations avec le modèle de culture STICS (*version 9*) développé par l'INRAE (*figure 1*).

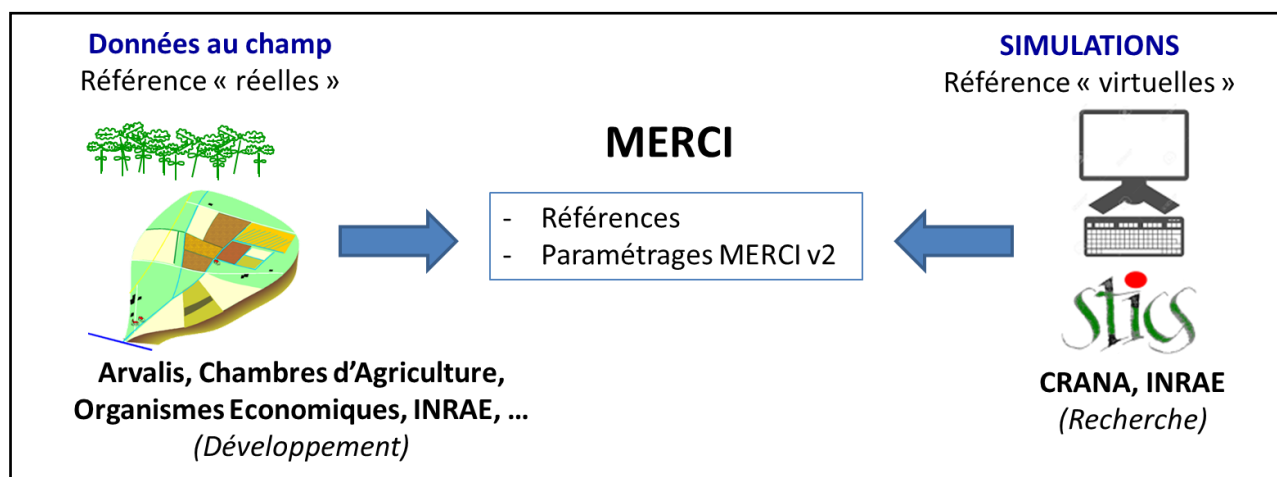


Figure 1. MERCI 2025 – Principe du couplage « simulations x données terrain » de la méthode MERCI

Cette nouvelle version permet d'intégrer les dernières avancées de la recherche scientifique (*nouveaux formalismes du modèle STICS, minéralisation des résidus laissés en surface*) et les données collectées dans des essais conduits au champ par les structures de développement et la recherche :

- Augmentation des références disponibles sur les cultures intermédiaires (*nouvelles espèces ; gamme élargie de contextes pédoclimatiques et de modes de conduite de l'interculture*)
- Amélioration de la précision sur les restitutions en azote sur toute la France métropolitaine
- Intégration du piégeage et de la restitution du soufre et magnésium par les couverts végétaux

- Estimation de la biomasse racinaire
- Teneurs moyennes N, P, K différenciées pour les parties aériennes et racinaires
- Impact d'une exportation d'une partie des parties aériennes sur les restitutions au sol et le stockage de carbone (possibilités de réaliser des calculs avec des résidus exportés ou enfouis)
- Impact d'un non enfouissement des résidus sur les restitutions à la culture suivante
- Estimations des valeurs fourragères ou méthanogènes

Ces évolutions permettent de prendre en compte les nouveaux modes de conduite et de valorisation des cultures intermédiaires qui se sont développés depuis la création de la méthode MERCI : destruction tardive (avril), exportations éventuelles sous forme de fourrages dérobés ou CIVES, cultures intermédiaires avec destruction précoces (interculture courte), ...

Calculs – Formalismes – Hypothèses

Le principe de la méthode MERCI est présenté par le schéma général de calcul ci-dessous (figure 2). A partir d'une mesure au champ de la biomasse verte aérienne (fraîche) de la culture intermédiaire, la méthode MERCI vise à estimer la matière sèche (biomasse) aérienne par hectare. Cette valeur permet ensuite de calculer l'ensemble des résultats fournis par la méthode.

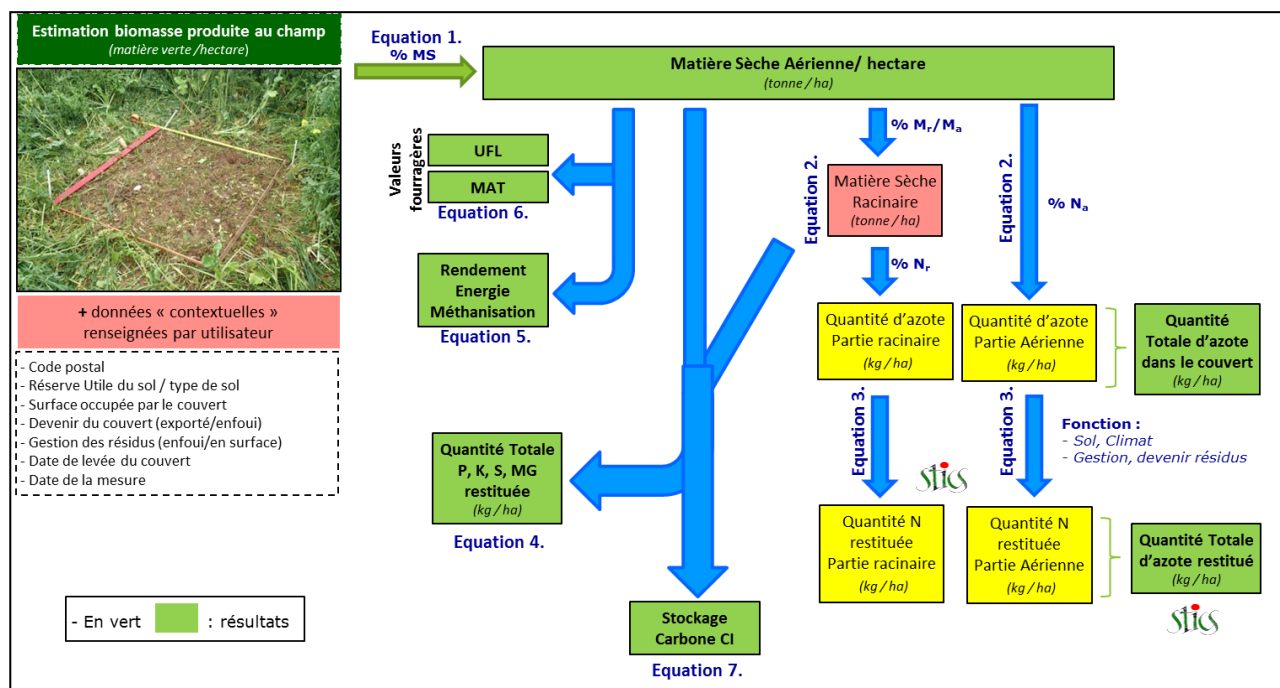


Figure 2. MERCI 2020 – Schéma général de calcul de la méthode MERCI

Les équations de la méthode MERCI

Pour des couverts restitués ou exportés intégralement

Les **équations** et les **hypothèses de calculs** sont identiques à la version développée en 2020. Les évolutions proviennent des valeurs des paramètres (% MS, %N, %P, ...) qui ont été précisés par la compilation de nouvelles références.

Equation 1. Calcul de la matière sèche aérienne produite pour 1 hectare

$$\text{« Matière Sèche aérienne » (MSa)} = (MVa \times \% MS) \times OCCUP / SURF / 100 \quad (\text{tonnes de Matière Sèche / hectare})$$

Paramètres

- **MVa** : Matière Verte aérienne saisie par utilisateur en g/m²

- **% MS** : pourcentage de Matière Sèche de l'espèce sélectionnée par utilisateur et dépendant de la durée de présence du couvert (date de mesure – date de levée) => références issues de la base de données « terrain »

- **OCCUP** : pourcentage de surface occupée par le couvert permettant de prendre en compte une implantation partielle du couvert dans la parcelle (fréquent en vigne), par contre la valeur OCCUP est quasi-systématiquement de 100 % en grandes cultures. Ce paramètre est « bloqué » à 100 % dans la version 2025 afin d'éviter les erreurs d'utilisation de ce paramètre.

- **SURF** : Surface de prélèvement saisie par utilisateur en m²

Remarque importante : calculs réalisés pour chacune des espèces composant le couvert. Les résultats présentés sont la somme des résultats par espèce.

Equation 2. Calcul de la quantité totale d'azote contenue dans le couvert (partie aérienne + racinaire)

« Quantité totale d'azote dans le couvert » (partie aérienne + racinaire) = $QN_{aérien} + QN_{racine}$ (kg d'azote/hectare)

Pour la partie aérienne (QNa)

« Quantité d'azote partie aérienne » $[QNa] = MSa \times \% N_{partie\ aérienne} \times 10$ (kg d'azote/ha)

Paramètres

- **MSa** : Matière Sèche aérienne calculée dans équation 1.

- **% N_{partie aérienne}** : teneur en azote de chaque espèce sélectionnée par utilisateur en fonction de la MS_{aérienne} totale du couvert (et non individuellement pour chaque espèce afin de prendre en compte des effets possibles de compétition pour azote disponible dans le sol)

Pour la partie racinaire (QNr)

« Matière Sèche racinaire (MSr) = MSa x coefficient racinaire (ratio MS_{racine} / MS_{aérienne})

« Quantité d'azote partie racinaire » $[QNr] = MSr \times \% N_{partie\ racinaire} \times 10$

Paramètres

- coefficient racinaire = pourcentage de la biomasse sèche aérienne (références issues de la base de données « terrain »)

- **% N_{partie racinaire}** : teneur en azote des racines de chaque espèce sélectionnée par utilisateur

Equation 3. Calcul de la quantité totale d'azote restituée à la culture suivante

Quantité totale restituée à la culture suivante (kg d'azote / hectare)

= Restitution Totale en azote = $RN_{totale} = RN_{aérienne} + RN_{racinaire}$

Pour la partie aérienne (R1)

« Quantité d'azote restituée à partir des parties aériennes » $[RN_a]$

= $QNa \times DEV \times \text{Valeur de minéralisation en fonction du C/N (\%)} \times \% \text{ non lixivie}$

Paramètres

- **QNa** : Quantité d'azote contenue dans les parties aériennes (kg/ha)

- **DEV** : « Devenir du couvert végétal » : si « exporté », alors DEV = 15 % ; si « restitué », alors DEV = 100 %

- **Valeur de minéralisation en fonction C/N** : coefficient de minéralisation des résidus établi, par simulation STICS (modèle INRAE), pour différentes valeurs de C/N du couvert (rapport Carbone/Azote). Le % de carbone est individualisé pour chacune des espèces pour les parties aériennes et racinaires (médiane de toutes espèces proche de 42 % pour les parties aériennes).

- **% non lixivie** (voir page 24) : quantité d'azote non lixiviée par rapport à la quantité totale reminéralisée suite à destruction du couvert selon le contexte pédoclimatique choisi par utilisateur en renseignant le code postal et le type de sol

Pour la partie racinaire (R2)

« Quantité d'azote restituée à partir des parties racinaires » $[RN_r]$

= $QNr \times DEV \times \text{Taux de minéralisation en fonction du C/N (\%)} \times \% \text{ non lixivie}$

Paramètres

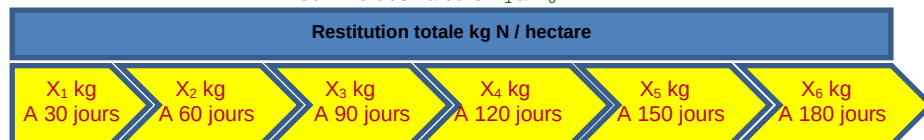
- **DEV** : « Devenir du couvert végétal » = 100 % car toute la biomasse racinaire est « restitué »,

- **Valeur de minéralisation en fonction C/N** : coefficient de minéralisation des résidus établi, par simulation, pour différentes valeurs de C/N (rapport Carbone/Azote du couvert)

Les valeurs seront exprimées en **quantité totale d'azote restituée**, mais aussi avec un aperçu de la dynamique de restitution après la destruction sur les 6 premiers mois (tous les 30 jours). La minéralisation des résidus du couvert est considérée « négligeable » après 6 mois.

Restitution totale en azote = $RN_{totale} = X$ kg d'azote / hectare

= somme des valeurs X_1 à X_6



Explication du paramètre « DEV » : la répartition « 85 % / 15 % » a été retenue pour qualifier les parties aérienne des couverts pouvant être exportées (*fauche, pâturage, ensilage*) et les parties restant sur la parcelle (*bas de tige, espèces peu montantes*). 100 % représente la biomasse totale du couvert végétal avec un prélèvement à « ras du sol » (*méthode de prélèvement prévue dans la mise en œuvre de la méthode MERCI*).

Equation 4.

Calcul de la quantité totale des autres éléments contenue dans le couvert (partie aérienne + racinaire)

- Phosphore (P), Potassium (K), Soufre (S), Magnésium (Mg) : les données continues dans la base de données MERCI sont issues d'analyses de laboratoire et exprimées, pour une espèce, en éléments P, K, S, Mg en gramme /kg.

- Afin de faciliter l'interprétation et l'utilisation des résultats de la méthode MERCI, les résultats seront exprimés sous la forme « oxyde » correspondant à un équivalent « engrais » : P_2O_5 , K_2O , SO_3 , MgO .

« Quantité totale d'un élément dans le couvert » (partie aérienne + racinaire)

$$Q_{\text{élément}} = \text{DEV} \times (\text{MSa}) \times \% \text{ de l'élément dans la plante } P_{\text{aérienne}} \times \% \text{ disponibilité de l'élément} \times 10 \times \text{Fc oxyde} \\ + \text{MSr} \times \% \text{ de l'élément dans la plante } P_{\text{racinaire}} \times \% \text{ disponibilité de l'élément} \times 10 \times \text{Fc oxyde} \text{ (kg /ha)}$$

Exemple du phosphore

« Quantité totale de phosphore dans le couvert » (partie aérienne + racinaire)

$$Q_{\text{phosphore}} = \text{DEV} \times (\text{MSa}) \times \% \text{ phosphore PA dans la plante} \times \% \text{ disponibilité du phosphore} \times 10 \times 2,29 \\ + \text{MSr} \times \% \text{ phosphore PR dans la plante} \times \% \text{ disponibilité du phosphore} \times 10 \times 2,29 \text{ (kg /ha)}$$

Paramètres

- **DEV** : « Devenir du couvert végétal » : si « exporté », alors DEV = 15 % ; si « restitué », alors DEV = 100 %

- % phosphore PA : teneur en phosphore dans les parties aériennes (P en %)

- % phosphore PR : teneur en phosphore dans les parties racinaires (P en %)

- % disponibilité de l'élément : pourcentage de l'élément disponible pour la culture suivante :

☐ 100 % : potassium, magnésium

☐ 70 % pour phosphore

☐ 50 % pour soufre (disponibilité proche de l'azote avec C/N faible)

- Facteur de conversion en oxyde :

☐ Phosphore (P en P_2O_5) 2.29

☐ Potassium (K en K_2O) 1.20

☐ Magnésium (Mg en MgO) 1.65

☐ Soufre (S en SO_3) 2.5

Disponibilité des éléments : P, K, S, Mg

La disponibilité pour la culture suivante des autres éléments contenus dans les résidus de cultures est peu documentée. Elle a été estimée par analogie aux références existantes pour les PRO (Produits Résiduels Organiques).

Le phosphore des PRO, à l'exception de ceux à base de farine d'os où le P est sous une forme très peu soluble (apatite), sera entièrement disponible pour alimenter le réservoir du sol. Par contre, cette disponibilité n'est pas immédiate pour la plante, car une partie du phosphore nécessite, pour être disponible, une minéralisation des molécules organiques dans lesquelles il est inclus. L'année de l'apport, le phosphore des PRO aura donc une équivalence avec le phosphore du super45 inférieure à 1 compris entre **0,60 et 0,95** selon les produits. Le complément alimentera le stock de phosphore disponible du sol.

Le potassium des produits organiques est entièrement sous forme soluble et donc totalement disponible pour la culture réceptrice du PRO au même titre que le chlorure de potassium. Nous avons choisi de fixer, pour la version 2 de MERCI, le % de disponibilité à 100 %.

Pour le soufre, en l'absence de références, il est communément admis que l'équivalence est la **même que pour l'azote** puisque le soufre est essentiellement sous forme organique et doit minéraliser comme l'azote pour être disponible.

☐ RMT Elevage et Environnement : Valorisation agronomique des effluents d'élevages de porcs, bovins, ovins, caprins, volailles et lapins (2019, v1.)

Equation 5.

Valeurs alimentaires des fourragères : UFL et MAT (Matière Azotée Totale)

☐ calcul réalisé uniquement sur la biomasse aérienne

Valeurs fourragères UFL = moyenne pondérée des valeurs médianes UFL renseignées dans la base de données

$$UFL : \sum (\text{MSa}_{\text{espèce1}} \times UFL_{\text{espèce1}} + \text{MSa}_{\text{espèce2}} \times UFL_{\text{espèce2}} + \dots) / \sum (\text{MSa}_{\text{espèce1}} + \text{MSa}_{\text{espèce2}} + \dots)$$

Paramètres

- **UFL** : « Unité Fourragère Lait » exprimée en UFL

Valeurs fourragères MAT (g/kg) = moyenne pondérée des différentes espèces composant la culture intermédiaire

$$MAT : [\sum (\text{MSa}_{\text{espèce1}} \times \%N_{\text{espèce1}} + \text{MSa}_{\text{espèce2}} \times \%N_{\text{espèce2}} + \dots)] \times 6.25 / \sum (\text{MSa}_{\text{espèce1}} + \text{MSa}_{\text{espèce2}} + \dots)$$

Paramètres

- **MAT** : « Matière Azotée Totale » exprimée en kg de matière azotée totale par tonne de matière sèche (= % N x 6.25)

- % N : le % N est variable pour les espèces permettant d'avoir une valeur de MAT différente selon le stade de la culture

☐ la valeur alimentaire se « dégrade » en fonction de l'accroissement de la biomasse aérienne

Equation 6.

Valeurs méthanogènes ☐ calcul réalisé uniquement sur la biomasse aérienne

Rendement en énergie = « Matière Sèche aérienne » (MSa) x Potentiel méthanogène x DEV
(en Nm³ de méthane / hectare)

Paramètres

- **Potentiel méthanogène** : exprimé en tonne de méthane produit (CH₄) par tonne de matière sèche. La valeur de **270 Nm³** de méthane / tonne est retenue pour toutes les espèces.

☐ définition : **Normo mètre cube** : Unité de mesure pour un gaz se trouvant dans les conditions normatives de températures (0°C) et de pression (1 atmosphère = 101 325 Pa = 1.01325 bar)

- **DEV** : destination du couvert : ici DEV = 0.85 (85 %) car couvert « exporté » = volume accessible pour le fourrage

Argumentaires

Les potentiels méthanogènes des couverts sont compris entre 210 et 300 Nm³ CH₄/t MS avec une différence non significative entre les espèces selon :

- *Emilie PISLOR – 2016* : ~245 Nm³ CH₄/t MS
- *CdA33 – mars 2020* : ~290 Nm³ CH₄/t MS (stage)
- *AgroTransfert R&T – webinaire mai 2020* : ~270 à 355 selon essais et stades des espèces
- *OptiCIVE – projet Casdar conduit par Arvalis (2016-2019)*

Equation 7.

Quantité de carbone « stable » stockée par la culture Intermédiaire

Stockage carbone stable (tonne de C / hectare) =
$$\text{DEV} \times \text{MS}_{\text{aérienne}} \times \% \text{ C dans partie aérienne} \times 0.28 + \text{MS}_{\text{racinaire}} \times \% \text{ C dans racine} \times 0.28$$

Paramètres

- **DEV** : « Devenir du couvert végétal » : si « exporté », alors DEV = **15 %** ; si « restitué », alors DEV = 100 %

- **% C dans partie aérienne** : pourcentage de carbone contenu dans la partie aérienne des végétaux.

- **% C dans partie racine** : pourcentage de carbone contenu dans la partie racinaire des végétaux.

- **0.28** : valeur permettant de calculer la fraction de carbone stable issue de la biomasse sèche totale du couvert. Coefficient fixé à **0.28** (Constantin J. et al., 2010)

Evolution de la Matière Organique (MO) du sol

☐ augmentation de la teneur en Matière Organique du sol (MO) provoquée par enfouissement du carbone stable issu de la culture intermédiaire

Evolution MO en tonne MO / hectare = **stockage de carbone** x **1,724** »

Paramètres

- **1.724** : paramètre permettant le passage de la quantité de matière organique dans les sols à partir de la quantité de carbone.

☐ Valeur utilisée lors de l'analyse de sol en laboratoire.

Pour information :

Un sol, de 30 cm de profondeur, avec 2.5 % de MO, sans cailloux et une densité apparente de 1.45, contient **~63 tonnes** de carbone stable par hectare et **109 tonnes de MO/ha**.

Le stockage supplémentaire par la culture intermédiaire sera, couramment, de l'ordre de **0.2 à 1.2 tonnes** par hectare et **0.35 à 2 tonnes de MO / ha**. Ces quantités, stockées par la culture intermédiaire, restent très modestes, mais non négligeables sur le long terme.

Pour augmenter la MO de 0.1 %, il faudrait enfouir ~4.35 tonnes de MO stable.

Remarques :

- hypothèse : perte par volatilisation ammoniacale du N des déjections est considérée comme négligeable
- modification de la frise dynamique : 'azote libéré rapidement' => 70 % le 1^{er} mois (1^{ère} case)
=> 30 % le 2^{ème} mois

Pour la partie racinaire (R2) => aucun changement pour le calcul

« Quantité d'azote restituée à partir des parties racinaires » (RN)
= QNr x Taux de minéralisation en fonction du C/N (%) x % non lixivié

Equation 9. CALCUL DES RESTITUTIONS EN PHOSPHORE ET POTASSE AVEC PATURAGE DU COUVERT VEGETAL

Exemple du phosphore (modalité de calcul identique pour la potasse)

« Quantité totale de phosphore dans le couvert »

Pour la partie aérienne non pâturée :

Q phosphore aérien restitué = (1 - % pâturé) x quantité de phosphore PA dans la plante x % disponibilité P x 10 x 2,29

□ % disponibilité P : identique à la version 2020

Pour la partie aérienne pâturée :

Q phosphore aérien restitué = % pâturé x quantité de phosphore PA dans la plante x coefficient de disponibilité x 10 x 2,29

- changement du coefficient de disponibilité du phosphore
- valeur dans la matrice principale liée à chaque espèce

Pour la partie racinaire => rien ne change

Q phosphore racine = Quantité de phosphore Partie Racinaire x % disponibilité du phosphore x 10 x 2,29 (kg /ha)

□ équation identique à la version 2020

Equation 10. CALCUL DES RESTITUTIONS EN CARBONE STABLE

Les restitutions en carbone sont plus faibles par rapport aux couverts « restitués » car une partie du carbone est perdue sous forme de CO₂ (respiration des animaux) et de CH₄.

Pour la partie aérienne non pâturée => proportion variable de la partie aérienne

Stockage carbone stable (tonne de C / hectare) = (1 - % pâturé) x MSAérienne x % C dans partie aérienne x 0.28

Pour la partie aérienne pâturée :

Stockage carbone stable (tonne de C / hectare) = % pâturé x MSAérienne x % C dans partie aérienne x 0.18

D'après les travaux les plus récents, pertes d'environ 65% du carbone contenu dans le couvert par dégagement de CO₂ en majorité et CH₄.

Par contre, humification très rapide des 35 % effluents restitués (~50-55 %)

=> Coefficient multiplicatif par rapport à la biomasse ingérée et quantité de carbone ingérée par animal : 0.35 x 0.5 = 0.175 %

=> valeur retenue dans MERCI = 0.18

Pour la partie racinaire => rien ne change

Stockage carbone stable (tonne de C / hectare) = MSracinaire x % C dans racine x 0.28

Exemple

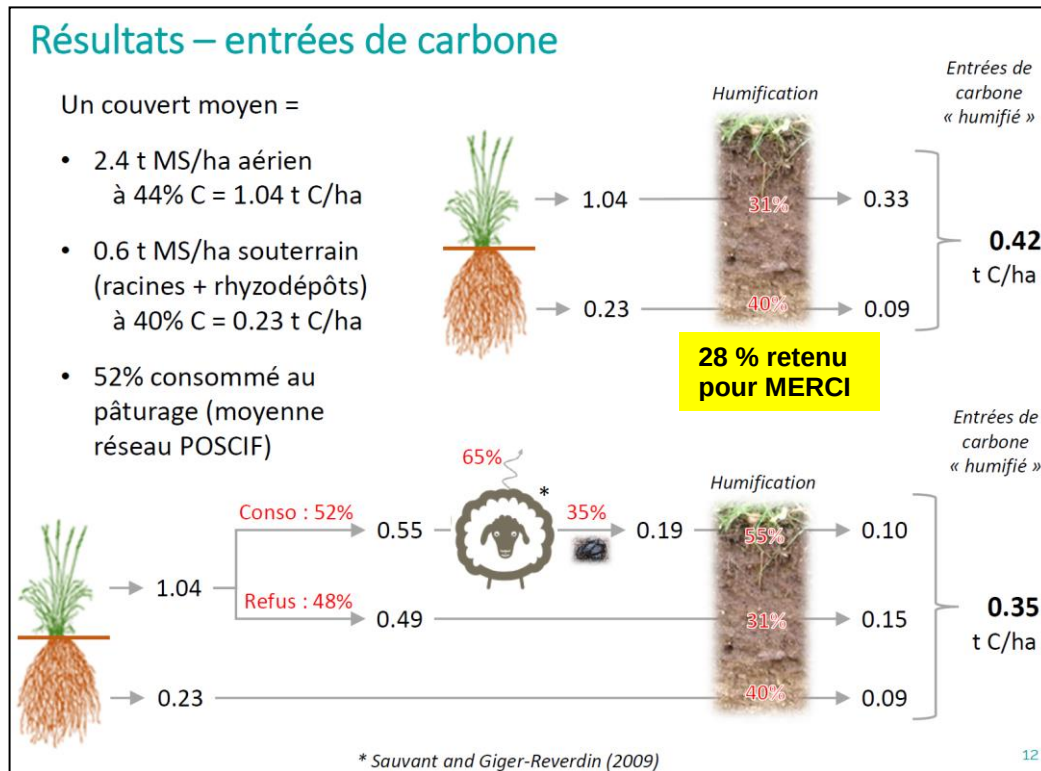


Figure 4. Exemple des formalismes utilisés pour les calculs de la méthode MERCI

Sources bibliographiques mobilisées pour le paramétrage du pâturage

- <http://cultivons-les-couverts.agro-transfert-rt.org/effet-paturage/>
- Sagot L., 2021 -Le pâturage des couverts d'interculture : une formule gagnante, POSCIF, décembre 2021, 6p.
- Vasseur B., 2021. -Effets du pâturage ovin de couverts végétaux et de cultures d'hiver sur les cycles du Carbone et de l'azote. Sciences de l'ingénieur.
- Sauviant D., Giger-Reverdin S., 2009. -Modélisation des interactions digestives et de la production de méthane chez les ruminants. INRA Productions Animales, 22 (5), pp.375-384. (hal-01173494)

Constitution de la base de données

En 2025, un travail de compilation et d'expertise des références disponibles sur les couverts végétaux a été réalisé et a permis de compléter la base de données constituée en 2020. Les **équations** et les **hypothèses de calculs** sont identiques à la version développée en 2020.

Ce travail a permis de compiler, dans une nouvelle base de données, environ **6800 essais** mis en place de **1982 à 2025** rassemblant **18845 références** sur les couverts végétaux. Une référence correspond à la mesure d'une variable de biomasse pour une espèce donnée et aux valeurs des variables collectées. Les données sont stockées dans un fichier Excel.

Les références sont issues des organismes agricoles français (*GEVES, Chambres d'Agriculture, Instituts Techniques Agricoles, INRAE, coopératives agricoles, ...*) et de partenaires européens (*Belgique, Suisse*) et ont été mises à disposition gracieusement à la Chambre Régionale d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine.

Nombres de références pour les principales espèces présentes dans la méthode MERCI (figure 3)

Famille	Espèces	Nbre de références	Famille	Espèces	Nbre de références
Poacée (graminée)	Avoine blanche	51	.	Adventice	1854
	Avoine commune	302	Hydrophyllacée	Phacélie	752
	Avoine strigosa	855	Polygonacée	Sarrasin	104
	Blé tendre hiver	31	Astéracée (Composée)	Carthame	26
	Maïs	107		Niger	71
	Millet	15		Tournesol	138
	Moha	181	Lamiacée	CHIA	11
	orge	215	Linéacée	Lin	33
	Ray grass (RGI, RGH, RGA)	535		cameline	38
	Seigle fourrager	1288		Colza fourrager	186
	seigle forestier	110		colza hiver	146
	Sorgho	394		Moutarde Abyssinie	179
	Triticale	500		Moutarde blanche	1688
			Brassicacée (Crucifère)	Moutarde blanche	3
Légumineuse (Fabacée)	Fenugrec	30		Moutarde brune	189
	Féverole	968		Navet	23
	Gesse	44		Navette	310
	Lentille	154		Radis asiatique	129
	Lupin bleu	31		Radis fourrager	919
	Luzerne	42		rave	16
	minette	28		Roquette	31
	Pois fourrager	280			
	Pois Protéagineux	67			
	Trèfle Alexandrie	352			
	Trèfle blanc	28			
	Trèfle incarnat	324			
	Trèfle violet	44			
	Vesce commune	921			
	Vesce de Narbonne	48			
	Vesce pourpre	399			
	Vesce velue	307			

Figure 5. MERCI 2025 – Nombre de références pour les principales espèces contenues dans la base de données MERCI

Base de données pour l'établissement des références pour la méthode MERCI 2025

Malgré le nombre important de données collectées, les mesures et observations réalisées sur les différents essais sont très variables et hétérogènes (figures 4 et 5).

Partie aérienne	% N	% P	% K	% Mg	% S	% C	% MS
	12120	1824	1570	672	1654	5316	12185

Figure 4. MERCI 2025 – Inventaire du nombre de valeurs par variable pour les parties aériennes

Partie racinaire	% N	% P	% K	% Mg	% S	% C	% MS
	7487	1259	1017	435	1611	2730	4940

Figure 6. MERCI 2025 – Inventaire du nombre de valeurs par variable pour les parties racinaires

Teneur en matière sèche de la partie aérienne (% MS)

Pour essayer d'améliorer la précision des valeurs de % MS, en particulier pour les destructions tardives à très tardives, les données ont été réparties en **6 classes** : < 60 jours ; 60 à 90. Jours, 90 à 120 jours ; 120 à 180 jours ; 180 à 240 jours ; > 240 jours (figure 6).

Classe de durée	% MS Partie aérienne Nombre de valeurs
1 : < 60 jours	573 valeurs
2 : 60 - 90 jours	3579
3 : 90 - 120 jours	2409
4 : 120 - 180 jours	2376
5 : 180 - 240 jours	2403
6 : > 240 jours	287

Figure 7. MERCI 2025 – Nombre de valeurs par classe de durée (jours)

Teneur en azote des parties aériennes (% N)

La teneur en azote des parties aériennes n'étant pas renseignée par l'utilisateur de la méthode, MERCI utilise des références de teneur en azote pour calculer la quantité d'azote absorbée par les parties aériennes. Pour prendre en compte le phénomène de dilution de l'azote dans la biomasse, ces références sont établies dans MERCI en fonction de l'espèce et pour plusieurs classes de biomasse.

Les données ont été réparties en **7 classes** afin d'obtenir une estimation satisfaisante des quantités d'azote accumulées dans les parties aériennes (figure 7).

Classe de durée	% d'azote Partie aérienne Nombre de valeurs
1 : < 1 tonne de MS/ha	4314
2 : 1 à 2 tonnes MS/ha	3249
3 : 2 à 3	1927
4 : 3 à 4	1020
5 : 4 à 5	432
6 : 5 à 6	207
7 : > 6 tonnes de MS/ha	302

Figure 8. MERCI 2025 – Nombre de valeurs par classe de biomasse (jours)

La dilution de la teneur en azote en fonction de la biomasse est bien observée dans les références établies pour la méthode MERCI (figure 8).

Teneur en azote des parties aériennes (% N) en fonction de la biomasse aérienne (T MS/ha)							
	< 1 tonnes	1 à 2 tonnes	2 à 3 tonnes	3 à 4 tonnes	4 à 5 tonnes	5 à 6 tonnes	> 6 tonnes
Moutarde blanche	3.2 (221)	2.8 (394)	2.6 (259)	2.4 (178)	2.2 (53)	2.2 (18)	2.1 (15)
Avoine strigosa	2.6 (151)	2.3 (190)	2.2 (165)	1.7 (87)	1.6 (30)	1.5 (12)	1.4 (9)
Phacélie	3.5 (132)	3 (124)	2.8 (104)	2.2 (53)	2.2 (26)	1.9 (11)	1.9 (10)
Féverole	4 (133)	3.8 (120)	3.6 (82)	3.6 (38)	3.2 (15)	3 (8)	2.8 (15)

Figure 9. MERCI 2025 – Teneur médiane en azote (%N) de différentes espèces

en fonction de la biomasse aérienne produite (t MS/ha)

(Entre parenthèse) : nombre de références disponibles dans la base de données pour les espèces présentées

Impact de l'association des espèces sur le % MS et les teneurs en azote de la partie aérienne

En mélange, les teneurs en azote des principales espèces semblent inférieures (figure 9) selon les données compilées, confirmant le maintien des hypothèses définies dans la version 2020 de la méthode MERCI.

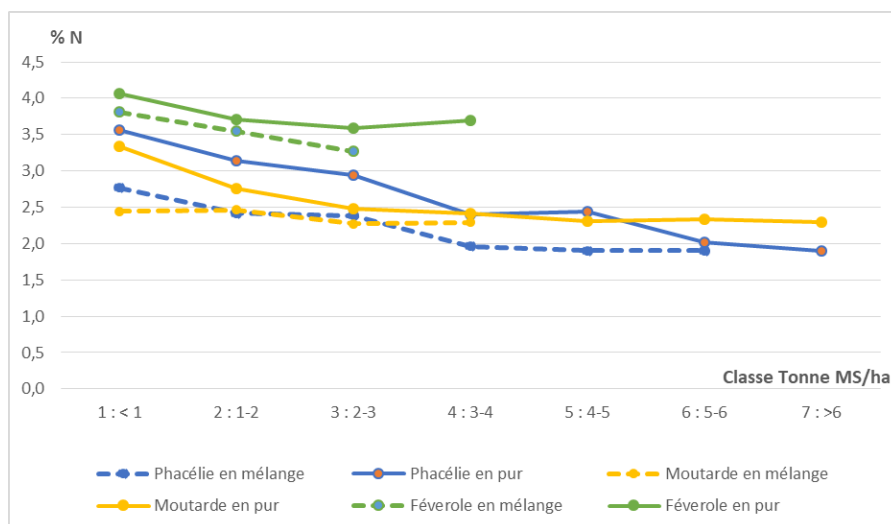


Figure 10. MERCI 2025 – Illustrations sur 3 espèces de l'impact de l'association ou non sur les teneurs en azote des parties aériennes

Conclusions sur l'évolution des modalités de calculs

Les modalités de calculs restent inchangées par rapport à la version 2020, sauf dans le cas du pâturage du couvert végétal où de nouvelles équations de calculs ont été établies.

Cette nouvelle version a permis de compiler de nouvelles données et d'améliorer le paramétrage des calculs en augmentant le nombre de données et de classes pour le pourcentage de matière sèche (%MS) et la teneur en azote des parties aériennes (%N).

De nouvelles espèces ont été paramétrées : vesce de Narbonne, chia, carthame,

Accessibilité

La méthode MERCI est disponible gratuitement sur la plateforme internet :

www.methode-MERCI.fr

Lors de la 1^{ère} utilisation, l'utilisateur valide les conditions générales d'utilisations de la plateforme MERCI. Les mentions légales sont disponibles sur la plateforme : <https://methode-merci.fr/mentions-legales>.

Différents statuts utilisateurs

Deux statuts sont proposés aux utilisateurs de la plateforme internet de la méthode MERCI. L'accès aux 2 statuts est gratuit.

STATUT 1. Accès « libre » : Utilisation de l'application sans aucune inscription et connexion

- Utilisation libre de l'application : utilisation des fonctions de calculs, mais blocage des fonctions d'impression, d'enregistrement des résultats
- Accès limité à certaines fonctionnalités de consultations des documents de la bibliothèque (tutoriels)
- Pas de création d'espace personnel permettant de stocker les calculs réalisés, de télécharger l'ensemble des calculs et résultats sous format excel pour une valorisation complémentaire.

STATUT 2. « Utilisateur authentifié » (suite à inscription)

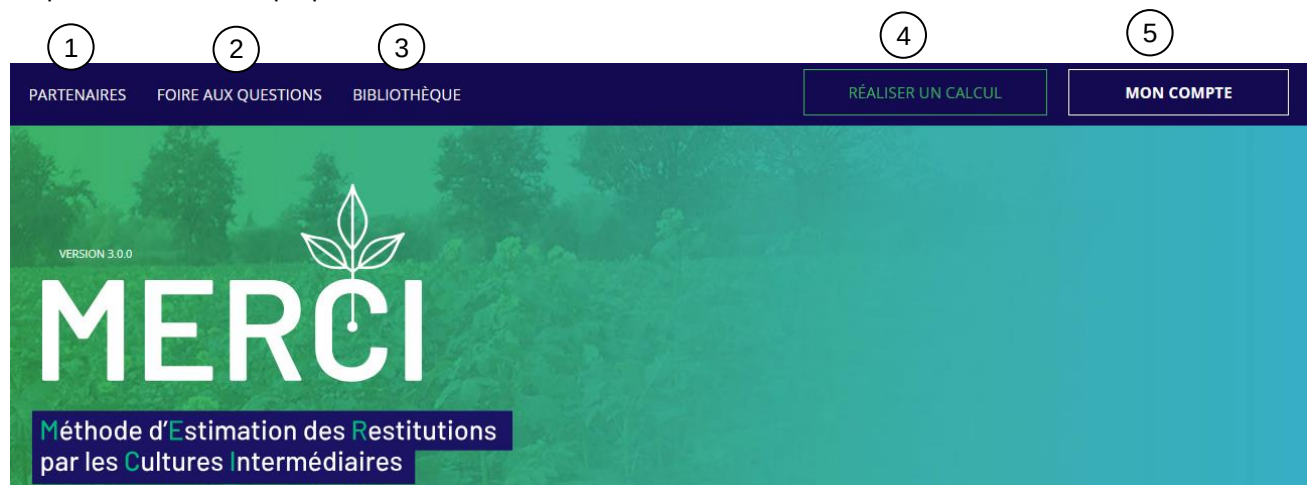
- Inscription gratuite
- Accès à toutes les fonctionnalités de l'application : sauvegarde, impression (.pdf) pour valorisation et restitution immédiate à un agriculteur
- Accès intégral à la bibliothèque
- Possibilité d'enregistrer les calculs dans un espace personnel et privé « utilisateur », consultable ultérieurement et exportable, à tout moment, sous format « excel » ou pdf
- Accès à des données exclusives, comme le détail des calculs, disponibles dans l'espace « utilisateur connecté »

MENU	Fonctionnalités disponibles	Accès libre	Utilisateur authentifié
Foire Aux Questions (FAQ)	Visualisation	X	X
Partenaires	Visualisation des partenaires du projet	X	X
Bibliothèque	Tutoriels pédagogiques	X	X
	Notices explicatives de la méthode		X
	Rapports, articles scientifiques	partiel	X
	Communications - Vidéos	partiel	X
Réalisation d'un calcul	Utilisation du module de calcul	X	X
	Imprimer le calcul		X
	Enregistrer le calcul		X
« Mon compte » (menu activité suite à authentification)	Modifier le mot de passe		X
	Accès à « Mes calculs » - consultation des calculs réalisés - modification des calculs - fonction d'exportation « .xls » - accès aux calculs intermédiaires		X

Figure 11. Fonctionnalités disponibles selon le statut de l'utilisateur

Menus principaux

La plateforme MERCI propose 5 menus.



1. Partenaires

Ce menu regroupe les logos des différents partenaires techniques et financiers du projet MERCI ainsi que l'ensemble des contributeurs à la base de données de paramétrage de la méthode MERCI.

2. Foire aux questions (FAQ)

La FAQ reprend les questions posées couramment par les utilisateurs. Elle est organisée en 5 thématiques :

- Méthode MERCI – Informations générales
- Modalités de prélèvements au champ
- Réaliser un calcul sur la plateforme MERCI
- Interprétations des résultats
- Références sur les couverts végétaux



Figure 12. Plateforme MERCI – Menu « Foire aux Questions » - Organisation

Il est possible aux utilisateurs identifiés de poser de nouvelles questions aux concepteurs de la méthode dans la rubrique « contacts ».

3. Bibliothèque

La bibliothèque regroupe des documents et tutoriels vidéos utiles à la compréhension et l'utilisation de la méthode MERCI. Elle comporte également des documents sur les intérêts des couverts végétaux, les modalités de destruction visant à favoriser le développement de cette pratique.

Elle est organisée en 7 thématiques :

- Tutoriels et documents pédagogiques
- Notices explicatives de la méthode
- Rapports, articles scientifiques sur la méthode MERCI
- Communications - vidéos
- Communications – Articles dans la presse agricole
- Synthèses des calculs réalisés sur la plateforme MERCI
- Pour aller plus loin sur les couverts végétaux

4. Réaliser un calcul

Le menu « Réaliser un calcul » est la page principale de la plate-forme MERCI et permet de renseigner les différents paramètres permettant de réaliser un calcul.

Les paramètres sont faciles à renseigner (*liste déroulante, cases à cocher*) rendant l'utilisation de la plateforme simple et rapide. Des info-bulles ont été ajoutées et fournissent une définition rapide du paramètre.

Info-bulles

MERCI RÉALISER UN CALCUL RÉINITIALISER

Type de calcul i
☒ Données réelles ☐ Simulation

Méthode choisie i
☒ Biomasse Verte ☐ Biomasse Sèche

Nom de la parcelle

Pays i **Commune / Code Postal**
France

Contexte i
☒ Grandes Cultures / Elevage
☐ Culture pérenne (viticulture / arboriculture)
☐ Maraîchage / PPAM

Surface occupée par le couvert i
100 %

Type de sol i (Veuillez indiquer votre pays / commune)

Réserve Utile du sol (RU en mm) i
☒ RU < 100 ☐ 100 < RU < 150 ☐ 150 < RU < 200 ☐ RU > 200

Devenir du couvert i
☒ Restitué ☐ Exporté ☐ Pâturé

Gestion des résidus i
☒ Enfouis ☐ Laissés en surface

Date de levée (ou semis) i **Date de la mesure** i
jj/mm/aaaa jj/mm/aaaa

Espèce 1

N° de prélèvement

1	2	3
g	g	g
m²	m²	m²

Forcer le calcul avec l'état végétatif: i
☒ Calcul Automatique ☐ Floraison/Épialson ☐ Sénescence

AJOUTER UNE ESPÈCE + SUPPRIMER CETTE ESPÈCE CALCULER

Figure 13. Plateforme MERCI – Visuel du menu « Réaliser un calcul »

Les paramètres d'entrées, nécessaires à la réalisation d'un calcul, sont décrits à travers les info-bulles disponibles sur la plateforme : i.

Les paramètres avec un statut « informatif » sont à renseigner à titre indicatif pour le référencement du calcul. Les paramètres avec un statut « indispensable » sont nécessaires et interviennent dans le calcul.

Après avoir renseigné les paramètres nécessaires au calcul, ce dernier est généré directement ou en appuyant sur le bouton « calculer ».

Liste des paramètres à saisir

The screenshot shows the 'MERCI RÉALISER UN CALCUL' interface. It includes a 'RÉINITIALISER' button at the top right. The form is divided into several sections with numbered annotations:

- 1**: Type de calcul (Données réelles / Simulation)
- 2**: Méthode choisie (Biomasse Verte / Biomasse Sèche)
- 3**: Nom de la parcelle
- 4**: Pays (France)
- 5**: Commune / Code Postal
- 6**: Contexte (Grandes Cultures / Elevage, Culture pérenne, Maraîchage / PPAM)
- 7**: Surface occupée par le couvert (100 %)
- 8**: Type de sol (dropdown menu)
- 9**: Réserve Utile du sol (RU en mm) (RU < 100, 100 < RU < 150, 150 < RU < 200, RU > 200)
- 10**: Devenir du couvert (Restitué, Exporté, Pâturé)
- 11**: Gestion des résidus (Enfouis, Laissés en surface)
- 12**: Date de levée (ou semis) and Date de la mesure (jj/mm/aaaa)
- 13**: Espèce 1 (dropdown menu)
- 14**: N° de prélèvement 1 (1 g)
- 15**: Surface de prélèvement (m²) (1 m²)
- 16**: Forcer le calcul avec l'état végétatif (Calcul Automatique, Floraison/Épiaison, Sénescence)
- 17**: AJOUTER UNE ESPÈCE + button
- 18**: Supprimer cette espèce button
- 19**: CALCULER button

Figure 14. Paramètres à renseigner pour réaliser un calcul

N°	Descriptif du paramètre	Type	Statut	Valeur par défaut
1	Données réelles // Simulations	Case à cocher	Informatif	Données réelles
2	Option de calcul : - Biomasse Verte = à partir de biomasse verte - Biomasse Sèche = à partir de biomasse sèche (« sortie étuve »)	Case à cocher	Indispensable	Biomasse Verte
3	Identifiant de la parcelle, essai,	Texte	Informatif	./
4	Identifiant du pays (France indiquée par défaut)	Liste déroulante	Indispensable	France
5	Identifiant de la commune (nom ou code postal)	Texte ou code postal	Indispensable	./
6	Contexte	Case à cocher	Informatif	Grandes Cultures / Elevage
7	Surface du couvert (culture intermédiaire) en % de la surface de la parcelle	Nombre (%)	Indispensable	100 % pour les Grandes Cultures / Elevage
8	Choix du type de sol => liste incrémentée suite à la saisie de la commune (liste des sols régionaux fournie par Arvalis – Institut du végétal)	Liste déroulante	Indispensable	/
9	Indication sur la RU du sol choisi au n°8 (incrémentation automatique) => modifiable par utilisateur	Case à cocher	Indispensable	Incrémentation selon choix n°8
10	Devenir du couvert : 3 choix - restitué (engrais vert) - exporté (CIVE, pâturage)	Case à cocher	Indispensable	Restitué

	- pâturé			
11	Gestion des résidus : 2 choix - Enfouis - Laissés en surface	Case à cocher	Indispensable	Enfouis
12	Indication des dates : - de levée (semis) du couvert - de réalisation de la mesure (destruction)	Dates	Indispensable	./
13	Choix d'une espèce	Liste déroulante	Indispensable	./
14	Données sur les mesures au champ : poids (gramme) ☞ possibilités de réaliser 3 mesures / répétitions	nombre	Indispensable	./
15	Surface de prélèvement (m²)	nombre	Indispensable	./
16	Forcer le calcul avec l'état végétatif	Case à cocher	Indispensable	Calcul Automatique
17	Ajout d'une zone de saisie pour 1 espèce supplémentaire	./	Si besoin	./
18	Supprimer une espèce	./	Si besoin	./
19	Calculer	Clic	Indispensable	./

Figure 15. Liste des paramètres à renseigner pour réaliser un calcul

En bas de la page de visualisation des résultats, vous pouvez, si vous avez créé un compte, enregistrer le calcul dans votre espace personnel ou imprimer un document au format « .pdf ».

CONTRIBUTION AU STOCKAGE DE CARBONE DANS LE SOL

Carbone stable t/ha

Evolution Matière Organique t/ha

IMPRIMER

ENREGISTRER

Figure 16. Possibilités d'impression et sauvegarde des calculs réalisés

5. « Mon compte »

Ce menu, activé suite à la création d'un compte (*utilisateur authentifié*) regroupe les rubriques relatives à la gestion de votre compte :

☞ Mon compte : informations relatives à l'utilisateur,

☞ Mon mot de passe : changement, réinitialisation

☞ Mes calculs : accès à la base de données regroupant l'ensemble des calculs réalisés par l'utilisateur (base de données personnelle),

☞ Déconnexion : se déconnecter du site

MON COMPTE

Mon compte

Mon mot de passe

Mes calculs

Déconnexion

Votre espace personnel est disponible en cliquant sur le menu « Mon compte » et « Mes calculs ».

Les calculs enregistrés sont :

- ☞ consultables
- ☞ rechargeables pour une saisie plus rapide
- ☞ renommables
- ☞ supprimables

Fonctionnalités disponibles

Date du calcul	Nom de la parcelle	Date du semis	Date de la mesure	ACTIONS
17/01/2025	Taizé3	12/09/2024	16/01/2025	ACTIONS ▾ Modifier le nom Dupliquer le calcul
16/01/2025	taizé	12/09/2024	16/01/2025	
16/01/2025	cersay	29/07/2024	16/01/2025	Export Excel Export PDF
12/03/2024	champ d'en face3	25/09/2023	12/03/2024	Supprimer

Figure 17. Visuel de l'espace personnel et des fonctionnalités disponibles

Conclusions sur les évolutions de la plateforme internet MERCI

- meilleure compréhension des paramètres d'entrées demandés (bulles d'informations)
- modalité supplémentaire de « Devenir du couvert » => « Pâturé »
- possibilité pour l'utilisateur de « forcer » le % MS selon le stade de l'espèce
- amélioration de l'ergonomie pour l'utilisation sur tablette ou smartphone