

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT  
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE des SCIENCES AGRONOMIQUES de BORDEAUX  
AQUITAINE

1, cours du Général de Gaulle - CS 40201 – 33175 GRADIGNAN cedex

M E M O I R E de fin d'études  
pour l'obtention du titre  
MASTER 2 Gestion Intégrée des Agrosystèmes et de la Forêt  
Université de Bordeaux

Amélioration et évolution d'une méthode de  
valorisation des cultures intermédiaires

Improvement and development of a cover crop  
benefit's method

*SACHOT, Myriam*

Spécialisation : Agroécologie et gestion des ressources (AGROGER)

Étude réalisée à : Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine, Site INRA des  
Verrines, 86 600 Lusignan

- 2019 -



**ARVALIS**  
Institut du végétal



**INRA**  
SCIENCE & IMPACT



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

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE des SCIENCES AGRONOMIQUES de BORDEAUX AQUITAINE

1, cours du Général de Gaulle - CS 40201 – 33175 GRADIGNAN cedex

M E M O I R E de fin d'études

pour l'obtention du titre

MASTER 2 Gestion Intégrée des Agrosystèmes et de la Forêt

Université de Bordeaux

# **Amélioration et évolution d'une méthode de valorisation des cultures intermédiaires**

*Expertise des utilisateurs et utilisations de la  
méthode*



***SACHOT, Myriam***

Spécialisation : Agroécologie et gestion des ressources (AGROGER)

Étude réalisée à : Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine, Site INRA des  
Verrines, 86 600 Lusignan

Professeur référent : Lionel JORDAN-MEILLE

Maître de stage : Sébastien MINETTE

- 2019 -

## Préface

---

Le réseau des Chambres a été créé en 1924, avec pour principale mission, représenter l'intérêt des agriculteurs face aux pouvoirs publics. Au début des années 60, l'entrée en vigueur de la loi d'orientation agricole et l'application de la politique agricole commune formalisent les services de développement et de conseil agricole dans le réseau des Chambres d'Agriculture. La loi d'avenir en 2014 inscrit les missions et rôles des Chambre d'Agriculture (départementales, régionales, nationales) dans le code rural et de la pêche maritime. L'article L512-1/2 définit leurs rôles comme un organisme « consultatif, représentatif et professionnel des intérêts agricoles ». Plus récemment, la loi promulguée en août 2018 pour un « Etat au service d'une société de confiance », leurs attribue de nouvelles missions, dont la création d'outils et de prestations couvrant les enjeux économiques, techniques et réglementaires des productions agricoles.

En région Poitou-Charentes, une collaboration entre l'institut national de recherche agronomique (INRA) et la Chambre régionale d'Agriculture de l'ancienne Poitou-Charentes crée la structure AgroTransfert en 1992, basée sur le site de l'INRA à Lusignan (86). Les programmes mis en œuvre ont eu pour objectif d'apporter un soutien technique et scientifique aux métiers de conseillers et agriculteurs et de mettre en œuvre des expérimentations et études sur des pratiques innovantes.

En 2007, la structure a été intégrée au sein du pôle recherche et développement de la Chambre d'Agriculture de l'ancienne région Poitou-Charentes puis de Nouvelle-Aquitaine. Aujourd'hui, la Chambre Régionale est présidée par Dominique GRACIET avec Olivier DEGOS à la direction générale. Au sein du service « Recherche Développement Innovation », le chef de service est Jean-Luc Fort, puis les services de l'antenne de Lusignan sont composés de Nicolas FERRAND, chargé de mission en innovation agronomie, et Sébastien MINETTE, ingénieur agronome et encadrant du stage. Ce dernier est en charge du développement des outils et méthodes développés par la Chambre Régionale, de la coordination de programmes régionaux et de l'animation inter-régionale DEPHY Ecophyto.

Parmi les méthodes développées par la Chambre régionale, la méthode d'estimation des restitutions par les cultures intermédiaires (MERC I) est un projet porté par Sébastien MINETTE depuis 2009. Un second projet a été initié en novembre 2018 jusqu'en octobre 2020 pour développer l'amélioration de l'utilisation de la méthode. Le projet prévoit une mise en ligne de la méthode et une amélioration des fonctionnalités par la mise en relation de compétences multi-partenariales entre la Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine, Arvalis – Institut du végétal, la Chambre départementale de Charente-Maritime, Bordeaux Science Agro et l'INRA UMR Agir (Auzeville 31)

## Remerciement

---

Le stage sur la thématique des couverts végétaux fut une formidable expérience et m'a permis de confirmer mes connaissances dans le domaine. Les rencontres, échanges et missions confiés au cours de ce stage furent un atout à l'approfondissement de mes connaissances et de mes compétences.

Je remercie Sébastien Minette pour son soutien tout au long de ce stage et la confiance qu'il m'a accordé dans la réalisation de mes missions. Son dynamisme et son enthousiasme sont des qualités appréciables pour le travail d'équipe et j'ai beaucoup apprécié travailler avec lui ! Ces conseils et son soutien à mon projet professionnel ont été précieux. Je suis très heureuse d'avoir pu concrétiser mon projet professionnel, par une embauche prévue en octobre 2019 à la Chambre d'Agriculture de Meurthe et Moselle dans le conseil agro-environnemental, sa confiance fut un réel moteur !

Evidemment, l'étude de ce stage n'aurait pas été possible sans le temps que m'ont accordé les agriculteurs, conseillers, animateurs, chargés de mission, chercheurs et enseignants, merci à tous. Les échanges au cours des entretiens furent très riches et m'ont permis d'appréhender l'ensemble des métiers de la filière agricole, ce fut un grand plaisir d'échanger avec vous !

Je remercie aussi mes collègues de bureau, Fabien, Anthony, Adrien, Brendan et Nicolas, pour les chouettes instants passés au bureau et les temps de décompression après le travail ! J'ai été très heureuse de passer ce stage avec vous.

Merci aussi à toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide, Jean-Luc Fort, pour ces conseils et la relecture de mon mémoire, Françoise Auzanneau pour l'aide aux tâches administratives. Je remercie toutes les personnes qui de près ou de loin furent d'un soutien moral et technique au cours de ce stage.

La phase d'analyse des données au bureau fut longue, donc merci Agathe de m'avoir permis de m'échapper et de t'aider à tes relevés terrain !

Puis, un merci particulier à Feu Vert, le chat de l'INRA, qui par sa douceur et son affection fut très réconfortant pendant le stage.

# Table des matières

---

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>I. Contexte de l'étude</b> .....	<b>2</b>
I.1. <i>Qu'est-ce une culture intermédiaire ?</i> .....	2
I.1.1. Définitions et objectifs .....	2
I.1.2. Intégration des cultures intermédiaires dans l'itinéraire de culture .....	2
I.2. <i>Les cultures intermédiaires : d'une contrainte réglementaire à une opportunité agronomique</i> .....	3
I.2.1. Intégration des cultures intermédiaires dans la réglementation européenne et française .....	3
I.2.2. Transposition en région Nouvelle-Aquitaine .....	4
I.2.3. Rôle de la Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine .....	5
I.3. <i>Minéralisation : fondement de la nutrition de la plante</i> .....	5
I.4. <i>Quel rôle des cultures intermédiaires dans la minéralisation et la rétention des éléments minéraux ?</i> 6	
I.4.1. Influence du type de mélange en cultures intermédiaires.....	6
I.4.2. Rôle des couverts dans la rétention de l'azote.....	7
I.4.3. Rapport C/N : Indice de fertilité des cultures intermédiaires .....	7
I.5. <i>Recherche et développement : outils de valorisation agronomique des cultures intermédiaires</i> .....	8
I.5.1. Quels outils et méthodes développés en France et dans le monde ?.....	8
I.5.2. MERCI : valoriser la production et les restitutions des cultures intermédiaires.....	9
I.6. <i>Problématique et objectif de l'étude</i> .....	11
<b>II. Matériel et méthode</b> .....	<b>12</b>
II.1. <i>Des hypothèses à la structuration des étapes</i> .....	12
II.1.1. Etude bibliographique.....	12
II.1.2. Définition de la base de données des utilisateurs .....	12
II.2. <i>Acquisition des informations auprès des utilisateurs</i> .....	14
II.2.1. Enquête sur les utilisations et la perception de MERCI.....	14
II.2.2. Sondage en ligne sur la perception de la version en ligne de MERCI .....	14
II.2.3. Animation et recueil des impressions .....	15
II.3. <i>Outils de traitement et d'analyse des données</i> .....	15
II.3.1. Analyse descriptive.....	15
II.3.2. Analyse statistique .....	16
<b>III. Analyse comparative et formulation des hypothèses</b> .....	<b>18</b>
III.1. <i>Analyse comparative des outils et méthodes d'estimation de la biomasse et des restitutions</i> .....	18
III.1.1. Outils et méthodes identifiés en France .....	18
III.1.2. Outils et méthodes identifiés en Europe et dans le monde.....	19
III.1. <i>Analyse bibliographique</i> .....	21
III.1.1. Perception et utilisations de la méthode MERCI .....	21
III.1.2. Approche comparative de l'évolution et de l'amélioration de la méthode .....	22
III.2. <i>Hypothèses sur l'évolution et l'amélioration de la méthode</i> .....	22

<b>IV. Expertise des utilisateurs et utilisations de la méthode MERCI .....</b>	<b>24</b>
<i>IV.1. Etendue des utilisateurs identifiés et enquêtés .....</i>	24
<i>IV.2. Utilisateurs de la méthode MERCI.....</i>	24
IV.2.1. Prise de connaissance de la méthode .....	24
IV.2.2. Répartition géographique .....	25
IV.2.3. Professions et filières .....	26
IV.2.4. Typologie des utilisateurs .....	26
IV.2.5. Perception des couverts végétaux par les utilisateurs .....	27
IV.2.6. Vérifications des hypothèses du profil des utilisateurs .....	28
<i>IV.3. Utilisation de la méthode MERCI.....</i>	28
IV.3.1. Les freins à l'utilisation de la méthode .....	28
IV.3.2. Intérêts et avantages de MERCI dans la gestion de la fertilisation .....	29
IV.3.3. Facilité d'utilisation de la méthode.....	29
IV.3.4. Compréhension du fonctionnement de la méthode.....	30
IV.3.5. Application de la méthode MERCI.....	30
IV.3.6. Vérifications des hypothèses sur l'utilisation de la méthode MERCI.....	32
<i>IV.4. Perception de la méthode MERCI .....</i>	32
IV.4.1. Perception de la fiabilité de la méthode .....	32
IV.4.2. Intégration des résultats dans le raisonnement de la fertilisation .....	33
IV.4.3. Vérification des hypothèses sur la perception de la méthode MERCI.....	34
<i>IV.5. Application et perception de la mise en ligne de la méthode MERCI .....</i>	34
IV.5.1. Principe de la mise en ligne : amélioration de la méthode.....	34
IV.5.2. Perception de la mise en ligne .....	36
IV.5.3. Vérification des hypothèses sur la mise en ligne de la méthode MERCI .....	37
<b>V. Perspectives et discussion .....</b>	<b>38</b>
<i>V.1. Intérêt de l'évolution de la méthode MERCI.....</i>	38
V.1.1. Accroissement du nombre d'utilisateurs.....	38
V.1.2. Développement des utilisations de la méthode MERCI.....	39
V.1.3. Pérennité de la méthode MERCI .....	41
<i>V.2. Quelles évolutions à court terme pour la méthode MERCI ?.....</i>	44
<i>V.3. Limites de l'étude .....</i>	44
<b>VI. Conclusion.....</b>	<b>45</b>

## Abréviations

---

**CAH** : Complexe Argilo-Humique

**CDA** : Chambre Départementale d'Agriculture

**CRANA** : Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine

**CI** : culture(s) intermédiaire(s)

**CIMS** : Culture Intermédiaire Multi-Service

**CIPAN** : Culture Intermédiaire Piège A Nitrates

**CIVE** : Culture Intermédiaire à Vocation Energétique

**C/N** : Rapport carbone sur azote, caractérise la vitesse de minéralisation des résidus d'un végétal

**CV** : Coefficient de Variation

**FAQ** : Foire aux questions

**INRA** : Institut National de Recherche Agronomique

**K** : Potassium

**KW** : Kruskal-Wallis

**MERCI** : Méthode d'Estimation des Restitutions en éléments minéraux par les Cultures Intermédiaires

**MS** : Matière sèche

**N** : Azote

**P** : Phosphore

**PAC** : Politique Agricole Commune

**PAR** : Programme(s) d'Actions Régional(aux)

**SAU** : Surface Agricole Utile

**SIE** : Surface d'Intérêt Ecologique

**SCOP** : Surface en Céréales, Oléagineux et Protéagineux

**TCS** ; Techniques Culturelles Simplifiées

**ZAC** : Zone d'Actions Complémentaires

**ZAR** : Zone d'Actions Renforcées

**ZV** : Zone Vulnérable

$\sigma$  : Ecart-type empirique

$\mu$  : Moyenne empirique

## Glossaire

---

**Agriculture de conservation :** Il s'agit de pratiques agricoles respectueuses du fonctionnement écologique du sol. Les interventions mécaniques de travail du sol sont minimisées, ce sont les techniques culturales simplifiées ou, dans le cas d'absence de travail du sol, de semis direct.

**Culture intermédiaire :** C'est la couverture végétale entre deux cultures principales, soit pendant la période d'interculture

**Enquête :** Désigne l'étape de rencontre et d'échanges avec les utilisateurs (étape 2). Les données sont recueillies au cours d'un questionnaire d'une durée entre 1h et 1h30.

**Interculture :** Période définie entre la récolte de la culture principale en été-automne et le semis de la culture principale suivante. Elle est nommée **longue** lorsque le semis est en sortie d'hiver (ex. Blé d'hiver - Maïs) et **courte** pour un semis d'automne (ex. Colza - Blé d'hiver).

**Lixiviation :** En période de drainage, l'infiltration de l'eau dans le sol entraîne les molécules solubles comme les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), c'est la lixiviation de l'azote.

**Période de drainage :** Période de forte pluie entraînant la recharge en eau du sol jusqu'à la capacité aux champs et l'infiltration de l'eau alimentant les eaux souterraines et de surfaces. L'automne et le printemps est une période importante de drainage en raison des fortes pluies.

**Para-agricole :** Dans le mémoire, désigne l'ensemble des catégories hors les fonctions d'agriculteurs, viticulteurs ou responsables d'exploitation. Par conséquent, cela concerne les fonctions de conseil, d'animation, de chargé de mission ou de projet ou d'étude, de recherche scientifique et d'enseignement.

**Sondage :** Désigne l'étape de consolidation

**Utilisateur(s) :** Désigne toutes personnes utilisant la méthode MERCI



## Liste des figures

---

Figure 1 : Différentes appellations des cultures intermédiaires selon l'objectif recherché .....	2
Figure 2 : Cartographie des surfaces en zones vulnérables et en zones d'actions renforcées en région Nouvelle-Aquitaine .....	4
Figure 3 : Logo de la structure Agrotransfert (2001) .....	5
Figure 4 : Effet d'une CIPAN sur le reliquat azoté sur une année (Englin, et al., 2015) .....	7
Figure 5 : Interface du fichier Excel de la méthode MERCI .....	10
Figure 6 : Schéma de consultation des utilisateurs de la méthode MERCI .....	12
Figure 7: Axe de réflexion de la construction du questionnaire .....	14
Figure 8 : Lien entre biomasse mesurée et l'indice de volume (Büchi, et al., 2016) .....	19
Figure 9 : Relation entre les hauteurs des plantes obtenue par un modèle numérique de surface (PH <sub>CSM</sub> ) et la biomasse mesurée (Roth, et al., 2017) .....	19
Figure 10 : Exemple d'une courbe du cumul des restitutions en azote (University of Georgia).....	20
Figure 11 : Application de Midwest Cover Crop Council .....	20
Figure 12 : Sources d'identification des utilisateurs du recensement .....	24
Figure 13 : Evolution du nombre d'utilisateurs de la méthode MERCI .....	24
Figure 14 : Evolution du nombre de publication et du nombre d'utilisateurs en fonction des années ..	25
Figure 15 : Cartographie de la représentativité des utilisateurs par départements. ....	25
Figure 16 : Schéma de conduite de la culture intermédiaire .....	27
Figure 17 : Attribution des notes sur la facilité d'utilisation de la méthode MERCI (sondage en ligne) .....	29
Figure 18 : Fréquence moyenne annuelle des applications au champ de la méthode MERCI.....	30
Figure 19 : Estimation de la fiabilité de la méthode MERCI .....	33
Figure 20 : Arguments des utilisateurs sur la non-prise en compte des restitutions en PK.....	33
Figure 21 : Intégration des valeurs de restitutions en NPK dans le raisonnement de la fertilisation ...	34
Figure 22: Schéma explicatif des objectifs de la mise en ligne de la méthode MERCI.....	35
Figure 23 : Validité de la période de destruction avec la mise en ligne de la méthode MERCI .....	35
Figure 24 : Appréciation de l'étendue des résultats de la version en ligne de la méthode MERCI.....	37
Figure 25 : Evaluation des besoins et attentes à l'accroissement des utilisateurs .....	38
Figure 26 : Evaluation des besoins et attentes au développement de l'utilisation de la méthode MERCI .....	39
Figure 27 : Evaluation des besoins et attentes à la pérennité des utilisateurs et utilisations .....	41
Figure 28 : Besoins et attentes des utilisateurs au développement de la méthode MERCI.....	45

## Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Descriptions et intérêts des CI sans légumineuses, en mélanges et en pures .....	6
Tableau 2: Planning de réalisation des étapes de l'étude .....	13
Tableau 3 : Matrice SWOT de la méthode MERCI .....	21
Tableau 4: Analyse comparative des outils existants en rapport à la méthode MERCI.....	22
Tableau 5 : Hypothèses de l'étude sur l'évaluation de la méthode MERCI.....	23
Tableau 6 : Validation des hypothèses sur le profil des utilisateurs.....	28
Tableau 7 : Avantages perçus par les utilisateurs enquêtés sur la méthode MERCI.....	29
Tableau 8 : Pourcentage de bonnes réponses sur les domaines de validité du calculateur .....	30
Tableau 9 : Validation des hypothèses sur l'utilisation de la méthode .....	32
Tableau 10 : Validation des hypothèses sur la perception de la méthode. ....	34
Tableau 11 : Validation des hypothèses sur la perception de la mise en ligne de MERCI. ....	37
Tableau 12: Présentation de l'animation tenue lors du salon "Les Culturelles" .....	21

## Introduction

---

Les cultures intermédiaires regroupent l'ensemble des cultures implantées entre deux cultures principales. Elles peuvent avoir un objectif économique ou environnemental, dépendant de la conduite menée par l'agriculteur. Les cultures intermédiaires sont obligatoires en zones vulnérables en France depuis 2008. Les zones vulnérables sont une des mesures phares de la Directive Nitrates mise en œuvre par l'Union Européenne, dont l'objectif est de retrouver un bon état des eaux souterraines et de surfaces.

En accord avec la réglementation, les Chambres d'Agricultures départementales et l'ancienne Chambre régionale de Poitou-Charentes se sont réunies au début des années 2000 pour mettre en place le programme « Fertilisation azotée et couverts végétaux », de 2001 à 2009. Les actions menées ont permis de capitaliser une base de données exhaustive sur les cultures intermédiaires.

Cette base de données a permis le développement d'une méthode d'estimation des restitutions en éléments minéraux par les cultures intermédiaires (MERCİ) en 2009. Alors que de nombreux outils proposent une aide à la décision sur le choix des espèces et des mélanges en culture intermédiaire, MERCİ expose les résultats de production : biomasse sèche, piégeage d'azote, restitutions en azote minéral et disponibilité en phosphore et potassium pour la culture suivante. La méthode comprend une phase « terrain » où l'utilisateur réalise des prélèvements et mesures, puis ensuite d'un calculateur Excel où il entre les données mesurées.

Les retours observés par la Chambre d'Agriculture ont mis en avant un intérêt grandissant pour la méthode. En réponse à son développement, la Chambre Régionale a déposé en 2018 un projet pour la mise en ligne de la méthode. Les objectifs sont d'accroître le nombre d'utilisateurs et d'améliorer les fonctionnalités et les qualités prédictives du calculateur.

Pour autant, les retours n'informent pas des avantages et inconvénients dans l'utilisation de la méthode par les utilisateurs. Les questions posées sont alors : Qui utilise MERCİ ? Comment la méthode est mise en pratique ? Quels intérêts dans la mise en ligne ? Comment la mise en ligne est perçue à priori par les utilisateurs ? Pour ce faire, l'étude attendue par la Chambre régionale de Nouvelle-Aquitaine est une expertise des utilisations et des utilisateurs de la méthode.

La première étape de l'expertise a été de recenser les profils des utilisateurs et les utilisations décrites dans la bibliographie. Puis en seconde étape, un échantillon des utilisateurs recensés ont été contactés pour recueillir leurs perceptions de la version actuelle de la méthode et de la mise en ligne. La dernière étape a permis de consulter l'ensemble des utilisateurs recensés sur des points précis de l'enquête, par un sondage en ligne. L'ensemble des informations collectées permettent d'intégrer les attentes et besoins dans l'évolution et le cahier des charges de la version en ligne de MERCİ.

## I. Contexte de l'étude

### I.1. Qu'est-ce une culture intermédiaire ?

#### I.1.1. Définitions et objectifs

Une culture intermédiaire (CI) est un couvert végétal implanté pendant la période d'interculture, soit entre la récolte et le semis de deux cultures principales, par exemple entre un blé d'hiver et un maïs. La période d'interculture peut être courte, avant le semis d'une culture d'automne, ou longue, avant un semis en sortie d'hiver. Elle peut durer de 2 à 9 mois.

Il existe différents qualificatifs pour les CI. Chacun est propre aux objectifs assignés par l'agriculteur aux CI [Figure 1].

Objectif	Désignation de la culture intermédiaire
Valorisation du couvert en méthanisation	<b>Culture intermédiaire à vocation énergétique (CIVE)</b>
Récolter (grains ou fourrages), pâturer	<b>Culture dérobée</b>
Apporter de l'azote à la culture suivante	<b>Engrais vert</b>
Piéger l'azote en période pluvieuse	<b>Culture intermédiaire piège à nitrates (CIPAN)</b>
Encourager la biodiversité	<b>Couvert faune sauvage</b>

**Culture intermédiaires multi-services (CIMS)**

Biodiversité  
Agronomie  
Economique  
Environnemental  
...

Figure 1 : Différentes appellations des cultures intermédiaires selon l'objectif recherché

#### I.1.2. Intégration des cultures intermédiaires dans l'itinéraire de culture

Le semis s'étend sur deux périodes, après une récolte d'été de fin juillet à début septembre, ou après une récolte d'automne de fin septembre à fin octobre. En cas de semis sous couvert végétal, la période de semis a lieu avant la récolte. Les modes de semis sont très diversifiés, et ils dépendent avant tout du matériel disponible et des modalités de travail du sol sur l'exploitation agricole. Par exemple, les couverts peuvent être semés avec un semoir à céréales, un semoir direct ou à la volée avec un outil type distributeur d'anti-limaces, puis si nécessaire un passage de rouleau pour assurer le contact sol-graine.

## I.2. Les cultures intermédiaires : d'une contrainte réglementaire à une opportunité agronomique

### I.2.1. Intégration des cultures intermédiaires dans la réglementation européenne et française

#### I.2.1.1. Directive Nitrates

En décembre 1991, la pollution des eaux en nitrates inquiète l'Union Européenne qui instaure une directive visant à protéger les zones dont les teneurs en nitrates sont importantes et présentent un risque pour l'environnement et la santé humaine. Cette directive a pour objectif de reconquérir une bonne qualité des eaux et de promouvoir les bonnes pratiques agricoles. L'application de cette directive en France en 1993 s'est traduite par le 1<sup>er</sup> programme d'actions national Nitrates ciblant le même objectif. **Le programme d'actions national Nitrates est inscrit dans le code de l'environnement et dans le code rural et de la pêche maritime.**

Dans ce contexte, en réponse à l'article 3 paragraphe 2 de la Directive Européenne n°91-676, les territoires, dont la pollution des eaux souterraines et de surfaces par les nitrates est jugée sensible, sont recensés. Les zones ciblées sont nommées « **zones vulnérables** » (**ZV**) et validées par un arrêté préfectoral. La réglementation impose dans les ZV des mesures strictes sur la gestion des effluents d'élevage, la fertilisation organique et minérale ainsi que sur les bonnes pratiques pour réduire les fuites de nitrates dans l'environnement.

Le 2<sup>ème</sup> programme d'actions (2000-2003) renforce les moyens mis en place sur les zones dont **la concentration en nitrates dépasse 50mg/L**, en instaurant des **Zones d'Actions Renforcées (ZAR)**. Ce renforcement de la directive instaure **l'obligation d'implanter un couvert végétal pendant une interculture longue**, elle est définie entre une récolte d'été ou d'automne et un semis en sortie d'hiver. Lors de la promulgation du 4<sup>ème</sup> programme d'actions national Nitrates **en 2008, cette obligation s'est étendue aux ZV.**

Actuellement, le **6<sup>ème</sup> programme d'action national Nitrates est appliqué depuis le 1er septembre 2018.** Il a pour principale mission d'harmoniser les programmes d'actions régionaux Nitrates appliquées sur les anciennes régions (Préfecture de Nouvelle-Aquitaine, 2018).

#### I.2.1.2. Politique Agricole Commune

L'implantation de CI est aussi citée dans le paragraphe 2 de l'article 46 « **Surface d'intérêt écologique** » (**SIE**) du règlement européen n°1307/2013, en lien aux paiements directs en faveur des agriculteurs dans le cadre de la politique agricole commune (PAC).

Les surfaces d'intérêt écologiques concernent tous les exploitants ayant une surface de terres arables supérieure à 15 ha et elles conditionnent l'obtention des aides directes du premier pilier de la PAC aux agriculteurs.

Ainsi, l'instruction technique du 1<sup>er</sup> août 2018 publiée dans le bulletin officiel du Ministère de l'agriculture et de l'alimentation (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2018) définit **les surfaces éligibles aux SIE en France**. Les CI sont intégrées sous la dénomination « **Les cultures dérobées ou à couverture végétale** ».

### I.2.2. Transposition en région Nouvelle-Aquitaine

En région Nouvelle Aquitaine, la surface agricole utile couvre près de 50% du territoire, soit 4 221 000 ha. Sur cette surface, environ 40% (1 693 311ha) sont occupés par les cultures céréalières, oléagineuses et protéagineuses (SCOP). **Les cultures de printemps (maïs, tournesol et pois protéagineux) représentent près de 40%** (667 770 ha) de la SCOP (Agreste, 2018).

La part importante de culture de printemps induit des surfaces importantes en interculture longue. Les sols sont plus exposés au lessivage, à la lixiviation des éléments minéraux et aux ruissellements, notamment dues aux pluies automnales et hivernales. Les mesures réalisées en 2011 mettent en évidence une concentration en nitrates des nappes phréatiques supérieure à la norme de qualité de la directive cadre sur l'eau, soit 50 mg/l, sur une partie du territoire Nord de la région (Lacouture, 2013).

En 2018, les zones vulnérables concernent **43% de la superficie de la région Nouvelle-Aquitaine** et près de 95% de la surface de l'ancienne région Poitou-Charentes [Figure 2].

Sur les territoires au nord de la Nouvelle Aquitaine, 82% du territoire en 2005 ont été déclarés en ZV. En revanche, le sud de la région est moins affecté par ces pollutions, les zones vulnérables sont plus éparses [Figure 2].

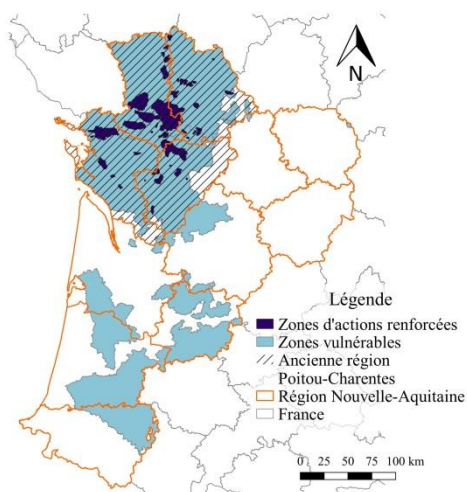


Figure 2 : Cartographie des surfaces en zones vulnérables et en zones d'actions renforcées en région Nouvelle-Aquitaine

En région Nouvelle-Aquitaine, le 6<sup>ème</sup> programme d'actions régional Nitrates est en vigueur depuis le 28 décembre 2018. La couverture des sols en interculture longue est inscrite dans la **mesure 7 « Couverture des sols pour limiter les fuites d'azote au cours de périodes pluvieuses »** (DREAL Nouvelle-Aquitaine, 2018). La mesure 10 spécifie les obligations à suivre dans les ZAR concernant le nord de la région.

Les mesures imposent, en cultures annuelles, une couverture végétale semée au plus tard le 30 septembre et détruite au plus tôt le 15 novembre, soit une présence au minimum de 2,5 mois. La destruction par traitement phytosanitaires est interdite. Puis, des réglementations spécifiques sont détaillées dans le programme régional d'actions Nitrates de Nouvelle-Aquitaine (DREAL Nouvelle-Aquitaine, 2018).

## I.2.3. Rôle de la Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine

### I.2.3.1. Historique de la recherche et développement en Nouvelle-Aquitaine



Figure 3 : Logo de la structure Agrotransfert (2001)

En 1992, une collaboration entre l'institut national de recherche agronomique (INRA) et la Chambre d'Agriculture de l'ancienne Région Poitou-Charentes crée la structure **AgroTransfert**. Les missions de la structure ont pour objectif **d'apporter un soutien technique et scientifique aux métiers de conseillers et agriculteurs** et de mettre en œuvre des expérimentations et études sur des pratiques innovantes. Cette collaboration a permis d'élaborer des indicateurs et outils d'aide à la décision comme PC Azote (PC : Poitou-Charentes), pour raisonner la fertilisation azotée des cultures annuelles, et l'indicateur MERLIN, pour méthode de hiérarchisation du risque de lixiviation des nitrates (Chambre d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine). En 2007, la structure fut transférée au sein du pôle « Innovations, recherche et développement » de la Chambre régionale d'Agriculture.

### I.2.3.2. Vulgarisation sur les cultures intermédiaires

De 2001 à 2009, le programme « **Fertilisation azotée et couverts végétaux** » a été mis en place. Il porte sur l'étude des CI pour la réduction du lessivage et de la lixiviation et l'accompagnement des agriculteurs dans l'application de la réglementation. Le projet a permis de poursuivre et de valoriser les essais menés depuis 1983 sur les CI. Les expérimentations ont porté essentiellement sur le choix des espèces, la date d'implantation et la date de destruction. Sur chaque essai, des mesures et observations ont été réalisées sur les couverts (production de biomasse sèche, teneur en azote, quantité d'azote piégé par le couvert, dynamique de restitution ...), ainsi que sur le sol (% d'humidité, reliquats azotés...). Les résultats des essais ont été associés à des résultats de simulations avec l'outil STICS, l'outil a permis d'approfondir les résultats sur les restitutions en azote phosphore et potassium les mois suivant la destruction des CI.

## I.3. Minéralisation : fondement de la nutrition de la plante

La minéralisation de la matière organique est influencée par la température, l'humidité, l'oxygénation, et les spécificités du sol (teneur en matière organique, en carbone, texture, granulométrie, etc.) (Minette, 2005). Les minéraux sont ensuite dissouts dans la solution du sol. Elle est stockée dans la microporosité, retenue par les forces de capillarité, et accessible par les poils absorbants des racines de la plante (Thomas, et al., 2013). **Les sels minéraux** présents dans la solution du sol **sont sensibles à la lixiviation** (I.1.1), et peuvent être une source de pollution des eaux. C'est-à-dire, pendant les périodes pluvieuses, le flux d'eau est entraîné dans les eaux de surface et souterraines avec les éléments minéraux solubles. Par exemple, une teneur importante en ions nitrate et phosphate dans les eaux de

surface favorisent le développement d'algues couvrants la surface de l'eau. Elles empêchent le passage de la lumière et l'oxygénation de l'eau, les impacts sur la biodiversité aquatiques sont très néfastes.

La minéralisation de la matière organique par l'activité biologique du sol est optimale dans un sol chaud, humide et oxygéné. En climat tempéré, deux périodes de minéralisation sont notables : **en automne et au printemps.**

#### I.4. Quel rôle des cultures intermédiaires dans la minéralisation et la rétention des éléments minéraux ?

##### I.4.1. Influence du type de mélange en cultures intermédiaires

Les espèces semées en CI sont représentées par 5 familles principales, avec chacune un rôle bénéfique spécifique :

- Graminées (ex : avoine *sp.*) : pouvoir couvrant important du sol
- Crucifères (ex. : Moutarde *sp.*) : système racinaire pivotant ayant un effet bénéfique sur la structure du sol
- Légumineuses (ex. : féverole, trèfle *sp.*) : capacité de fixer l'azote atmosphérique par la symbiose avec une bactérie formant des nodosités
- Astéracées et hydrophyllacées : (ex. : tournesol, phacélie) : bénéfiques aux pollinisateurs

Dans la littérature, trois grandes catégories de CI sont présentées : **(1) sans légumineuses, (2) mélange avec légumineuses et (3) légumineuses pures** [Tableau 1].

*Tableau 1 : Descriptions et intérêts des CI sans légumineuses, en mélanges et en pures*

En vert : atouts / bénéfiques, en orange : neutre, en rouge : inconvenient.

Catégorie de culture intermédiaire	Période d'interculture	Production biomasse (à 90j)	Piégeage azote avant drainage	Effet sur la culture suivante	Objectifs recherchés
Sans légumineuses	Courtes et longues	1,9 tMS/ha	Très efficace	Lente - Effet neutre à dépréciatif	CIPAN, cultures dérobées
Légumineuses en mélange	Longues	2,2 tMS/ha	Efficacité moyenne selon le pourcentage de légumineuses	Moyenne - Effet neutre	CIMS, CIVE, cultures dérobées, couvert faune sauvage
Légumineuses pures	Longues	1,5 tMS/ha	Négligeable	Rapide - Effet neutre à positif	Engrais vert, CIVE

Source : (Vericel, et al., 2010) (Arvalis - Institut du végétal - CETIOM - ITB, 2011)

Les couverts sans légumineuses conviennent pour les territoires à fort enjeu de pollution des eaux par les nitrates [Tableau 1]. Néanmoins, la synthèse de Véricel (2010) a mis en avant qu'une CI sans légumineuses peut impacter négativement le rendement de la culture suivante. Les essais menés entre 1983 et 2009, par Arvalis et la Chambre d'Agriculture Poitou-Charentes, ont mis en évidence une



perte moyenne de 11 quintaux/ha en maïs après un couvert de crucifères (moutarde). En revanche, sur maïs après un couvert de graminées et légumineuses (avoine + vesce, féverole ou gesse) le gain de rendement est de 13 quintaux/ha en moyenne (Vericel, et al., 2010). De même, les mélanges avec légumineuses peuvent restituer entre 30 à 40 kgN/ha disponibles pour la culture suivante (Gloria, 2014). L'effet des CI de légumineuses pures sur le piégeage de l'azote est faible, causé par une vitesse de développement plus lente et la fixation symbiotique prélevant l'azote atmosphérique.

#### I.4.2. Rôle des couverts dans la rétention de l'azote

Les CI ont été introduites dans le milieu agricole historiquement pour leur rôle de piège à nitrates (CIPAN), en lien avec la réglementation et le souhait de réduire la pollution des eaux. Ainsi, une CIPAN composée de graminées peut piéger 100 à 150 kgN/ha, et jusqu'à 200 kgN/ha pour des crucifères (Justes, et al., 2013). Les CIPAN

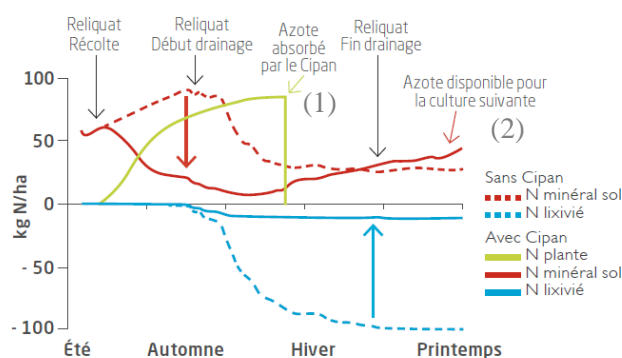


Figure 4 : Effet d'une CIPAN sur le reliquat azoté sur une année (Englin, et al., 2015)

présentent un double bénéfice [Figure 4] : (1) la rétention des nitrates dans les parties végétatives, diminuant fortement la quantité d'azote dans le sol et par conséquent les risques de lixiviation ; et (2) la restitution en azote minéral pour la culture suivante.

**Les mélanges avec légumineuses ont la capacité de réduire la lixiviation de 20 à 60%** (Justes, et al., 2012). De plus,

l'intégration de légumineuses dans les CI permet de fixer l'azote atmosphérique et d'ajuster l'apport d'azote minéral, ainsi que dynamiser l'activité biologique du sol (Vericel, et al., 2010) .

#### I.4.3. Rapport C/N : Indice de fertilité des cultures intermédiaires

**Le C/N est le rapport entre la teneur en carbone (C) et en azote (N)** de la plante. Le C/N dépend de l'espèce cultivée et de son cycle de développement. Une partie des micro-organismes du sol ont besoin d'une quantité importante d'azote pour dégrader la matière organique et produire les éléments minéraux pour la plante. Soit, si la quantité d'azote des végétaux est faible, les micro-organismes vont prélever l'azote du sol et le réorganiser sous forme organique, non-disponible pour la plante.

Les espèces de la famille des légumineuses ont un rapport C/N faible, donc une vitesse de minéralisation rapide. En revanche les espèces de la famille des crucifères ont tendance à avoir un C/N élevé, donc une vitesse de minéralisation des résidus plutôt lente. Par exemple, **85 jours après le semis, le C/N d'une vesce commune est de 12, alors que celui d'une moutarde blanche est de 35** (Büchi, et al., 2016). Ainsi, une CI avec légumineuses restitue 30 à 40kgN/ha en moyenne alors que l'absence de légumineuses rend disponible 15 à 25 kgN/ha (Vericel, et al., 2010).

## I.5. Recherche et développement : outils de valorisation agronomique des cultures intermédiaires

### I.5.1. Quels outils et méthodes développés en France et dans le monde ?

De nombreuses firmes de semenciers et distributeurs ont développés leurs propres outils d'aide aux choix des semences en CI. Par exemple, « Synergie »<sup>1</sup> développé par Graines LORAS, producteur et distributeur de semences, propose deux outils liés aux CI exportées ; (1) **le dosage adapté des espèces** pour le mélange déterminé par l'agriculteur, et (2) **le choix des espèces et du mélange**.

Les instituts techniques et associations d'accompagnement technique des agriculteurs ont aussi développés leurs outils. Par exemple, Arvalis a développé « choix des couverts »<sup>2</sup> permettant aux agriculteurs de définir quelles espèces végétales sont les plus adaptées en fonction de leurs pratiques et de leurs objectifs. Autre exemple, le GIEE Magellan propose un outil nommé « ACACIA »<sup>3</sup>, l'outil accompagne l'agriculteur dans (1) **la composition de la CI**, (2) **l'effet du couvert** (3) **la place du couvert dans la rotation** et (4) **une simulation du coût économique**. Enfin, à l'image de « la méthode de choix » développée par l'ITAB<sup>4</sup>, aussi sur le choix des espèces, de nombreux organismes ont conçu des clés de détermination pour aider les agriculteurs dans leur choix des espèces en CI (Ghesquière, et al., 2012).

Dans le monde, les outils d'aide aux choix des espèces en CI sont fréquents, par exemple :

- **PROTECT'eau**<sup>5</sup> (Belgique)
- **OSCAR** (*Optimizing Sustainability Crop Application in Rotation*) (Europe)<sup>6</sup>
- **Midwest Cover Crops Council** (États-Unis, états du nord-est)
- **Grain Farmers of Ontario** (Canada)<sup>7</sup>

L'analyse des outils disponibles met en lumière un intérêt pour le choix des espèces et la réussite du couvert végétal en période d'interculture. Néanmoins, **les outils majoritairement existants sont en amont de la CI**, c'est-à-dire qu'ils abordent le choix des espèces et la période de semis la plus adaptée. **Les outils en aval de l'itinéraire technique, sur les bénéfices économiques, agronomiques et environnementaux, sont peu présents dans la littérature.**

---

<sup>1</sup> Disponible sur : <http://www.prairie-couvert-oad.com/>

<sup>2</sup> Disponible sur : <http://www.choix-des-couverts.arvalis-infos.fr/>

<sup>3</sup> Disponible sur : [https://www.dropbox.com/s/ynan1ci3r1jv81h/ACACIA\\_V2.xlsm?dl=0](https://www.dropbox.com/s/ynan1ci3r1jv81h/ACACIA_V2.xlsm?dl=0)

<sup>4</sup> *Choisir et réussir son couvert végétal pendant l'interculture en AB*, Juillet 2012, page 11 à 15.

<sup>5</sup> Disponible sur : <https://protecteau.be/fr/cipan>

<sup>6</sup> Disponible sur : <https://web5.wzw.tum.de/oscar/toolbox/database/database.html>

<sup>7</sup> Disponible sur : <http://decision-tool.incovercrops.ca/>

## I.5.2.MERCI : valoriser la production et les restitutions des cultures intermédiaires

### I.5.2.1. D'une base de données à une méthodologie de calcul des restitutions des cultures intermédiaires

Les essais dans le cadre du programme « Fertilisation et couverts végétaux » ont permis de mesurer le **pourcentage de matière sèche et d'azote piégé** pour différentes espèces en CI. Ensuite, en se basant sur la bibliographie et sur les mesures de la teneur en azote des plantes, le rapport le C/N a été établi en estimant une teneur moyenne en carbone stable de 42% (issu d'une analyse bibliographique).

Puis, l'appui de la structure Agrotransfert a permis d'impliquer l'INRA dans l'affinement de la base de données constituée par les essais, et évaluer **les quantités d'azote, de phosphore et de potassium minéralisées et disponibles** pour la culture suivante. La minéralisation et disponibilité du PK est basée sur le cycle dans les effluents organiques, soit la totalité contenue dans la plante. Les simulations ont été effectuées sur 6 sols et 6 stations climatiques de la région Poitou-Charentes, dans le **cas de couverts enfouis à 10-15cm de profondeur par déchaumage ou labour**. Elles ont été réalisées sur une séquence de 33 années (1967-2005) pour **une période de destruction comprise entre le 15 novembre et le 1<sup>er</sup> février**.

L'ensemble des informations acquises ont permis de créer une **méthode renseignant, à partir d'une mesure simple au champ, une estimation de la production de biomasse et des restitutions potentielles en éléments minéraux de la CI**. La version 1 a été développée sous le logiciel Microsoft Excel. Elle a été nommée **MERCI pour « Méthode d'Estimation des Restitutions par les Cultures Intermédiaires »**. Les financements sont issus à 80% de quatre partenaires : FranceAgriMer, Agence de l'eau Loire Bretagne et Adour-Garonne, et le Conseil Régional et les 20% restant sont de l'autofinancement. La méthode a été conçue par Sébastien Minette, avec l'appui de l'UMR AGIR de l'INRA à Toulouse, et des Chambres d'Agriculture départementales de l'ancienne région Poitou-Charentes.

### I.5.2.2. Descriptif de la méthode

La méthode MERCI est constituée d'une phase de prélèvement au champ et d'un calculateur. Il estime la production de biomasse sèche, la quantité d'azote piégée et les restitutions en azote, phosphore et potassium de la CI. Ainsi, la **méthode se situe en fin de production de la CI**, puisqu'elle met en évidence les résultats issus de la croissance et du développement de la CI. Le calculateur est applicable pour l'ensemble des CI répondant aux conditions citées précédemment : **enfouissement des résidus et date de destruction**. Dans le cas des CI sur les périodes d'interculture courte, donc avec une destruction avant le 15 novembre, il est conseillé d'appliquer coefficient de 0,75 aux résultats sur les restitutions NPK.

Pour réaliser le calcul, **les paramètres d'entrées** [Figure 5] (1) à renseigner par l'utilisateur sont la **date de levée (ou de semis) de la CI et la date de mesure, et pour chaque espèce prélevée, le poids**

**de biomasse verte ou sèche mesurée et la surface de prélèvement.** Dans le cas de couvert monospécifique, la hauteur peut être indiquée à la place du poids. La date de mesure correspond au moment où l'utilisateur réalise ces prélèvements, proche de la date de destruction. En fonction de l'hétérogénéité du couvert, 1 à 3 prélèvements sont à réalisés. Pour une meilleure précision, les mesures de biomasses vertes sont conseillées entre 11h et 15h, après ressuyage du couvert pour éviter une surestimation due à la présence d'eau sur les feuilles.

Ensuite, le calculateur estime la production et les restitutions de la CI en quatre étapes :

1. Biomasse aérienne \* % de matière sèche (MS)
  - Résultat : Tonne de matière sèche par hectare (tMS/ha)
2. Biomasse aérienne (en MS) \* teneur en azote (N) \* Coefficient correcteur pour la prise en compte des racines
  - Résultat : kilogramme d'azote piégé par hectare (kgN/ha)
3. Quantité totale d'azote présents dans la CI\* %N minéralisable
  - Résultat : kilogramme d'azote disponible pour la culture suivante
4. Quantité totale de phosphore et potassium présents dans la CI \* 1
  - Résultat : kilogramme de phosphore et potassium disponible pour la culture suivante

The screenshot shows the 'SAISIE DES DONNEES' (Data Entry) screen of the MERCI software. The interface is divided into two main sections: (1) Data Entry and (2) Results Display.

**Section (1) - Data Entry:** This section is enclosed in a green box. It includes a header with the 'MERCi' logo (version v2.9) and a 'Réinitialiser' (Reset) button. Below the header, there are input fields for 'Méthode par mesure de' (set to 'biomasse verte'), 'Nom parcelle', and 'Date mesure de biomasse'. A table for 'n° de prélèvement' (1, 2, 3) is present. For 'Espèce 1', there are fields for 'Date de semis (ou de levée)', 'Biomasse aérienne verte (g)', and 'Surface de prélèvement (m²)'. Buttons for 'Ajouter espèce' and 'Supprimer la dernière espèce' are also visible.

**Section (2) - Results Display:** This section is enclosed in an orange box. It displays the following results:
 

- Biomasse du couvert:** 'Matière sèche aérienne (t/ha)' and 'Azote piégé total (kg/ha) (partie aérienne + racines)'. Both have yellow input fields.
- Restitution du couvert (kg/ha):** 'N', 'P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>', and 'K<sub>2</sub>O' each have yellow input fields.

 There are buttons for 'Afficher détails', 'Masquer détails', and 'Enregistrer le calcul'.

Figure 5 : Interface du fichier Excel de la méthode MERCI.

Encadré vert (1) : paramètres d'entrées ; encadré orange (2) : Affichage des résultats

Les résultats affichés (2) informent l'utilisateur de la production en matière sèche aérienne, de la quantité d'azote piégé dans la plante et le détail des restitutions potentielles en azote (N), phosphore (P) et potassium (K) à la culture suivante. L'utilisateur peut aussi avoir accès aux détails du calcul (« Afficher détails » Figure 5). **Le détail indique, pour chaque espèce, la quantité de biomasse sèche produite, la quantité d'azote des parties aériennes et de la plante entière, du rapport C/N, du**

pourcentage d'azote minéralisable, de la teneur en phosphore et potassium et des restitutions potentielles en NPK.

## I.6. Problématique et objectif de l'étude

Depuis le lancement de la méthode en 2010, la Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine encourage l'utilisation de MERCI par des formations et des interventions au sein des Chambres d'Agricultures et à l'extérieur, en ciblant un public large, de l'étudiant au chercheur.

Aujourd'hui, la Chambre régionale émet l'hypothèse que la méthode est utilisée partout en France et par plusieurs centaines à milliers de personnes. Cette hypothèse est basée sur les nombreuses sollicitations par mail et téléphone des utilisateurs, cependant, il n'y a pas à ce jour de listing précis des utilisateurs.

En partant de cette hypothèse, la Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine développe depuis novembre 2018 une prochaine version en ligne, avec son propre site web, disponible début 2020.

Le développement d'une nouvelle version de MERCI est ainsi l'occasion de faire évoluer la méthode afin de devancer les freins à l'utilisation. Dans ce cadre, le stage consiste à identifier ces freins par le de recensement et l'expertise des utilisateurs et utilisations de la méthode. **L'objectif est de définir les besoins et attentes des utilisateurs pour la seconde version en ligne et de les impliquer dans la conception de MERCI V2.** Les besoins expriment les fonctionnalités indispensables de la méthode ressenties par les utilisateurs, les attentes relèvent d'un souhait pour l'évolution de la méthode

Dans ce contexte, la problématique de l'étude est :

**En quoi la connaissance des besoins des utilisateurs et des utilisations expertisés est un atout pour l'amélioration et le développement national d'une méthode valorisant et quantifiant les multiples intérêts agronomiques des cultures intermédiaires ?**

Dans un premier temps, le matériel et la méthode appliqués pour répondre à la problématique sont décrits. En second temps, l'analyse comparative étudie les méthodes similaires développées et expose les hypothèses. Enfin, la troisième partie présente les résultats en réponse aux hypothèses et à la problématique formulée.

## II. Matériel et méthode

### II.1. Des hypothèses à la structuration des étapes

#### II.1.1. Etude bibliographique

L'étude bibliographique a permis d'identifier, dans un premier temps, les outils et méthodes similaires et leurs modes d'utilisation. Puis, en second temps, les publications abordant la méthode MERCI, avec la date de publication et l'organisme. Les informations ont été rassemblées sous un fichier Excel.

L'analyse de l'étude bibliographique s'est portée à l'échelle nationale, européenne et internationale.

Elle a donné lieu à une matrice SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threat) de la méthode MERCI. La matrice SWOT présente les forces, faiblesses, opportunités et menaces de l'objet étudié (Pickton, et al., 1998). L'analyse comparative entre les méthodes identifiées et MERCI ont permis de déterminer les atouts et freins à son évolution. Il en résulte les hypothèses sur les utilisateurs, utilisations et évolution de la méthode MERCI.

#### II.1.2. Définition de la base de données des utilisateurs

L'étude de recensement a permis de quantifier le nombre d'utilisateurs de la méthode MERCI à l'échelle nationale et internationale. Les données sont issues des échanges par courrier électronique et les relations entretenues entre les utilisateurs et la Chambre régionale d'Agriculture. Par la suite, au cours des enquêtes, du sondage web et du salon professionnel agricole Les Culturelles, d'autres utilisateurs ont été ajoutés à la base de données sous format Excel. Les sources respectives sont désignées « Mails », « Réseaux », « Médias », « Enquêtes » et « Les Culturelles » [Figure 6].

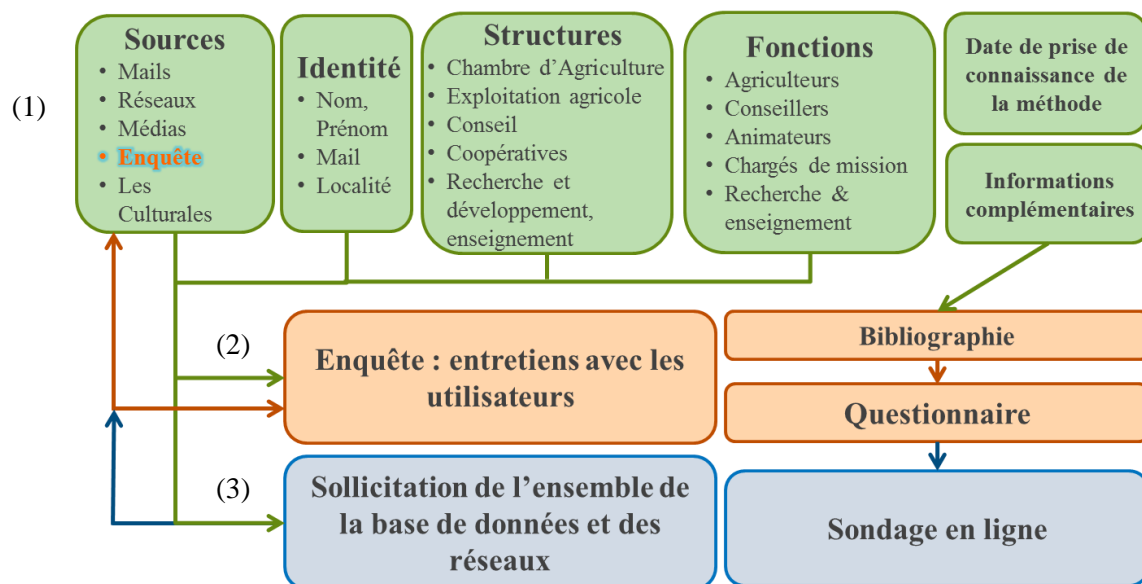


Figure 6 : Schéma de consultation des utilisateurs de la méthode MERCI.

En vert (1) : recensement des utilisateurs, en orange (2) : enquête, en bleu (3) : sondage en ligne

Pour chaque utilisateur, l'identité, la structure, la fonction, le mail et le département ont été notées. La date de prise de connaissance de la méthode a été estimée en fonction de la réception du mail, de la publication d'un article, d'un évènement ou encore celle indiquée lors de l'enquête et du sondage. Les structures et fonctions ont été catégorisées afin de faciliter l'analyse des données par la suite.

Ainsi, les structures ont été déterminées en 5 catégories : « **Chambre d'Agriculture** » ; « **Exploitation agricole** » ; « **Conseil** » (ensemble des structures de conseil autre que les Chambres d'Agriculture) ; « **Coopératives** » (coopératives, distributeurs et firmes agricoles) ; « **Recherche & enseignement** » (ensemble des instituts techniques et de recherche, et les lycées et l'enseignement supérieur).

Les chambres d'Agricultures et les autres organismes de conseil privés ont été distinguées afin de connaître la représentation de celle-ci parmi les utilisateurs de la méthode MERCI.

Les fonctions des utilisateurs ont été définies en 6 catégories :

- « **Agriculteurs** », rassemble les viticulteurs et les responsables / techniciens d'exploitation agricole qui appliquent la méthode, avec leurs conseillers ou par eux-mêmes
- « **Conseillers** », concerne les utilisateurs en relation directe et individuelle avec les agriculteurs
- « **Animateurs** », ils sont en relation avec des groupes d'agriculteurs, travaillant sur une thématique particulière (ressource en eau, programme Ecophyto)
- « **Chargés de mission** », intègre les utilisateurs produisant de la référence à destination des conseillers et animateurs
- « **Recherche et enseignement** », les utilisateurs impliqués en institut technique ou de recherche ainsi que ceux issus des lycées ou de l'enseignement supérieur

Les 5 dernières catégories de fonction, donc excepté les agriculteurs, sont abordées dans le mémoire comme « fonctions para-agricoles ». Les fonctions para-agricoles concernent l'ensemble des fonctions travaillant autour des agriculteurs.

Le recensement a constitué le fondement des étapes de l'expertise des utilisateurs et utilisations [Figure 6 & Tableau 2].

Tableau 2: Planning de réalisation des étapes de l'étude

Mois	Mars				Avril				Mai				Juin				
Semaine	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
ETAPE 1 : Recensement																	
ETAPE 2 : Enquête																	
ETAPE 3 : Sondage en ligne																	
ETAPE 4 : Les Culturales																	

Soit, à la suite du recensement, une enquête auprès des utilisateurs a été déterminée de début avril à mi-mai, afin de recueillir de manière détaillée la perception des utilisateurs par entretien téléphonique ou en présentiel. Puis, le sondage en ligne, de début mai à fin juin, m'a permis d'approfondir des

points de réflexion émergeant de l'enquête. Enfin, le salon des Culturelles a été l'occasion de porter le projet auprès de nouveaux utilisateurs et d'échanger sur leurs perceptions de la méthode MERCI.

## II.2. Acquisition des informations auprès des utilisateurs

### II.2.1. Enquête sur les utilisations et la perception de MERCI

L'objectif est de recueillir le témoignage de **35 utilisateurs** par entretien semi-directif. Les règles définies pour l'échantillonnage sont :

- **La proportion de chaque catégorie de fonction doit correspondre à celle observée** pour les utilisateurs recensés.
- Les **échanges avec les agriculteurs doivent être faites *de visu***, afin d'avoir un témoignage le plus complet.
- Les autres catégories doivent aussi cibler des utilisateurs **en-dehors de la région Nouvelle Aquitaine**.
- Les utilisateurs enquêtés sont issus d'un **tirage aléatoire**.

Pour les utilisateurs trop éloignés, excepté les agriculteurs, l'enquête a été faite par téléphone. Une réserve de 50% à 100% de chaque proportion a été prévue pour respecter les objectifs, néanmoins, un second tirage aléatoire fut nécessaire. La seconde phase de travail fut de créer le questionnaire. L'analyse bibliographique m'a permis de cibler cinq thèmes [ Figure 7].



Figure 7: Axe de réflexion de la construction du questionnaire.

En partant de ces thèmes, les questions relatives à la perception et à la gestion des CI ont été déterminées à l'aide d'un questionnaire élaboré par des étudiants lors d'un colloque en décembre 2018 (Actes du colloque - Mercredi 12 décembre 2018, 2018). Les analyses bibliographiques abordant la gestion de la CI, l'utilisation et la perception de la méthode MERCI ont aussi contribué à la création du questionnaire. **Deux types de questionnaires ont été réalisés, un ciblant les agriculteurs [Annexe 2], et un second ciblant les professions para-agricoles [Annexe 3].**

### II.2.2. Sondage en ligne sur la perception de la version en ligne de MERCI

Le sondage a ciblé **l'ensemble des utilisateurs de la base de données du recensement**. De même, avec l'aide de Sébastien Minette, nous avons fait appel aux personnes susceptibles de diffuser l'enquête à un réseau plus large. Le sondage en ligne est paru dans la lettre du collaborateur de l'APCA diffusée à l'échelle nationale, sur le site de la Chambre régionale d'Agriculture de Nouvelle-



Aquitaine à la page consacrée aux CI<sup>1</sup> et enfin sur la page d'accueil du site de l'Agriculture de Conservation<sup>2</sup>.

Le questionnaire du sondage a été conçu sur Google Forms, et envoyé par mail. Le texte du mail est court, en indiquant le thème du sondage, le temps de réponse et invite le destinataire à transmettre le sondage à d'autres utilisateurs dont nous n'avons pas connaissance.

Le questionnaire du sondage est composé de trois parties [Annexe 4] :

- **Profils des utilisateurs** : mail, nom, fonction, localité, domaine de production
- **Utilisation et perception de la version Excel de MERCI**
- **Perception et besoins** en vue du développement en ligne de la méthode MERCI

L'ensemble des résultats a été exporté et mis en forme dans un fichier Excel.



**Les résultats du sondage apportant un appui aux observations des enquêtes sont indiqués par ce symbole.**

### II.2.3. Animation et recueil des impressions

A l'occasion du Salon des professionnels de l'agriculture Les Culturelles, le 5 et 6 juin 2019, la Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine a disposé d'un stand permettant de **faire la promotion de la méthode MERCI**. Cette étape ciblait principalement de nouveaux utilisateurs ou des personnes n'utilisant plus MERCI et souhaitant plus d'informations. Ainsi, le stand devait rester **ouvert à un large public et être attractif** pour accrocher les visiteurs du salon.

Suivant cet objectif, j'ai conçu deux animations :

- **Une vidéo**, la durée doit être la plus courte possible. L'objectif est de démontrer que la méthode MERCI est facile à mettre en œuvre.
- **Une animation pédagogique** permettant d'illustrer le fonctionnement de la méthode MERCI actuelle sous son format Excel.

Puis, une feuille a été disposée sur le stand pour recueillir les contacts de nouveaux utilisateurs ou des personnes souhaitant des informations complémentaires.

Le déroulement du salon et le bilan des deux journées sont présentés en Annexe 6.

## II.3. Outils de traitement et d'analyse des données

### II.3.1. Analyse descriptive

La retranscription des entretiens semi-directifs a été réalisée par le logiciel d'enquête Sphinx. Puis, les résultats des entretiens et du sondage en ligne ont été compilés dans plusieurs **fichiers Excel**. Les

<sup>1</sup> Source : URL <https://nouvelle-aquitaine.chambres-agriculture.fr/innovation/programmes/couverts-vegetaux-interets-choix-des-especes-evaluation-de-linteret-agronomique/>

<sup>2</sup>Source : URL <https://agriculture-de-conservation.com/>

statistiques descriptives ont en majorité été réalisées sur Excel, à l'aide des tableaux croisés dynamique et des formules de calculs.

La variabilité du jeu de données et la pertinence de la statistique a été évalué avec le coefficient de variation (CV) (Reed, et al., 2002). Il est exprimé par la formule suivante :  $CV = (\sigma/\mu)*100$ , avec  $\sigma$  : écart-type empirique des données,  $\mu$  : moyenne empirique des données. Une valeur supérieure à 20% indique une variabilité des données importante apportant un biais à l'étude.

L'analyse cartographique a été réalisée sur le **logiciel QGis**, les couches des communes, des départements de France et les zones vulnérables ont été importées depuis le portail « data.gouv.fr ».

### II.3.2. Analyse statistique

Pour l'ensemble des tests réalisés, l'intervalle de confiance choisi est de 95%. Soit pour une p. value inférieure à 0.05, H0 est rejetée avec un intervalle de confiance de 95% et H1 est acceptée.

#### II.3.2.1. Tests du Khi<sup>2</sup>

Dans le cas de comparaison d'effectifs entre plusieurs variables qualitatives, le modèle statistique est le test du Khi<sup>2</sup> (Barnier, 2016), ou le test de Fisher pour les petits effectifs. Deux modèles du test du Khi<sup>2</sup> ont été appliquées :

- **Le test d'ajustement du Khi<sup>2</sup>**. Il évalue les différences significatives entre l'effectif observé ( $n_i$ ) et l'effectif théorique ( $e_i$ ) pour un nombre de répétitions (I). La statistique de test est :

$$T = \sum_{i=1}^I \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i}$$

L'hypothèse  $H_0$  est : il n'y a pas de différence significative avec l'effectif théorique et l'hypothèse  $H_1$  est : il y a des différences significatives avec l'effectif théorique. T est distribué selon une loi du Khi<sup>2</sup> à I-1 degrés de liberté.

- **Le test du Khi<sup>2</sup> d'indépendance**. Il est fondé sur un tableau de contingence comprenant le nombre total d'observations (n) des modalités  $i$  et  $j$ . L'équation de calcul des effectifs

théoriques est :  $\pi_{ij} = \frac{n_i \cdot n_j}{n}$ . La statistique de test est :  $T = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left( \frac{n_{ij} - \pi_{ij}}{\pi_{ij}} \right)^2$ .

L'hypothèse  $H_0$  est : les deux modalités sont indépendantes, et l'hypothèse  $H_1$  est : les deux modalités sont dépendantes. T est distribué selon une loi du Khi<sup>2</sup> à (I-1)(J-1) degrés de liberté.

Sur le logiciel R, pour les tableaux supérieurs aux dimensions 2 colonnes, 2 lignes, les valeurs de la probabilité critique (p.value) ont été calculées par simulations de Monte-Carlo.

À la suite des résultats du test statistique, l'interprétation est faite par l'étude des résidus de Pearson.

Ils sont obtenus par la formule suivante :  $\frac{\text{Effectifs observés} - \text{Effectifs théoriques}}{\sqrt{\text{Effectifs théoriques}}}$ . Une valeur des

résidus de Pearson **supérieur à 2 démontre une surreprésentation** de la classe, et une valeur des résidus de Pearson **inférieur à -2 démontre une sous-représentation**.

### II.3.2.2. Classification et typologie

La typologie a été conçue avec l'aide du logiciel statistique par un algorithme séquentiel issu de la *Classification And Regression Trees* (Cornillon, et al., 2012). Cette méthode permet de construire un arbre de classification, avec le package **rpart** intégré dans R. L'arbre de classification explique la probabilité de répartition géographique ( $Y$ : « NVA » Nouvelle-Aquitaine, et « FR » France) des utilisateurs de la méthode MERCI ( $\Omega$  = ensemble des utilisateurs  $w$ ) selon la date de prise de connaissance, la structure et la fonction de l'utilisateur ( $p = 3$  variables explicatives). Les utilisateurs recensés représentent l'échantillon  $n$ , avec  $K$  les modalités de la variable réponse  $y$ . Le nombre d'observations pour chaque nœuds ( $t$ ) est exprimé par  $N(t) = \sum_{w \in \Omega} 1_t(w)$ . Cette probabilité s'exprime :  $p(k|t) = \frac{N_k(t)}{N(t)}$  et  $p(t) = [p(k|t), k \in K]$ . Le taux d'erreur sur l'ensemble des nœuds ( $T$ ) s'exprime :  $R(T) = \sum_{t \in T} \frac{N(t)}{n} R(t)$  (Dhafer, 2015).

### II.3.2.3. Autres tests appliqués

L'étude de corrélation entre deux variables numériques a été effectuée par le calcul du coefficient de corrélation (Labatte, 2010). La formule appliquée est :  $r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$ , avec ;  $s_{xy}$  : covariance de  $x$  et  $y$  et  $s_x, s_y$  : écart-type pour  $x$  et pour  $y$ . Le coefficient est compris entre 1 et -1, définissant respectivement une relation positive et négative entre les deux séries de variables quantitatives. Les distributions des variables ne suivant pas une loi normale, la méthode de Spearman a été appliquée.

Enfin, les différences significatives, entre une distribution d'une variable quantitative ( $n$ ) en fonction d'une variable qualitative ( $k$ ), ont été analysées avec le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis (KW) (Labatte, 2010). Soit, pour une population avec  $k \geq 3$ ,  $k$  représente les échantillons aléatoires indépendants  $(X_{1,1}, \dots, X_{1,n_1})$  jusqu'à  $(X_{k,1}, \dots, X_{k,n_k})$ . Les moyennes pour chaque échantillon  $k$  s'expriment :  $\mu_i, \mu_j, \dots$ . Les hypothèses du test sont :  $H_0 = \ll \mu_i = \mu_j = \dots \gg$  et  $H_1 = \ll \text{Au moins une des moyennes est différente} \gg$ . La statistique de test suit une loi du  $\text{Khi}^2$ , elle s'exprime :  $KW = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k n_i (R_i - R)^2$ .

### III. Analyse comparative et formulation des hypothèses

---

#### III.1. Analyse comparative des outils et méthodes d'estimation de la biomasse et des restitutions

##### III.1.1. Outils et méthodes identifiés en France

###### III.1.1.1. Estimation en amont de la production et des restitutions

L'outil d'aide à la décision se rapprochant le plus de la méthode MERCI est développé par le semencier Jouffray-Drillaud. C'est une application smartphone, **MyChlorofiltre®**, uniquement destinée aux mélanges vendus par la firme. L'utilisateur renseigne le nom du couvert, la date de semis et la hauteur de végétation, puis il réalise une photo du couvert qui permet d'estimer la couverture du sol. Ainsi, il obtient une estimation de **la biomasse sèche produite et des quantités de N, P, K stockées et restituées à la culture suivante** (Cultiveille, 2017). Les informations de restitutions sont issues d'essai qu'ils ont réalisé avec leurs couverts.

Des méthodes d'estimations fondées sur des abaques ont été mises à disposition des utilisateurs, à l'image de la méthode présentée par Arvalis dans le guide « Cultures intermédiaires : Impacts et conduite » (Arvalis - Institut du végétal - CETIOM - ITB, 2011). La méthode **estime la quantité de biomasse sèche produite et la quantité d'azote piégée** par la CI. L'estimation est basée sur une mesure de la densité et de la hauteur par appréciation visuelle. Les restitutions sont estimées par **les tableaux du bilan azoté présents dans le guide du COMIFER**. Celles-ci correspondent au poste **MrCi (Minéralisation de la culture intermédiaire)** du bilan azoté. Cette valeur est une estimation de la quantité d'azote restituée à la culture suivante, dépendante de la production de biomasse et d'une période de destruction.

###### III.1.1.2. Effet direct observé sur la culture ou le sol

Les restitutions en azote peuvent **être indirectement prises en compte dans les outils d'estimation du reliquat azoté et de suivi dynamique des cultures**. Les deux méthodes existantes sont : la mesure de la présence d'azote dans le sol (avec bandelette ou reliquats en laboratoire) et la mesure de la teneur en azote de la culture en place. Par exemple, « **Appi'N** »<sup>1</sup> développé par l'INRA pour « APprendre à Piloter la nutrition N du blé » consiste à mesurer directement au champ l'indice de nutrition azoté (INN) du blé. La mesure est réalisée à différents stades de développement du blé et elle permet d'ajuster l'apport d'azote instantanément (Ravier, 2018). Puis, des services d'imagerie satellite, comme Farmstar, proposent une analyse d'image satellite de la parcelle et évalue les besoins de la culture.

---

<sup>1</sup> Source : <http://www.inra.fr/Entreprises-Monde-agricole/Resultats-innovation-transfert/Toutes-les-actualites/APPI-N>

### III.1.2. Outils et méthodes identifiés en Europe et dans le monde

En Suisse, les recherches menées à l'institut des sciences en production végétale ont permis de

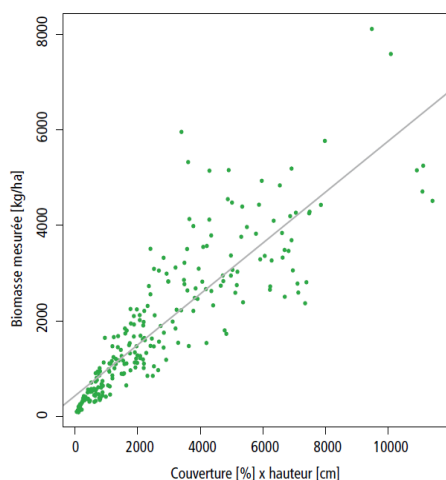


Figure 8 : Lien entre biomasse mesuré et l'indice de volume (Büchi, et al., 2016)

développer une « **Méthode non-destructive d'estimation de la production de la biomasse** » (Büchi, et al., 2016). La première phase de l'étude a permis de faire le lien entre **la biomasse mesurée sur le terrain et l'indice de volume** [Figure 8]. Celui-ci est obtenu en multipliant le taux de couverture du sol (%) et la hauteur (cm) des espèces de la CI. Les relations ont donné lieu à une équation globale pour toutes espèces en CI, et des équations spécifiques à chaque espèce. Par la suite, ils ont testé leurs modèles sur deux couverts en mélange (4 et 11 espèces) et quatre espèces pures. Le test du modèle global sur les espèces en mélanges est satisfaisant (coefficient de

corrélation,  $p = 0.79$ ). Cependant, pour des CI qui ont produit peu de biomasse mais une bonne hauteur et couverture du sol, soit en année défavorable, les valeurs estimées par le modèle global sont mal prédites.

Une autre étude en Suisse a permis de mettre en œuvre une méthode pour estimer la biomasse produite

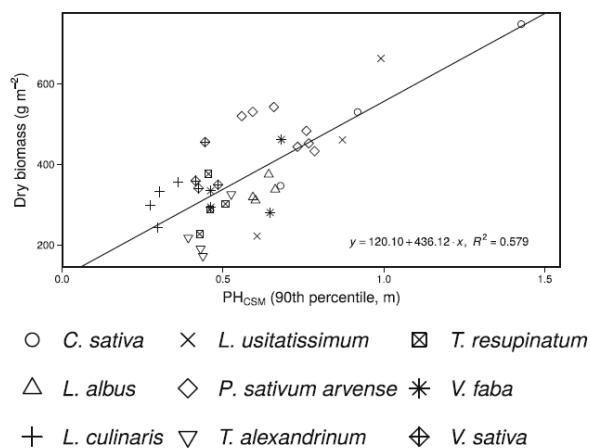


Figure 9 : Relation entre les hauteurs des plantes obtenue par un modèle numérique de surface ( $PH_{CSM}$ ) et la biomasse mesurée (Roth, et al., 2017)

par la CI à partir d'études photographiques (Roth, et al., 2017). L'expérimentation a été réalisée sur des placettes de CI monospécifiques (crucifères, légumineuses, graminées), et les images des ont été prises par drones. Les auteurs ont mesuré la hauteur des plantes (cm) et la biomasse verte puis sèche ( $g \cdot m^{-2}$ ) de chaque placette. L'analyse des images par un modèle numérique de surface a permis d'obtenir la hauteur des plantes. Dans un premier temps, les auteurs ont observé des valeurs proches entre les hauteurs des plantes du modèle numérique et les mesures terrains. Puis, en second temps, Les résultats ont mis en évidence **une relation significative entre la hauteur observée**

**et la biomasse mesurée** ( $p$ .value < 0.0001) [Figure 9]. En d'autres termes, l'étude met en avant l'intérêt de la télédétection dans la mesure de production de biomasse sèche d'un couvert monospécifique.

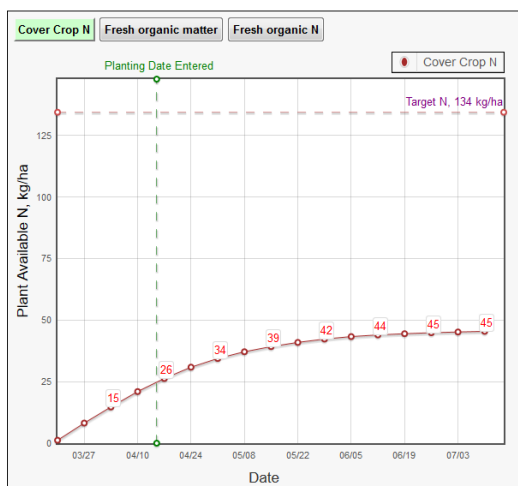


Figure 10 : Exemple d'une courbe du cumul des restitutions en azote (University of Georgia)

résultats [Figure 10], elle illustre la restitution de l'azote pour une CI composée d'avoine et de vesce implanté avant un maïs.

Le même organisme propose une méthode pour estimer la production de biomasse sèche. La méthode se présente sous format PDF<sup>2</sup> et elle propose d'estimer la matière sèche soit par l'assèchement de la matière verte au soleil ou au micro-onde.

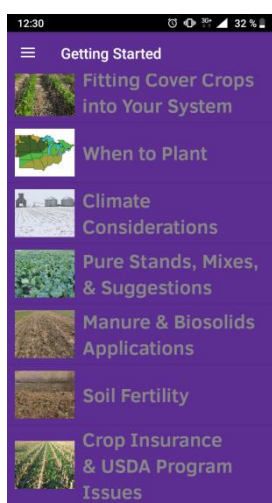


Figure 11 : Application de Midwest Cover Crop

De l'autre côté du Pacifique, aux Etats-Unis, le département de science agricole et environnementale de l'université de l'état de Géorgie a développé un **calculateur en ligne permettant d'évaluer la restitution en azote de la CI**<sup>1</sup>. Les informations à renseigner sont précises : situation géographique de l'utilisateur, espèces et date de semis de la culture suivante, travail du sol, les espèces en CI et la date de destruction, ainsi qu'une analyse laboratoire informant de la biomasse sèche, teneur en azote, glucides, cellulose et lignine de la CI [Annexe 5]. Les résultats indiquent la quantité d'azote restituée deux et quatre semaines après destruction. Une courbe permet de mieux visualiser les

Pour les états du Nord-Est, *Midwest Cover Crops Council* a aussi développé une application smartphone, téléchargeable sur Google Play et Apple [Figure 11]. L'application apporte une aide dans la gestion de la CI, du choix des semences à la destruction et à l'impact sur la culture suivante. Bien que le téléchargement soit libre, l'utilisation de l'application est restreinte aux personnes s'enregistrant et payant un montant de 2,99\$.

Enfin, à l'image de la méthode de calcul proposée par Arvalis (III.1.1.1, p. 18), d'autres organismes à l'étranger, privés ou publics, proposent des abaques d'estimation de la biomasse sèche produite et du piégeage d'azote. Par exemple, l'université de l'Oregon (USA)<sup>3</sup> ou encore No-till Farmer (*North Dakota State University - USA*)<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Disponible sur : URL <http://aesi.ces.uga.edu/mineralization/>

<sup>2</sup> Disponible sur : URL [https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%201077\\_2.PDF](https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/C%201077_2.PDF)

<sup>3</sup> Disponible sur : URL <https://extension.oregonstate.edu/gardening/techniques/estimating-nitrogen-dry-matter-cover-crops>

<sup>4</sup> Disponible sur : <https://www.no-tillfarmer.com/articles/1532-estimating-cover-crop-biomass-and-n-value>

### III.1. Analyse bibliographique

#### III.1.1. Perception et utilisations de la méthode MERCI

La matrice SWOT est une synthèse de la perception des utilisateurs et des utilisations de la méthode [Tableau 3]. Les avantages et inconvénients de la méthode ont ainsi été définis selon les points clés identifiés dans l'analyse bibliographique.

Tableau 3 : Matrice SWOT de la méthode MERCI

<p style="text-align: center;"><b><i>Forces</i></b></p> <p><b>Matériel et méthode</b> Facile à mettre en œuvre</p> <p><b>Fonctionnement du fichier</b> Fiabilité plus ou moins 15 kgN/ha Rapidité d'utilisation du fichier</p> <p><b>Agronomique</b> Observation de la CI Prise en compte des restitutions NPK dans le raisonnement de la fertilisation</p> <p><b>Financière</b> Economise une analyse en laboratoire Accès gratuit</p> <p><b>Communication</b> Intérêt agronomique des cultures intermédiaires multi-services (CIMS)</p>	<p style="text-align: center;"><b><i>Faiblesses</i></b></p> <p><b>Matériel et méthode</b> Besoin de matériel (outils de pesée, quadrats, sérateurs, bacs, sacs) Temps de séparation des espèces pour les mélanges complexes</p> <p><b>Fonctionnement du fichier</b> Références de l'ancienne région Poitou-Charentes (MS, %N...) Validité de destruction entre le 15 octobre et le 1<sup>er</sup> février</p> <p><b>Agronomique</b> Besoin d'affinement sur les restitutions en phosphore et potassium Pas d'informations sur la valeur fourragère du couvert Non-valable si les résidus sont laissés en surface (mulch)</p> <p><b>Communication</b> Les utilisateurs sont inconnus (nombre et localisation)</p>
<p style="text-align: center;"><b><i>Opportunités</i></b></p> <p><b>Réglementaire</b> Réglementation nitrates</p> <p><b>Communication</b> Valorisation des références sur la Nouvelle-Aquitaine Enrichissement de la base de données par le réseau national des Chambres d'Agriculture Diffusion de la méthode à grande échelle (France et pays étrangers) Interactions entre organismes et acteurs : agriculteurs, CA, INRA, Arvalis</p>	<p style="text-align: center;"><b><i>Menaces</i></b></p> <p><b>Fonctionnement du fichier</b> Compatibilité des macros Excel : non utilisable sur OpenOffice ni sur Mac, pérennité des macros avec les mises à jour Excel Période de mesures courtes et dans des conditions favorables (au moment de la destruction, entre 11h30 et 15h, végétation ressuyée)</p> <p><b>Climatique</b> Variabilité climatique influant sur la disponibilité des minéraux</p> <p><b>Agronomique</b> Donne une quantité d'azote potentiellement disponible, sans prendre en compte la lixiviation et autres fuites Non prise en compte de l'itinéraire de culture (semis direct, exportations, ...)</p>

Dans son ensemble, **les publications mettent en valeur l'aspect « pratique » de la méthode**. En revanche, le principal inconvénient est la **moindre adaptabilité de la méthode pour des systèmes de production spécifiques** (viticulture, techniques culturales simplifiées).

Le Tableau 3 met en évidence un besoin des utilisateurs de disposer d'une méthode adaptée aux spécificités géographiques et techniques de la parcelle étudiée. Puis, l'attente principale mise en avant est de préserver sa simplicité d'utilisation.

### III.1.2. Approche comparative de l'évolution et de l'amélioration de la méthode

Tableau 4: Analyse comparative des outils existants en rapport à la méthode MERCI

<i>Opportunités à l'augmentation de l'utilisation de la méthode MERCI</i>	<i>Frein à l'augmentation de l'utilisation de la méthode MERCI</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Peu d'outils et méthodes</b> développés en France</li> <li>- Outils des semenciers, <b>applicable pour des mélanges spécifiques</b></li> <li>- <b>Faible fiabilité des outils</b> en France : estimation de la proportion des espèces, tableau de valeurs moyennes</li> <li>- Les outils ciblent <b>la production de biomasse et la restitution en azote.</b></li> <li>- <b>Une partie des outils présentés n'ont pas de calculateur</b>, les calculs sont à réaliser par l'utilisateur</li> <li>- Outil étrangers <b>complexes</b> et parfois <b>payant</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Outils et méthodes développés en France valable sur <b>l'ensemble du territoire</b></li> <li>- <b>Pas de prélèvement terrain</b> : mesure de hauteur et densité, imagerie numérique</li> <li>- <b>Précision</b> des outils étrangers : station climatique, mode de conduite (travail du sol, gestion des résidus)</li> <li>- <b>Résultats précis sur la quantité d'azote restituée en fonction du temps</b></li> <li>- Outils et méthodes <b>accessibles et utilisables depuis un site internet</b></li> </ul>





La comparaison entre les avantages et contraintes de la méthode MERCI avec les autres outils existants présentés précédemment [Tableau 4], met en évidence l'intérêt de l'amélioration et de l'évolution de la méthode MERCI. La version actuelle disponible en format Excel présente des limites techniques, fonctionnelles et géographiques. L'objectif de l'évolution de la méthode est d'augmenter le nombre d'utilisateurs et d'utilisations. Par conséquent, elle doit prendre en compte ces limites et proposer des améliorations permettant de les surpasser.

### III.2. Hypothèses sur l'évolution et l'amélioration de la méthode

L'évaluation d'un programme est mise en œuvre autour de trois thèmes (Gao, et al., 2019) : (1) l'implication de l'ensemble des acteurs, (2) l'efficacité, et (3) l'amélioration du programme. Dans ce sens, en relation avec l'analyse comparative les hypothèses émises concernent 4 catégories : **les utilisateurs** (ensemble des acteurs), **les utilisations** (efficacité), **la perception de la version actuelle de la méthode MERCI** (efficacité et amélioration) et **de sa mise en ligne** (amélioration) [Tableau 5]. Les trois sources d'informations permettant de répondre aux hypothèses sont le recensement, l'enquête et le sondage. Les informations recueillies sont différentes à chaque étape, **les sources indiquent quelles informations nous permettent de répondre aux hypothèses de chaque catégorie.**



Tableau 5 : Hypothèses de l'étude sur l'évaluation de la méthode MERCI

Thèmes	Hypothèses	Sources
 Utilisateurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les utilisateurs ont des <b>profils variés</b> : fonction, structure, domaine de spécialisation (grandes cultures, maraîchage, viticulture, élevage)</li> <li>- Les utilisateurs sont <b>situés sur l'ensemble de la France métropolitaine</b></li> <li>- Le nombre d'utilisateurs de la méthode MERCI <b>est en constante augmentation</b></li> <li>- Les utilisateurs ont une <b>perception positive des cultures intermédiaires et sont en recherche d'innovation</b></li> </ul>	Recensement Enquête Sondage
 Utilisations	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La méthode MERCI est <b>maîtrisée</b> par l'ensemble des utilisateurs</li> <li>- La méthode est perçue <b>facile à mettre en œuvre</b> (mesures de terrain et calculateur Excel)</li> <li>- Le <b>temps de prélèvement est le principal frein</b> à l'utilisation de la méthode MERCI</li> <li>- L'utilisation de la méthode MERCI est <b>un atout pour la valorisation agronomique des cultures intermédiaires</b></li> <li>- Les utilisateurs <b>recommandent et diffusent</b> MERCI auprès de leurs collaborateurs (clients, collègues, ...)</li> </ul>	Enquête Sondage
 Perception	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les utilisateurs <b>considèrent la méthode fiable</b> sur l'estimation de biomasse, le piégeage d'azote et les restitutions en azote, phosphore et potassium</li> <li>- Les utilisateurs <b>intègrent</b> les valeurs de <b>MERCI dans le raisonnement de leur fertilisation</b></li> </ul>	Enquête Sondage
 Mise en ligne	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Les nouvelles fonctionnalités</b> par la mise en ligne de MERCI <b>sont perçues positivement</b></li> <li>- La <b>mise en ligne de la méthode contribuera à son utilisation</b> sur le territoire</li> <li>- Le <b>développement technique</b> est un atout pour <b>garantir une augmentation du nombre d'utilisateurs et d'utilisations</b></li> </ul>	Enquête Sondage

## IV. Expertise des utilisateurs et utilisations de la méthode MERCI

### IV.1. Etendue des utilisateurs identifiés et enquêtés

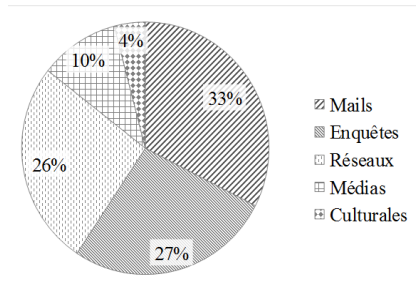


Figure 12 : Sources d'identification des utilisateurs du recensement

Le recensement a permis **d'identifier 567 individus** utilisateurs de la méthode MERCI, situés sur l'ensemble de la France métropolitaine [Annexe 5] et hors des frontières (3%), notamment en Belgique, Portugal et Suisse. Parmi les utilisateurs en France (557), 43% sont en région Nouvelle Aquitaine, dont 60% dans l'ancienne région Poitou-Charentes. Les trois principales sources d'identification des utilisateurs ont été les mails, enquêtes et réseaux [Figure 12]. **L'enquête a**

**permis de recueillir les témoignages de 34 utilisateurs et le sondage en ligne a rassemblé 236 réponses.** À la suite de l'analyse des résultats de l'enquête, une synthèse a été produite à destination des utilisateurs enquêtés, résumant les observations [Annexe 8].

### IV.2. Utilisateurs de la méthode MERCI

#### IV.2.1. Prise de connaissance de la méthode

Le recensement, regroupant l'ensemble des individus utilisateurs de la méthode MERCI, expose une progression constante du nombre d'utilisateurs de la méthode [Figure 13].

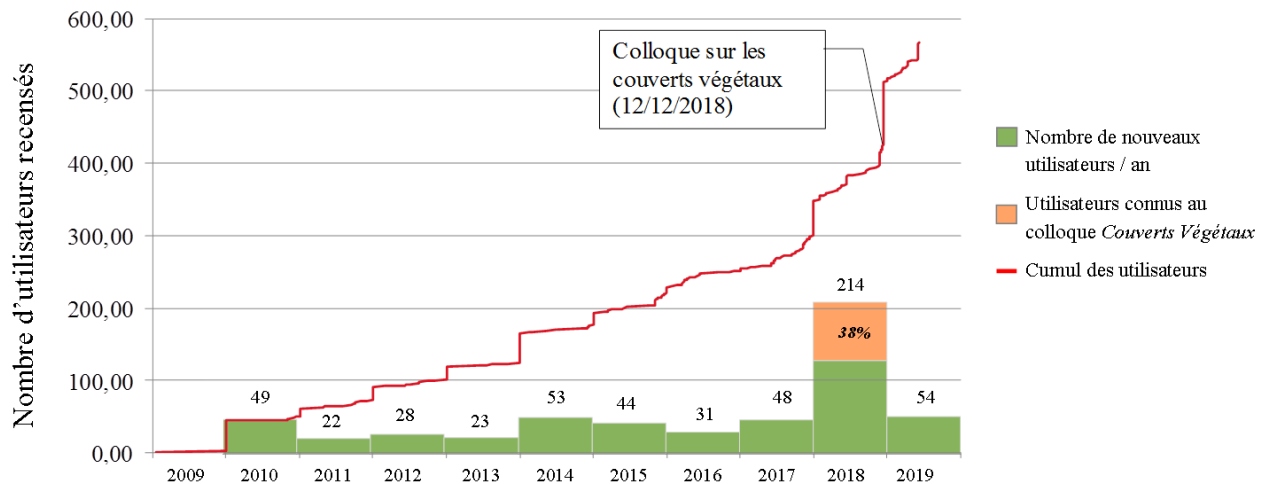


Figure 13 : Evolution du nombre d'utilisateurs de la méthode MERCI

Le nombre de nouveaux utilisateurs est important en 2018, en parti expliqué par une enquête réalisée au colloque sur les couverts végétaux (Angoulême, décembre 2018). Une des questions interrogeait les individus sur leurs connaissances et l'utilisation de la méthode MERCI.

La progression par palier d'année en année est expliquée par l'estimation de la prise de connaissance de la méthode. Soit, pour environ 38% des utilisateurs du recensement, seule l'année de prise de connaissance est connue, donc elle a été renseignée « 01/01/XXXX ».

Le recensement met en avant une évolution du nombre d'utilisateurs constante et progressive, **corrélée avec l'augmentation du nombre de publications** [Figure 14] (Test de corrélation,  $p.value = 3.698e^{-10}$ ). L'indice de corrélation est pratiquement égal à 1 (« Spearman »  $\rho = 0.9969651$ ).

L'augmentation semble plus marquée depuis 2017 [Figure 14]. L'analyse statistique du test du  $\chi^2$  d'ajustement met en évidence une **sous-représentation significative** du nombre de nouveaux utilisateurs entre 2011 et 2013 ( $-3,7 < \text{résidus de Spearman} < -2,9$ ).

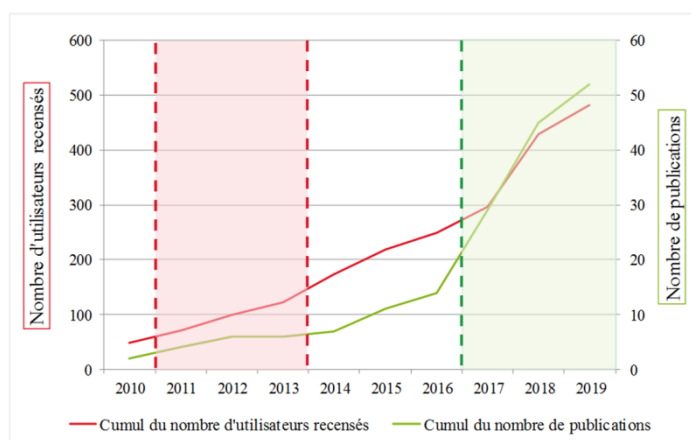


Figure 14 : Evolution du nombre de publication et du nombre d'utilisateurs en fonction des années



Le sondage en ligne met aussi en évidence un intérêt croissant pour la méthode. Soit, **25% des utilisateurs sondés ont eu connaissance de la méthode entre 2010-2012, 38% entre 2013-2015 et 37% entre 2016-2019.**

#### IV.2.2. Répartition géographique

L'intérêt pour la méthode MERCI en France est réparti sur l'ensemble du territoire de façon significativement hétérogène ( $\chi^2 : p.value < 2,2e^{-16}$ ). Les effectifs théoriques attendus pour ce test sont environ de 6 utilisateurs par départements. Ainsi, l'étude statistique de la répartition du nombre d'utilisateurs met en évidence une **surreprésentation du nombre d'utilisateurs pour l'ensemble de l'ancienne région Poitou-Charentes (1)** [Figure 15] et sur la majorité des départements de la région Nouvelle-Aquitaine. De plus, la Figure 15 met en évidence une proportion significativement élevée d'utilisateurs **pour des départements en Normandie (2), en Bourgogne-Franche-Comté (3) et en Centre Val-de-Loire (4).**

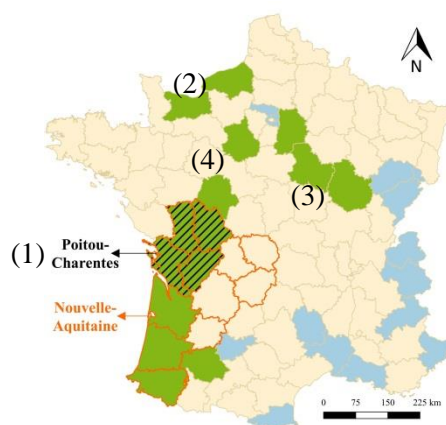


Figure 15 : Cartographie de la représentativité des utilisateurs par départements.

En vert : surreprésentation, en beige : neutre et en bleu : sous-représentation

En revanche, aucun utilisateur n'a été identifié dans les départements à l'Est et au Sud-Est de la France [Annexe 5]. L'absence d'utilisateurs peut s'expliquer par des modes de production non-concernés par l'utilisation de la méthode MERCI, comme les systèmes pastoraux.



**La surreprésentation des utilisateurs situés dans les départements de l'ancienne région Poitou-Charentes, en Nouvelle Aquitaine et en Eure-et-Loir est aussi significative** parmi les réponses au sondage.

#### IV.2.3. Professions et filières

Parmi les utilisateurs recensés, les conseillers (45%) et agriculteurs (28%) sont très représentés. Les autres fonctions identifiées sont chargés de mission (9%), animateurs (9%), l'enseignement (5%) ou la recherche scientifique (4%). **Les conseillers et agriculteurs concernent près de ¾ des utilisateurs, ils sont significativement surreprésentés** dans le recensement (*Résidus de Pearson respectifs : 16,1 et 6,66*).



Sur l'ensemble des réponses au sondage, 49% sont conseillers, 15% chargés de mission, 14% agriculteurs, 14% animateurs et 8% de la recherche et de l'enseignement. **Comparé aux effectifs du recensement, les agriculteurs ayant répondu au sondage sont sous-représentés** (*résidus de Pearson = -3,1*).

La filière des **grandes cultures est majoritaire** dans les enquêtes (**68%**), puis, **15% des individus sont en viticulture, et 9% en élevage**.

La distinction des systèmes en grandes cultures se confirme dans la bibliographie recensée, 69% des publications sont spécialisées en grandes cultures, 25% concernent la viticulture et 4% le maraîchage.

Puis, 29% des utilisateurs enquêtés sont en agriculture biologique. Et parmi les agriculteurs, près des ¾ sont en agriculture de conservation, soit en techniques culturales simplifiées (TCS) ou semis direct.



Sur l'ensemble des réponses au sondage, la filière **grandes cultures est majoritaire** (56%), **18% en filière polyculture-élevage et 10% en viticulture**. L'élevage, le maraîchage et les filières multiples (plusieurs systèmes de production) sont très minoritaire (< 5%). Puis, **50% des individus du sondage sont concernés par l'agriculture biologique**. Enfin, 10% des utilisateurs sont en agriculture de conservation. Toutefois, il est possible que la valeur soit sous-estimée, près de **40% des utilisateurs du sondage appliquent ou conseillent sur les TCS et/ou le semis direct**.

#### IV.2.4. Typologie des utilisateurs

L'arbre de classification [Annexe 9] a permis d'observer la probabilité de distribution des utilisateurs recensés selon leurs situations géographique (Poitou-Charentes, Nouvelle-Aquitaine, et France). La distribution dépend de la date de prise de connaissance de la méthode, des fonctions et des structures. Le taux d'erreur de la classification obtenue est de 29%.

Le nœud racine de l'arbre de classification divise les utilisateurs en deux groupes :

- **Les utilisateurs ayant eu connaissance de la méthode à partir de 2018**, les nœuds internes mettent en évidence un profil dominant conseiller ou agriculteur, situé en Nouvelle Aquitaine ou en Poitou-Charentes.

- **Les utilisateurs ayant eu connaissance de la méthode avant 2017**, les nœuds internes exposent deux profils dominants conseillers, animateurs ou chargés de mission situés en France, mais avec une connaissance de la méthode soit entre 2015-2017 ou avant 2012.

Considérant la somme des utilisateurs aux nœuds terminaux, la classification explique 67% des utilisateurs recensés. La typologie met en évidence l'influence de la date de prise de connaissance et de la fonction sur le profil de l'utilisateur. La structure semble avoir un effet faible sur le profil des utilisateurs, cela met en évidence la diversité des structures utilisatrices de la méthode MERCI.

#### IV.2.5. Perception des couverts végétaux par les utilisateurs

**81% des utilisateurs enquêtés sont en ZV.** Les fonctions para-agricoles considèrent qu'elle est un moteur aux CI par les agriculteurs, **50% d'entre eux estiment que les surfaces diminueraient** si la réglementation venait à disparaître. **Les agriculteurs sont convaincus de l'intérêt des CI**, la fin de la réglementation ne changerait rien à leurs pratiques. Ainsi, les CI sont abordées ou appliquées dans un premier temps par la réglementation et ont poursuivi leurs conseils ou applications pour les bénéfices agronomiques observés (38%).

Les avantages perçus des CI confirment ceux identifiés en bibliographie [I.4, p. 6]. Cependant, les principaux inconvénients mis en avant sont le coût et les compétences techniques. L'objectif principal de la CI est en engrais vert (94%). Pour la minorité restante, les surfaces sont partagées entre engrais vert et dérobée. Les espèces les plus fréquentes sont : **Féverole** (*Vicia labra* L.- 78%), **Phacélie** (*Phacelia tanacetifolia* Benth. - 72%), **Avoine Rude** (*Avena strigosa* Schreb. - 63%), **Radis chinois** (*Raphanus sativus longipinnatus* L.- 56%), **Vesce commune** (*Vicia sativa* L.- 56%) et la **Moutarde blanche** (*Sinapis Alba* L.- 50%).

Les espèces semées dépendent des semences disponibles (fermières et achetées) (44%), de l'objectif de l'agriculteur (38%) [cf. I.1.1, p. 2], de la place du couvert dans la rotation (34%), et de la gestion (semis, destruction) (25%). Les CI multi-spécifiques, c'est-à-dire composées de plusieurs espèces végétales, sont appliquées ou conseillées par l'ensemble des utilisateurs enquêtés. L'avantage est



Figure 16 : Schéma de conduite de la culture intermédiaire

principalement pour optimiser la couverture du sol (71%). Concernant l'itinéraire de culture, près des 3/4 réalisent un semis après la moisson (Juillet-Août) ou en septembre [Figure 16]. Cela dépend de la gestion des résidus du précédent, de la période de récolte et de la charge de travail. La date de destruction se situe : Novembre – Décembre (31%), Mars – Avril (28%). Au cours de la CI, 28% conseillent ou appliquent un apport d'azote sous forme organique [Figure 16]. Parmi les 62% d'utilisateurs ne réalisant aucun apport d'azote, 40% y réfléchissent pour favoriser la levée et la couverture du sol, ou pour assurer la rentabilité économique du couvert, notamment en élevage.

## IV.2.6. Vérifications des hypothèses du profil des utilisateurs

Tableau 6 : Validation des hypothèses sur le profil des utilisateurs.

Le symbole vert signifie « hypothèse validée »

Hypothèses	Validation
Les utilisateurs ont des <b>profils variés</b> : fonction, structure, domaine de spécialisation (grandes cultures, maraîchage, viticulture, élevage)	Les domaines de production utilisant la méthode sont variés. La classification met en évidence une diversité de professions et de structures. Enfin, les filières et les modes de production sont nombreux et représentatifs.
Les utilisateurs sont situés sur l'ensemble de la <b>France métropolitaine</b>	De même, la classification met en évidence une répartition sur l'ensemble du territoire. Une proportion significative d'utilisateurs se situe en dehors de la région Nouvelle-Aquitaine [Figure 15].
Le nombre d'utilisateurs de la méthode MERCI <b>est en constante augmentation</b>	L'évolution constante du nombre d'utilisateurs et la diffusion de la méthode mettent en avant l'intérêt agronomique de la méthode et un besoin d'évaluer la production de la CI.
Les utilisateurs ont <b>une perception positive des cultures intermédiaires et sont en recherche d'innovation</b>	La proportion significative d'utilisateurs en agriculture biologique ou en agriculture de conservation appuie l'intérêt pour l'innovation en CI.

## IV.3. Utilisation de la méthode MERCI

### IV.3.1. Les freins à l'utilisation de la méthode

Une première observation des freins à l'utilisation de la méthode a été étudiée dans l'analyse comparative [cf. III.1.1, p. 21]. L'enquête confirme ces observations :

- **Fiabilité** : 38% estiment que la méthode est peu fiable, en raison de doutes sur la méthode de prélèvement ou d'une situation pédoclimatique jugée trop éloignée de Poitou-Charentes.
- **Temps d'application** : il représente une limite pour 23% des enquêtés. En particulier, 1/3 des agriculteurs rencontrés n'appliquent pas la méthode eux-mêmes, mais discutent des résultats obtenus auprès de leur conseiller appliquant la méthode.

Les utilisateurs des fonctions para-agricoles n'utilisent plus la méthode **ces deux dernières campagnes (2017 et 2018) en raison des aléas climatiques et de la faible réussite des couverts**.



Sur l'ensemble des réponses au sondage, environ **17% des utilisateurs ne pratiquent plus la méthode MERCI**. Pour la majorité, la raison est **le manque de temps (54%)**. Les autres raisons principales évoquées sont l'absence de besoins (31%), la faible réussite des couverts (15%) et les questionnements sur la fiabilité de la méthode (8%).

### IV.3.2. Intérêts et avantages de MERCI dans la gestion de la fertilisation

Le principal avantage de la méthode pour 85% des utilisateurs est la possibilité de **quantifier les restitutions de leurs couverts, notamment pour la culture suivante** [Tableau 7].

Tableau 7 : Avantages perçus par les utilisateurs enquêtés sur la méthode MERCI.


Cases grises : réponses non représentatives

Avantages	Agriculteurs (% sur 9 individus)	Para-agricole (% sur 25 individus)	Ensemble (% sur 33 individus)
<b>Résultats</b>	→ Informations sur les restitutions NPK <b>89%</b>	→ Instantanés → Quantifier / Estimer restitutions NPK <b>80%</b>	<b>85%</b>
<b>Application</b>		→ Simple → Rapide <b>48%</b>	<b>39%</b>
<b>Observations terrain</b>		→ Développement et croissance de la CI <b>36%</b>	<b>27%</b>
<b>Fonctionnalités du calculateur</b>	→ Lisible → Accès libre <b>22%</b>	→ Liste d'espèces considérable → Prise en compte de chaque espèce de la CI <b>24%</b>	<b>24%</b>
<b>Autres remarquables</b>	→ Contribue aux échanges autour des CI <b>22%</b>	→ Valorise l'intérêt agronomique des CI <b>20%</b>	

Les avantages mis en évidence par l'enquête confirment ceux étudiés en amont dans la bibliographie (cf. III.1, p. 21). En particulier, la possibilité d'estimer la production et les restitutions NPK de la CI et la simplicité d'application.

### IV.3.3. Facilité d'utilisation de la méthode

La facilité d'application a été évaluée par une note de 1 à 10, la note la plus élevée désignant « très facile à mettre en œuvre ». Les utilisateurs estiment en moyenne à **8,1/10 la facilité de mise en œuvre** ( $\sigma = 1,28$ ). La note minimale attribuée est 4/10 justifiée par des difficultés d'identification et de contrainte de temps pour le tri des espèces.

 Le sondage confirme la facilité de prise en main avec une moyenne de 7,9 ( $\sigma = 1,56$ ). Néanmoins, les agriculteurs ont plus de difficultés à maîtriser l'ensemble de la méthode ( $\mu_{\text{agriculteurs}} = 7,4$ ), à l'inverse des chargés de mission ( $\mu_{\text{chargés de mission}} = 8,6$ ) [Figure 17] (KW,  $p.value = 0,03$ ).

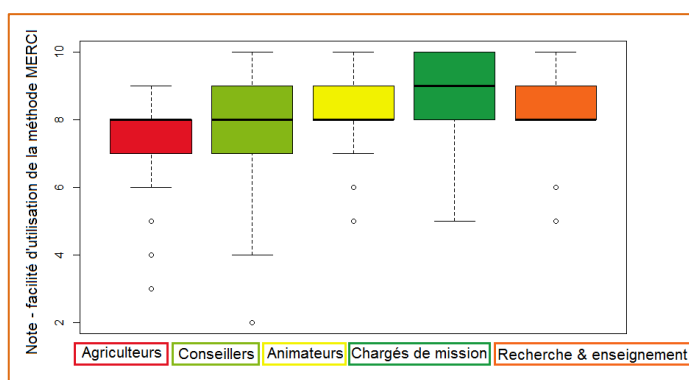


Figure 17 : Attribution des notes sur la facilité d'utilisation de la méthode MERCI (sondage en ligne)

#### IV.3.4. Compréhension du fonctionnement de la méthode

L'avantage perçu par les utilisateurs sur les restitutions NPK des CI et l'appréciation positive de la mise en œuvre de la méthode suggèrent une bonne compréhension de la méthode MERCI [cf. I.5.2.2, p. 9].

Domaine de validité	Agriculteurs	Para-agricole	Ensemble
<b>Interculture courte</b>	0%	20%	15%
<b>Période de destruction</b>	11%	12%	12%
<b>Enfouissement des résidus</b>	11%	12%	12%

Tableau 8 : Pourcentage de bonnes réponses sur les domaines de validité du calculateur

Néanmoins, l'enquête a mis en évidence une méconnaissance des champs de validité du calculateur MERCI [Tableau 8]. Le taux nul chez les agriculteurs pour l'application de la méthode en interculture courte est principalement dû à l'absence de la pratique. Puis, concernant les champs sur la période de destruction et l'enfouissement des résidus, la majorité des utilisateurs, toutes fonctions et dates confondues, n'ont pas connaissance des spécificités d'application de la méthode. L'avancée de la date de destruction en sortie d'hiver et les résidus non-enfouis sont des pratiques récentes, émergeant de l'agriculture de conservation.

#### IV.3.5. Application de la méthode MERCI

##### IV.3.5.1. Etendue de l'utilisation

En moyenne, les individus enquêtés utilisent la méthode MERCI sur 13 parcelles chaque année. Une exception est remarquable pour un conseiller qui utilise la méthode à l'aide de son équipe sur plus d'une centaine de parcelles. Cette utilisation est spécifique à un programme d'actions sur un bassin versant.

A l'exception de cette valeur, les témoignages recueillis mettent en évidence une utilisation différente selon la fonction de l'utilisateur (KW,  $p.value = 0,04$ ) et la date de prise de connaissance ( $\text{Khi}^2$ ,  $p.value = 2,1e^{-06}$ ). En particulier, les **animateurs et chargés de mission semblent appliquer la méthode sur plus de parcelles** à l'inverse des agriculteurs [Figure 18]. De même, les **utilisateurs**

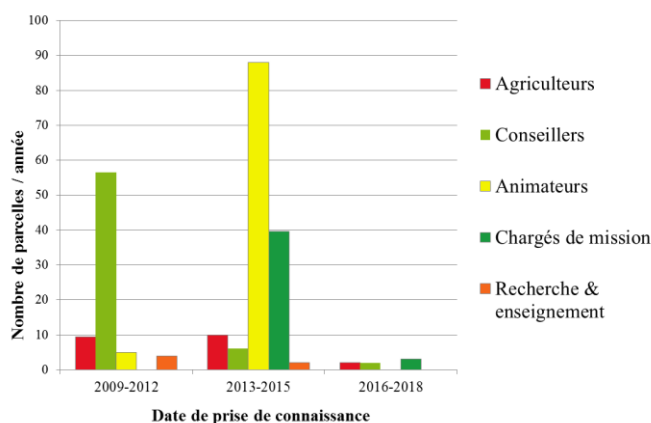


Figure 18 : Fréquence moyenne annuelle des applications au champ de la méthode MERCI

**ayant connaissance de la méthode après 2016 semblent appliquer la méthode sur moins de parcelles** (résidus de Pearson < -2). Cependant, le coefficient de variation a un taux très élevé, environ 116%, la forte variabilité des données apporte un biais dans l'analyse statistique. Soit, des observations supplémentaires seraient nécessaires pour confirmer la tendance étudiée.





**Le sondage en ligne confirme la tendance étudiée de l'influence de la fonction sur le nombre de parcelles** ( $Khi^2$ ,  $p.value = 0.028$ ). En comparaison aux autres fonctions, **les animateurs réalisent plus de relevés avec la méthode MERCI** (*résidus de Pearson* = 2,36). Il n'y a pas de différence significative selon la date de prise de connaissance.

#### IV.3.5.2. Diffusion de la méthode

Selon le profil de l'utilisateur, l'application de la méthode MERCI peut avoir deux objectifs : (1) estimer la production de la culture intermédiaire directement sans étude de laboratoire, et (2) diffuser la méthode. Ce dernier concerne uniquement les fonctions para-agricoles (24/34). Soit, **58% diffusent la méthode et les résultats obtenus sur la production de la CI auprès des agriculteurs**. Le moyen de diffusion privilégié est la **communication orale (92%)**, lors de tours de plaine ou réunions techniques, et **les bulletins techniques d'informations (54%)**.

**L'ensemble des agriculteurs enquêtés font partis de réseaux d'agriculteurs** soit formels, par les groupes techniques portés par les organismes, ou informels par les réseaux sociaux.

**L'ensemble des utilisateurs enquêtés estime que la méthode MERCI est perçue positivement par les agriculteurs**, mais les freins identifiés précédemment (cf.IV.3.1, p. 28) sont une limite à l'utilisation régulière de la méthode.

#### IV.3.5.3. Temps consacré à l'application

Aux champs, les prélèvements préalables au calcul sont réalisés **sur une surface de 0,25m<sup>2</sup> ou 1m<sup>2</sup>**, respectivement avec un cerceau ou un quadrat. Un à trois prélèvements sont réalisés selon l'hétérogénéité de la CI. **Le tri des espèces** peut avoir lieu de deux façons :

- **Pendant la coupe**, les espèces sont prélevées une par une
- **Avant la pesée**, les espèces sont triées dans la biomasse prélevée

Avec 26 réponses sur 34, **la phase de prélèvement sur une parcelle est en moyenne de 40 minutes**, mais avec une forte variabilité entre individus. Cependant, la variabilité est importante de 15 à 180 minutes ( $CV=82\%$ ), cela dépend du contexte de l'application (formations, individuel) et du nombre de personnes réalisant le prélèvement. Les utilisateurs accordant le temps le plus faible estiment que la méthodologie s'applique plus facilement avec le temps. 83% des utilisateurs enquêtés jugent la durée correcte, dans la mesure où ils estiment ne pas pouvoir faire plus rapidement.









Sur l'ensemble des utilisateurs, **69% estiment que la durée de mise en œuvre est satisfaisante**, 13% que la méthode est rapide et 18% plutôt longue. Parmi les réponses des agriculteurs, le temps accordé est jugé satisfaisant (82%) à long (18%).

### IV.3.6. Vérifications des hypothèses sur l'utilisation de la méthode MERCI

Tableau 9 : Validation des hypothèses sur l'utilisation de la méthode

Symbole vert : « hypothèse validée », symbole jaune : « hypothèse mise en doute »

Hypothèses		Validation
La méthode MERCI est <b>maîtrisée</b> par l'ensemble des utilisateurs		- Les prélèvements sur le terrain sont maîtrisés - Les domaines de <u>validité du calculateur sont mal connus</u>
<b>La méthode est perçue facile</b> à mettre en œuvre		L'ensemble des utilisateurs sont satisfaits sur la facilité de mise en œuvre de la méthode.
<b>Le temps de prélèvement est le principal frein</b> à l'utilisation de la méthode MERCI		 Ce frein est un <u>point de vigilance</u> . Néanmoins, l'utilisation régulière de la méthode permettrait de réduire le temps d'application.
L'utilisation de la méthode MERCI est <b>un atout pour la valorisation agronomique des cultures intermédiaires</b>		La méthode est appréciée par les fonctions para-agricoles pour encourager les échanges autour des bénéfices des CI.
Les utilisateurs <b>recommandent et diffusent</b> MERCI auprès de leurs collaborateurs		La diffusion orale est privilégiée. La facilité d'application et les résultats instantanés sont un atout pour son développement.

## IV.4. Perception de la méthode MERCI

### IV.4.1. Perception de la fiabilité de la méthode

**La fiabilité de la méthode a été évaluée par 68% des utilisateurs enquêtés** sur une échelle de 1 à 10, respectivement « aucune confiance » à « très confiant ». L'absence de réponses est due soit à une utilisation récente de la méthode, après 2015, soit à l'absence de comparaison avec des analyses en laboratoire.

Ainsi, parmi les réponses, les utilisateurs évaluent **la fiabilité de la méthode à 7,2/10 en moyenne** ( $\sigma = 1,3$ ). Cependant, les utilisateurs ont fait part d'une confiance plus faible sur les restitutions. Les doutes émis sur ce point sont liés à l'incompréhension des calculs pour les estimations et à la complexité des processus de minéralisation influant sur la disponibilité des minéraux pour la culture suivante. En raison de ces limites, un utilisateur chargé de mission juge la fiabilité de l'outil à 3/10. La localisation de l'utilisateur ne semble pas influencer l'évaluation de la fiabilité, les moyennes sont égales.



En ciblant plus spécifiquement les valeurs de restitutions, le sondage met en évidence cette incertitude partagée entre les utilisateurs [Figure 19]. En effet, seul 57% des utilisateurs font

confiance aux restitutions azotées données par la méthode. Cette proportion est plus faible pour le phosphore et le potassium, de l'ordre de 49%.

Pour N, plus de la moitié des animateurs (58%), chargés de mission (63%) et la recherche et l'enseignement (78%) estiment la méthode fiable à très fiable [Annexe 10, figure A]. A l'inverse, près de la moitié des agriculteurs (55%) et conseillers (44%) estiment la fiabilité passable à nulle.

Pour le P et K, l'estimation de la fiabilité est similaire entre les fonctions. Puis, les utilisateurs ayant connaissance de la méthode depuis 4 à 6 ans (2012-2015) semblent avoir une meilleure estimation de la fiabilité des restitutions NPK, en comparaison des anciens ou récents utilisateurs [Annexe 10, figure B].

Enfin, les utilisateurs situés dans les départements de l'ancienne région Poitou-Charentes semblent accorder une meilleure confiance aux résultats sur les restitutions NPK par rapport aux autres utilisateurs [Annexe 10, figure C].

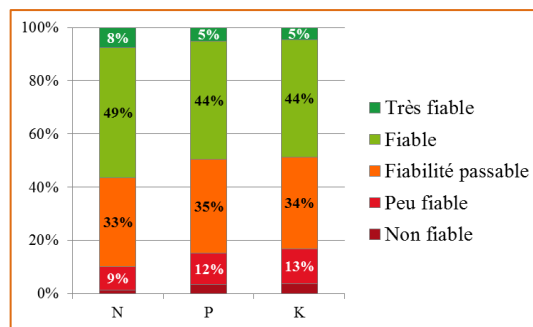


Figure 19 : Estimation de la fiabilité de la méthode MERCI

#### IV.4.2. Intégration des résultats dans le raisonnement de la fertilisation

##### IV.4.2.1. Fertilisation azotée

L'enquête met en évidence que **58% des utilisateurs enquêtés ne prennent pas en compte** les restitutions azotées dans leurs conseils ou raisonnements. Les principales raisons sont : la faible fiabilité accordée aux restitutions, l'utilisation d'outil n'intégrant pas la méthode MERCI et une utilisation de la méthode juste pour estimer la production en biomasse sèche de la CI et l'azote piégé. Néanmoins, **42% des utilisateurs prennent en compte partiellement ou entièrement les restitutions azotées**. Ce sont en majorité **les conseillers (29%) et agriculteurs (43%)**. La réduction a été confirmée chez ces utilisateurs par une observation de l'effet de l'apport d'azote par les CI sur la culture suivante (36%). L'effet a été estimé visuellement ou constaté sur les mesures de reliquats azotés. Puis, en second temps, la réduction a été facilitée par une réflexion économique et environnementale du fonctionnement du système de production (29%).

##### IV.4.2.2. Fertilisation en phosphore et potassium

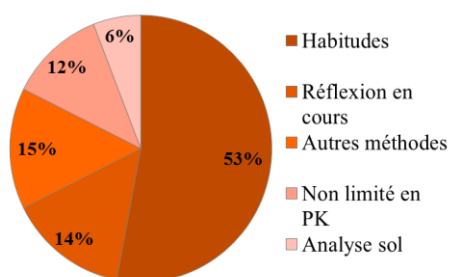


Figure 20 : Arguments des utilisateurs sur la non-prise en compte des restitutions en PK

Concernant **le phosphore et potassium**, l'enquête révèle que **la plupart des apports sont réalisés ou conseillés selon des habitudes (53%)** [Figure 20]. Néanmoins, **14% des utilisateurs enquêtés étudient la possibilité de réduire** les apports. Un animateur en agriculture biologique évoque notamment le besoin de réduire la fertilisation PK en rapport aux coûts de ces

intrants. Puis, 21% des utilisateurs utilisent des outils de pilotage ou font des analyses de sol pour évaluer leurs stocks en P et K.

Enfin, lors des échanges, des utilisateurs ont fait part d'une confusion sur les restitutions PK, la formulation « restitutions » pourrait insinuer que les CI apportent du PK dans le sol.

Le sondage en ligne confirme la tendance observée dans l'enquête. Les restitutions N sont significativement mieux intégrées dans le raisonnement de la fertilisation à l'inverse du PK ( $K\chi^2$ ,  $p.value = 3,38e^{-08}$ ). La proportion de non-prise en compte des valeurs en P et K est significativement surreprésentée (résidus de Pearson > 2) par rapport à l'azote (Pearson = -4,71).

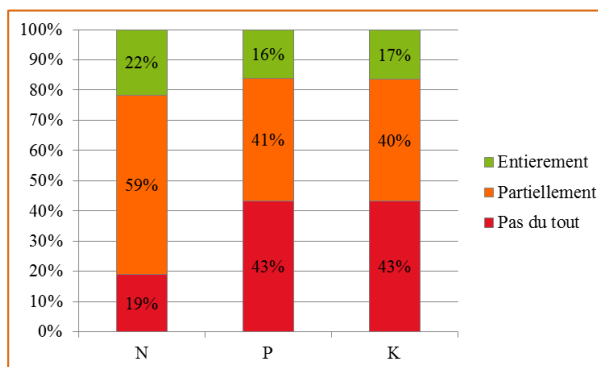


Figure 21 : Intégration des valeurs de restitutions en NPK dans le raisonnement de la fertilisation

#### IV.4.3. Vérification des hypothèses sur la perception de la méthode MERCI

Tableau 10 : Validation des hypothèses sur la perception de la méthode.

Symbole jaune : « hypothèse mise en doute », symbole rouge : « hypothèse refusée »

Hypothèses	Validation
Les utilisateurs considèrent la <b>méthode fiable</b> sur l'estimation de la biomasse, le piégeage d'azote et les restitutions en azote, phosphore et potassium	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La biomasse et la quantité d'azote piégée sont jugés fiables et appréciés par les utilisateurs.</li> <li>- L'incompréhension des méthodes de calculs du fichier soulève des doutes sur la fiabilité des valeurs de restitutions NPK.</li> </ul>
Les utilisateurs <b>intègrent</b> les valeurs de <b>MERCI dans le raisonnement de leurs fertilisations</b>	En lien avec l'hypothèse précédente, les doutes sur les calculs de restitution causent une faible prise en compte des restitutions dans la fertilisation de la culture suivante.

#### IV.5. Application et perception de la mise en ligne de la méthode MERCI

##### IV.5.1. Principe de la mise en ligne : amélioration de la méthode

La version « web » de la méthode MERCI a été mise en œuvre en 2018, par un projet CASDAR déposé par la Chambre régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine en partenariat avec Arvalis - Institut du végétal, UMR AGIR Inra Auzeville et Bordeaux Science Agro. La nouvelle version est prévue pour une mise en service en 2020. L'objectif de la mise en ligne de la méthode MERCI est d'encourager son utilisation sur l'ensemble du territoire métropolitain [Figure 22].



Figure 22: Schéma explicatif des objectifs de la mise en ligne de la méthode MERCI

En réponses aux sous-objectifs de la mise en ligne [Figure 22], le projet déposé en 2018 pour le développement de la méthode MERCI inclut les nouvelles fonctionnalités suivantes :

- **Inscription (1)** : elle assure le suivi des utilisateurs et des utilisations, l'inscription est gratuite. Elle permet d'avoir accès à l'ensemble des fonctionnalités du site web (bibliothèque, enregistrement et exportation des calculs).
- **Développement en ligne (2)** : accès pour tous à la méthode et aux mises à jour, notamment à la suite de l'ajout de nouvelles espèces.
- **Foire aux questions** : elle est complétée par les questions régulièrement posée à la Chambre d'Agriculture et par les résultats de l'enquête.
- **Bibliothèque** : Les documents descriptifs de la méthode MERCI, un tutoriel vidéo et d'autres documents techniques composeront la page.

Puis, les améliorations techniques du calculateur sont les suivantes :

- **Adaptation aux contextes pédoclimatiques en France métropolitaine (3)** : 24 stations réparties sur l'ensemble du territoire, avec les principaux types de sols présents dans la région renseignée par l'utilisateur.
- **Adaptation aux aléas climatiques (3)** : données climatiques réelles de 2006 à 2018 puis simulations et tendances attendues pour 2019-2026.
- **Adaptation aux systèmes de productions (3)** : possibilité de renseigner la gestion des résidus (exportés, enfouis ou mulchés) et la surface occupée par la CI (viticulture, maraîchage).
- **Allongement de la période de destruction (3)** : Du 15 octobre au 15 avril [Figure 23]

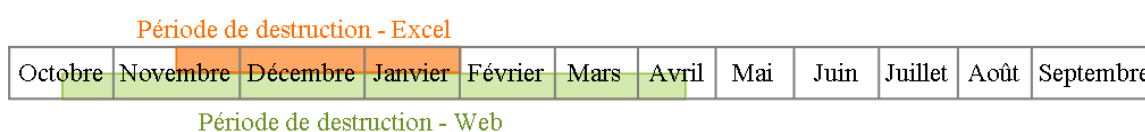


Figure 23 : Validité de la période de destruction avec la mise en ligne de la méthode MERCI

- **Consolidation et étendue des résultats (4)** : La base de données est enrichie par de nouvelles références nationales. Les valeurs fourragères, méthanogènes, les restitutions en soufre,

magnésium, et le stockage carbone de la CI sont ajoutés aux résultats. De même, la quantité d'azote disponible à la culture suivante en fonction du temps est détaillée (dynamique).

Le développement web de la méthode a été confié à l'entreprise Zimage. Ils ont ainsi mis en œuvre deux interfaces : « utilisateurs » disponible début 2020 à l'adresse : « [www.methode-merci.fr](http://www.methode-merci.fr) » [Visuels, Annexe 11] et « administrateur ». Cette dernière est uniquement accessible par la Chambre Régionale pour mettre à jour et modifier les paramètres si besoin. Par les améliorations techniques et fonctionnelles de la méthode MERCI, la Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine souhaite atteindre à 6000 utilisateurs (AAP Casdar, 2018). Enfin, pour financer la gestion du site web, la Chambre régionale réfléchit à proposer un accès à la base de données collectée aux organismes. Cet accès serait conditionné à une contribution de 200€/an environ.

## IV.5.2. Perception de la mise en ligne

### IV.5.2.1. Fonctionnalités

Les utilisateurs enquêtés sont plutôt favorables à l'inscription (72%). Parmi eux, 42% estiment que la mise en ligne est plus simple qu'une utilisation par un fichier Excel. Pui, 25% pensent que l'inscription assure la crédibilité des données enregistrées dans la base de données.

Enfin, 25% des utilisateurs enquêtés estiment qu'il est important de préciser l'utilisation des données enregistrées et d'assurer la préservation des données personnelles.

Ensuite, 70% des utilisateurs estiment que la mise en ligne de la méthode encouragera l'utilisation par les agriculteurs de façon autonome. Cela est justifié par l'utilisation plus pratique du calculateur au champ avec le smartphone.

Ensuite, 30% estiment que les agriculteurs n'utiliseront pas davantage MERCI, la méthode étant déjà disponible en ligne.

Enfin, l'accès à un module pro intéresse 76% des utilisateurs des fonctions para-agricoles. Néanmoins, pour 42% d'entre eux, le prix peut représenter un frein à son utilisation.



Sur l'ensemble des réponses au sondage, les utilisateurs continueront à utiliser la méthode MERCI (97%). Ils sont demandeurs d'informations complémentaires sur le fonctionnement de la méthode. Pour 75 à 80% des utilisateurs, la présence de vidéos pédagogiques, d'une notice d'utilisation et d'exemples d'utilisations sont indispensables. Les concepts et formalismes scientifique du calculateur sont aussi jugée d'une bonne utilité à indispensable pour 58% des utilisateurs du sondage.

### IV.5.2.2. Améliorations techniques

Premièrement, 90 à 80% des utilisateurs enquêtés sont fortement intéressés par les informations sur les caractéristiques de la CI et les restitutions [Figure 24]. **Les utilisateurs sont significativement moins intéressés par la valorisation en dérobée et le stockage carbone** ( $K_{hi}^2$ ,  $p.value = 5,00e^{-04}$ , résidus

de Pearson respectifs = 3,74 et 2,60). L'objectif des CI est principalement en engrais vert (cf.IV.2.5, p. 27), d'où le faible intérêt pour la valorisation dérobée. Puis, le stockage carbone est apprécié pour valoriser la contribution de l'agriculture à la diminution des rejets de carbone.

**L'intégration d'informations complémentaires (dynamique de restitution de l'azote, soufre et magnésium), est perçue très**

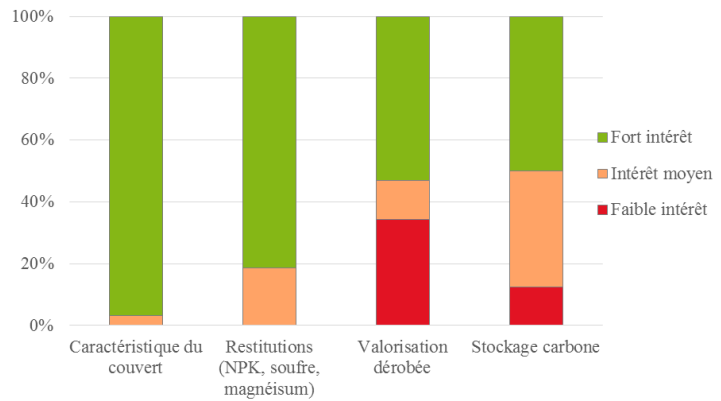


Figure 24 : Appréciation de l'étendue des résultats de la version en ligne de la méthode MERCI



**positivement**, notamment en viticulture où l'équilibre potassium / magnésium dans le sol est important pour une bonne production de la vigne (Bontemps, et al., 2013).

Enfin, de manière générale, l'adaptation de ces résultats au contexte pédoclimatique de l'utilisateur est aussi importante, clairement exposé pour 15% d'entre eux.

**64% des utilisateurs du sondage pensent que la mise en ligne va accroître le nombre d'utilisateurs et d'utilisations.** 40% ont fait part de suggestion pour la nouvelle version en ligne. A ce jour, la version en ligné prévue permet de répondre à 72% de leurs suggestions (ajout d'un résultat, amélioration de la fiabilité ...).

#### IV.5.3. Vérification des hypothèses sur la mise en ligne de la méthode MERCI

Tableau 11 : Validation des hypothèses sur la perception de la mise en ligne de MERCI.

Symbole vert : « hypothèse validée », symbole jaune : « hypothèse mise en doute »

Hypothèses	Validation
Les nouvelles fonctionnalités par la mise en ligne de MERCI sont perçues positivement	<p>Les utilisateurs sont favorables aux fonctionnalités de la mise en ligne.</p> <p>Néanmoins, la mise en ligne peut présenter une difficulté pour les agriculteurs.</p>
La mise en ligne de la méthode contribuera à son utilisation sur le territoire	<p>La mise en ligne n'est pas limitante pour les utilisateurs actuels, la diffusion de la méthode dépend des moyens de communication mis en œuvre.</p>
Le développement technique est un atout pour garantir une augmentation du nombre d'utilisateurs et d'utilisations	<p>L'étendue des résultats permet de cibler des filières, modes de travail du sol divers (viticulture, maraîchage, TCS, semis direct)</p>

## V. Perspectives et discussion

### V.1. Intérêt de l'évolution de la méthode MERCI

#### V.1.1. Accroissement du nombre d'utilisateurs

Pour rappel, la mise en ligne de la méthode MERCI a pour objectif de rassembler 6000 utilisateurs (cf. IV.5.1, p. 34). L'enquête et le sondage ont permis de mettre en évidence la diversité des utilisateurs et utilisations [Figure 25]. Cette diversité s'exprime principalement par la localité et le système de production des utilisateurs [Figure 25, A et B]. Néanmoins, le sondage a mis en avant un intérêt plus faible des agriculteurs à l'inverse des fonctions para-agricoles [Figure 25, C].

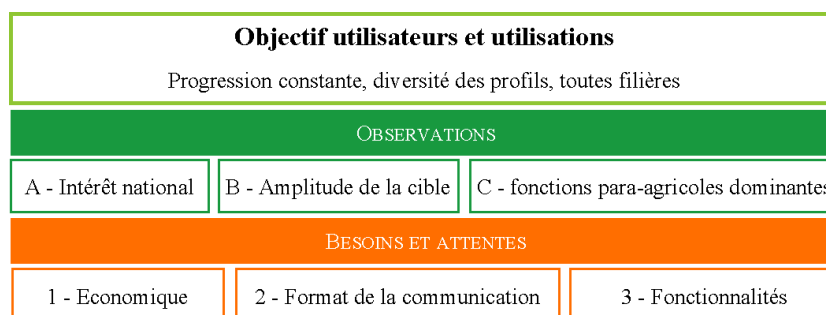


Figure 25 : Evaluation des besoins et attentes à l'accroissement des utilisateurs

Ainsi, trois besoins et attentes ressortent de ces observations :

#### 1. Economique

La perception des CI par les utilisateurs met en évidence des inconvénients liés aux coûts en matériel et semences des CI, et à la charge de travail. Pour augmenter la cible « agriculteurs », actuellement de 28%, une approche économique sur la fertilisation NPK serait pertinente (cf. IV.4.1, p. 32). Cela permettrait de mieux impliquer les agriculteurs et de les sensibiliser à la réussite de leurs couverts et à l'utilisation de la méthode MERCI. L'objectif est d'atteindre 40 à 50% d'agriculteurs à l'image de la méthode Jouffray-Drillaud (comm. pers., Varaigne, 2019).



L'intérêt économique des CI peut être intégré dans la foire aux questions (FAQ) du site sur la méthode MERCI. La question exposerait le coût moyen des engrais et un calcul rapide pour estimer la valeur économique de la réduction de ces intrants sur la culture suivante.

#### 2. Format de la communication

L'étude a mis en évidence une utilisation plus notable auprès des animateurs et un mode de diffusion de la méthode principalement orale lors de journées techniques. Puis, la perception positive de la méthode semble avoir permis une diffusion auprès d'un large public, des filières viticoles, maraîchères et en élevage, situé sur l'ensemble de la France. De même, les modes de travail du sol sont variés, avec notamment une forte émergence des systèmes en TCS et en semis direct.



Un tutoriel en format vidéo, prévu dans la version en ligne de la méthode, est un atout pour favoriser l'utilisation en présentant la méthode du terrain au calculateur. Néanmoins, il



n'existe pas aujourd'hui d'outils de communication sur la méthode MERCI pouvant être distribués lors des interventions. Aussi, il pourrait être envisagé de créer une plaquette, en format A6 recto-verso, qui peut être facilement distribuée et imprimée par les animateurs et conseillers diffusant la méthode. Elle pourrait être référencée dans la FAQ « Comment diffuser la méthode aux agriculteurs de mon secteur ? » et dans la bibliothèque.

### 3. **Fonctionnalités**

L'accroissement de la cible et l'intérêt national met un point d'honneur au développement de la méthode en accord avec la diversité des systèmes de production. Plus spécifiquement, l'évolution de la méthode MERCI doit prendre en compte les systèmes de cultures pérennes (viticole, agroforesterie) où l'ensemble de la surface n'est pas couvert par la CI. Mais aussi, le non-travail du sol et la destruction tardive avant le semis de la culture suivante.



L'évolution et la mise en ligne de la méthode MERCI prévoit les changements liés aux filières et modes de production (cf. IV.5.1, p. 34). Par exemple, en viticulture, l'utilisateur a la possibilité de renseigner la surface couverte par la culture intermédiaire, et ainsi adapter les résultats de production et de restitutions pour un hectare. Par ces améliorations, les filières viticoles, ou encore en agriculture de conservation peuvent porter un intérêt plus conséquent à la méthode MERCI. Ces éléments doivent être mis en avant dans la communication.

#### V.1.2. Développement des utilisations de la méthode MERCI

Avec l'objectif du nombre d'utilisateurs, le besoin est aussi d'assurer le développement des utilisations. Les résultats de l'étude ont mis en évidence une perception plutôt positive de la méthode par les utilisateurs, notamment pour l'estimation de la production de la culture intermédiaire [Figure 26, A]. L'expertise des utilisateurs a permis de déterminer les filières, structures, fonctions et localité des utilisateurs [Figure 26, B]. Cette expertise est un atout pour déterminer les avancées et évolutions de la méthode MERCI. L'amélioration technique [Figure 26, C] répond en partie à ces besoins et attentes et ainsi, devance les freins identifiés dans la littérature.

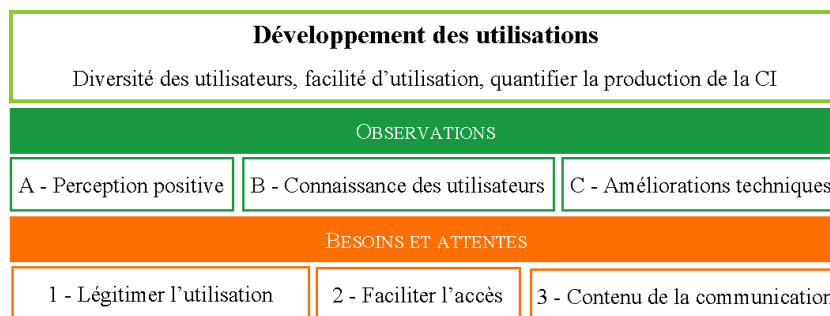


Figure 26 : Evaluation des besoins et attentes au développement de l'utilisation de la méthode MERCI

En réponse à ces observations et dans l'objectif de développer les utilisations de la méthode MERCI, trois points sont à développer :

#### 1. **Légitimer l'utilisation**

La reconnaissance de l'utilisation de la méthode pour la valorisation des cultures intermédiaires a son importance dans le développement de l'utilisation. Cette légitimité d'utilisation est principalement possible par l'appui des éléments de communication et le développement des fonctionnalités. En effet, l'évolution de la méthode concorde aux observations d'application, à savoir : adaptation aux systèmes viticoles, adaptation aux systèmes en agriculture de conservation, améliorations en faveur des systèmes d'élevage, etc. L'ensemble de ces paramètres sont une opportunité pour le développement des utilisations.



Les moyens de communication développés pour la promotion de la méthode MERCI, dont la proposition précédente de la plaquette format A6, devront mettre en avant ces améliorations techniques. Puis, au travers des outils de communication, il sera important de valoriser l'intérêt de l'utilisation de la méthode dans différents types de contexte (élevage, méthanisation, agriculture de conservation, etc.). L'appui de sites internet communicant sur la méthode est un atout à sa légitimité.

## **2. Faciliter l'accès**

Un des freins à la prise en compte des valeurs de restitutions dans le raisonnement de la fertilisation et l'absence de lien entre la méthode et les outils de pilotage. En soit, le lien avec les outils de pilotage est un atout au développement de l'utilisation car il permet (1) d'assurer l'utilisation régulière de la méthode et (2) de développer l'utilisation en abordant plus d'individus.



Le projet de mise en ligne de la méthode est en partenariat avec Arvalis. Avec ce partenariat, il est envisagé de lier MERCI à leur outil de pilotage de la fertilisation azotée « FertiWeb<sup>1</sup> ». Actuellement, FertiWeb compte 26 à 27 000 utilisateurs à l'échelle nationale. Dont environ 1/3 sont agriculteurs et 2/3 des fonctions para-agricoles (comm. pers., Le Souder, 2019). La liaison est une opportunité pour sensibiliser plus d'individus à l'utilisation de la méthode dans le raisonnement de leur fertilisation azotée. De plus, FertiWeb permet aussi de gérer sa fertilisation phosphatée et potassique et évaluer son bilan carbone. L'évolution de la méthode MERCI pourra aussi s'intégrer à ces paramètres.

Enfin, les Chambres d'Agriculture possèdent aussi leur outil de pilotage « MesParcelles », paramétré à chaque région. Aujourd'hui, 35 000 exploitations agricoles sont inscrites sur MesParcelles et l'utilisent comme outil d'enregistrement réglementaire ou comme outil de pilotage dans leurs pratiques agricoles. La liaison entre l'outil et la méthode n'est pas envisagée, néanmoins cette collaboration serait un atout au développement des utilisations de la méthode MERCI.

La facilité d'accès à la méthode peut ainsi passer par la liaison aux logiciels de pilotage de la fertilisation azotée, mais aussi par une préservation de la facilité d'utilisation de la méthode.

## **3. Contenu de la communication**

La réflexion se base sur les freins et limites de l'outil identifiés au cours de l'expertise. Le premier frein est la faible fiabilité accordée par les utilisateurs aux résultats de restitutions. Ensuite, la seconde

---

<sup>1</sup> Descriptif de FertiWeb disponible sur : URL <https://www.arvalis-infos.fr/fertiweb--@/view-276-arvoad.html>

limite mise en évidence est le temps à accorder à l'application de la phase « terrain » de la méthode. En réponse à ces éléments, les utilisateurs ont signifié leur intérêt à la présence de documentations informant d'exemple d'utilisations, d'une notice explicative et des concepts et formalismes scientifique de la méthode. L'ensemble de ces informations nous informe de l'importance accordée par les utilisateurs à la compréhension du fonctionnement de la méthode.



Dans un premier temps, la communication autour d'exemples d'utilisations comparant la méthode à des analyses laboratoires peuvent être mis en avant. La FAQ peut traiter le sujet « Quelle fiabilité à accorder à mes résultats ? ». Une réponse peut être apporter sur une rapide analyse comparative entre les résultats de la méthode et les résultats en laboratoire fait par les utilisateurs. La réponse peut renvoyer à de la documentation référencée dans la bibliothèque.

Dans un second temps, une autre question de la FAQ peut être sur le thème « Comment les résultats affichés sont calculés à partir de mes mesures de terrain ? ». En partant de ce thème, plusieurs sous-questions aborderaient les méthodes de calcul de chaque paramètre. La forme de présentation doit être accessible à tous, de l'agriculteur au chercheur. La réponse peut faire appel à des articles scientifiques ou de vulgarisation référencée dans la bibliothèque. Le lien entre la FAQ et la bibliothèque permettra d'attiser la curiosité de l'utilisateur et de faire le lien entre les questionnements et les documents disponibles.

### V.1.3. Pérennité de la méthode MERCI

Les observations ont mis en évidence une pérennité pouvant être assurée par la perception positive des utilisateurs sur la version actuelle, et sur l'évolution et la mise en ligne de la méthode [Figure 27, A]. Pour autant, la méconnaissance des domaines de validité et la faible prise en compte des valeurs de restitutions dans le raisonnement de la fertilisation, peuvent être une limite à l'utilisation de la méthode à long terme [Figure 27, B]. Les paramètres développés par la mise en ligne de la méthode sont un atout, en apportant des précisions selon les spécificités du système de production étudié. Les évolutions des pratiques agricoles, comme le moindre travail du sol, doivent continuer à être prises en compte dans les avancées de la méthode [Figure 27, C et D].

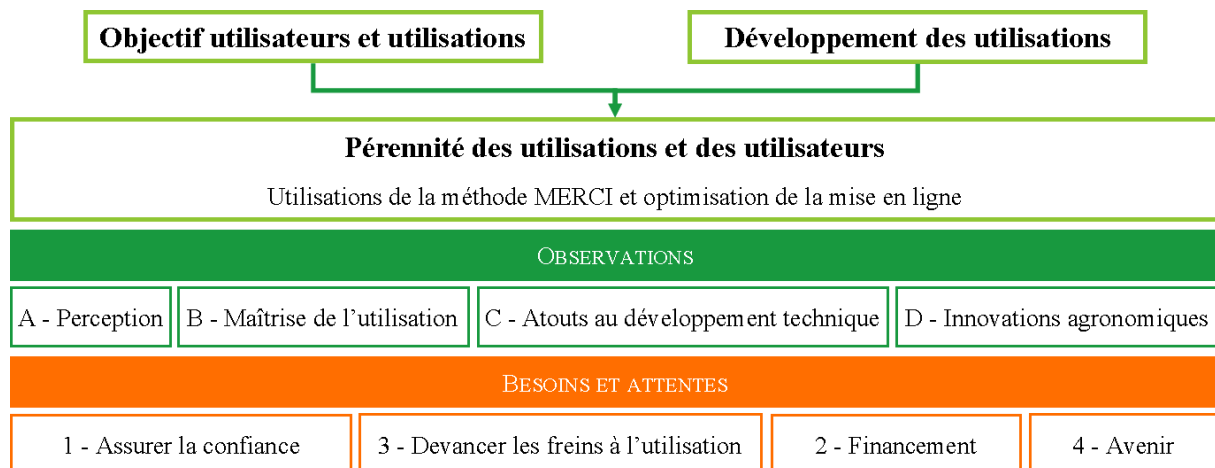


Figure 27 : Evaluation des besoins et attentes à la pérennité des utilisateurs et utilisations

Ces observations mènent aux questionnements et à l'appui des besoins et attentes suivants :

### **1. Assurer la confiance**

L'assurance de la fiabilité des données sur les valeurs de restitution est un des points clés pour assurer la confiance des utilisateurs en MERCI. L'analyse a mis en évidence une part significative d'utilisateurs dont la faible confiance en la méthode a un impact sur l'intégration des valeurs dans le raisonnement de la fertilisation (cf. IV.3.1, p. 28). Or, en vue d'un objectif de valoriser l'avantage économique de la CI et sensibiliser les agriculteurs, cela peut représenter un frein à l'utilisation de la méthode et à sa pérennité.



Les fonctionnalités de la mise en ligne de la méthode sont une opportunité pour valoriser la fiabilité des valeurs de restitutions. Celles-ci peuvent s'exprimer dans la bibliothèque avec des exemples d'utilisations comme : des témoignages d'agriculteurs qui ont diminué leurs fertilisations et dont le gain économique est significatif. Les exemples d'utilisations peuvent aussi être des comparaisons entre les valeurs obtenues par MERCI et des analyses en laboratoire pour une même culture intermédiaire. Pour ces deux propositions, les utilisateurs peuvent être acteur à la valorisation de la méthode en partageant leurs perceptions et leurs mesures.

Ensuite, les informations sur la fiabilité des données et les économies permises peuvent apparaître dans la FAQ avec la question économique citée précédemment. D'autres questions peuvent être intégrée à l'image de « Comment évaluer la fiabilité de mes résultats ? ». La réponse pourrait proposer des valeurs de références pour des CI fréquentes auxquelles l'utilisateur pourrait comparer ces résultats.

### **2. Devancer les freins à l'utilisation**

Le premier frein sur la fiabilité des résultats est évoqué au point précédent. Le second frein mis en évidence par l'étude est le temps à accorder à l'application de la méthode. L'évolution de la méthode cible le calculateur, mais ne prévoit pas pour le moment d'évolution de la phase « terrain ». Une part non-négligeable d'utilisateurs estime que le temps est un frein à l'utilisation régulière de la méthode. Puis, dans les réponses du sondage, parmi les utilisateurs n'appliquant plus la méthode, plus de la moitié le justifie par un manque de temps.

L'appropriation de la méthode par les filières viticoles et les systèmes de production en agriculture de conservation met en avant l'intérêt aussi de développer la méthode pour ces systèmes.



Les améliorations techniques et fonctionnelles de la mise en ligne répondent en partie aux freins évoqués dans la bibliographie (date de destruction, pourcentage de la surface en viticulture ...). Le suivi des utilisateurs lors des utilisations de la méthode MERCI en ligne permettra aussi d'apporter un soutien au développement de la méthode, selon les spécificités rencontrées régulièrement dans les systèmes. Dans ce sens, les utilisateurs auront toujours la possibilité de contacter le concepteur pour ajouter des questions à la FAQ ou des références dans la bibliothèque. Comme indiqué précédemment, leurs contributions est une opportunité au développement et à la pérennité de la méthode.

En revanche, le temps des prélèvements et mesures peut être un frein au développement et à la pérennité de la méthode sur le long terme. En effet, bien que des utilisateurs soient motivés à utiliser la méthode, cela dépend de leurs disponibilités. De même, il est possible de rassurer l'utilisateur en informant de la pratique à suivre au champ, avec un descriptif et des astuces dans la FAQ, dont la question peut être « Comment optimiser mon temps de prélèvement ? ». La réponse peut être appuyée avec des témoignages d'utilisateurs.

Enfin, sur les fonctionnalités, un utilisateur a suggéré que la méthode en ligne propose des mélanges rencontrés fréquemment. De ce fait, l'utilisateur sélectionne son mélange, renseigne sa biomasse totale mesurée et la proportion de chacune des espèces dans le mélange, et obtient directement les résultats. Cette méthodologie permettrait en effet de réduire le temps de prélèvement, en supprimant le tri des espèces. Toutefois, si cela est envisagé, il sera important de préciser à l'utilisateur une fiabilité moindre des données. Les calculs ne prennent pas en compte la biomasse réellement produite dans sa parcelle pour chaque espèce. Cette méthode peut aussi être exposée dans un document disponible dans la bibliothèque.



Aujourd'hui, l'application MyChlorofiltre® de Jouffray-Drillaud est utilisée par près de 1000 individus, pour des CI spécifiques à sa gamme. A l'avenir, l'entreprise souhaiterait élargir son outil à toutes les espèces en CI. Les concepteurs mettent en avant une bonne perception de l'outil, facile d'application et fiable sur les données de restitutions. Avec une méthodologie terrain simple (cf. III.1.1.1, p. 18), le développement de MyChlorofiltre® peut remettre en cause l'utilisation de la méthode MERCI, auprès des agriculteurs notamment.

### **3. Financement**

La mise en ligne de la méthode MERCI engendre des frais d'hébergement et de maintenance du site web. Par conséquent, il est nécessaire de prévoir des moyens de financement pour assurer la pérennité de la mise en ligne de la méthode.



Evoqué précédemment (cf. IV.5.2.1, p. 36), la CRANA prévoit la possibilité d'extraire les données anonymes des utilisations de la méthode MERCI. L'avantage d'accéder à cette base de données pour les organismes et de connaître les références sur leurs territoires, et d'adapter le conseil ou l'animation auprès des agriculteurs. Les avantages dont bénéficient les organismes et à mettre en avant pour la vente de la base de données, puis un affichage des données par des graphiques. L'accès payant envisagé est de 200 à 400 €/an / organismes, pour couvrir des frais totaux de 4 200 à 6 000€/an.

Les autres options (publicités, accès payant, mobilisation du budget « impôt ») n'ont pas été retenues. La publicité pourrait porter atteinte à la crédibilité de la méthode et rendre l'utilisation smartphone moins accessible. La gratuité de la méthode est un des points phare de sa réussite, donc la Chambre régionale ne souhaite pas la remettre en question. Et enfin, la mobilisation de l'impôt revient à faire participer les 12 Chambres départementales, reversant l'impôt, à la contribution d'une méthode nationale.

#### 4. Avenir

L'étude met en avant l'intérêt de l'évolution de la méthode pour correspondre aux utilisations actuelles et en réponse au développement des pratiques agricoles. Dans ce sens, la contribution des utilisateurs à l'amélioration de la méthode est primordiale pour sa pérennisation.



Le lien entre la Chambre régionale et les utilisateurs de la méthode doit être encouragé pour maintenir une méthode en accord avec les utilisations et anticiper les besoins des utilisateurs : nouvelles espèces, affinement de la base de données pour les calculs, etc.

#### V.2. Quelles évolutions à court terme pour la méthode MERCI ?

L'expertise des utilisations et des utilisateurs a confirmé, dans un premier temps, les décisions prise par la Chambre régionale sur les avancées de la méthode. Entre autres, cela a confirmé l'importance de référencé les adventices, avec 52% d'utilisateurs dans le sondage l'estimant important.

Dans un second temps, le développement en ligne a inclus de nouvelles propositions suggérer par les utilisateurs. Ainsi, les utilisateurs ont fait part d'un souhait de pouvoir connaître l'impact sur la teneur en matière organique du sol, par l'information sur le stockage en carbone.

#### V.3. Limites de l'étude

Les moyens développés ont permis de recueillir les témoignages de nombreux utilisateurs de la méthode. Néanmoins, les utilisateurs enquêtés ayant accepté de répondre sont des individus engagés, dans leurs pratiques ou leurs conseils, au développement des CI. Dans ce sens, leurs perceptions des CI et de l'utilisation de la méthode MERCI sont influencées, ce qui peut apporter un biais à l'étude. Ce point est d'avantage confirmé auprès des agriculteurs, puisque pratiquement l'ensemble est engagé dans une démarche d'agriculture durable.

Le sondage a peut-être permis de devancer cette limite, mais la limite de temps de réponse que nous nous sommes imposés a restreint le détail du profil de l'utilisateur. Soit, l'engagement des utilisateurs en faveur des CI n'est pas mesurable.

Enfin, l'enquête et le sondage porte sur la perception des utilisateurs, soit un point de vue qualitatif des utilisateurs. Hors, l'opinion dépend beaucoup de l'individu et de sa personnalité.

## VI. Conclusion

Par cette étude, nous avons mis en évidence une diversité de production répartie sur l'ensemble du territoire métropolitain appliquant la méthode MERCI. En vue du nombre d'utilisations et des modes de diffusion, la méthode MERCI est un outil très utilisé en animation. L'objectif de son utilisation est principalement de sensibiliser les agriculteurs à l'intérêt agronomique des CI. De plus, par les limites techniques et géographiques de la méthode, la fiabilité de la méthode MERCI est fortement remise en cause par les utilisateurs. En conséquence, l'intégration des valeurs de restitutions dans le raisonnement de la fertilisation est faible à nulle pour le phosphore et potassium.

La mise en ligne de la méthode est une opportunité pour surpasser les freins identifiés par l'expertise des utilisateurs et utilisations. L'enquête et le sondage ont mis en avant une perception positive des fonctionnalités et améliorations techniques prévues pour la version en ligne de MERCI. Cela est un atout à son développement et met en évidence la nécessité d'amélioration du calculateur.

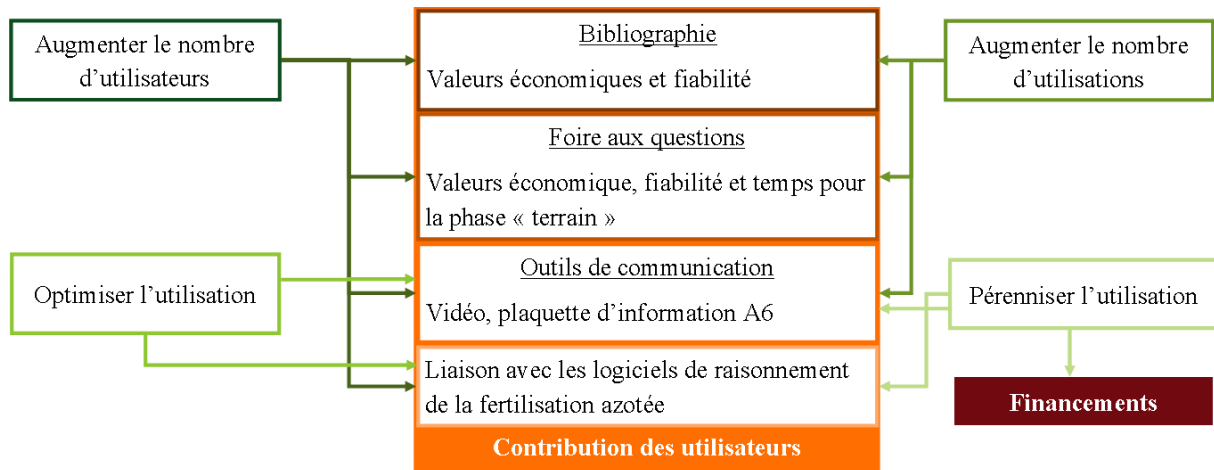


Figure 28 : Besoins et attentes des utilisateurs au développement de la méthode MERCI

Par cette mise en ligne, les perspectives d'évolution exposent un besoin de communication sur le fonctionnement de la méthode [Figure 28]. Ainsi, la prise en compte de l'ensemble des éléments présentés permettra de répondre aux objectifs d'augmentation des utilisateurs et utilisation, d'optimiser l'utilisation de la méthode et d'assurer la pérennisation de la méthode MERCI.

En réponse aux besoins et attentes des utilisateurs, leur contribution au développement de la méthode est indispensable. Les fonctionnalités proposées, la bibliothèque et la foire aux questions, sont une opportunité pour assurer le lien et atteindre les objectifs. Dans ce sens, les prochaines mises à jour ou évolution pourront prévoir l'intégration des cultures maraîchères sous serres, la consommation en eau par la CI, ou encore élargir les champs d'application de MERCI aux grandes cultures.

Enfin, pour permettre de répondre aux mieux aux attentes des utilisateurs, il pourra être envisagé une seconde expertise sur les utilisateurs et utilisations afin d'évaluer l'impact de la mise en ligne sur les objectifs fixés.

## Travaux cités

---

*Actes du colloque - Mercredi 12 décembre 2018. Rencontres régionales de la recherche, du développement et de la formation. 2018.* Lycée Agricole de l'Oisellerie (16) : s.n., 2018. Couverts végétaux : des opportunités à saisir. pp. 0-48.

**Agreste. 2018.** Mémento de la statistique agricole. *Agreste - La statistique, L'évaluation et la prospective agricole.* [En ligne] Novembre 2018. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/R7518C01-2.pdf>.

**Agrisymbiose. 2017.** Comprendre pour agir avec le livre vert. <http://www.agrisymbiose.com/le-livre-vert>. [En ligne] Septembre 2017. [Citation : 20 Juin 2019.] <http://www.agrisymbiose.com/le-livre-vert>.

**Arvalis - Institut du végétal - CETIOM - ITB. 2011.** *Cultures intermédiaires : impacts et conduite.* Paris : Editions Arvalis, 2011. ISBN : 978-2-8179-0038-4.

**Barnier, Julien. 2016.** *Tout ce que vous n'avais jamais voulu savoir sur le X<sup>2</sup> sans jamais avoir eu envie de la demander.* Lyon : CNRS - UMR 5283, 2016. p. 40.

**Bontemps, Claire et Balue, Marine. 2013.** Fertilisation en viticulture : Les points clés. *Chambre d'Agriculture du Var.* [En ligne] Novembre 2013. [Citation : 13 août 2019.] [https://paca.chambres-agriculture.fr/?id=2831176&tx\\_news\\_pi1%5Bnews%5D=7703&tx\\_news\\_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx\\_news\\_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=d47c011fd134e950af33e99f690442e3](https://paca.chambres-agriculture.fr/?id=2831176&tx_news_pi1%5Bnews%5D=7703&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=d47c011fd134e950af33e99f690442e3).

**Büchi, Lucie, et al. 2016.** Méthode non destructive d'estimation de la biomasse de couverts végétaux. *Recherche Agronomique Suisse.* 2016, Vol. 7, 3, pp. 136-143.

**Chambre d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine.** Evaluation - Systèmes de culture. *Agricultures et Territoires - Chambre d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine.* [En ligne] [Citation : 2019 Juillet 19.] <https://nouvelle-aquitaine.chambres-agriculture.fr/innovation/programmes/evaluation-systemes-de-culture/>.

—. 2018. Projet de valorisation de l'outil et méthode MERCI auprès des agriculteurs et de leurs conseillers. *Appel à proposition CASDAR/APCA 2018.* 2018.

**Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine. 2018.** Descriptif du projet pour l'appel à proposition "animation régionale des partenariats pour l'innovation et le développement agricole et durable" pour l'année 2018. *Programme CASDAR 775.* 2018.

**Cornillon, Pierre-André, et al. 2012.** *Statistiques avec R - 3ème édition revue et augmentée.* Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 2012. ISBN 978-2-7535-1992-3.

**Cultiveille. 2017.** L'appli myChlorofiltre® pour estimer la biomasse des couverts et prédire l'exportation des éléments minéraux. *Cultivar.* [En ligne] 17 Mars 2017. [Citation : 2019 Juillet 08.] <https://www.cultivar.fr/nouveautes/lappli-mychlorofiltrer-pour-estimer-la-biomasse-des-couverts-et-predire-lexportation-des>.



- Dhafer, Malouche. 2015.** Arbres de décisions sous R. *Arbres de classification*. [En ligne] 2015. [Citation : 25 Juillet 2019.] [https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/133943\\_8dd7e91ae27e40a5ba4493f14e302ce6.html](https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/133943_8dd7e91ae27e40a5ba4493f14e302ce6.html).
- DREAL Nouvelle-Aquitaine. 2018.** Patrimoine naturel - Entrée en vigueur du 6ème programme. *DREAL Nouvelle-Aquitaine*. [En ligne] mars 2018. <http://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/entree-en-vigueur-du-6eme-programme-a10387.html>.
- Englin, Thomas et Trévisol, Audrey. 2015.** *Agriculture & Environnement - Couvert végétal*. ADEME. Angers : s.n., 2015. p. 11, Introduire des cultures intermédiaires. ISBN 978 -2-35 838-607-4.
- Gao, Xingyuan, et al. 2019.** Evaluating program effects : Conceptualizing and demonstrating a typology. *Evaluation and Program Planning*. 2019, Vol. 72, pp. 88-96.
- Ghesquière, Joséphine, et al. 2012.** *Choisir et réussir son couvert végétal pendant l'interculture en AB*. 2012. p. 15.
- Gloria, Christian. 2014.** En interculture, capitaliser l'azote avec les légumineuses. *Réussir Grandes Cultures*. mai 2014, 280, pp. 36-37.
- Gouvernement République Française. 2019.** Plateforme ouverte des données publiques françaises. *data.gouv.fr*. [En ligne] 2019. <https://www.data.gouv.fr/fr/>.
- Justes, Eric et Richard, Guy. 2017.** Contexte, concepts et définition des cultures intermédiaires multi-services. 2017, Vol. 62, pp. 1-15.
- Justes, Eric, et al. 2013.** *Les cultures intermédiaires pour une production durable*. s.l. : Edition Quae, 2013.
- Justes, Eric, et al. 2012.** Réduire les fuites de nitrates au moyen de cultures intermédiaires : conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques. *Synthèse du rapport d'étude*. s.l., France : INRA, 2012. p. 60.
- Labatte, Jean-Marc. 2010.** *Statistiques - Rappels de cours et travaux dirigés*. Angers : Université d'Angers, 2010. p. 87.
- Lacouture, Laurence. 2013.** Les teneurs en nitrates augmentent dans les nappes phréatiques jusqu'en 2004 puis se stabilisent. *Le Point sur*. Mai 2013, 161, p. 4.
- Le Souder, Christine. 2019.** *Informations générales sur les utilisateurs et utilisations de l'outil FertiWeb*. 23 août 2019.
- Lerot, B. 2006.** Les éléments minéraux. *Documents sur le développement durable à l'usage des ONG*. [En ligne] 02 Juillet 2006. [Citation : 20 Juin 2019.] [https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fertilisation-des-Terres-et-des-Sols/Chimie-des\\_sols/ElementsMineraux.pdf](https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fertilisation-des-Terres-et-des-Sols/Chimie-des_sols/ElementsMineraux.pdf).
- Marguier, Laurent. 2019.** *Informations générales sur les utilisateurs et utilisations du logiciel MesParcelles*. 28 août 2019.
- Minette, Sébastien. 2005.** *Gestion de l'interculture et qualité de l'eau - Quatre années de références en Poitou-Charentes sur la gestion de l'interculture*. s.l. : AgroTransfert - Agronomie et développement en Poitou-Charentes, 2005. p. 72.

**Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. 2018.** Instruction technique DGPE/SDPAC/2018-599. *Dispositions transversales relatives aux régime d'aides liées à la surface dans le cadre de la*. 01 Août 2018.

**Pickton, David W et Wright, Sheila. 1998.** What's swot in strategic analysis ? *Strategic Change*. 1998, Vol. 7, pp. 101-109.

**Préfecture de Nouvelle-Aquitaine. 2018.** Le 6ème programme d'actions nitrates Nouvelle-Aquitaine. *La préfecture et les services de l'Etat en région Nouvelle-Aquitaine*. [En ligne] 20 juillet 2018. <http://www.prefectures-regions.gouv.fr/nouvelle-aquitaine/Actualites/Environnement/Le-6eme-programme-d-actions-nitrates-Nouvelle-Aquitaine>.

**Premier Ministre, E. Philippe, Ministre d'Etat, ministre de la transition écologique et solidaire F. De Rugy et Ministre de l'agriculture et de l'alimentation, D. Guillaume. 2018.** Décret n° 2018-1246 du 26 décembre 2018 relatif aux programmes d'actions à mettre en œuvre en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole. *Legifrance*. [En ligne] 28 décembre 2018.

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000037864075&categorieLien=id>.

**Ravier, Clémence, Jeuffroy, Marie-Hélène, Meynard, Jean-Marc. 2018.** Présentation des thèses pour la remise des médailles d'argent . *Académie d'Agriculture de France*. [En ligne] 26 Juin 2018. [Citation : 19 Juillet 2019.] <https://www.academie-agriculture.fr/actualites/academie/autre/academie/presentation-des-theses-pour-la-remise-des-medailles-dargent-0>.

**Recous, Sylvie, et al. 2015.** Fertilité des sols et minéralisation de l'azote : sous l'influence des pratiques culturales, quels processus et interactions sont impliqués ? *Fourrages*. 2015, 223, pp. 189-196.

**Reed, Georges F., Lynn, Freyja et Meade, Bruce D. 2002.** Use of Coefficient of Variation in Assessing Variability of Quantitative Assays. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*. Novembre 2002, Vol. 9, 6, pp. 1235-1239.

**Réseau CIVAM, Réseau Action Climat France. 2018.** *Emissions de gaz à effet de serre et fertilisatoins azotés - Initiatives collectives et territoriales*. 2018.

**Roth, Lukas et Streit, Bernhard. 2017.** Predicting cover crop biomass by lightweight UAS-based RGB and NIR photography: an applied photogrammetric approach. *Precision agriculture*. 2017, Vol. 19, 1, pp. 93-114.

**Thomas, Frédéric et Archambeau, Matthieu. 2013.** *Les couverts végétaux - Gestion pratique de l'interculture*. Paris : Editions France Agricole, 2013. ISBN : 978-2-85557-262-8.

**University of Georgia.** Cover Crop Nitrogen availability Calculator. *Agricultural & Environmental Services Laboratories*. [En ligne] College of Agricultural & Environmental Sciences. [Citation : 09 Juillet 2019.] <http://aesi.ces.uga.edu/mineralization/>.

**Varaigne, Edouard. 2019.** *Informations générales sur les utilisateurs et utilisations de l'outil MyChlorofiltre®.* 26 août 2019.

**Vericel, Grégory et Minette, Sébastien. 2010.** *Légumineuses, comment les utiliser comme cultures intéremédiaires ?* Chambre d'agriculture de Poitou-Charentes. 2010. Dossier technique.

## Annexes

---

- Annexe 1. Résumé des principaux éléments minéraux présents dans le sol (Agrisymbiose, 2017) (Lerot, 2006)**
- Annexe 2. Questionnaire - enquête à destination des agriculteurs**
- Annexe 3. Questionnaire - enquête à destination de la profession para-agricole**
- Annexe 4. Questionnaire - Sondage en ligne**
- Annexe 5. Paramètres d'entrée du calculateur développé par l'université de Géorgie (USA)**
- Annexe 6. Animation et organisation du stand – Salon Les Culturelles**
- Annexe 7. Carte du recensement des utilisateurs en France**
- Annexe 8. Synthèse des enquêtes diffusée aux participants**
- Annexe 9. Arbre de classification des utilisateurs de la méthode MERCI**
- Annexe 10. Graphiques - fiabilité de la méthode selon la fonction, la date de prise de connaissance et la localité des utilisateurs**
- Annexe 11. Visuels de la future version en ligne de la méthode MERCI**

## Annexe 1. Résumé des principaux éléments minéraux présents dans le sol (Agrisymbiose, 2017) (Lerot, 2006)

Catégorie	Éléments minéraux	Sources naturelles	Présence dans le sol	Fonction pour la plante
<b>Macro-éléments</b>	Azote (N)	- Fixation symbiotique	- Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) - $\text{NO}_3^-$ soluble, présent dans la solution du sol	- Métabolisme des plantes - Croissance des végétaux
	Phosphore (P)	- Roche mère / Substrat	- $\text{HPO}_4^{2-}$ et $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ - Adsorbées par le CAH : ponts calciques possibles par les ions $\text{Ca}^{2+}$ , Fe et Al.	- Transfère l'énergie dans la plante - Active la croissance.
	Potassium (K)	- Roche mère / Substrat - Argiles	- $\text{K}^+$ - Retenu dans les feuillets d'argile.	- Pression osmotique - Facilite la transmission de l'eau. - Aide au transport de la solution de la plante et à la respiration.
<b>Méso-éléments</b>	Calcium (Ca)	- Roche mère / Substrat	- Présent sous de nombreuses formes, - Adsorbée dans le CAH et permet les ponts calciques	- Régule l'eau dans la plante - Améliorer la résistance des cellules et la maturation des fruits.
	Magnésium (Mg)	- Roche mère / Substrat	- $\text{Mg}^{2+}$ - Adsorbé dans le CAH	- Favorise l'absorption par la plante des macro-éléments.
	Soufre (S)	- Roches, atmosphère (pluies)	- $\text{SO}_4^{2-}$ - Par les pluies, directement assimilé dans la solution du sol	- Aide à la synthèse des protéines - Favorise la fixation symbiotique
<b>Oligo-éléments</b>	Fer (Fe), manganèse (Mn), cuivre (Cu), zinc (Zn), bore (B), molybdène (Mo)	- Roche mère / Substrat	- Lié aux molécules organiques	- Intervient dans le métabolisme de la plante (chlorophylle, croissance ...) - Le molybdène favorise la fixation symbiotique

**1. Présentation individu**

Nom :  
 Prénom :  
 Lieu :  
 Structure :  
 Céréalier / Eleveur / Viticulteur / Maraîcher  
 Depuis quand travaillez-vous sur l'exploitation agricole (décisionnaire) : Année : .....

UTH :  
 SAU :  
 Surface en couvert végétaux :  
 Type(s) de sol majoritairement présent sur l'exploitation :

Zones vulnérables : Oui / Non %surface :

Travail du sol : labour / TCS / Semis Direct

Faites-vous partie d'un groupe de développement avec d'autres agriculteurs ?

- GEDA  CETA  
 Groupe Ecophyto / 30 000 / GIEE  GIEE  
 Autres

Commentaires :

Quelle est votre source principale d'acquisition de connaissances techniques ?

- Par le conseiller :  Groupes d'échanges :  
 Presse agricole :  Internet :  
 Journée techniques / rencontre technique :  
 Autres :

A quelle échelle estimez-vous vous tenir informé des actualités agricoles (techniques, économiques, générales...)?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
 Pas du tout informé Très informé

**2. Couvert végétaux**

Depuis quand pratiquez-vous les couverts végétaux ?

Année : .....

Pour quelles raisons avez-vous commencé à implanter des couverts végétaux ?

- Réglementation  Autre : .....

Quels bénéfices identifiez-vous dans la mise en place de couverts végétaux au sein de votre exploitation ?

- Fertiliser / « Nourrir » le sol  Structurer le sol et améliorer ses propriétés physico-chimique  
 Diversifier la rotation  Lutter contre les adventices  Piéger l'azote  
 Limiter l'érosion des sols  Améliorer les propriétés hydrique du sol  Réduire les GES  
 Rentabilité économique / réduction des intrants azotés  Augmenter le taux de MO  
 Encourager la biodiversité faunistique et floristique du milieu  
 Autres : .....

Quels inconvénients avez-vous rencontré dans l'implantation d'un couvert végétal au sein de votre exploitation ?

- Charge de travail  Salissement des parcelles  
 Coût des semences  Connaissances techniques  Consommation gasoil  
 Autres : .....

Concernant les fuites d'azote, avez-vous réalisé des mesures de reliquats azotés pour observer cet effet ?

- Oui  Non

Si oui : à quelle(s) période(s) ? Qu'avez-vous observé (Moins de pertes d'azote, gain d'azote, neutre) ?

L'intégration de CV dans votre système de production vous a-t-il permis d'intégrer d'autres pratiques agroécologiques (ex. : sans-labour) ?

Quelle est votre source principale d'acquisition de connaissances techniques sur les couverts ?

- Par le conseiller :  Groupes d'échanges :  
 Presse agricole :  Internet :  
 Autres  Journée techniques / rencontre technique :

**3. Gestion de l'interculture/couverts végétaux**  
**Quelle est votre rotation principale ? (ou parcelle représentative de l'EA)**

A quelle période et comment semez-vous le CV ?

A quelle période et comment détruisez-vous le couvert ?

Quelle est la destination principale de vos couverts végétaux ?

- Engrais vert     Fourrage animal     Energétique     Intérêt faunistique

Peut-il avoir des changements à l'avenir ? Pourquoi ?

Quelles espèces implantez-vous ? (Préciser l'espèce : *trèfle incarnat, vesce commune, mout. blanche ...*)

Quels sont les avantages/bénéfices des couverts plurispécifiques ?

- Adapter l'apport d'azote     Maladies ou adventices     .....  
 .....  
 .....

Sur quels critères définissez-vous le type de mélange d'espèce cultivés en couvert végétal ?

Critères	Couvert végétal

Fertilisez-vous vos couverts végétaux ?

- Oui : ..... kgN/ha en moyenne     Non  
..... T/ha ..... (M.O)

Si oui, pourquoi ?

Sur les cultures suivant un couvert, avez-vous observé :

- Une augmentation des rendements     Une stagnation     Une diminution

Avez-vous vécu des échecs dans l'implantation de vos couverts ? Si oui, quel en était la cause et quelles solutions avez-vous mis en place ?

Si la réglementation ne l'obligeait plus demain, continueriez-vous à appliquer les CV sur votre exploitation ?

En lien aux difficultés rencontrées, quelles sont pour vous les connaissances nécessaires à la mise en place de couverts végétaux ? (Semis, conduite et destruction)

**4. Conseil technique**

Quel est votre source principale de conseil ?

De 0 à 10, à quel niveau estimez-vous suivre les préconisations de votre technicien/conseiller ?

- 0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10  
N'en prends pas compte    Très attentif

Justification du choix :

**5. Connaissance de MERCI**

Depuis quand connaissez-vous MERCI ?

Année :

Quel est la signification de « MERCI » ?

- Je ne sais pas

Depuis quand appliquez-vous MERCI ?

Année :

Comment en avez-vous eu connaissance ?

- Conseiller / Animateur - Structure :  
 Agriculteur     Presse :     Internet :     Autre :

**Appliquez-vous la méthode seul ?**

- Oui  Non, Avec qui : .....

Pourquoi : (Conseiller ?)

**Avant MERCI, utilisiez-vous une méthode pour estimer les restitutions en éléments fertilisant par les CV ?**

- Non  Oui, laquelle : .....

**Si oui, vous permettrait-elle de réduire votre fertilisation azotée sur la culture suivante ?**

**Connaissez-vous d'autres agriculteurs appliquant la méthode sur leurs couverts ?**

- Non  Oui, quels sont leurs ressentis :

**Connaissez-vous d'autres méthodes permettant d'estimer les restitutions en éléments minéraux ou en biomasse des cultures intermédiaires ?**

**Quelles sont pour vous les conditions climatiques favorables aux meures de matières vertes ? (météo, horaire du jour)**

**Quelle durée de temps accordez-vous pour appliquer la méthode ?**

**Par rapport aux informations obtenues, pensez-vous que le temps accordé pour appliquer la méthode MERCI est :**

- Long  Suffisant  Trop court

Justification du choix :

**Quels sont les avantages de la méthode MERCI ?**

**Quelles difficultés avez-vous rencontré dans son application / sa mise en oeuvre ?**

## 6. Méthodologie MERCI

**La première fois que vous avez appliqué la méthodologie (du champ au fichier excel), pourriez-vous donner une note de 0 à 10 sur la facilité de prise en main ?**

- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
Très difficile Très facile

Justification du choix :

**Pouvez-vous me décrire votre méthodologie lors de la phase de prélèvement au champ puis de l'utilisation du logiciel ? ?**

**Quel matériel utilisez-vous ?**

Quadrats de prélèvement :

Coupe de la végétation :

Pesée :

**Pensez-vous que MERCI est applicable pour des intercultures courtes ?**

- Non  Oui :

**Connaissez-vous la période de validité pour la destruction du couvert ?**

- Non  Oui :

**Pensez-vous que MERCI est valide dans le cas :**

- Couvert enfouis  Couvert non-enfouis  Couvert enfouis et non-enfouis  Ne sais pas

**Sur combien de parcelles par an réalisez-vous des mesures avec la méthode MERCI ?**

**De 0 à 10, à quel niveau estimez-vous la fiabilité de MERCI concernant les restitutions en éléments minéraux?**

- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
Absolument pas fiable Très fiable

Si < 5 : Pourquoi ?



### 7. Raisonnement fertilisation minérale

Concernant le raisonnement de votre fertilisation minérale, quelle méthode appliquez-vous ?

- Fortement       Moyennement       Peu / Pas du tout

Les restitutions du couverts au sol (NPK, total pour la culture suivante et détail tous les 30 jours, Soufre et Magnésium)

- Fortement       Moyennement       Peu / Pas du tout

Les restitutions obtenues par MERCI vous permettent-elles de réduire significativement votre fertilisation minérale sur la culture suivante ? (*valeurs marquantes minimum et maximum*)

La valorisation du couvert en dérobée (Valeurs fourragères – alimentation animaux et méthanisation)

- Fortement       Moyennement       Peu / Pas du tout

Comment raisonnez-vous votre fertilisation en phosphore et potassium ? Prenez-vous en compte les restitutions des cultures intermédiaires en phosphore et potassium ?

Le stockage en carbone

- Fortement       Moyennement       Peu / Pas du tout

### 8. MERCI VZ

L'inscription et la création d'un profil en indiquant son nom, lieu, adresse mail et fonction représente une contrainte/un frein à l'usage de la méthode.

- Pas du tout d'accord       Plutôt pas d'accord       Plutôt d'accord       Tout à fait d'accord

Pensez-vous que ces nouveaux éléments peuvent apporter de la confusion dans la lecture des résultats ?

La création d'un site web va encourager les agriculteurs à pratiquer eux-mêmes MERCI.

- Pas du tout d'accord       Plutôt pas d'accord       Plutôt d'accord       Tout à fait d'accord

Seriez-vous intéresser par d'autres sorties / résultats ?

Les nouveaux éléments de résultats proposés dans la version 2, vous intéressent-ils...  
Caractéristiques du couvert : (Biomasse aérienne sèche et azote total piégé par le couvert)

- Fortement       Moyennement       Peu / Pas du tout

Sur la version 1, y-a-t'il des espèces que vous avez semé en couvert qui n'était pas référencé ?

# Annexe 3. Questionnaire - enquête à destination de la profession para-agricole

Entretien MERCI – profession para-agricole

Date : \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

## 1. Présentation individu

Nom :  
Prénom :  
Lieu :  
Structure :  
Fonction : Conseiller – Animateur – Chargé de mission -  
Spécialité :  
Domaine de compétence : Grandes cultures – Viticulture – Maraîchage -  
Type de conseil :  Individuel  Groupe  Autre :  
Commentaires :

Produisez-vous des références agronomiques (essais, expérimentation, ...) ?  
 Oui  Non

Commentaires :

Menez-vous ou faites-vous partie de projets collaboratifs / groupe de développement / ... ?  
 Non  Oui

Utilisez-vous régulièrement des outils d'aide à la décision dans vos conseils ?

A quelle échelle estimez-vous vous tenir informé de l'actualité agricole, les nouveaux OAD ... ?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
Pas informé Très informé

Justification du choix / Sources d'informations :

Type(s) de sol majoritairement présent sur le territoire :

Zones vulnérables : Oui / Non

## 2. Couvert végétaux

Depuis quand informez-vous les agriculteurs ou conseillez-vous l'application des couverts végétaux ?  
Année : .....

Dans les premiers temps où vous avez parlé de CV, quels étaient les arguments à l'implantation d'un couvert ?

Réglementation  Autre : .....

Et aujourd'hui ?  Réglementation  Autre : .....

Commentaires :

Sur votre territoire, quelle est la part d'agriculteur implantant des couverts végétaux ?

Et parmi eux, quelle part estimeriez-vous s'impliquant dans une réflexion autour des couverts végétaux ?

Quels sont les avantages / bénéfices perçus par les agriculteurs dans l'implantation de CV ?

Fertiliser / « Nourrir » le sol  Structurer le sol et améliorer ses propriétés physico-chimique  
 Diversifier la rotation  Lutter contre les adventices  Piéger l'azote  
 Limiter l'érosion des sols  Améliorer les propriétés hydrique du sol  Réduire les GES  
 Rentabilité économique : réduction des intrants azotés  Augmenter le taux de MO  
 Encourager la biodiversité faunistique et floristique du milieu  
 Autres : .....

Quels sont les inconvénients / réticences perçus par les agriculteurs dans l'implantation de CV ?

Charge de travail  Salissement des parcelles  
 Charge financière  Connaissances techniques  Consommation gasoil  
 Autres : .....

Concernant les fuites d'azote, avez-vous réalisé des mesures de reliquats azotés pour observer cet effet ?

Oui  Non

Si oui : à quelle(s) période(s) ? Qu'avez-vous observé (Moins de pertes d'azote, gain d'azote, neutre) ?

Sur votre territoire, à quelle période les couverts sont-ils semés de préférence ?

Quelle est la destination principale des couverts végétaux ?

- Engrais vert
- Fourrage animaux
- Energétique
- Intérêt faunistique

Sur votre territoire, y-a-t-il des projets de mécanisation ou de coopération entre polyculture et élevage pouvant amener à un changement de destination des CV (fourrage, énergétique,...) ?

Encouragez-vous ou observez-vous l'intégration d'autres pratiques agroécologiques avec l'implantation de couverts végétaux ? (ex. : sans labour)

### 3. Gestion de l'interculture / couverts végétaux

Sur votre territoire, observez-vous des implantations de couverts sur des intercultures courtes ?

Quelles sont les espèces implantées que vous observez les plus fréquentes ?

Quels sont les avantages/bénéfices perçus par les agriculteurs des couverts plurispécifiques ?

Conseillez-vous des espèces différentes selon la culture suivante / le type de sol / autres critères ?

- Non
- Oui

Si oui, pourriez-vous décrire selon quel critère et les espèces conseillées ?

Critères	Couvert végétaux

Conseillez-vous de fertiliser les couverts végétaux ? (En zones non-vulnérables)

- Oui : ..... kgN/ha en moyenne
- Non

..... T/ha ..... (M.O)

Si oui, pourquoi ?

Sur votre territoire, à quelle période les couverts sont-ils détruits de préférence ?

Si la réglementation ne l'obligeait plus demain, pensez-vous que l'on observerait une diminution, une stagnation ou une augmentation des surfaces semées en culture intermédiaire ?

### 4. Connaissance de MERCI

Depuis quand connaissez-vous MERCI ?

Année : .....

Quel est la signification de « MERCI » ?

- Je ne sais pas
- .....

Depuis quand préconisez-vous/appliquez-vous MERCI ?

Année : .....

Comment en avez-vous eu connaissance ?

- Conseiller / Animateur - Structure : .....
- Agriculteur
- Presse
- Autre : .....

Est-ce issu d'une initiative :  Individuelle  Collective

Commentaires – diffusion interne

Avant MERCI, utilisiez-vous une méthode pour estimer les restitutions en éléments fertilisants par les CV ?

- Non
- Oui, laquelle : .....

Si oui, cette méthode vous permettait-elle de préconiser une réduction de la fertilisation azotée sur la culture suivante ?

Si oui, quels critères vous ont conduit à utiliser la méthode MERCI plutôt que celle-ci ?

## 5. Méthodologie MERCI

Connaissiez-vous d'autres méthodes permettant d'estimer les restitutions en éléments minéraux et en production de biomasse pour les cultures intermédiaires ?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
Très difficile Très facile

Echangez-vous avec d'autres conseillers de structures différencées de la méthode MERCI ou en faites-vous un « avantage concurrentiel » ?

Justification du choix :

Pouvez-vous me décrire votre méthodologie lors de la phase de prélèvement au champ puis la phase de calcul de MERCI ?

Par quels moyens de communication diffusez-vous la méthode MERCI aux agriculteurs ?  
(Groupes d'agriculteurs, conseil individuel...)

Quel matériel utilisez-vous ?  
Quadrats de prélèvement :

Coupe de la végétation :

Pesée :

Quelle durée de temps accordez-vous aux prélèvements au champ et ensuite aux calcul par MERCI ?

A votre avis, les agriculteurs sont-ils plutôt intéressés ou réticents sur la méthode MERCI / les résultats obtenus ?

Par rapport aux informations obtenues, pensez-vous que le temps accordé pour appliquer la méthode MERCI est :

Long  Suffisant  Trop court

Justification du choix :

Quelle durée de temps conseillez-vous aux agriculteurs pour appliquer la méthodologie ?

Pensez-vous que la méthode va largement se développer ?

Quels sont les avantages de la méthode MERCI ?

A quelle échelle recommanderiez-vous MERCI auprès de vos collègues dans leurs essais/expé/... ?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
Pas du tout Très fortement

Quelles difficultés avez-vous rencontré dans son application / sa mise en œuvre ?

Justification du choix / Sources d'informations :

De 0 à 10, à quel niveau estimez-vous la fiabilité de MERCI concernant les restitutions en éléments minéraux?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
Absolument pas fiable Très fiable

Si < 5 : Pourquoi ?

Sur combien de parcelles par an réalisez-vous des mesures avec la méthode MERCI ?

Quelle sont pour vous les conditions climatiques favorables aux meures de matières vertes ? (météo, horaire du jour)

Pensez-vous que MERCI est applicable pour des intercultures courtes ?

Non  Oui :

Connaissez-vous la période de validité pour la destruction du couvert ?

Non  Oui :

Pensez-vous que MERCI est valide dans le cas :

Couvert enfouis  Couvert non-enfouis  Couvert enfouis et non-enfouis

## 6. Raisonnement fertilisation minérale – résultats économique

Concernant le raisonnement de la fertilisation minérale, quelle méthode appliquez-vous ?

Pensez-vous que les restitutions obtenues par MERCI permettent de réduire significativement la fertilisation minérale sur la culture suivante ? (*gain économique, moins de fertilisant azotée*)

Comment raisonnez-vous votre fertilisation en phosphore et potassium ? Prenez-vous en compte les restitutions des cultures intermédiaires en phosphore et potassium ?

## 7. MERCI VZ

Outils à prévoir : *plquette de présentation de l'interface – speech de présentation*

L'inscription et la création d'un profil en indiquant son nom, lieu, adresse mail et fonction représente une contrainte à l'usage de la méthode.

Pas du tout d'accord  Plutôt pas d'accord  Plutôt d'accord  Tout à fait d'accord

La création d'un site web va encourager les agriculteurs à pratiquer eux-mêmes MERCI.

Pas du tout d'accord  Plutôt pas d'accord  Plutôt d'accord  Tout à fait d'accord  
Y êtes-vous favorable ?

Les nouveaux éléments de résultats proposés dans la version 2, vous intéressent-ils ...

Caractéristiques du couvert : (Biomasse aérienne sèche et azote total piégé par le couvert)

Fortement  Moyennement  Peu / Pas du tout

Les restitutions du couverts au sol (NPK, total pour la culture suivante et détail tous les 30 jours, Soufre et Magnésium)

Fortement  Moyennement  Peu / Pas du tout

La valorisation du couvert en dérobée (Valeurs fourragères – alimentation animaux et méthanisation)

Fortement  Moyennement  Peu / Pas du tout

Le stockage en carbone

Fortement  Moyennement  Peu / Pas du tout

Pensez-vous que ces nouveaux éléments peuvent-ils apporter de la confusion dans la lecture des résultats ?

**Pensez-vous pouvoir facilement valoriser ces résultats dans le conseil aux agriculteurs ?**

**Seriez-vous intéresser par d'autres sorties / résultats ?**

**La création d'un module « pro » vous permettant de récupérer les données collectées sur le site web MERCI vous intéresse-t-il ? Comment le voyez-vous ?**

**Sur la version 1, y-a-t'il des espèces en couvert qui n'était pas référencé ?**

## Enquête auprès des utilisateurs de la méthode MERCI

L'objet de l'enquête est d'évaluer votre perception de la méthode MERCI (Méthode d'Estimation des Restitutions en éléments minéraux par les Cultures Intermédiaires), et ainsi répondre au mieux à vos besoins et attentes.

Début 2020, une seconde version de MERCI sera disponible en ligne. L'enquête est ouverte du 10 mai au 21 juin 2019 et dure 10 minutes. Les données collectées nous seront utiles au développement de cette version 2.

*\*Obligatoire*

1. Adresse e-mail \*

### Présentation

2. Prénom NOM \*

3. Code postal (5 chiffres) ou Pays (lieu de travail) \*

4. Fonction \*

*Une seule réponse possible.*

- Agriculteur    *Passer à la question 5.*  
 Viticulteur    *Passer à la question 5.*  
 Conseiller  
 Animateur  
 Chargé de mission  
 Chercheur  
 Enseignant  
 Autre :

*Passer à la question 5.*

5. Quelle est votre structure ? \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Chambre d'Agriculture  
 Coopérative  
 Négocce  
 Institut de recherche  
 Institut technique  
 Syndicat d'eau  
 Enseignement  
 Autre :

### Mode de production

6. Filière \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Grandes cultures  
 Elevage  
 Viticulture  
 Maraichage  
 Autre :

7. Conduite des cultures \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Agriculture conventionnelle  
 Agriculture biologique  
 Non concerné  
 Autre :

8. Modalité "travail du sol" \*

*Plusieurs réponses possibles.*

- Labour  
 Techniques Culturelles Simplifiées  
 Semis Direct  
 Non concerné  
 Autre :

9. Depuis quand connaissez-vous MERCI ? \*

Une seule réponse possible.

- 1 - 3 ans  
 4 - 6 ans  
 7 - 9 ans

10. Utilisez-vous toujours la méthode actuellement ? \*

Une seule réponse possible.

- Oui    *Passez à la question 18.*  
 Non    *Passez à la question 10.*

### Non-utilisation actuelle de MERCI

11. Pourquoi n'utilisez-vous plus la méthode aujourd'hui ? \*

Plusieurs réponses possibles.

- Manque de temps  
 Faible réussite des couverts végétaux  
 Autre : \_\_\_\_\_

12. Faites-vous confiance aux valeurs de restitutions en azote, phosphore et potassium calculées par la méthode MERCI ? \*

Une seule réponse possible par ligne.

- |           |                       |                       |                       |                       |                       |             |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
|           | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | Très fiable |
| Azote     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |             |
| Phosphore | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |             |
| Potassium | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |             |

13. Intégrez-vous les résultats des restitutions en azote, phosphore et potassium dans le raisonnement de votre fertilisation ? \*

Une seule réponse possible par ligne.

- |           |                       |                       |                       |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|           | Pas du tout           | Partiellement         | Entièrement           |
| Azote     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Phosphore | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Potassium | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

14. Avez-vous rencontré des espèces semées présentes dans vos couverts non-référencées dans MERCI ? \*

Une seule réponse possible.

- Non  
 Oui

15. Si oui, pouvez-vous préciser quelles espèces :

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

16. Pensez-vous qu'il soit important de référencer les adventices ? \*

Une seule réponse possible.

- Oui  
 Non

17. Par rapport aux informations obtenues, le temps accordé à appliquer la méthode MERCI (du prélevement au champ à la saisie dans le tableur Excel) vous semble : \*

Une seule réponse possible.

- Long  
 Correct  
 Rapide

18. A quelle échelle estimez-vous la facilité de prise en main et de compréhension de la méthode MERCI ? \*

Une seule réponse possible.

- |                |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | 10                    |
| Très difficile | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Très facile    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Passez à la question 26.

### Utilisation actuelle de MERCI

19. Sur combien de parcelles réalisez-vous des mesures avec la méthode MERCI ? \*

20. Faites-vous confiance aux valeurs de restitutions en azote, phosphore et potassium calculées par la méthode MERCI ? \*

Une seule réponse possible par ligne.

- |           |                       |                       |                       |                       |                       |             |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
|           | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | Très fiable |
| Azote     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |             |
| Phosphore | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |             |
| Potassium | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |             |



21. Intégrez-vous les résultats des restitutions en azote, phosphore et potassium dans le raisonnement de votre fertilisation ? \*

Une seule réponse possible par ligne.

	Pas du tout	Partiellement	Entièrement
Azote	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phosphore	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Potassium	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

22. Avez-vous rencontré des espèces présentes dans vos couverts non-référencées dans MERCI ? \*

Une seule réponse possible.

Non  
 Oui

23. Si oui, pouvez-vous préciser quelles espèces :

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

24. Pensez-vous qu'il soit important de référencer les adventices ? \*

Une seule réponse possible.

Oui  
 Non

25. Par rapport aux informations obtenues, le temps accordé à appliquer la méthode MERCI (du prélèvement au champ à la saisie dans le tableur Excel) vous semble : \*

Une seule réponse possible.

Long  
 Correcte  
 Rapide

26. A quelle échelle estimez-vous la facilité de prise en main et de compréhension de la méthode MERCI ? \*

Une seule réponse possible.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très difficile	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Très facile	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**MERCI - Version en cours de conception pour début 2020**

27. La future version de MERCI sera développée sur internet et accessible en ligne. Pensez-vous qu'elle sera plus facilement utilisée ? \*

Une seule réponse possible.

Oui, elle sera plus utilisée  
 Il n'y aura ni plus ni moins d'utilisateurs  
 Non, cela va diminuer le nombre d'utilisateurs

28. Sur le site MERCI, du contenu bibliographique sera mis à disposition des utilisateurs souhaitant mieux s'informer sur la méthode, comment évaluez-vous la pertinence de ce contenu : \*

Une seule réponse possible par ligne.

	1 - Non pertinent	2	3	4	5 - Très pertinent
Vidéos pédagogiques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Notice d'utilisation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Concept et formalisme de la méthode	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Exemples d'utilisation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

29. Autres demandes de contenu :

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**La nouvelle version de MERCI comportera pour les calculs (matière sèche, azote, phosphore, potassium) une base de données enrichie et validée par des références récentes couvrant l'ensemble du territoire métropolitain. Le renseignement de votre code postal permettra de prendre un climat proche de vos parcelles. De même, la seconde version s'adapte à la viticulture et au maraîchage en permettant d'ajuster les paramètres d'entrée en fonction de son mode de production.**

30. Enfin, vous aurez la possibilité de sauvegarder vos données et résultats et de les exporter en format Excel. Cette fonctionnalité est-elle importante pour vous ? \*

Une seule réponse possible.

Oui  
 Non

31. Cette nouvelle version vous encouragera-t-elle à poursuivre l'utilisation ou à réutiliser **MERCI ? \***

*Une seule réponse possible.*

- Oui  
 Non

32. **Autres remarques sur la méthode MERCI**

---

---

---

---

---



**Merci de votre participation !**

*Informations*  
Myriam Sachot - [myriam.sachot@na.chambagri.fr](mailto:myriam.sachot@na.chambagri.fr)

Annexe 5. Paramètres d'entrée du calculateur développé par l'université de Géorgie (USA)

Parameter	Value	Range	Parameter	Value
Farm type	<input checked="" type="radio"/> Organic <input type="radio"/> Conventional		Nutrient sources were	<input checked="" type="radio"/> applied on the soil surface <input type="radio"/> incorporated into soil
Date of cover crop kill/incorporation:	3/20/2019 mm/dd/yyyy		<b>Advanced options</b>	
Planting date for upcoming crop	4/15/2019 mm/dd/yyyy		Model should be based on daily soil temperature and moisture from:	Simulation days = <input type="text"/>
Cash Crop			<input type="radio"/> the average of past 5 years	<input type="checkbox"/> Use SMTF (if available)
Target N	120 lbs/acre		<input checked="" type="radio"/> actual weather station data	<input type="checkbox"/> Debugging data
<b>Representative soil data was selected for your location.</b>				
Organic carbon in the soil	2,5 %	0.1 - 5 %	Fixed temperature = <input type="text"/> °C	
Initial inorganic N in soil	20 lbs/acre	0 - 100		
Potentially Mineralizable N (Hot KCl)	9 mg N/kg	0 - 30		
Depth of soil layer	6 inches			
Bulk Density	1.5 g/cm <sup>3</sup>			

Parameter	Value	Range
Cover Crop biomass:	3749 lbs/acre	
Nitrogen in cover crop:	4 %	0.3 - 5%
Carbohydrates in cover crop:	30 %	0 - 100%
Cellulose in cover crop:	50 %	0 - 100%
Lignin in cover crop:	20 %	0 - 100%
Carbohydrates + Cellulose + Lignin should equal 100%		

## Annexe 6. Animation et organisation du stand – Salon Les Culturelles



Figure: Stand de la Chambre régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine tenu aux Culturelles




L'objectif du stand est de promouvoir la méthode et la mise en ligne disponible début 2020.

En réponse à cet objectif, du matériel de communication sur la mise en ligne de la méthode a été produit. Chaque élément a été disposé afin d'attirer l'œil des visiteurs [Figure]. Sur l'écran à gauche, une vidéo a été conçue, présentant la méthode MERCI du terrain au calculateur prochainement en ligne<sup>1</sup>. La vidéo est en boucle, la durée de visionnage est de 6m25s.

A droite, le panneau d'affichage fait la promotion de la méthode, avec le lien et une brève description de son intérêt « Dites MERCI à vos couverts ! Estimez simplement la valeur agronomique et économique de vos couverts végétaux ».

Au milieu est située l'animation de présentation de la méthode MERCI. L'animation illustre les étapes de mise en œuvre de la méthode MERCI [Tableau 12]. En parallèle, le matériel prévu permettait aussi de montrer les graines des différentes familles et espèces en CI. Cela a permis d'engager la conversation sur les types de CI et l'intérêt des mélanges.

Tableau 12: Présentation de l'animation tenue lors du salon "Les Culturelles"

Etapes	Animation	Illustration méthode MERCI
	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Choix des espèces</li> <li>→ Identifier les espèces nommées dans les images</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Prélèvement sur le terrain</li> <li>→ Tri des espèces</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Choix d'un poids pour chaque espèce</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Pesée des espèces</li> </ul>
	Renseignement des valeurs obtenues et discussions des résultats de la méthode MERCI	

<sup>1</sup> Vidéo disponible sur le lien suivant : URL [https://drive.google.com/drive/folders/1k0gWr4RT-YFa\\_R3ajk\\_PoiMnHdIx5rjN?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1k0gWr4RT-YFa_R3ajk_PoiMnHdIx5rjN?usp=sharing)

L'animation a permis d'engager la conversation avec le visiteur sur sa perception de la méthode. Pour les visiteurs ne connaissant pas la méthode, une feuille d'émargement était prévue pour relever leurs coordonnées et les contacter plus tard.

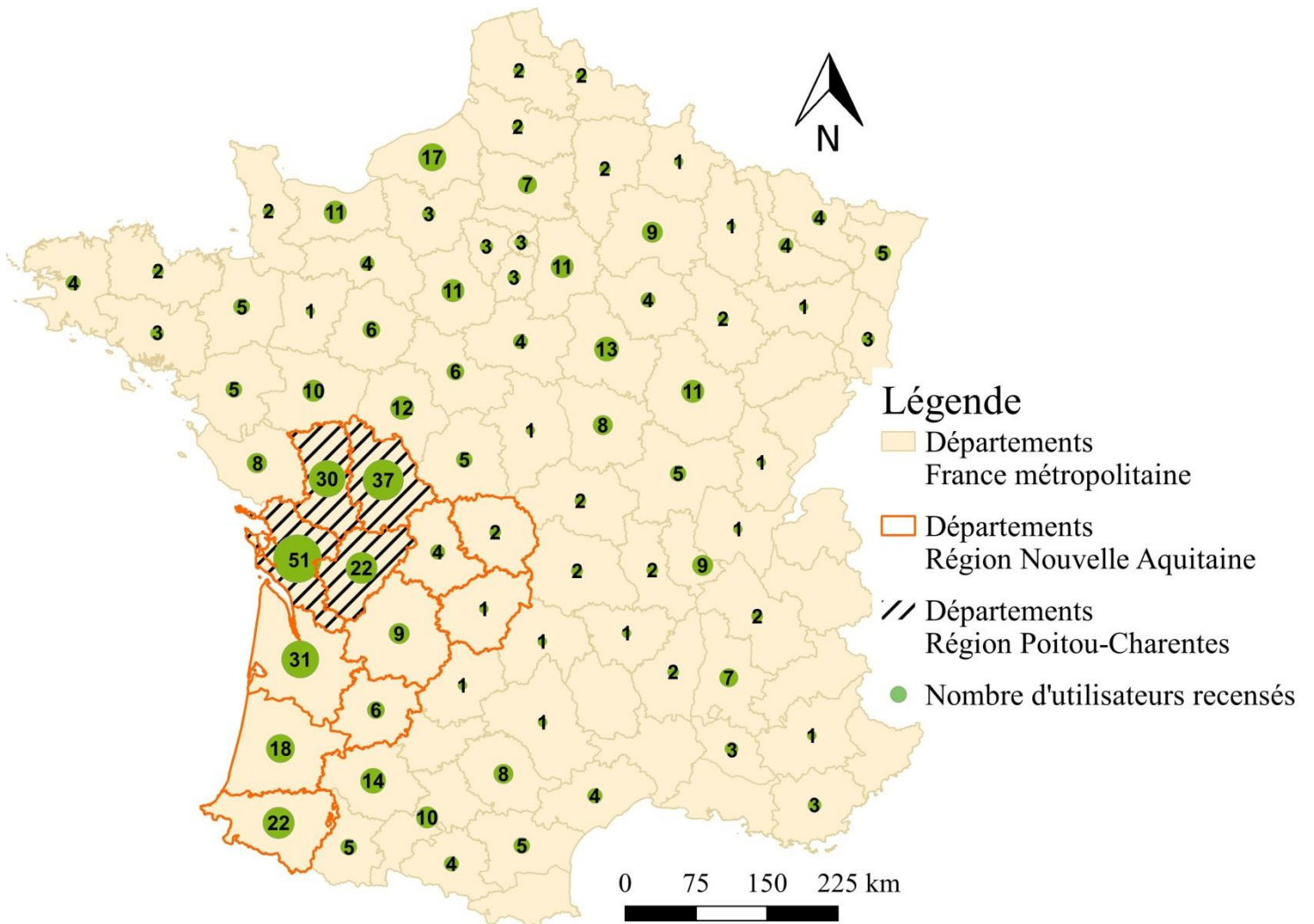
### Bilan de la tenue du stand – 5 et 6 juin 2019

Il n'a pas été possible de mesurer le nombre de visiteurs sur le stand. Cependant, par l'animation, 23 individus ont été convaincus par la méthode et se sont inscrits sur la feuille d'émargement pour recevoir la version Excel.

45% d'entre eux sont en Nouvelle-Aquitaine, les autres départements représentés sont le Cher, l'Eure, la Loire Atlantique, le Morbihan et la Sarthe. Ce sont en majorité des agriculteurs (70%, 16/23), puis des conseillers de Chambres d'Agriculture (22%, 5/23) et un enseignant et un étudiant (8%)

Ainsi, la semaine suivante nous leur avons transmis le calculateur en version Excel de la méthode MERCI avec le document de présentation.

## Annexe 7. Carte du recensement des utilisateurs en France



# Synthèse - Résultats des enquêtes auprès des utilisateurs de MERCI

## Méthode d'Estimation des Restitutions par les Cultures Intermédiaires

L'enquête sur la perception de la méthode MERCI a permis d'acquérir le témoignage de **34 utilisateurs**. L'enquête s'est étendue sur l'ensemble du territoire métropolitain, en ciblant l'ensemble des métiers utilisant MERCI : conseillers (41%), agriculteurs/viticulteurs (26%), chargés de mission (12%), animateurs (15%) ainsi que la recherche et l'enseignement (6%).

Le domaine de **production majoritaire est en grandes cultures (68%)**, cependant, **15% des utilisateurs enquêtés sont en viticulture et 9% en élevage**. Le maraîchage est peu représenté (3%), puis 6% travaillent sur tous les domaines de production.

La diversité des structures fut aussi privilégiée, les **chambres d'agriculture concernent 42% des organismes rencontrés**.

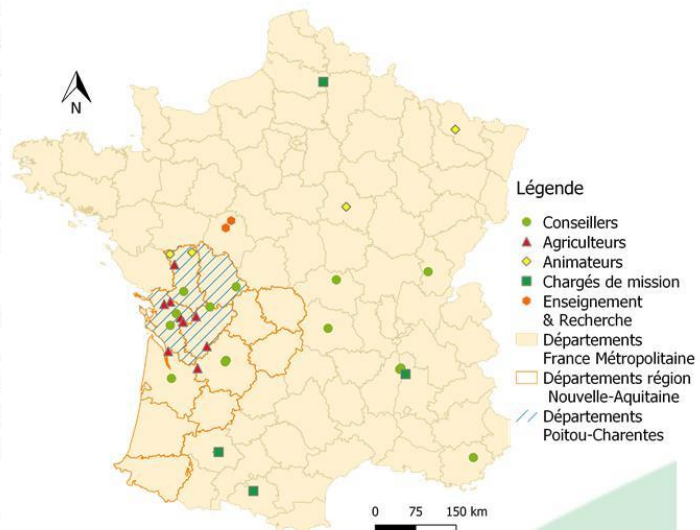
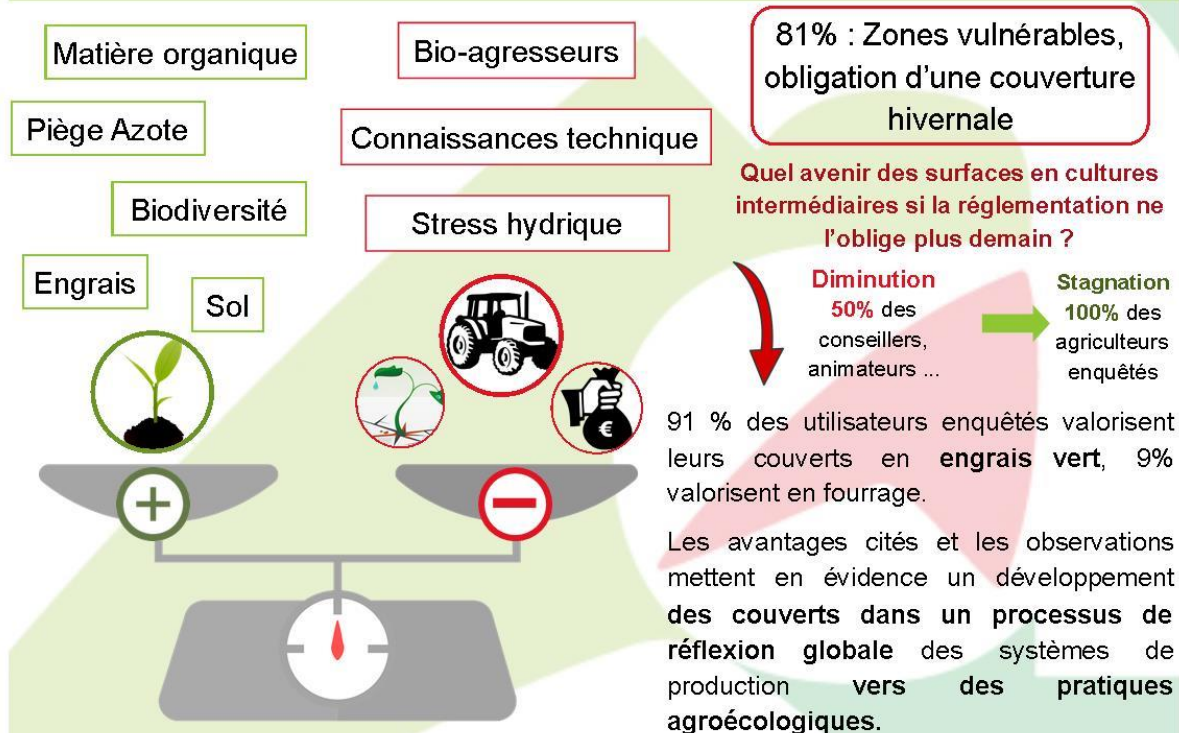


Figure 1 : Cartographie des enquêtes réalisées

## 1- Perception des cultures intermédiaires



# Synthèse

## 2 – Gestion des cultures intermédiaires



Féverole



Phacélie



Avoine rude



Radis Chinois



Vesce commune



Moutarde blanche



Pois fourrager



Tournesol



Juillet → Septembre

Semis à la volée (41%)  
Selon matériel sur la ferme



28%

Fourrage animaux  
Assurer la levée



2 périodes de destruction :

Novembre / Décembre  
Mars / Avril


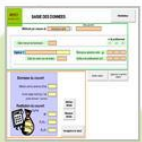



Selon matériel sur la ferme

L'espèce la plus citée est la féverole, dans 78% des cultures intermédiaires.

Les familles des espèces sont diverses : légumineuses, graminées, crucifères, hydrophyllacées et astéracées.

Quasiment l'ensemble de notre échantillon applique ou conseille des mélanges. Les trois principaux avantages aux mélanges d'espèces en cultures intermédiaires perçus par les utilisateurs sont : l'assurance d'un couvert à l'automne-hiver, la complémentarité des espèces et les bénéfices pour la biodiversité (faune, sol, pollinisation).

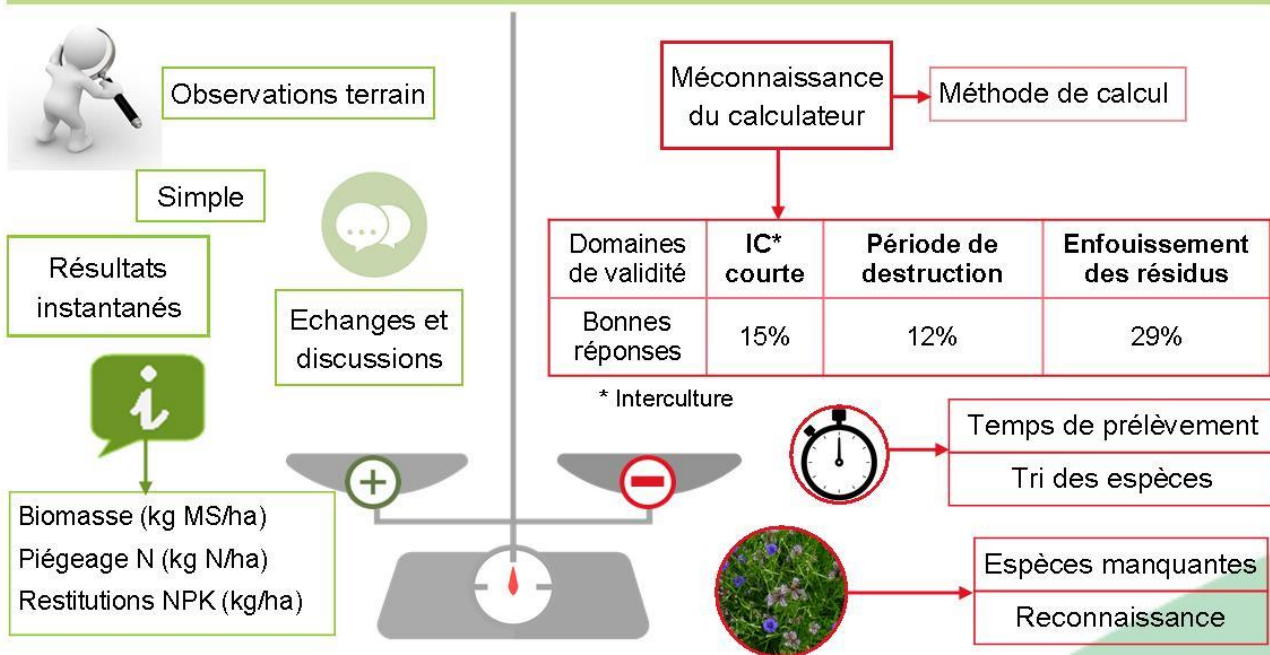
## 3 – Utilisation de la méthode MERCI

	<h3>Prélèvement au champ</h3>		<h3>Utilisation du fichier Excel</h3>
<p>⇒ Entre 1 et 3 prélèvements sur 1m<sup>2</sup> ou 0,25m<sup>2</sup></p> <p>⇒ 2 méthodes de tri :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Au champ : prélèvement espèces / espèces</p> </div> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Tri après prélèvement</p> </div> </div> <p>⇒ Pesée au champ ou à la ferme</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Agriculteurs : <u>3 parcelles</u> en moyenne</p> </div> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Autres : <u>20 parcelles</u> en moyenne</p> </div> </div>	<div style="text-align: center;">  <p><b>Fiabilité des résultats</b> (production de biomasse, piégeage azote et restitutions) Note moyenne : <b>7/10</b></p> </div> <p><b>75% des utilisateurs utilisent le calculateur directement au bureau, 16% directement au champ</b></p> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; text-align: center;"> <p><b>42% des personnes enquêtées prennent en compte les valeurs de MERCI dans leur fertilisation azotée</b></p> </div>		
<div style="text-align: center;">  <p><b>Facilité de prise en main</b> de la méthode MERCI (prélèvement au champ et utilisation du fichier) Note moyenne : <b>8/10</b></p> </div>		<div style="text-align: center;">  <p><b>Durée d'application : 30 à 45 minutes</b> par parcelle</p> </div>	

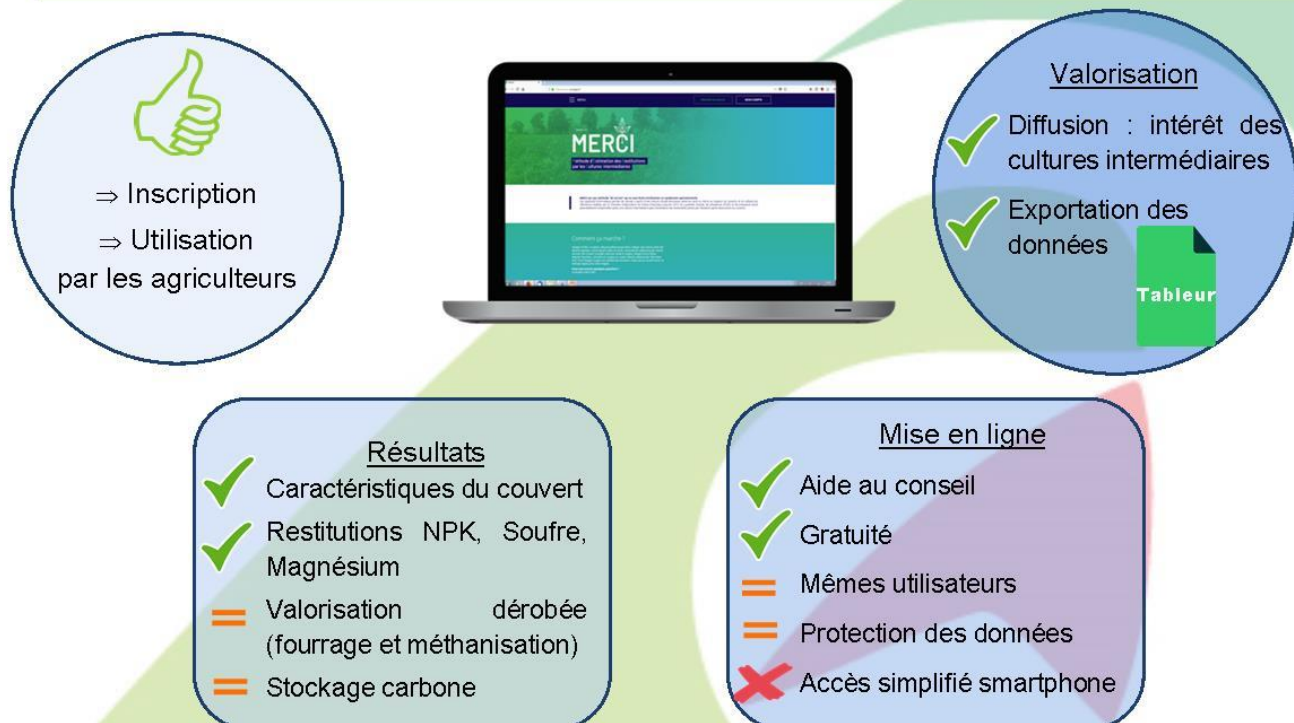


# Synthèse

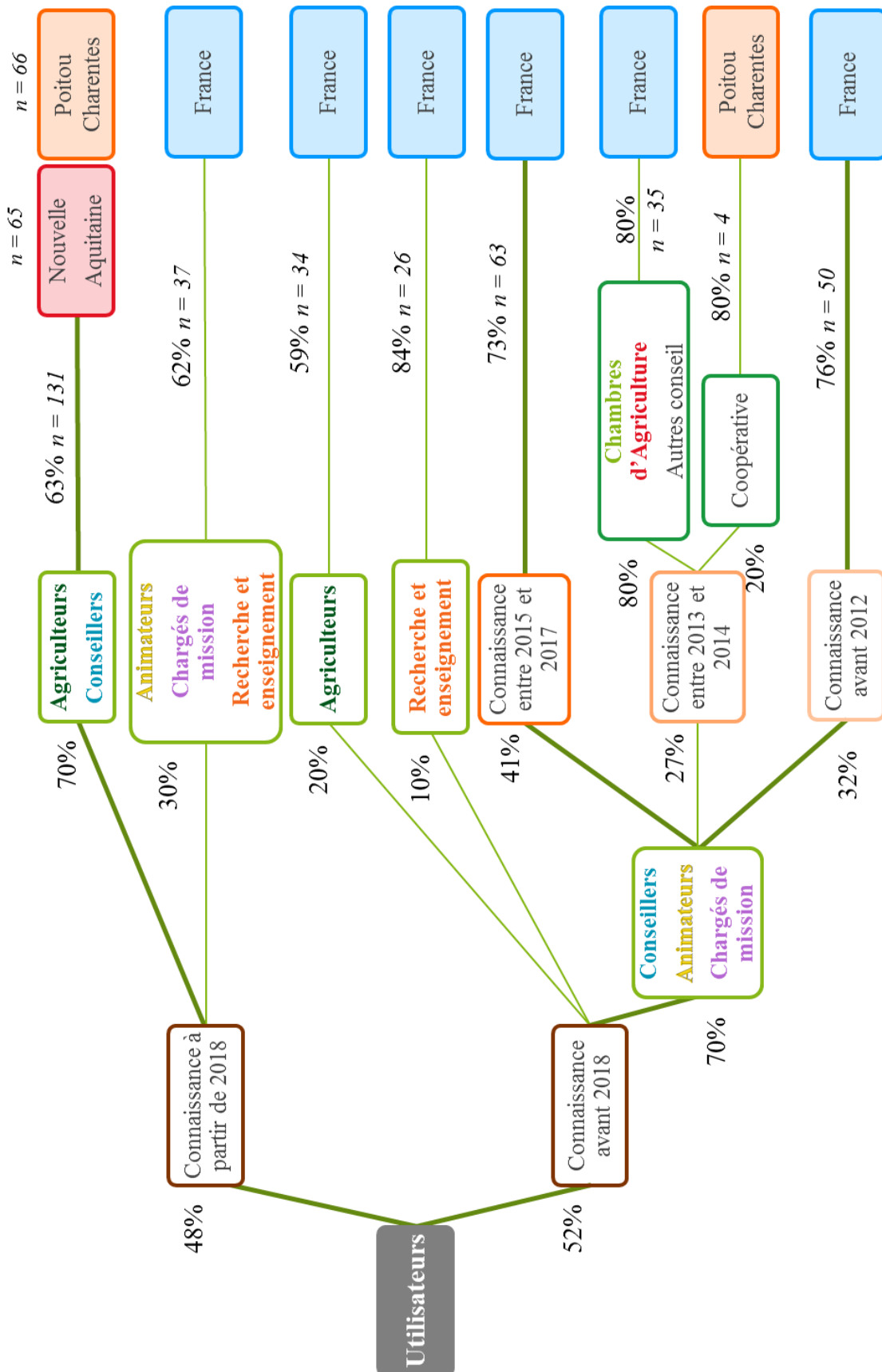
## 4 – Perception de la méthode MERCI



## 5 – Perception de la mise en ligne



Annexe 9. Arbre de classification des utilisateurs de la méthode MERCI



Chaque pourcentage est affecté à un nœud.

## Annexe 10. Graphiques - fiabilité de la méthode selon la fonction, la date de prise de connaissance et la localité des utilisateurs

(Source des données : Sondage en ligne)

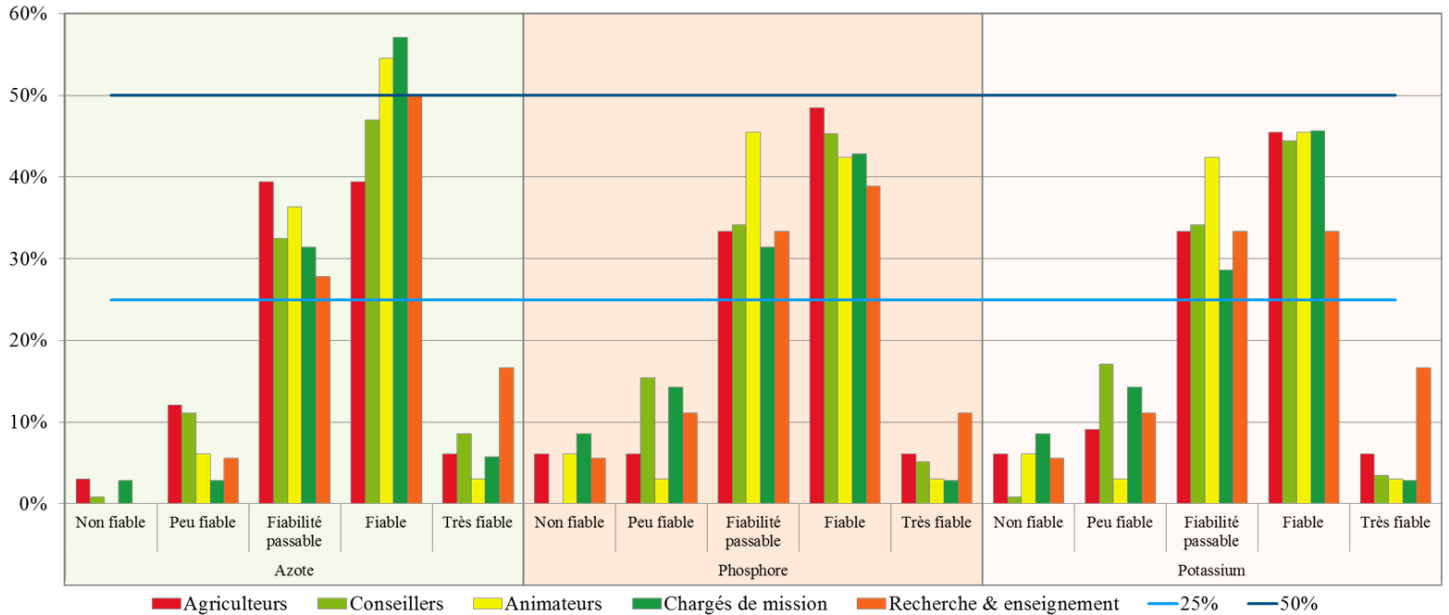


Figure A : Répartition des réponses sur l'estimation de la fiabilité selon la fonction de l'utilisateur. Les pourcentages sont en fonction du nombre de réponses par fonctions.

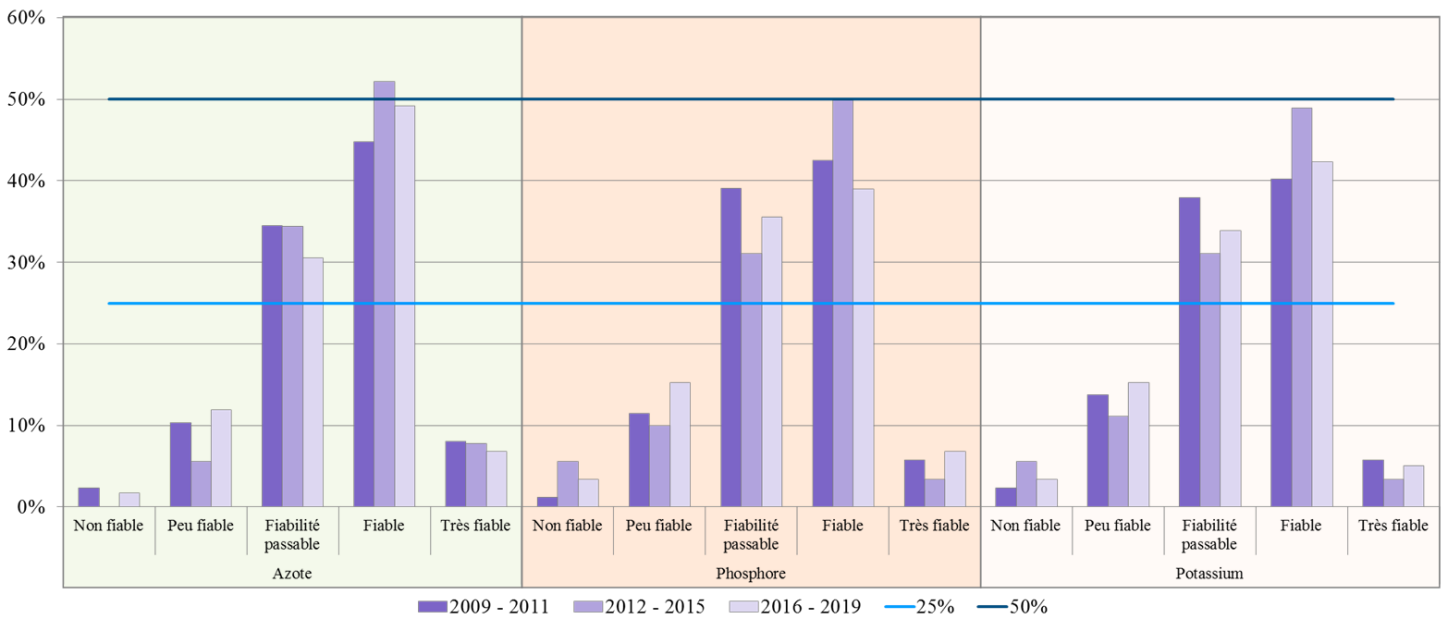


Figure B : Répartition des réponses sur l'estimation de la fiabilité selon la date de prise de connaissance de la méthode. Les pourcentages sont en fonction du nombre de réponses pour chaque catégorie de date.

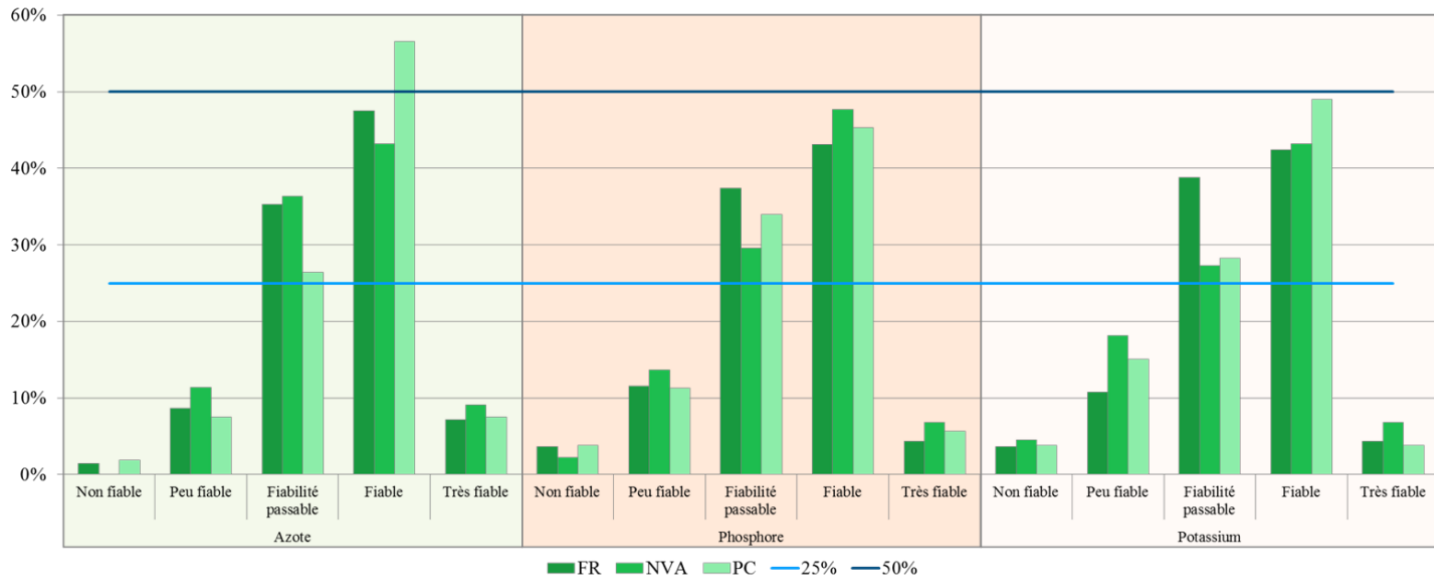


Figure C : Répartition des réponses sur l'estimation de la fiabilité en fonction de la localisation de l'utilisateur.

Les pourcentages sont en fonction du nombre de réponses pour chaque lieu (FR : France, NVA : Nouvelle-Aquitaine, PC : Poitou-Charentes).

## Annexe 11. Visuels de la future version en ligne de la méthode MERCI

**MERCI**  
VERSION 1.0.0  
Méthode d'Estimation des Restitutions  
par les Cultures Intermédiaires

**MERCI est une méthode "de terrain" qui se veut facile d'utilisation et rapidement opérationnelle.**  
Son applicatif informatique permet de calculer à partir d'une mesure simple (biomasse aérienne verte ou sèche ou hauteur du couvert), et en utilisant les références établies par la Chambre d'Agriculture de Poitou-Charentes jusqu'en 2010, les quantités d'azote, de phosphore (P2O5) et de potassium (K2O) potentiellement disponibles après une culture intermédiaire (pas d'estimation des éventuelles pertes par lixiviation après destruction du couvert).

### Comment ça marche ?

Integer id felis. Curabitur aliquet pellentesque diam. Integer quis metus vitae elit lobortis egestas. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi vel erat non mauris convallis vehicula. Nulla et sapien. Integer tortor tellus, aliquam faucibus, convallis id, congue eu, quam. Mauris ullamcorper felis vitae erat. Proin feugiat, augue non elementum posuere, metus purus iaculis lectus, et tristique ligula justo vitae magna.

**Vous avez encore quelques questions ?**  
Consultez notre FAQ.

**Version en cours de développement**

Méthode choisie

Biomasse Verte  Biomasse Sèche

Nom de la parcelle

Type de sol Veillez indiquer votre code postal

Code Postal

Réserve Utile du sol (RU)

50 < RU < 100  100 < RU < 150  150 < RU < 200  RU > 200

Surface occupée par le couvert

 %

Gestion des résidus

Enfoui  Mulché en surface

Devenir du couvert

Restitué  Exporté

Date de levée (ou semis)

Date de la mesure

Espèce 1

N° de prélèvement

1	2	3
<input type="text"/> g	<input type="text"/> g	<input type="text"/> g
<input type="text"/> m <sup>2</sup>	<input type="text"/> m <sup>2</sup>	<input type="text"/> m <sup>2</sup>

Biomasse aérienne verte (gramme)

Surface de prélèvement (m<sup>2</sup>)

Supprimer cette espèce

AJOUTER UNE ESPÈCE +

## RÉSULTATS

### CARACTÉRISTIQUE DU COUVERT

Matière sèche aérienne t/ha

Azote piégé total (Aérien + Racinaire) kg/ha

### RESTITUTION DU COUVERT AU SOL

Azote (N) kg/ha

Informations sur la dynamique de minéralisation



Phosphore (P2O5) kg/ha

Potasse (K2O) kg/ha

Soufre (SO2) kg/ha

Magnésium (MgO) kg/ha

### VALORISATION DU COUVERT EN DÉROBÉE

#### Valeurs fourragères - Alimentation animaux

UFL / HA kg/ha

MAT kg/ha

#### Méthanisation

Rendement en énergie (Nm<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> / ha) kg/ha

### STOCKAGE CARBONE

Carbone t/ha

Evolution Matière Organique t/ha

IMPRIMER

ENREGISTRER

## Résumé

---

Le programme « Fertilisation et couverts végétaux » initié en 2001, par la Chambre régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine, a permis d'acquérir des références sur les espèces végétales des cultures intermédiaires. La base de données créée a été le premier pilier à la création d'une méthode d'estimation des restitutions en éléments minéraux par les cultures intermédiaires, nommée MERCI. La méthode valorise l'intérêt des cultures intermédiaires, elle est composée d'une application terrain et d'un calculateur estimant la production de la culture intermédiaire. L'étude des utilisateurs a mis en avant un intérêt renforcé depuis 2018 avec un nombre conséquent de publications recensées à l'échelle nationale. Les utilisateurs recensés ont mis en évidence une diversité de fonctions, de structures et de filières. Une enquête plus approfondie a permis de démontrer que l'application de la méthode et les résultats affichés sont perçus positivement. Néanmoins, il a été observé une faible prise en compte des valeurs de restitutions dans la fertilisation, notamment pour le phosphore et potassium. Un sondage, réalisé auprès des utilisateurs recensés, confirme ces observations et met en lumière le besoin de plus d'informations sur le fonctionnement des méthodes de calcul des résultats. La mise en ligne de la méthode permet d'améliorer les fonctionnalités techniques et d'adapter l'outil aux utilisateurs recensés. Dans ce sens, les outils de communication doivent faciliter la compréhension des méthodes de calcul et encourager l'utilisation de la méthode. En appui, la contribution et l'implication des utilisateurs dans son évolution est nécessaire pour assurer la pérennisation de MERCI.

Mots clés : cultures intermédiaires, OAD, restitutions, évaluation

## Summary

---

The « Fertilisation and Plant Cover » programme, initiated in 2001 by the Regional Chamber of Agriculture of Nouvelle-Aquitaine, has enabled the acquisition of references on plant species of cover crops. The database created design a method for estimating mineral element return by cover crops, called MERCI. The method values the interest of cover crops, it is composed of a field application and a calculator estimating the production of the cover crop. The study of users has highlighted an increased interest since 2018 with a significant number of publications identified at the national level. The users surveyed highlighted a diversity of functions, structure and sectors. Further investigation has shown that the application of the method and the results are viewed positively. Nevertheless, there is a lack of consideration of return values in fertilisation, particularly for phosphorus and potassium. A survey of the users confirms these observations and highlights the need for more information on the functioning of methods for calculating results. The online method improves the technical functionalities and adapts the tool to the identified users. In this sense, communication tools should facilitate the understanding of calculation methods and encourage the use of the method. In support, the contribution and involvement of users in its evolution is necessary to ensure the sustainability of MERCI.

Key words : cover crops, method, nutrient, evaluation