

# Evaluer les systèmes de grandes cultures biologiques

## Synthèse des essais systèmes

2006-2015

Station expérimentale d'Archigny (86)



Chambre départementale d'agriculture 86 – Agrobio Poitou-Charentes



Avec la contribution financière  
du compte d'affectation spéciale  
« Développement agricole et rural »



DEPHYécophyto

Réseau de Démonstration, Expérimentation et Production  
de références sur les systèmes économes en phytosanitaires

Ce document a pour objectif de regrouper sous forme de synthèse, les résultats obtenus, de 2006 à 2013, à partir des expérimentations pluriannuelles (ou « essais systèmes »).

## Partie I - Présentation de la station expérimentale d'Archigny

- Historique et Description du dispositif expérimental
- Description et méthode de conception du système
- Méthode d'évaluation du système
- Les programmes
- Le réseau RotAB

## Partie II - La rotation longue (R5)

- Présentation de la parcelle
- Maintien de la fertilité
- Enherbement et suivi des adventices
- Analyses économiques
- Répartition du temps de travail sur l'année à l'échelle d'une rotation
- Arbre de durabilité

## Partie III- La rotation courte (R6)

- Présentation de la parcelle
- Maintien de la fertilité
- Suivi des adventices
- Analyses économiques
- Répartition du temps de travail sur l'année à l'échelle d'une rotation

## Partie IV - Comparaison de travail du sol (R1-R2)

- Présentation des parcelles
- Analyse physique du sol
- Analyse chimique du sol
- Suivi des adventices
- Analyse économique
- Répartition du temps de travail sur l'année à l'échelle d'une rotation



# Partie I

# Présentation de la station expérimentale d'Archigny

## Historique et Description du dispositif expérimental

La station expérimentale d'Archigny appartient à Groupama et la Chambre d'Agriculture de la Vienne loue les parcelles. Un partenariat a été créé avec Agrobio Poitou-Charentes pour la gestion de la station. Le dispositif est composé de 14 ha :

- 5 ha ont été convertis en 2001
- 9 ha ont été convertis en 2006.

Toutes les parcelles des essais systèmes étaient en prairie des années 1980 jusqu'en 1999. Initialement, l'objectif était de montrer l'intérêt du drainage pour la production de fourrage. Les parcelles étaient drainées individuellement.

De 2000 à 2005, il y a eu 5 années de monoculture de blé afin homogénéiser les parcelles.

Le sol est composé de limons battants hydromorphes, profonds avec une bonne réserve en eau mais une tendance à l'acidité.

### Les atouts de ce sol :

- Le taux de saturation est toujours très élevé (entre 90 % et 100 %).
- Le pH est optimal pour les cultures (en moyenne pH = 6.2).
- Le taux de matière organique est correct (environ 2% de MO)

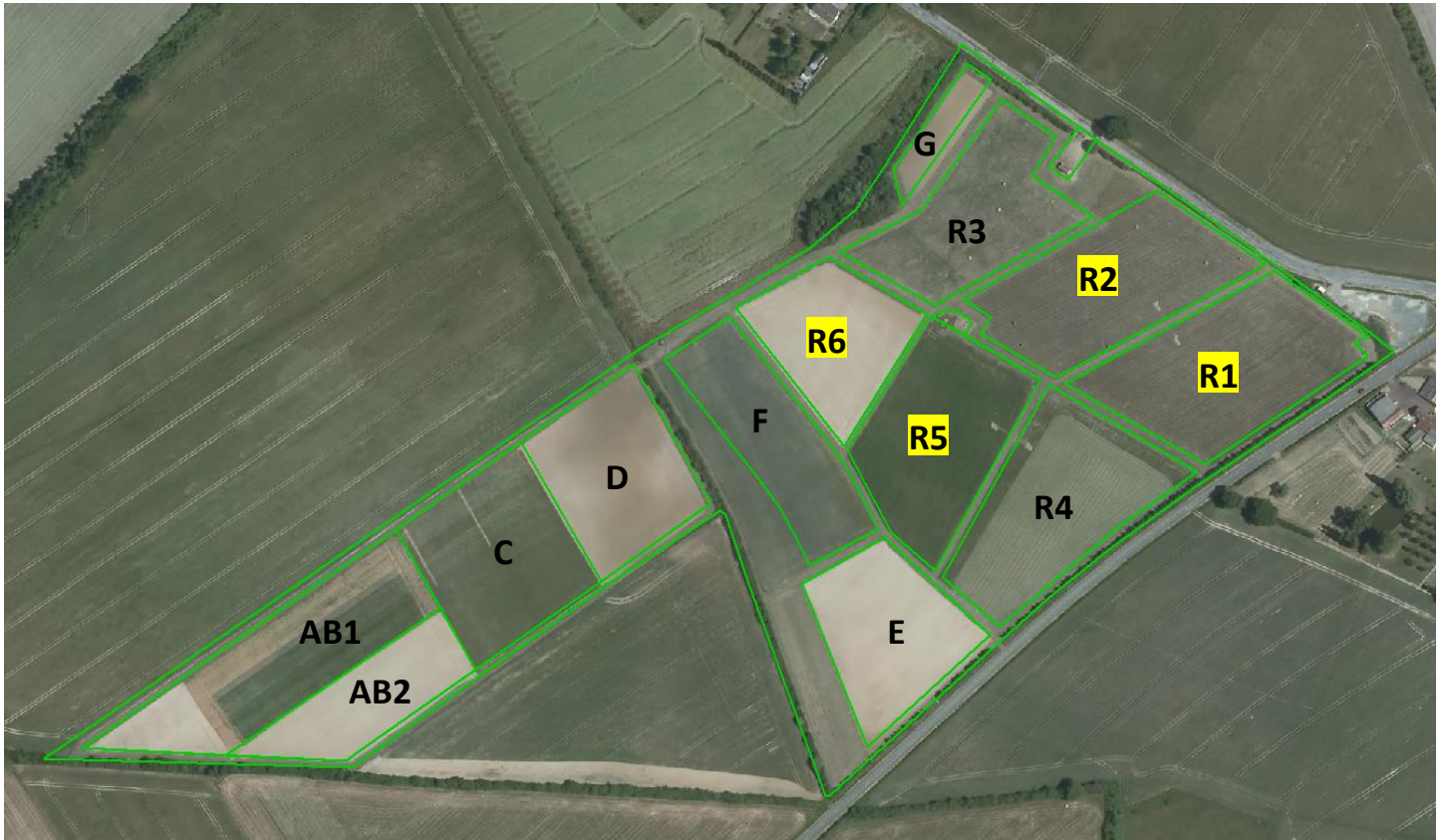
### Les contraintes de ce sol :

- la capacité d'échange cationique est plutôt faible (entre 8 et 15 meq/100g).
- l'hydromorphie entraîne certaines années des pertes de rendement importantes. Des adventices bio-indicatrices (renoncules) se développent et concurrencent les cultures.

Le climat est de type océanique, la pluviométrie annuelle moyenne est de 680 mm, les températures moyennes sont au minimum de 6,7°C et au maximum de 16,2°C avec 1860 heures d'ensoleillement.

Les parcelles R1, R2, R5 et R6 sont réservées aux essais pluriannuels. Les essais analytiques sont réalisés dans les autres parcelles. Leur emplacement dépend du type d'essai (variétés féverole, variétés pois, variétés blé...) puisqu'il faut assurer une rotation dans chacune des parcelles. La conduite des cultures est réalisée par un agriculteur prestataire de service qui utilise son propre matériel.

Les parcelles ont une superficie d'environ 1 ha chacune. Elles sont séparées les unes des autres par des bandes enherbées qui servent d'accès pour le matériel. Des haies sont présentes sur le pourtour extérieur du site.



### Description et méthode de conception du système<sup>1</sup>

L'objectif est de construire et de tester des rotations et des itinéraires durables innovants, de les comparer et de les évaluer de façon multicritère (sur le plan économique et agronomique dans un premier temps)

Plusieurs modalités avec différents itinéraires techniques (labour et non labour) et rotations (longues et courtes) sont testées et un suivi est réalisé sur :

- ↪ L'évolution de la fertilité des sols et de l'enherbement à long terme ;
- ↪ La mesure de l'impact technico-économiques des différentes rotations ;
- ↪ L'évaluation des impacts environnementaux des différentes rotations et pratiques.

Plusieurs systèmes de grandes cultures sans élevage sont mis en place

- ↪ Un système correspondant à ceux mis en place dans la région (système témoin), avec labour systématique (parcelle R5). La rotation est de 8 ans, avec insertion d'une prairie de trèfle violet ;
- ↪ Un système innovant, limitant le travail du sol, avec les mêmes cultures que la rotation témoin mais avec des successions adaptées aux contraintes du travail du sol simplifié (parcelles R1 et R2) ;
- ↪ Un système innovant avec une rotation courte de 3 ans : soja-blé-maïs et un itinéraire technique classique avec labour (parcelle R6).

<sup>1</sup> Sources : ITAB, décembre 2014

Les rotations sont définies à priori mais peuvent évoluer en fonction des contraintes liées au climat. Quelques règles de décision ont été définies pour les systèmes testés à Archigny :

Point clé du système	Règle de décision
Cahier des charges AB	Certification par le Bureau VERITAS
Maintien de la fertilité	Mettre en place, si possible tous les 3 ans, des légumineuses (féverole, pois, trèfle...)
Lutte contre les adventices	Privilégier les alternances cultures d'hiver et cultures de printemps (deux cultures d'hiver, une culture de printemps) sur la rotation témoin ; Eviter les intercultures très courtes à travail du sol simplifié pour permettre la gestion des résidus.
Prévention des maladies et ravageurs	Alterner les espèces Choisir des variétés rustiques

### Méthode d'évaluation du système<sup>2</sup>

- ❖ Indicateurs agronomiques :
  - Suivi des stades phénologiques des cultures
  - Composantes du rendement
  - Rendement et qualité des produits
  - Notations adventices : estimation de l'enherbement ; comptage par espèces d'adventices ; prélèvement des adventices
  - Notations maladies et ravageurs (si des problèmes sont observés)
  - Suivi de la fertilité des sols : analyses physico-chimique (CEC, textures, pH, éléments chimiques...), caractérisation de la matière organique (biomasse microbienne, fractionnement de la MO, minéralisation de l'azote), suivi de l'azote (reliquats azotés du sol, quantité d'azote absorbé par la plante à floraison ou à la récolte)
  - Evolution de la biodiversité : inventaire floristique au point zéro, comptages de syrphes et de carabes
- ❖ Indicateurs économiques
  - Marge brute, marge directe, coût de production, temps de traction
- ❖ Indicateurs « humain »
  - Répartition du temps consacré à chaque culture sur l'année à l'échelle d'une rotation

### Problèmes rencontrés<sup>3</sup>

- L'automne très pluvieux en 2008 n'a pas permis de semer les mêmes cultures sur les parcelles labourées (R1 et R5) et sur celles en non labour (R2 et R4).
- Abandon en 2010 des comparaisons labour/non labour de R4 et R5 à cause d'un enherbement excessif (vulpin et ray-grass) sur les parcelles en travail superficiel. Le salissement de ces parcelles est amplifié par des difficultés de gestion des résidus de récolte et donc des semis de la culture suivante dans les successions à interculture courte (ex : maïs – féverole)

<sup>2 et 3</sup> Sources : ITAB, décembre 2014

## Les programmes<sup>4</sup>

Les systèmes sont évalués grâce à différents programmes tels que SolAB, RotAB, InnovAB ou le réseau AB Dephy. Ces projets sont financés par Dephy Ecophyto pour le réseau AB Dephy et par le Compte d'Affectation Spéciale « développement Agricole et Rural » (projet CASDAR sur 3 ans) pour les 3 autres programmes.

L'objectif de ces projets de tester puis de mettre en place des protocoles de suivis des indicateurs agronomiques et économiques.

- Le projet RotAB, mené de 2008 à 2010 avec une dizaine de partenaires avait pour objectif d'évaluer et de concevoir des rotations pratiquées dans les systèmes spécialisés en grandes cultures biologiques.

Ce projet a permis d'obtenir les résultats suivant :

- Connaissance et caractérisation des rotations pratiquées par les agriculteurs biologiques
- Analyse de rotations en grandes cultures biologiques
- Evaluation multicritère des rotations pratiquées par les agriculteurs biologiques
- Evaluation des performances économique, agronomique, sociale et environnementale de systèmes de grandes cultures biologiques.
- Mise en réseau de dispositifs expérimentaux de longue durée
- Création d'une « boîte à outils », à destination des expérimentateurs, pour évaluer la fertilité des sols et suivre leur évolution.
- Capitalisation de données : enregistrement dans une base commune

- Le projet SolAB, en association avec 24 partenaires, a mené une étude sur les effets de différents modes innovants de gestion du sol en AB sur la fertilité et ses méthodes d'évaluation. Ce projet, mené de 2009 à 2011, a porté sur la gestion des sols et son impact sur la fertilité dans les systèmes de production végétale à travers la faisabilité et durabilité de différentes modes innovants de gestion du sol (TCS en grandes cultures, planches permanentes et autres TCS en maraichage, alternatives à l'entretien mécanique sous le rang en arboriculture et viticulture). Quatre outils ont été évalués : « le test bêche pour évaluer la structure du sol et 3 bio-indicateurs liés aux populations ou à l'activité des vers de terre »<sup>5</sup>

- Le réseau AB Dephy et InnovAB sont deux projets qui se complètent :

- Le réseau AB Dephy vise la valorisation de la mise en réseau de sites expérimentaux à l'échelle du système, dans l'objectif de fournir des références et connaissances d'ordre méthodologique.
- InnovAB projet porte sur des questions techniques et de performances: maîtrise des adventices, gestion de la fertilité du sol (N et P), évaluation multicritère des systèmes, représentation de l'AB dans la formation agricole... Il permet au Réseau RotAB (cf ci-dessous) de bénéficier de l'expertise scientifique de chercheurs (INRA UMR AGIR, INRA UMR Agroécologie, Groupe ESA).<sup>4</sup>

Les résultats et valorisation attendus sont :

- la conception et/ou l'optimisation de systèmes de grandes cultures biologiques performants et durables ; il s'agit en particulier d'étudier les marges de manœuvre possibles et les leviers techniques les plus pertinents pour améliorer les performances de ces systèmes,
- La production en conséquence de références pour les agriculteurs cultivant des grandes cultures biologiques,
- La diffusion de ces références auprès des agriculteurs, qu'ils soient en AB depuis plusieurs années ou en conversion.

---

<sup>4</sup> Sources : ITAB

<sup>5</sup> Sources : AlterAgri



- Le transfert de solutions alternatives vers une agriculture économe en intrants est également visé.<sup>6</sup>

### **Le réseau RotAB**

Animé par l'ITAB, le réseau RotAB a été initié dans le cadre du projet CAS DAR RotAB. « Il regroupe 12 essais systèmes de longue durée en grandes cultures biologiques. Ces dispositifs expérimentaux, répartis sur la France entière, couvrent une grande diversité de contextes et d'objectifs. En place récemment ou depuis plus de 10 ans, ils ont tous pour objectif d'évaluer la durabilité et les performances de systèmes de cultures innovants en grandes cultures biologiques. »<sup>7</sup>

Le réseau RotAB est un support pour le réseau AB Dephy et InnovAB.

L'objectif de ce réseau est d'évaluer la durabilité et les performances de systèmes de cultures innovants en grandes cultures biologiques.

La mise en commun des essais et des connaissances permet d'améliorer la méthodologie afin que les protocoles soient simples, rapides à mettre en place, efficace et valables dans toute la France. Des partages sur les techniques innovantes et performantes vont aussi pouvoir avoir lieu au sein du réseau RotAB, tout comme la mutualisation de moyens pour la valorisation des résultats.

---

<sup>6</sup> Sources : Fiches CASDAR, AAP IP n°5368

<sup>7</sup> Sources : ITAB

# Partie II

# La rotation

# longue

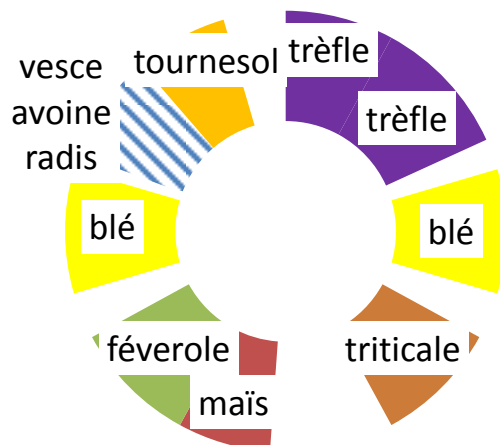
# (R5)

# Présentation

## La granulométrie

	Horizon 0-15 cm
Argile	14 %
Limons	50 %
Sables	36 %

## Rotation de R5















## Les règles de décision :





- Rotation longue et diversifiée. Rotation sur 8 années
- Présence de légumineuses : trèfle violet 18 mois et féverole d’hiver
- Alternance de culture d’hiver et de printemps : présence d’un tournesol et d’un maïs après 2 cultures d’hiver.
- Labour systématique



## Itinéraire technique cultural R5

	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
<b>Tournesol</b>						 HR	 B					
<b>Trèfle</b>			 C	 VF	 VF	 HR	 (n+1)	 (n+1)	 Br (n+1)	 Br		
<b>Blé</b>							 VF	 VF	 VF	 E	 HR	

Triticale			 F			 C			 HR
Maïs		 C	 Labour	 E	 B	 B			 Récolte
Féverole						 (n+1)		 HR	 L

-  VF Vibroflex
-  C Cover crop
-  HR Herse rotative
-  Semis

-  Labour
-  B Binage
-  E Epandage organique
-  F Fertilisation minérale

-  Faux
-  Br Broyage
-  Récolte

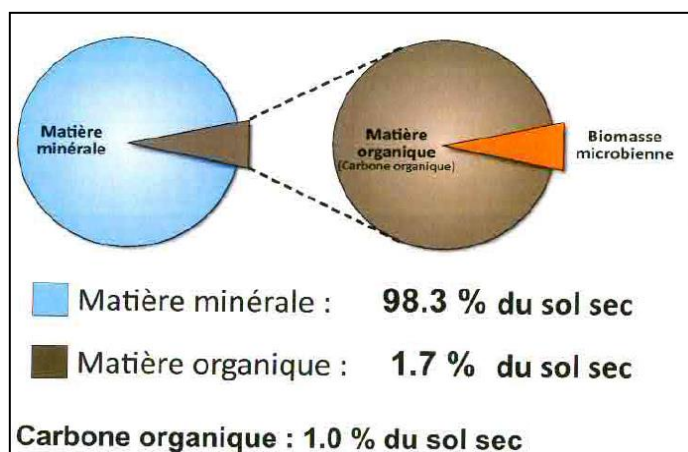
## Maintien de la fertilité R5

### La biomasse microbienne

Le sol est constitué de matière minérale (cailloux, argiles, limons, sables...) et de matière organique. Cette dernière est constituée de carbone en partie sous forme microbienne : il s'agit de la biomasse microbienne.

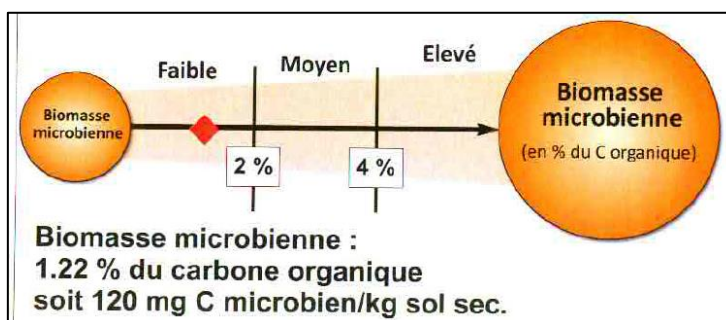
Mesurer la biomasse microbienne (ou Carbone microbien) permet de connaître la taille du compartiment microbien du sol.

Cette fraction vivante de la MO du sol réagit rapidement aux modifications de pratiques cultures (travail du sol, restitutions des résidus, apports organiques...)



La biomasse microbienne est interprétée en fonction du stock de carbone organique du sol. La valeur souhaitable du carbone microbien se situe entre 2 et 4 % du carbone organique.

La biomasse microbienne est influencée par les caractéristiques physico-chimiques du sol ainsi que par les conditions climatiques (températures et humidité du sol) au moment du prélèvement.



Ici, la biomasse microbienne est faible.

Les pratiques de restitution organique ne permettent pas de maintenir une activité biologique suffisante. L'apport régulier de produits organiques serait souhaitable.

La biomasse microbienne est en partie responsable de la stabilité des agrégats du sol (gels microbiens). Un apport de produit organique et/ou la mise en place de cultures intermédiaires permettront de dynamiser la biomasse et donc d'améliorer la stabilité structurale.

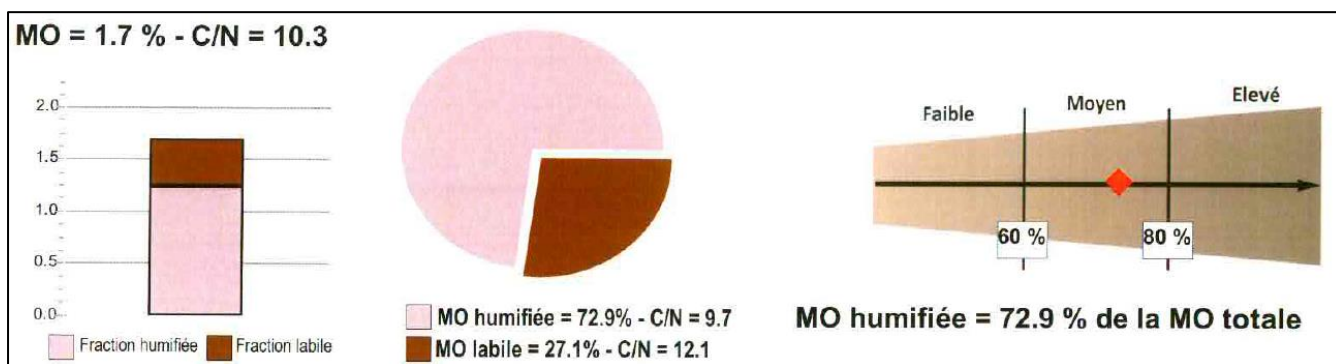
Le taux de matière organique étant satisfaisant, la faible biomasse microbienne peut s'expliquer par un problème de structure, de tassement ou d'hydromorphie du sol. Des apports de MO stable (produits mixte animal/végétal) sont recommandés. La MO d'origine animale permettra de relancer l'activité microbienne.

Pour compléter le diagnostic, d'autres indicateurs biologiques peuvent être également mesurés : le fractionnement de la matière organique et le potentiel de minéralisation de l'Azote et du Carbone.

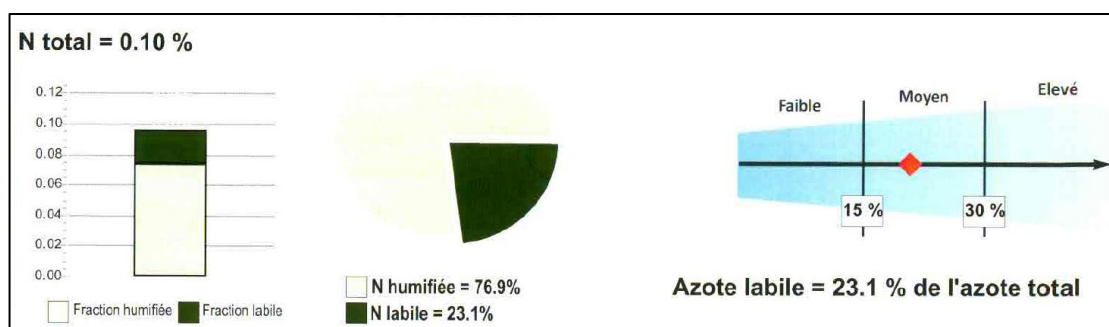
### Le fractionnement de la matière organique

Le fractionnement de la matière organique permet de d'isoler la part humifiée de la MO (fraction fine de moins de 50 µm) de la part labile (fraction grossières de plus de 50 µm). La fraction humifiée de la MO correspond à la partie « inerte et stabilisée, constituant la fraction « humus stable » du complexe argilo-humique. Elle évolue très lentement.

La fraction labile de la MO correspond à la matière organique en cours de transformation, son carbone évoluera par minéralisation sous forme de CO<sub>2</sub> et son azote sous forme d'azote minéral.



La proportion de MO humifiée est satisfaisante, le potentiel de dégradation de la MO du sol semble donc modéré. De plus, la fraction labile de la MO présente un C/N relativement élevée, ce qui est caractéristique d'une MO peu évoluée qui se dégrade mal. Afin d'améliorer la dégradation de la MO labile et ainsi améliorer la dynamique globale de la MO du sol, des apports de produits organiques à dominante animale sont recommandés.



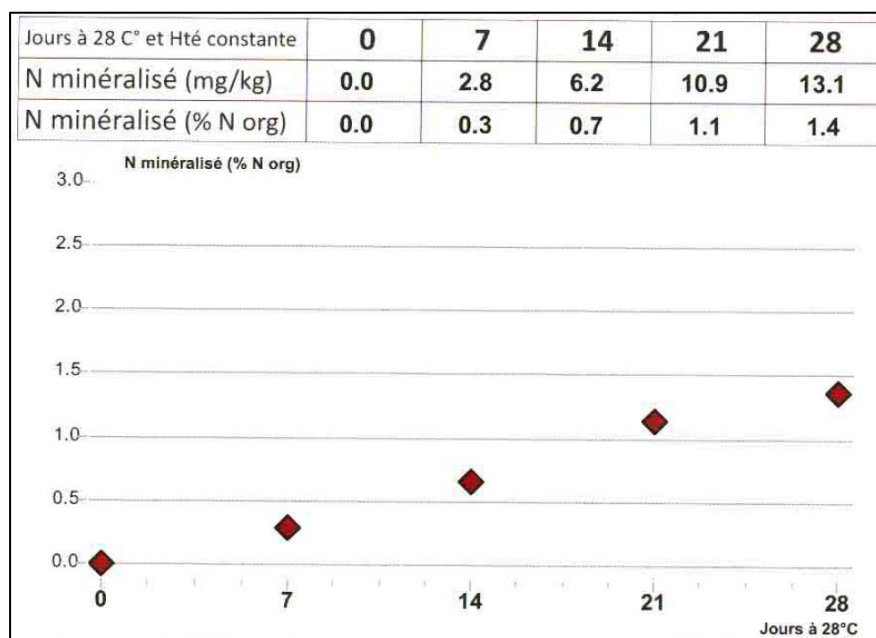
La bonne proportion d'azote labile indique un potentiel important de fourniture en azote minérale par le sol. Ce potentiel est cependant limité par le C/N relativement élevé de la MO labile, signe d'un blocage de cette MO. L'apport de produits organiques avec une fraction significative d'origine animale peut aider à lever ce blocage.

### La minéralisation de l'azote

L'activité des micro-organismes est révélée par la transformation de l'azote organique en azote minéral, mesurée par la variation du stock d'azote minéral dans le sol incubé à température et humidité constante pendant 28 jours.

La mesure du potentiel de minéralisation de l'azote organique du sol permet de calculer la fourniture potentielle annuelle d'azote minéral du sol afin d'ajuster la fertilisation azotée.

### Résultats du test minéralisation de l'azote organique

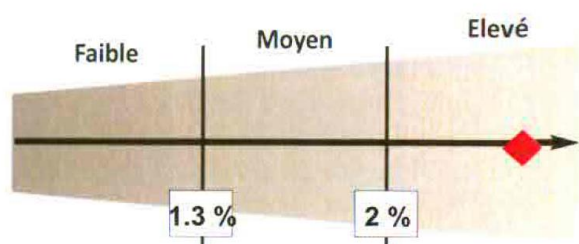


La quantité d'azote minéralisé est exprimée en pourcentage de l'azote organique du sol (la teneur en azote total mesurée est assimilée à l'azote organique, la fraction minérale étant généralement très faible).

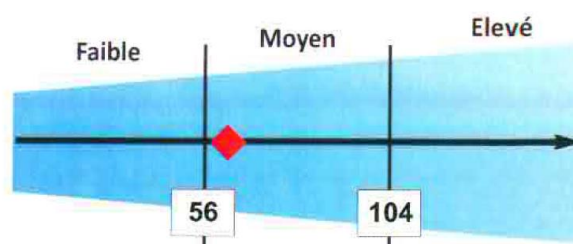
Ici, le reliquat azoté de départ est de 14.6 kg/ha sur 20 cm de profondeur.

Le potentiel de minéralisation de l'azote organique mesuré en incubation sur 28 jours à 28°C soit être extrapolé pour obtenir le potentiel de minéralisation annuel. Cela est possible grâce au concept de jours normalisé (température et humidité standards : 15°C et humidité à la capacité au champ). A l'aide du climat moyen du département de la parcelle analysée, le nombre de jours normalisés pour une année est calculé. Une estimation du potentiel annuel de minéralisation de l'azote organique est ainsi faite. Ceci est détaillé dans le cadre ci-dessous.

### Traduction en azote minéralisé annuellement



Potentiel de minéralisation azote : 2.60 % N organique.



Fourniture annuelle en azote minéral : 65 kg/ha/an.

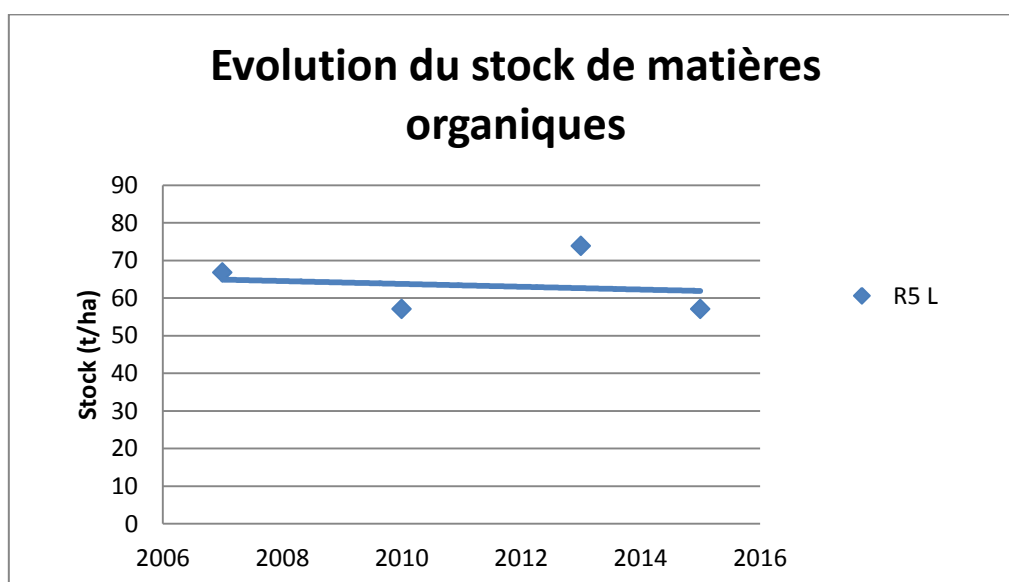
L'action minéralisatrice des micro-organismes dépend du climat (température, humidité), du sol (teneur en MO, argile, CaCO<sub>3</sub>, pH) et du système de culture (exportation ou non des pailles, apport ou non de produits

organiques). La minéralisation sera donc propre à chaque parcelle et difficilement modifiable (à part en jouant sur les pratiques culturales).

Le potentiel annuel de minéralisation de l'azote organique est de 2.60% N organique, ce qui est très élevée. La teneur en azote total de la terre analysée étant 0.10% sec, le stock d'azote organique pour une profondeur de 20 cm (2600 t de terre fine/ha) serait de 2.49 t/ha. Donc le potentiel annuel de minéralisation de l'azote organique serait bien de 65 kg/ha (+ ou - 5 kg/ha).

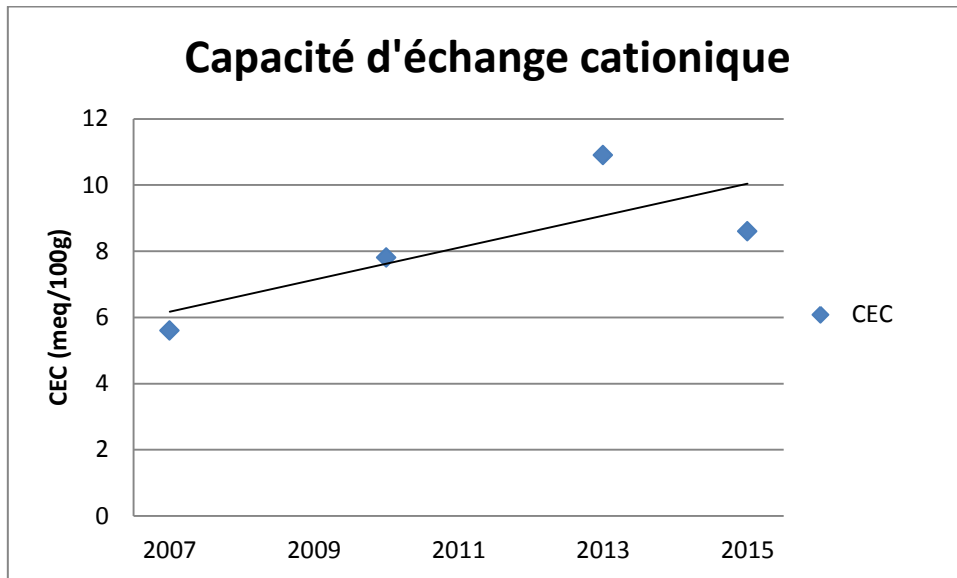
Bien que le potentiel de minéralisation de l'azote organique soit élevé, la fourniture en azote minéral est faible. Cela est dû à la faible teneur en azote organique du sol. Les conditions étant favorables à la minéralisation de l'azote organique, il faut augmenter la teneur en azote organique pour améliorer la fourniture en azote minéral par le sol. Il est donc recommandé d'augmenter la fréquence et la dose des restitutions organiques (résidus de cultures, apports de MO mixte animal/végétal).

#### Evolution du sol de 2007 à 2015



D'après l'analyse de sol, 1% de la matière organique est minéralisé chaque année. La perte est compensée par des apports extérieurs et les résidus de culture. Nous constatons grâce aux différentes analyses de sol qui ont été réalisées que ce stock a diminué de 10 tonnes par hectare en 8 ans, passant d'une teneur en 2007 de 1,99% à une teneur de 1,7% de M.O. en 2015. Ce sont des teneurs faibles mais logiques puisqu'il n'y a eu que très peu d'apports de matières organiques.

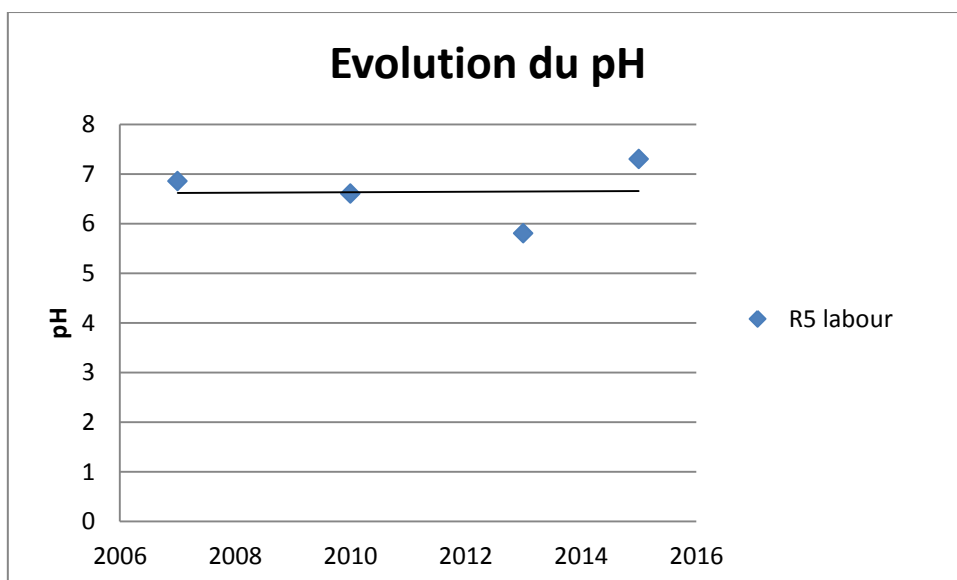




La capacité d'échange cationique (CEC) est la capacité du sol à pouvoir retenir et échanger des éléments minéraux. L'argile et l'humus du sol composent ce réservoir, d'où l'appellation de « complexe argilo-humique » (CAH). La CEC correspond donc au nombre de sites négatifs que cet assemblage va pouvoir proposer pour fixer les éléments minéraux chargés positivement (cations). Ainsi, plus le sol est riche en argile et en matière organique évoluée (humus) meilleure sera la CEC.

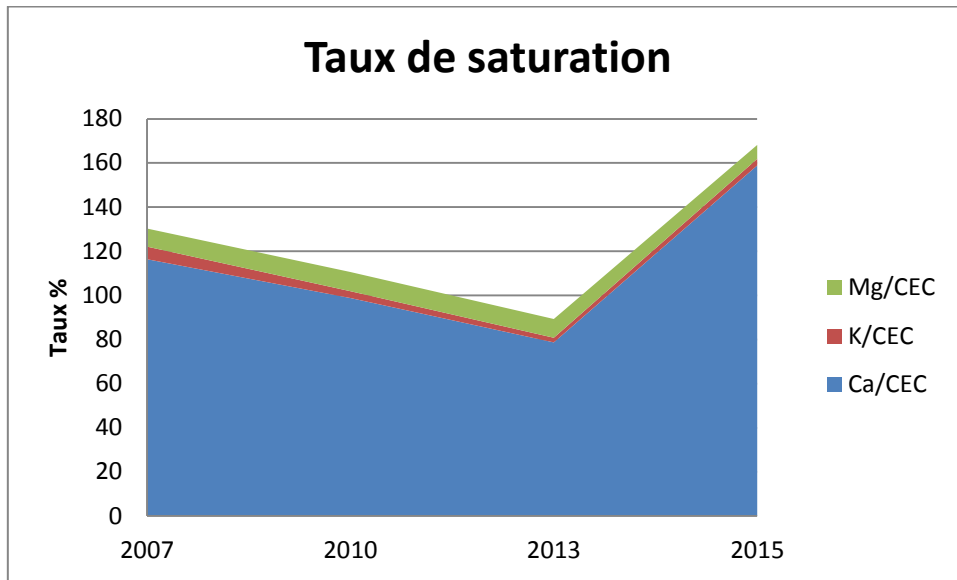
Parmi tous les cations, ce sont les bases échangeables ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) qui sont intéressantes pour la nutrition des plantes.

Ici la CEC augmente, passant de 5.6 meq/100g, valeur faible en 2007, à 10 meq/100g qui est une valeur « moyennement bonne » en 2015.

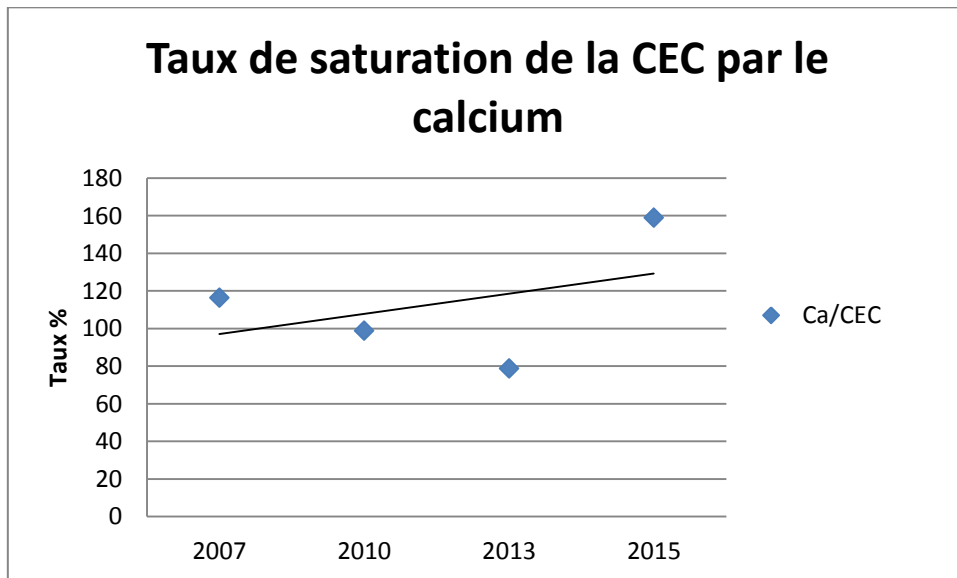


Le pH est compris entre 6 et 7. Avec ces valeurs il n'y a pas de risque de toxicité aluminique pour les cultures. Le pH est relativement stable tout au long de la rotation mais il peut évoluer au cours d'une même année.

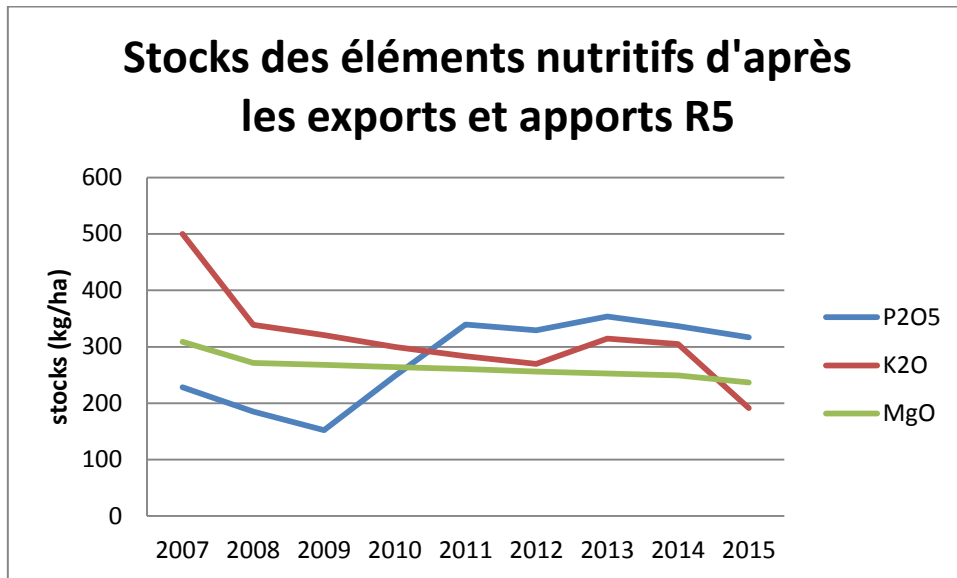
Il est préférable de s'intéresser au taux de saturation de la CEC. Ce dernier est corrélé au pH.



Le taux de saturation de la CEC correspond à la proportion de bases échangeables adsorbées par le CAH du sol. Dans cette parcelle il est au-delà de 90%, il est donc très bon.



Dans la parcelle R5, la CEC stock à plus de 80% de l'oxyde de calcium. Le rapport Ca/CEC est stable tout au long de la rotation, sans qu'il n'y ait eu besoin de chaulage. Ceci explique au moins en partie, la stabilité du pH.



Pour connaître l'évolution du stock d'éléments minéraux dans le sol, nous sommes partis de la teneur en chacun de ces éléments, mesurée lors de la première analyse de sol de la station. Un bilan des exports et des apports exogènes permet de calculer un stock théorique pour les années suivantes (graphique n° ?).

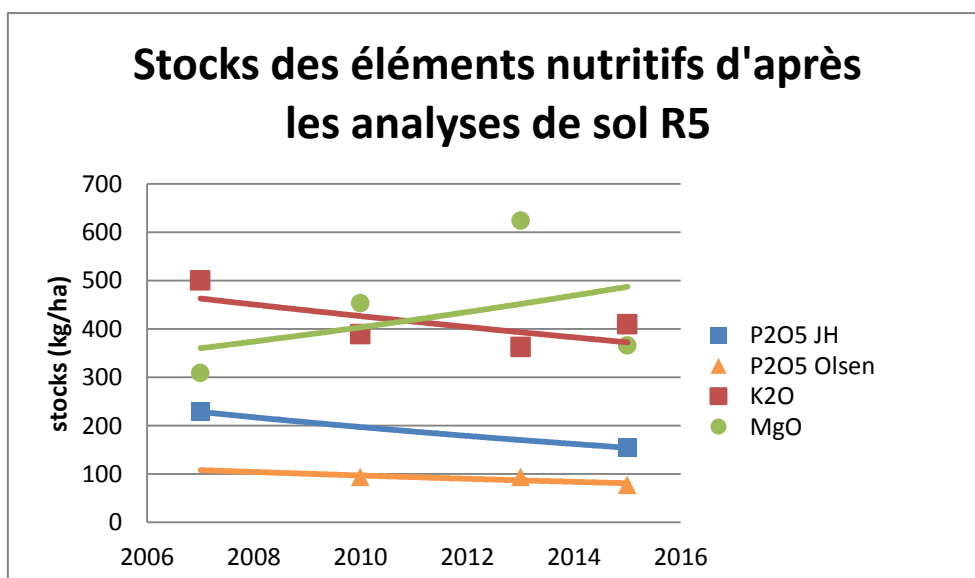
Les apports effectués au cours de la rotation sont les suivants :

- Sur triticale en 2009, 1120 kg/ha de farine d'os dosant 8-12-0 (et 10% de Ca) ont été apporté, ce qui représente un apport de 90 kg/ha d'azote, 134 kg/ha de phosphore et 112 kg/ha de calcium.

- Sur maïs en 2010, 946 kg/ha de farine d'os (8-12-0 ; Ca : 10%) ont été épandu, soit 76 kg/ha d'azote, 114 kg/ha de phosphore et 85 kg/ha de calcium.

- Un dernier apport a été réalisé en 2012, sur blé tendre. Il s'agit de 4 tonnes de compost de fiente (0.6-1.3-1.5) qui ont permis d'apporter respectivement 24, 52 et 60 kg/ha d'azote, de phosphore et de potassium.

Des analyses de suivi ont été effectuées en 2010, 2013, et 2015. Elles nous permettent de comparer les valeurs observées (voir graphique suivant) avec celles obtenues par le bilan théorique.



Les stocks observés ont approximativement les mêmes tendances d'évolution que les stocks théoriques calculés.

Tous les éléments nutritifs sont présents en moindre quantité aujourd'hui qu'il y a 8 ans.

- MgO : les teneurs évoluent. L'augmentation est en moyenne de 19 kg/ha/an.
- P2O5 Olsen : légère diminution du stock (perte de 9 kg/ha/an en moyenne)
- K2O : diminution des stocks relativement parallèle à P2O5 Olsen (perte de 11 kg/ha/an en moyenne).

## **Enherbement, suivi des adventices R5**

La gestion de l'enherbement est assurée par l'alternance de cultures à cycles végétatif différents, afin de ne pas sélectionner une flore adventice spécifique, par la pratique d'un labour systématique, par le binage des cultures de printemps et par l'introduction en début de rotation d'une légumineuse de fauche pour contrôler les vivaces.

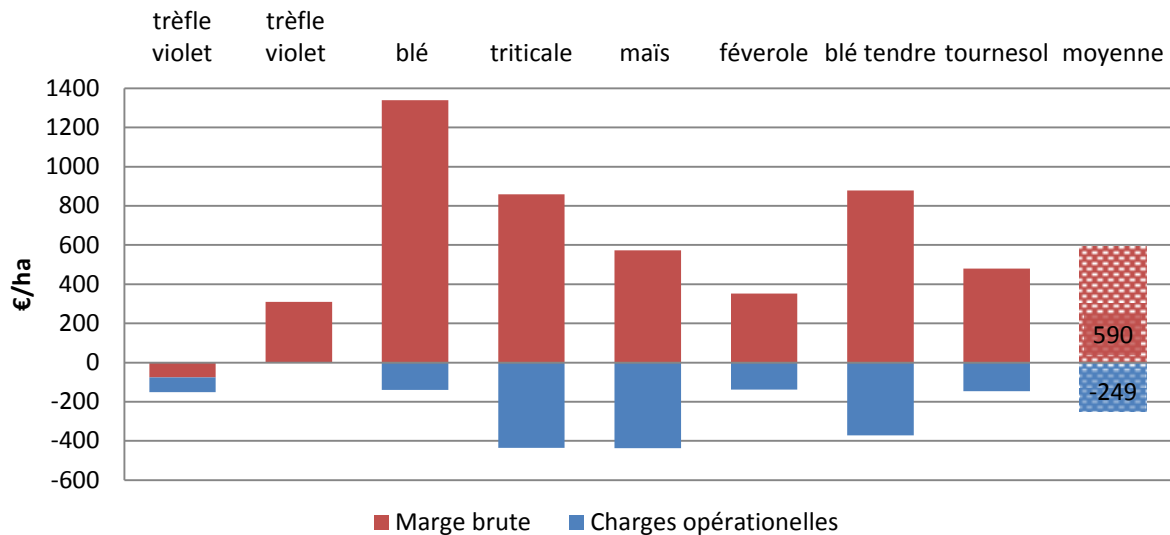
L'enherbement est correctement contrôlé sur les premières années de la rotation. C'est dans la culture de féverole que la folle avoine et le chardon se développent. Ces adventices restent présentes dans le blé suivant et contenues grâce au binage sur le tournesol. En fin de rotation la parcelle s'est salie. Reste à vérifier que le trèfle qui sera implanté pour 18 mois au printemps 2014 sera suffisant pour maîtriser le chardon

## **Résultats économiques**

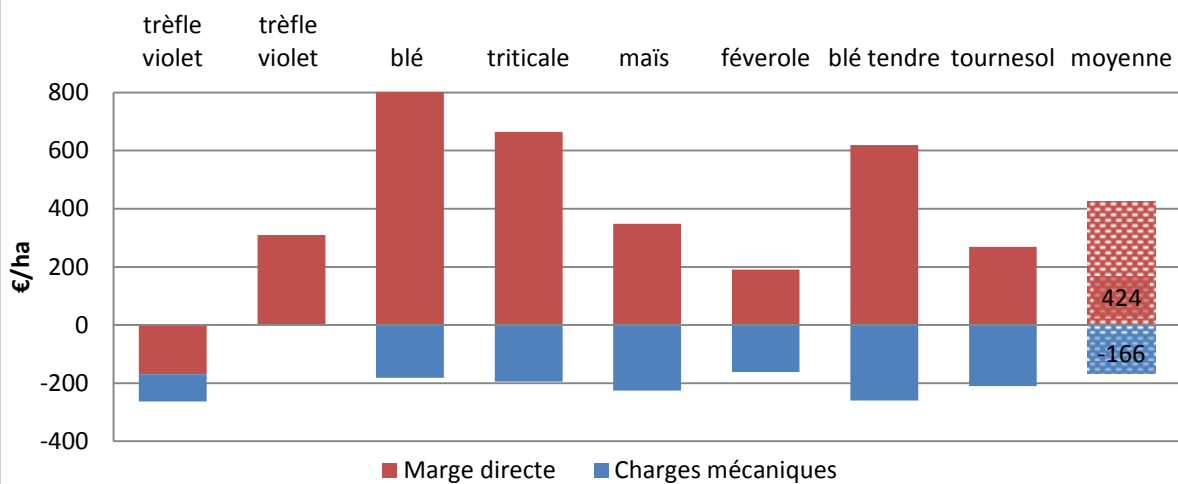
- Les marges qui sont présentées ci-dessous ne tiennent pas compte des aides PAC (DPU, Maintien, aide couplée éventuelle).
- Les charges opérationnelles sont les charges réellement engagées.
- Les prix retenus sont les prix moyens observés en 2013.
- Les coûts de mécanisation sont calculés avec en référence le barème « entraide ».

## **Résultats économiques de R5**

## Marges brutes et charges opérationnelles R5



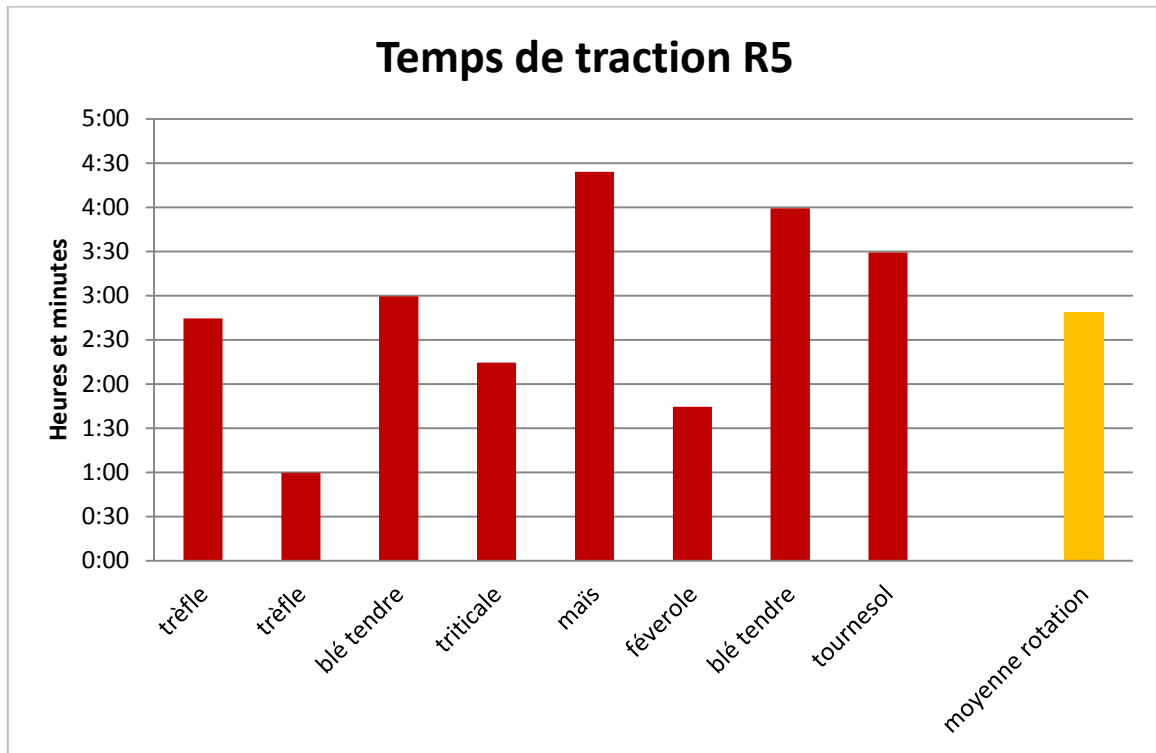
## Marges directes et charges de mécanisation R5



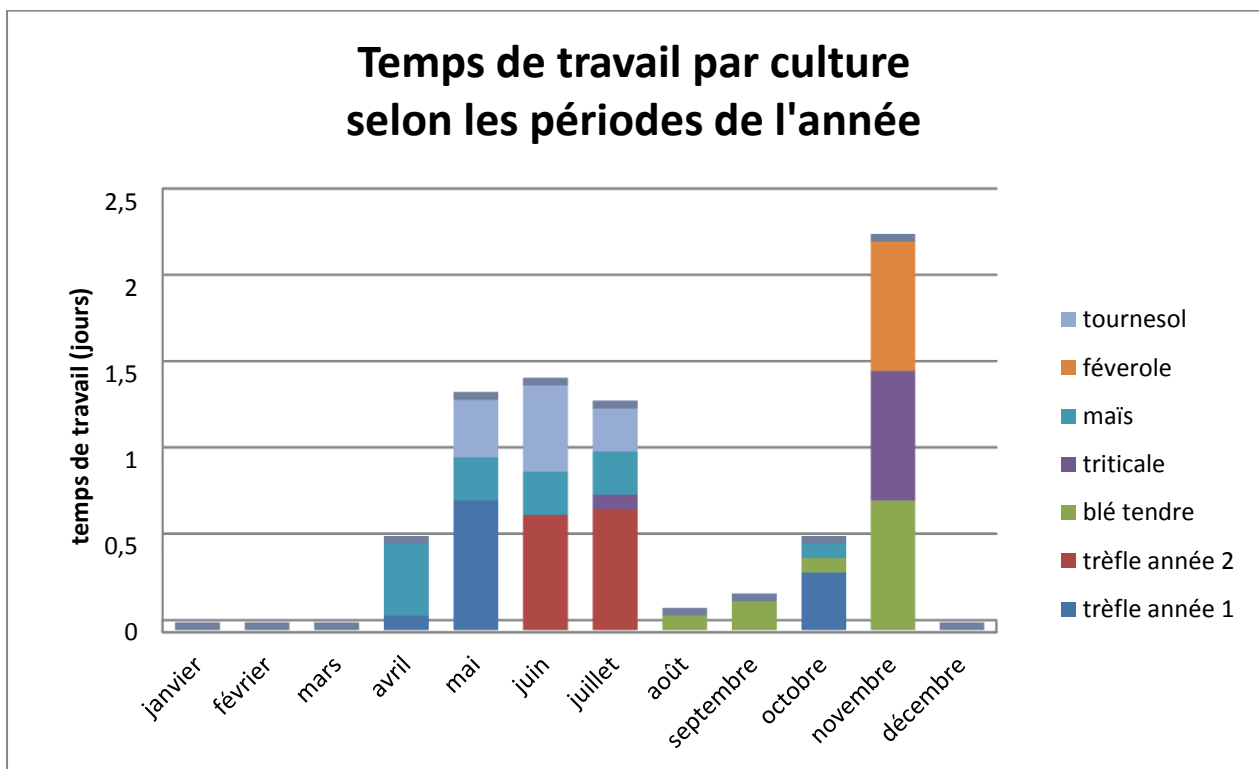
Les deux graphiques ci-dessus montrent bien l'intérêt d'une analyse des résultats économiques à l'échelle de la rotation. En effet les marges sont très différentes d'une culture à une autre, mais aussi pour une même culture en fonction de sa place dans la rotation.

Les mêmes tendances sont suivies pour les marges brutes, les charges opérationnelles, les marges directes et les charges mécaniques. Les meilleures marges (1300€/ha de MB ; 800 €/ha de MD) ont été obtenues en 2008 avec la culture de blé. Les céréales (maïs grain, blé tendre et triticales) sont en générale les cultures ayant les charges les plus importantes.

Le trèfle ayant été vendu sur pied en 2007, il n'y a aucune charge pour la station expérimentale.



Le temps de travail présenté ci-dessus ne tient compte que du travail en parcelle. N'est pas pris en compte l'attelage - dételage du matériel, les différents réglages et le temps d'approche de l'exploitation aux parcelles.



On considère que la SAU est de 100 hectares et que chacune des cultures a une surface de 1/7<sup>ème</sup> de cette surface (environ 14 hectares).

Les cultures d'hiver demandent plus de temps de travail pour être semées. Cela vient du fait qu'il faut déchaumer, plusieurs passages sont nécessaires généralement, labourer et semer dans le même mois.

Le trèfle demande du temps uniquement au semis et à la récolte.

Les cultures de printemps quant à elles, sont chronophages à l'implantation avec la préparation des semis, mais aussi lors des binages.

Classe qualitatives prises															
Faible à moyenne	↓ 2 / 4	Rentabilité													
Faible à moyenne	↓ 2 / 4	Indépendance économique													
Moyenne à élevée	↑ 3 / 4	Efficience économique		↔ 3 / 4		Autonomie économique		↔ 3 / 4		Résultats économiques de l'exploitation					
faible	↑ 3 / 3	Surcoût en matériel													
Moyenne à élevée	↑ 3 / 4	Maîtrise du statut acido-basique du sol													
Faible à moyenne	↓ 2 / 4	Maîtrise de l'état structural du sol		↔ 3 / 4		Maîtrise de la fertilité physico-chimique		↔ 3 / 4		Capacité productive à long terme	↑ 5 / 5		Dimension Économique		
Moyenne à élevée	↑ 3 / 4	Maîtrise de la fertilité phosphopotassique													
Moyenne à élevée	↑ 3 / 4	Maîtrise des maladies et ravageurs													
Faible à moyenne	↓ 2 / 4	Maîtrise des adventices		↔ 3 / 4		Maîtrise des bioagresseurs									
élevée	↑ 3 / 3	Qualité sanitaire													
Moyenne	⇒ 2 / 3	Qualité technologique et esthétique des produits		↑ 4 / 4		Qualité des produits		↑ 4 / 4		Contribution au développement économique					
très élevée	↑ 3 / 3	Contribution à l'émergence de nouvelles filières													
Très faible	↓ 1 / 4	Contribution à l'emploi													
Très faible	↓ 1 / 4	Fourniture de matières premières													
Très élevée	↑ 4 / 4	Complexité des itinéraires techniques		↑ 4 / 4		Facilité de mise en oeuvre									
Moyenne	⇒ 2 / 3	Temps de veille technico-économique													
Faible	↑ 3 / 3	Surcharge de travail													
Faible à moyenne	↑ 3 / 3	Risque pour la santé de l'opérateur		↑ 4 / 4		Qualité des conditions de travail		↑ 4 / 4		Satisfaction des attentes de l'agriculteur	↑ 3 / 5		Dimension Sociale		
Faible	↑ 3 / 3	Difficulté physique													
Très élevée	↑ 4 / 4	Eaux profondes	↑ 4 / 4	Maîtrise des pertes pesticides											
Très élevée	↑ 4 / 4	Eaux superficielles													
Moyenne à élevée	↓ 3 / 4	Maîtrise des NO <sub>3</sub>		↑ 4 / 4		Contribution à la qualité de l'eau									
Moyenne à élevée	↓ 3 / 4	Maîtrise des pertes de P													
Moyenne à élevée	↓ 3 / 4	Maîtrise des émissions de NH <sub>3</sub>													
Moyenne à élevée	↓ 3 / 4	Maîtrise des émissions de N <sub>2</sub> O		↑ 4 / 4		Contribution à la qualité de l'air		↑ 4 / 4		Contribution à la qualité du milieu					
Très élevée	↑ 4 / 4	Maîtrise des émissions de pesticides dans l'air													
Très élevée	↑ 4 / 4	Maîtrise acc. éléments tox.													
Moyenne à élevée	↓ 3 / 4	Maîtrise du statut organique		↑ 4 / 4		Préservation de la qualité du sol									
Moyenne à élevée	↓ 3 / 4	Maîtrise de l'érosion													
Faible à moyenne	↑ 3 / 3	Conso. eau d'irrigation en période critique													
Faible à moyenne	↑ 3 / 3	Dépendance vis à vis de la ressource en eau		↑ 4 / 4		Pression Eau									
Moyenne à élevée	⇒ 2 / 3	Consommation en énergie		↔ 2 / 4		Pression Énergie		↔ 3 / 4		Pression sur les ressources	↑ 5 / 5		Dimension Environnementale		
Très faible	↓ 1 / 3	Efficience énergétique													
Faible à moyenne	↑ 3 / 4	Pression Phosphore													
Très élevée	↑ 4 / 4	Conservation des insectes volants		↑ 4 / 4		Conservation de la macrofaune									
Moyenne à élevée	↑ 3 / 4	Conservation de la macrofaune du sol													
Moyenne à élevée	↑ 3 / 4	Abondance floristique		↔ 3 / 4		Conservation de la flore		↑ 4 / 4		Conservation de la biodiversité					
Moyenne à élevée	↑ 3 / 4	Diversité floristique													
Très élevée	↑ 4 / 4	Conservation des micro-organismes													

Contribution au développement durable

↔ 6 / 7



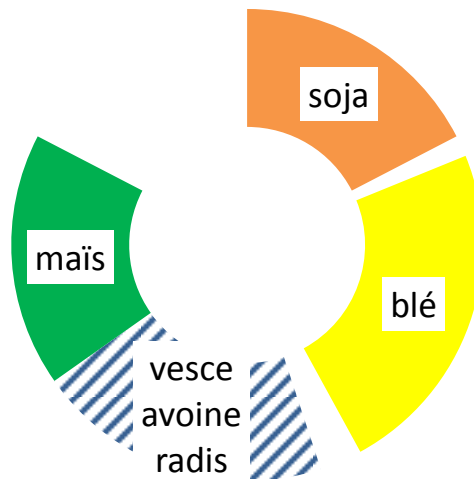
# Partie III

# La rotation courte (R6)

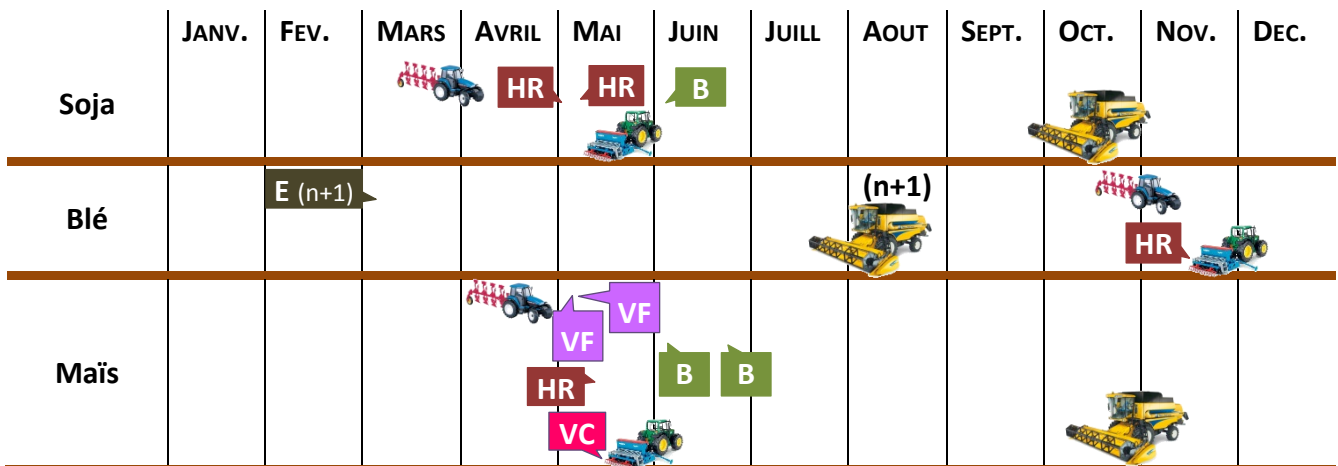
# Présentation

Horizon 0-15 cm	
Argile	14 %
Limons	50 %
Sables	36 %

## Rotation de R6



## Itinéraire technique cultural R6



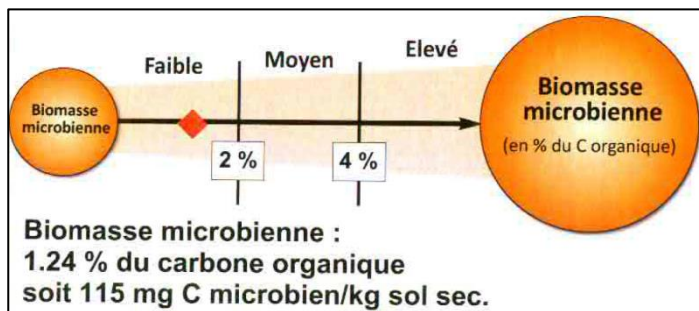
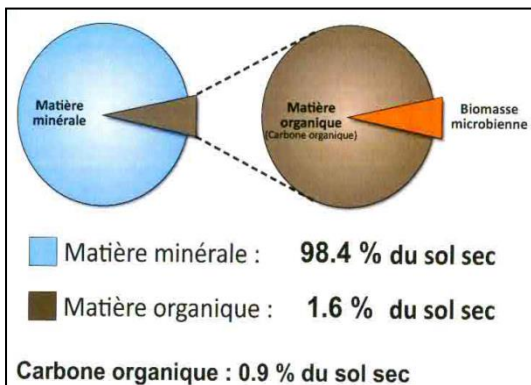
- Vibroflex
- Vibroculteur
- Herse étrille
- Binage

- Labour
- Semis

- Récolte
- Epandage organique

# Maintien de la fertilité R6

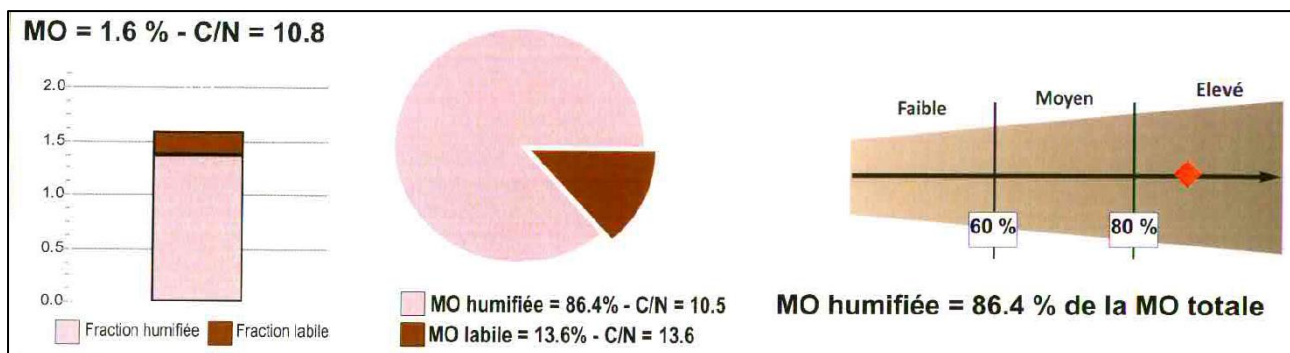
## Biomasse microbienne



La biomasse microbienne est faible

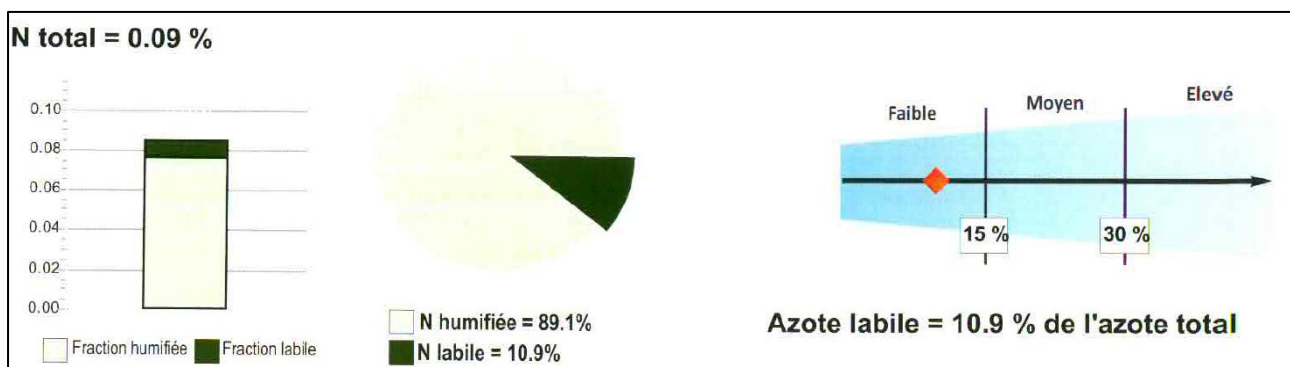
## Le fractionnement de la matière organique

### Fraction humifiée et fraction labile de la Matière Organique



La proportion de MO humifiée est élevée, le potentiel de dégradation de la MO semble donc limité. De plus, la fraction labile de la MO présente un C/N relativement élevée, ce qui est caractéristique d'une MO peu évoluée qui se dégrade mal.

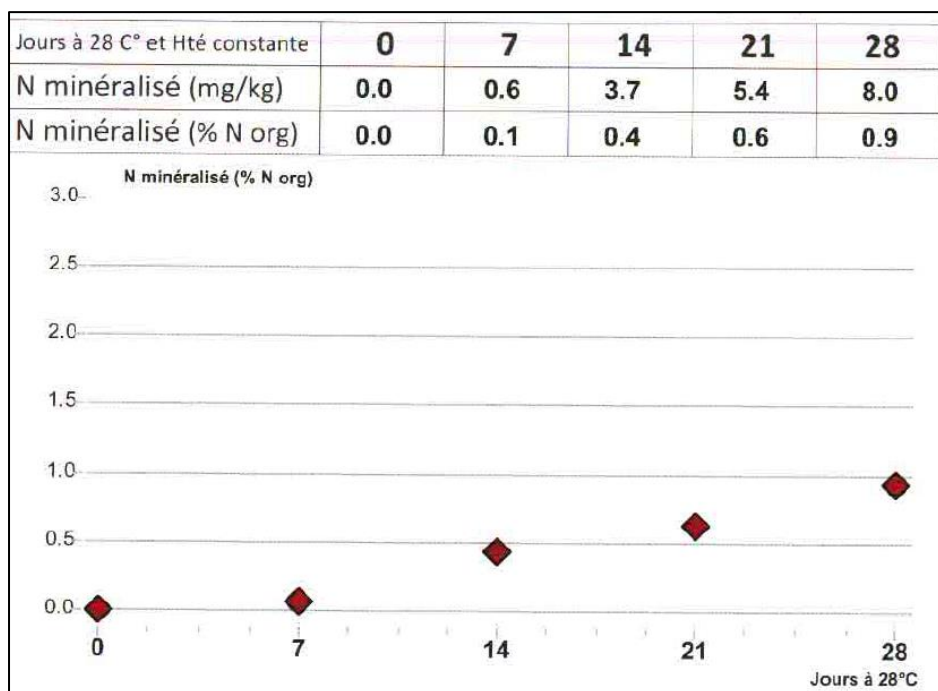
### Fraction humifiée et fraction labile de l'azote total



La proportion d'azote labile étant faible, le potentiel de fourniture en azote minéral par le sol est limité. Ce faible potentiel s'explique également par le C/N relativement élevé de la MO labile, signe de blocage de cette MO.

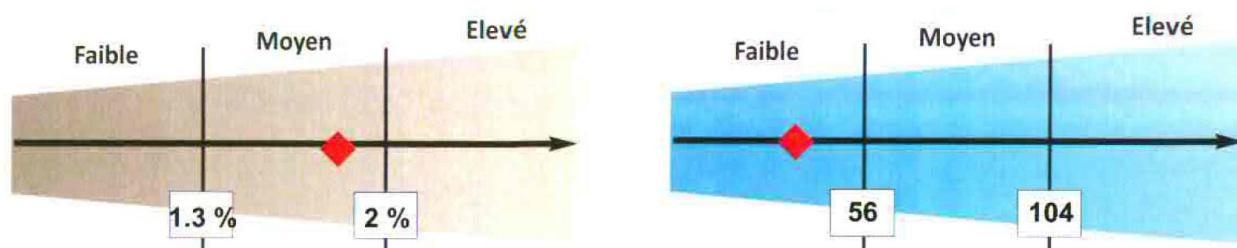
## La minéralisation de l'azote

### Résultats du test minéralisation de l'azote organique



Le reliquat azoté de départ est de 11,8 kg/ha sur 20 cm de profondeur.

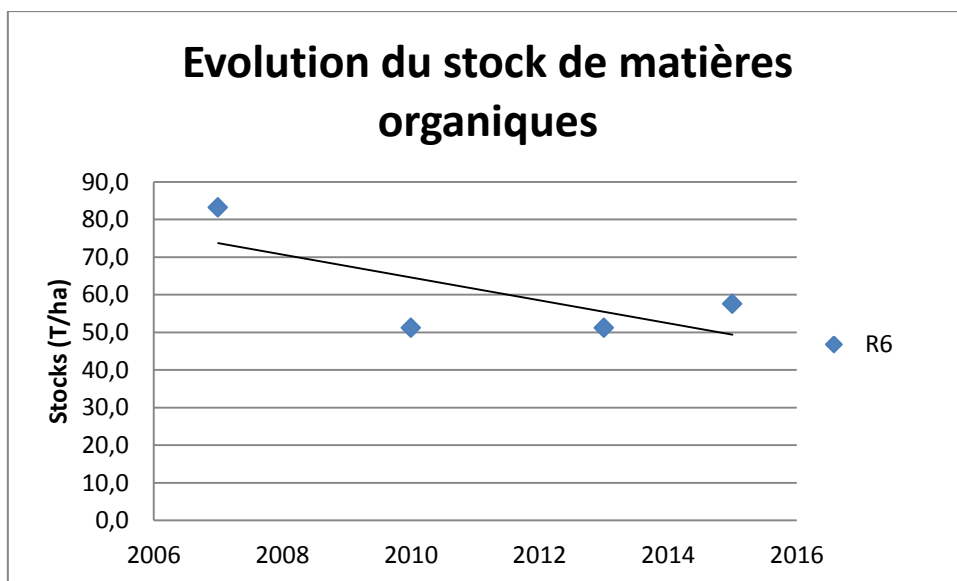
### Traduction en azote minéralisé annuellement



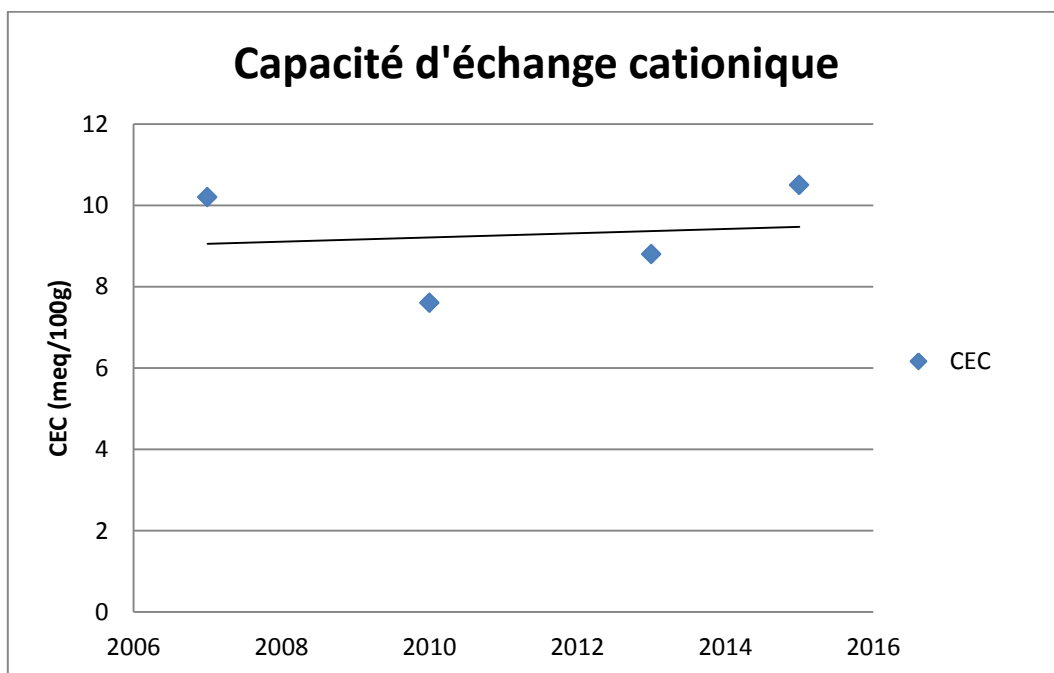
Potentiel de minéralisation azote : 1.84 % N organique. Fourniture annuelle en azote minéral : 40 kg/ha/an.

Le potentiel annuel de minéralisation de l'azote organique est de 1.84% de N organique, ce qui est satisfaisant. La teneur en azote total de la terre analysée étant de 0.09 % sec, le stock d'azote organique pour une profondeur de 20 cm (2600 t de terre fine/ha) serait de 2.22 t/ha. Donc le potentiel annuel de minéralisation de l'azote organique serait de 40 kg/ha (+ ou -5 kg/ha).

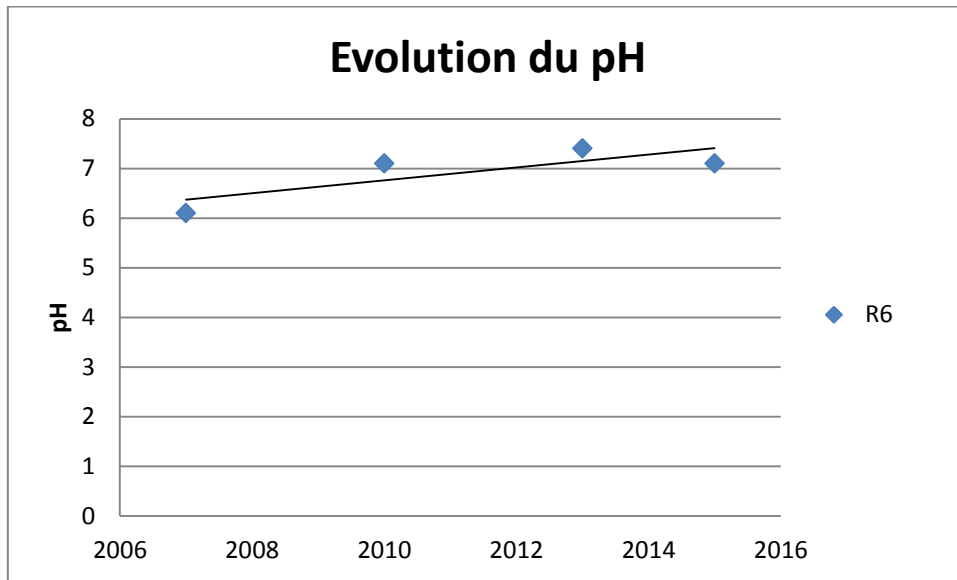
### Evolution du sol de 2007 à 2015



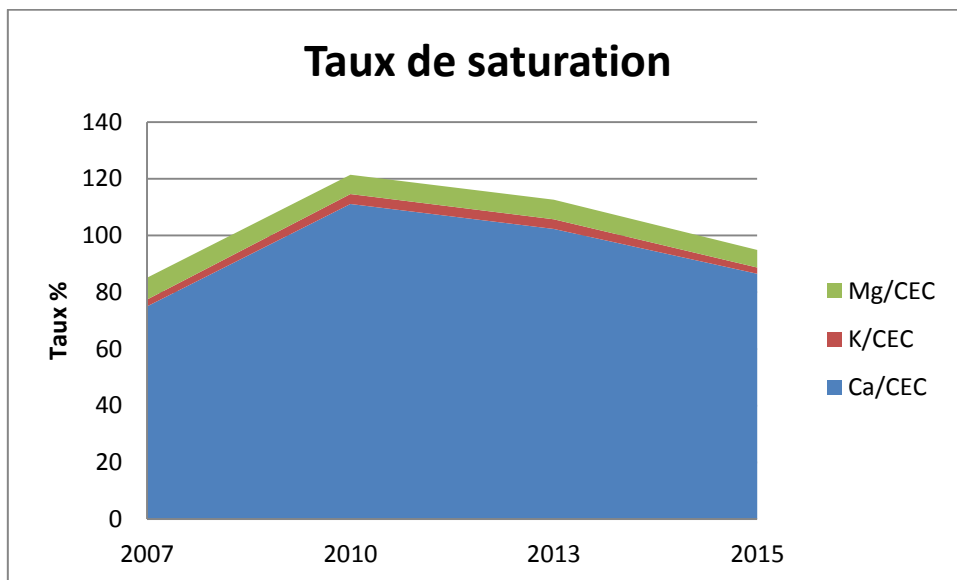
Le stock de matière organique a chuté de 25 % en 8 ans, passant de 80 à 60 T/ha. La baisse a principalement eu lieu entre 2007 et 2010 avec une diminution de 40% des stocks. Un seul apport de matière organique, sous forme de compost de déchets verts, a été réalisé en 2007. Les résidus de récolte du blé, du maïs et du soja contribuent normalement au maintien du stock.



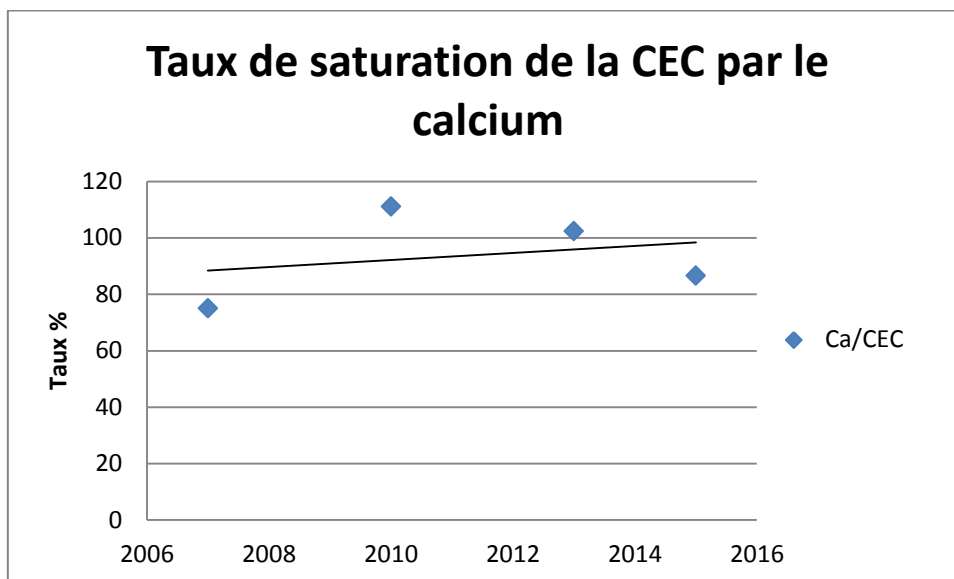
La CEC moyennement bonne en 2007 (10 meq/100g). Après avoir diminué jusqu'à 7,6 meq/100g en 2010, elle a progressivement augmenté jusqu'à 10,5 meq/100g en 2015.



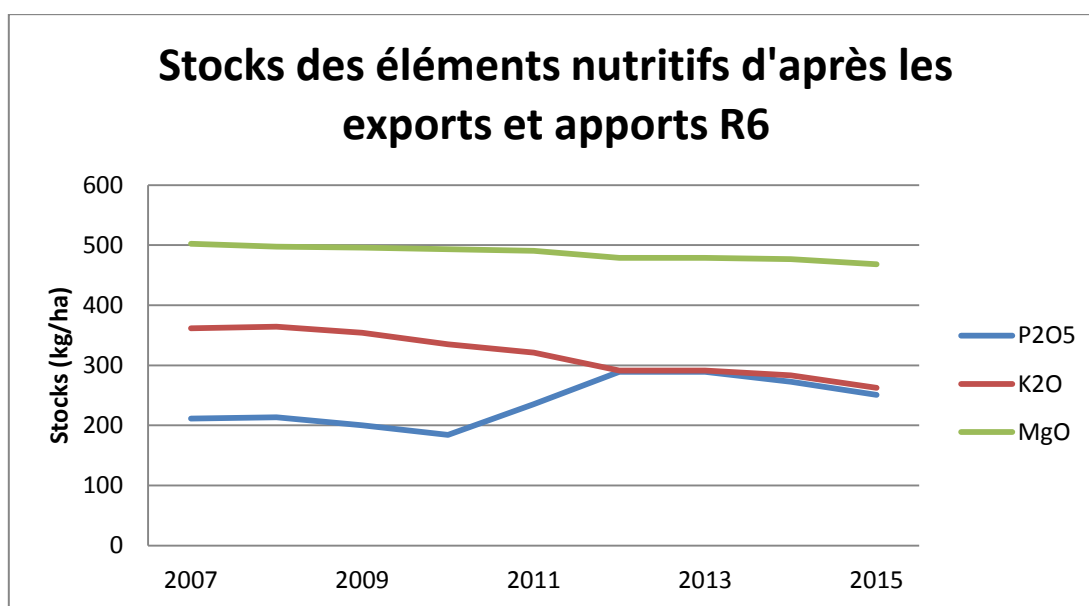
Le pH augmente de 2007 à 2015 passant de 6 à 7,1. Avec de telles valeurs, il n'y a pas de problème pour les cultures.



Le taux de saturation est compris entre 80 % (en 2007) et 100% (en 2010). Il n'est pas resté stable au cours des 8 ans mais a toujours été satisfaisant.



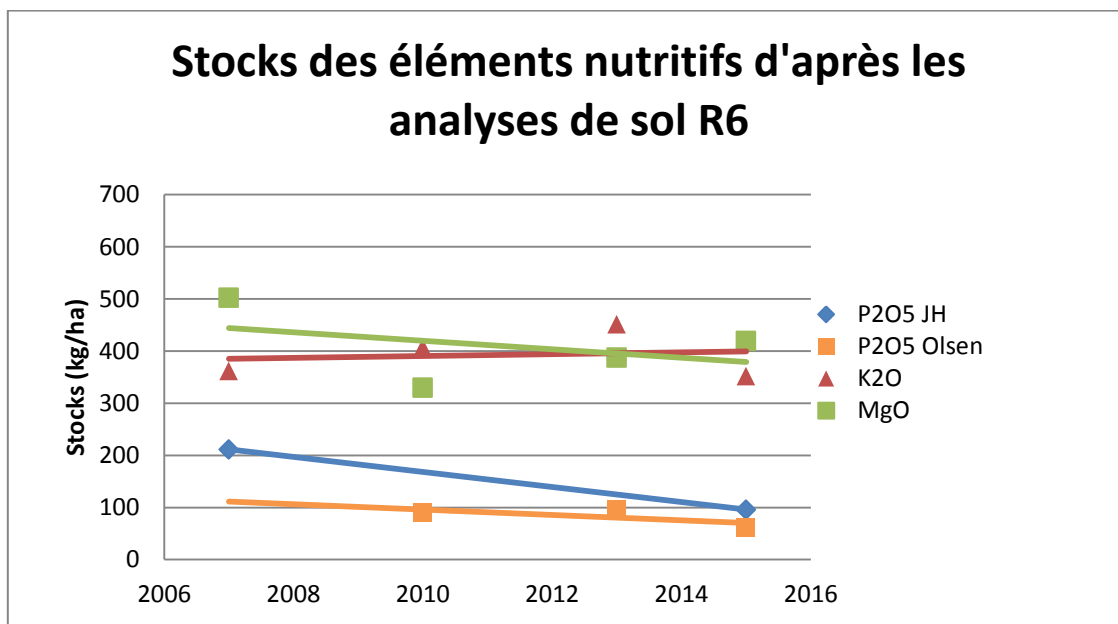
Dans la parcelle R6, la CEC stock à plus de 70% de l'oxyde de calcium. Le rapport Ca/CEC augmente tout au long de la rotation, sans qu'il n'y ait eu besoin de chaulage. Ceci explique en partie que le pH soit correct et qu'il ait tendance à augmenter.



Dans cette parcelle, de nombreux apports notamment en fertilisation minérale, ont été effectués.

- En 2007, sur maïs, 3,85 t/ha de compost de déchets verts (1,6-0,9-1,1 et 3% de Ca) ont été apportées, ce qui représente 62 kg/ha d'azote, 35 kg/ha de phosphore et 42 kg/ha de potassium, ainsi que 116 kg/ha de calcium.
- Sur le blé en 2008, 418 kg/ha de farine de plume (13-1-0) ont été épandus soient 54 kg/ha d'azote et 4kg/ha de phosphore.
- En 2010, de la farine d'os (8-12-0) à hauteur de 637 kg/ha a été apportée sur la parcelle de blé, ce qui représente des apports de 51 et 76 kg/ha d'azote et de phosphore.
- En 2011, 802 kg/ha de farine d'os (8-12-0) ont été apporté avant le maïs, soient 64 kg/ha d'azote et 96 kg/ha de phosphore.

- Enfin, en 2014, 52 kg/ha d'azote, 3 kg/ha de phosphore et 3 kg/ha de potassium ont été apporté juste avant le semis du maïs, sous la forme de 718 kg/ha de farine de plume (13-0,5-0,5).



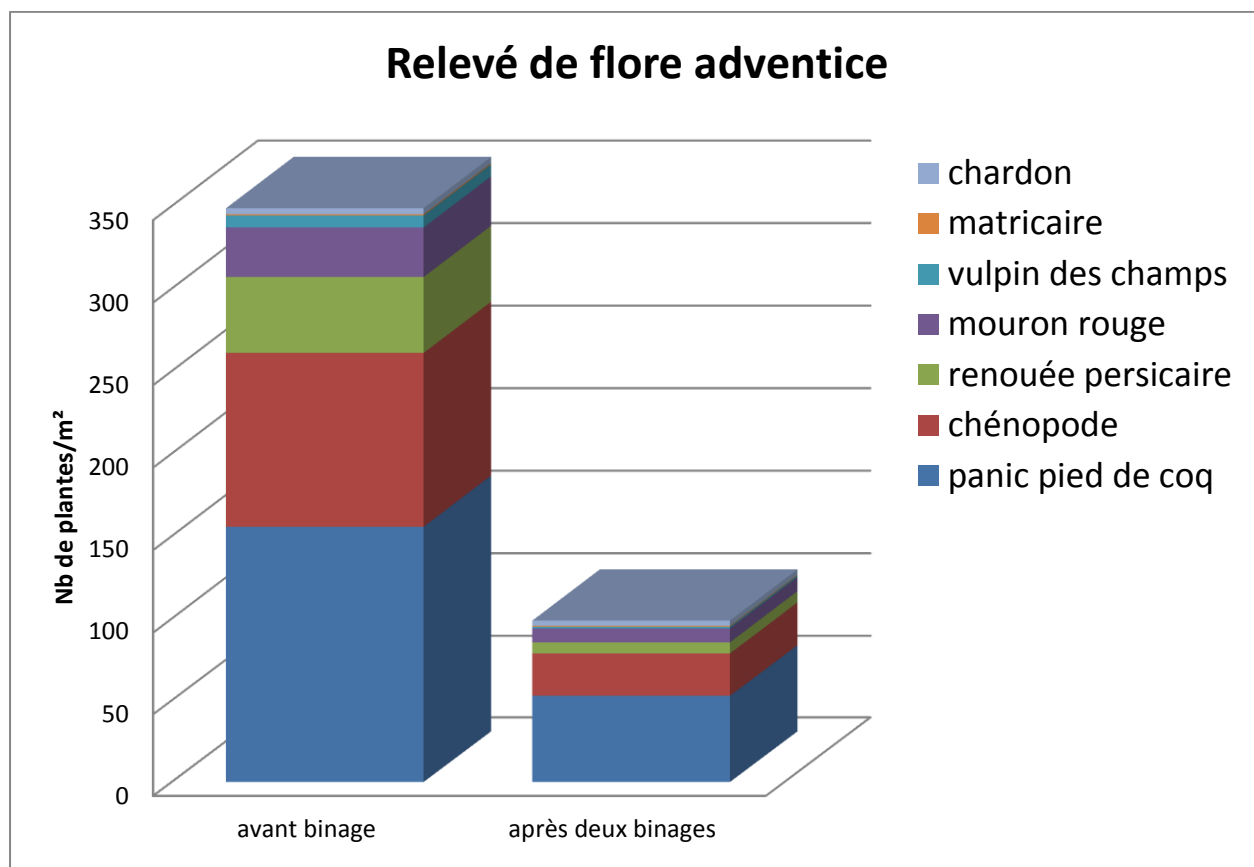
Les stocks observés ont approximativement les mêmes tendances d'évolution que les stocks théoriques calculés.

Les stocks d'éléments nutritifs sont restés relativement stables de 2007 à 2015. Seul le stock de P2O5 JH a diminué d'après les analyses de sol, alors qu'il a légèrement augmenté selon les calculs d'exportation et d'apport.

- MgO : les teneurs ont diminué de moins de 50 kg/ha en 8 ans.
- P2O5 Olsen : baisse du stock de 40 kg/ha.
- K2O : Les stocks sont restés stables à 400 kg/ha de 2007 à 2015.



## Suivi des adventices R6

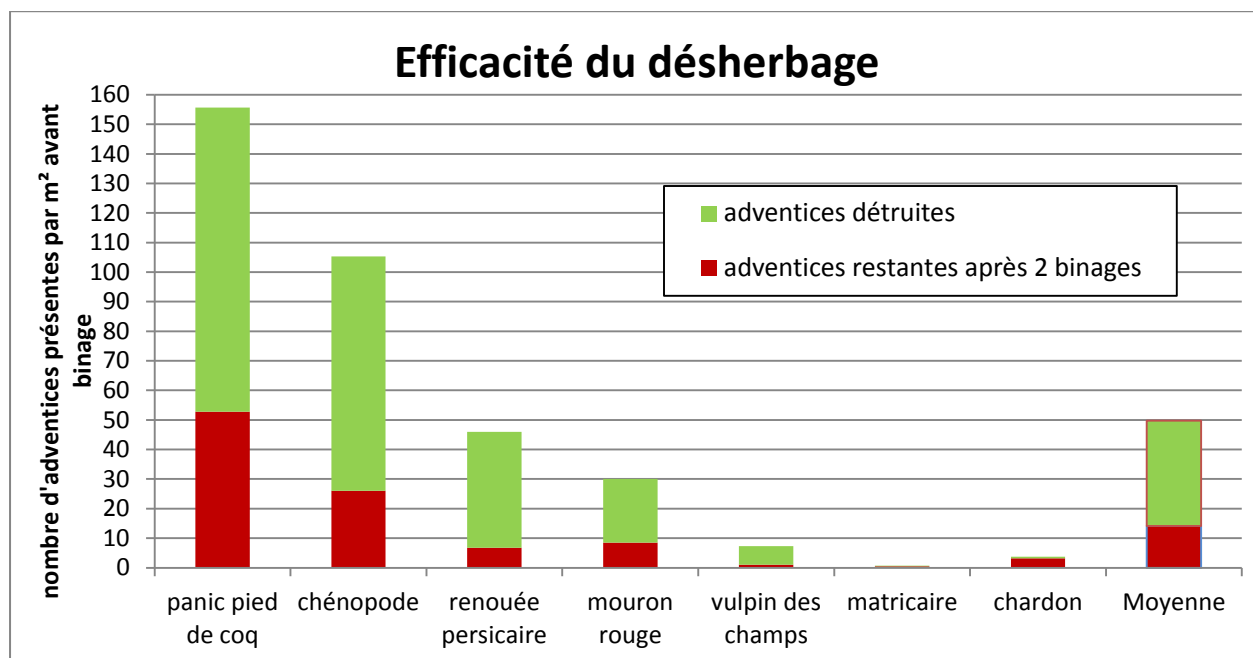


*Comptages réalisés avant et après les deux binages sur le maïs en 2014*

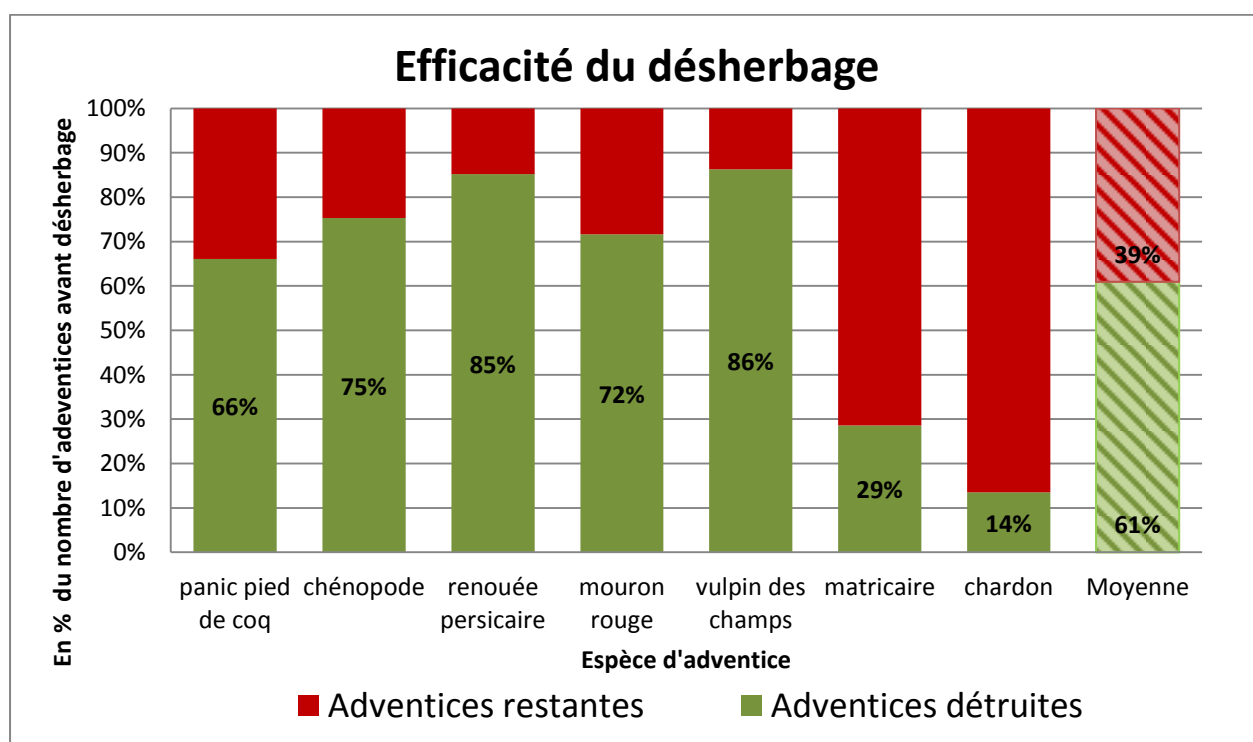
La forte proportion de cultures de printemps a favorisé une flore spécifique à ces cultures en particulier les panics pied de coq. Le binage contrôle correctement cette adventice dans l'inter-rang mais la densité sur le rang est suffisante pour maintenir un niveau de salissement problématique, surtout sur soja. A contrario le blé dans cette parcelle est très peu enherbé et même les quelques petites taches de chardons sont contenues et leurs surfaces n'évoluent pas.

Deux relevés de flore ont été réalisés sur la parcelle en 2014 sur 20 placettes de 0,5 m<sup>2</sup> : le premier comptage au stade 4 feuilles du maïs juste avant le premier binage, le second à 10-12 feuilles quelques jours après le dernier binage. L'efficacité du désherbage est représentée sur les deux graphiques suivants. Ils représentent le nombre d'adventices restantes par rapport au nombre d'adventices détruites (ou au nombre total d'adventices).

Le premier graphique (graphique n° ?) permet de se rendre compte des espèces les plus invasives. Alors que le second (graphique n° ?) met en évidence les espèces les plus difficiles à détruire.

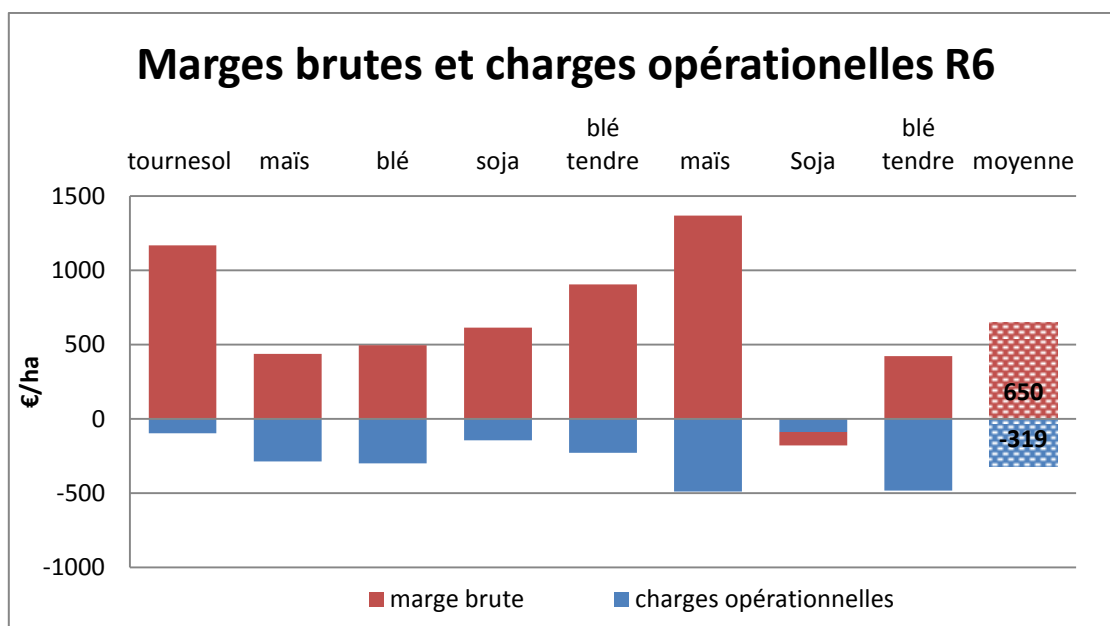


Le nombre d'adventices, parmi les 5 espèces les plus présentes, diminue de moitié après le dernier désherbage. Les matricaires et les chardons, présents avec moins de 5 individus sont peu détruits par le binage



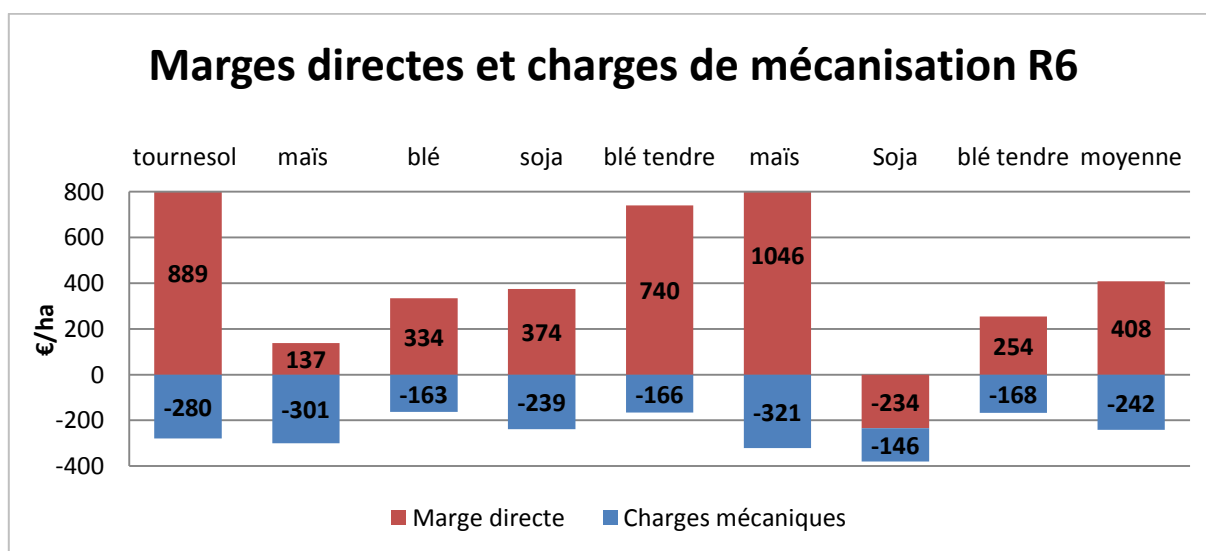
L'efficacité globale du désherbage mécanique est de 61 %, mais celle-ci est variable en fonction des adventices : 85 % sur renouées persicaires, 66 % sur panics pieds de coq (pour cette adventice les levées sont très échelonnées et ont pu avoir lieu après le dernier binage) et 14 % pour les chardons (peu présents mais difficiles à contrôler avec des outils de désherbage mécanique). Une mesure de la biomasse a été réalisée sur les mêmes placettes au stade « ensilage », ces données permettent d'évaluer à la fois l'efficacité du désherbage mais aussi la capacité de la culture à concurrencer les adventices. La production de matière sèche est de 11 tonnes par hectare pour le maïs et de 925 kg pour la somme des adventices. La biomasse produite par les adventices représente un peu moins de 8 % de la biomasse totale produite. Cet indice (MS adventices/MS totale) semble pertinent pour suivre l'évolution de la flore adventice en relation avec la production de la culture. Cette mesure sera donc pérennisée sur le dispositif.

## Résultats économiques de R6

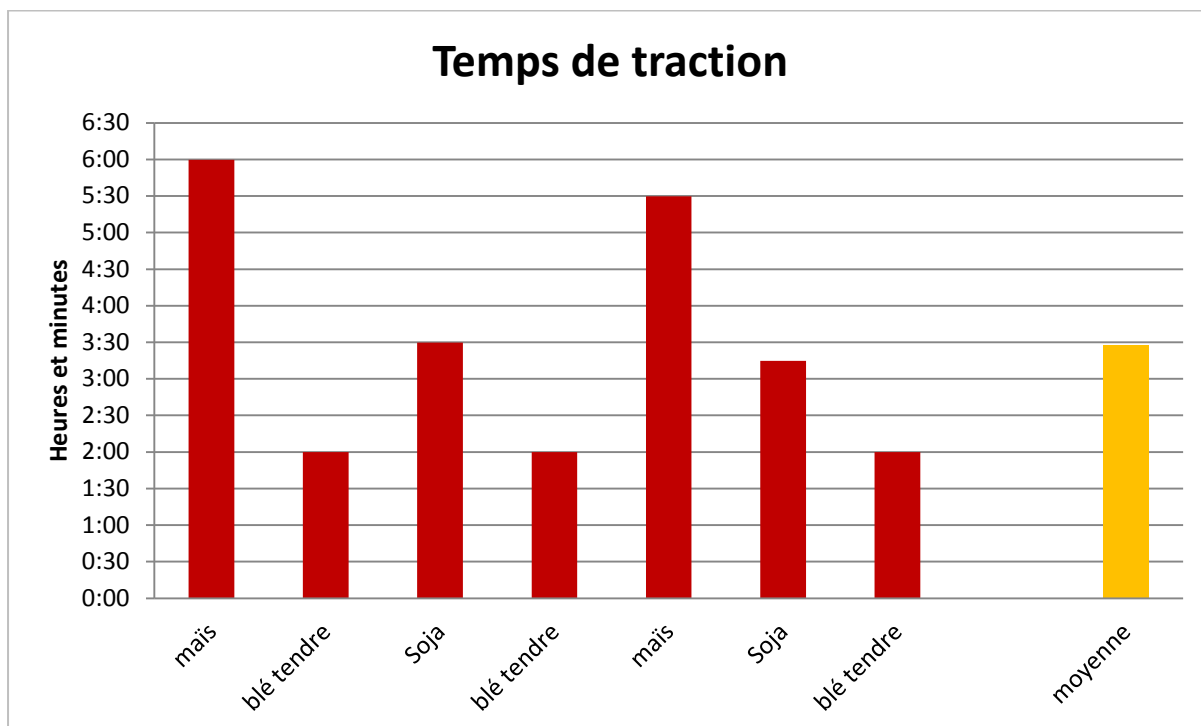


Cette rotation dégage une marge brute moyenne de plus de 600 € malgré l'absence de récolte du soja en 2012. Les marges brutes dépendent du rendement (donc des conditions climatiques de l'année) mais aussi du cours des marchés des céréales et oléo-protéagineux.

La meilleure année est en 2007 avec une marge brute frôlant les 1200 €/ha et des charges opérationnelles faibles (100 €/ha). En 2011, le maïs a permis de dégager la marge brute la plus élevée de la rotation (1350 €/ha) mais c'est aussi l'année où les charges opérationnelles ont été les plus hautes en s'élevant à 490 €/ha.



Les marges directes résultent de la différence entre les marges brutes et les charges de mécanisation. L'évolution constatée précédemment se reflète donc ici. Les charges fixes varient entre 100 et 300 €/ha selon les années. Les cultures de printemps créent le plus de charges avec 2 binages mais le produit qui découle la vente permet de rendre ces cultures rentables.



Le temps de travail est élevé sur cette rotation avec 3h30 en moyenne. Il est très concentré au printemps avec le désherbage mécanique du maïs et du soja.

#### Analyse des résultats économiques après deux rotations complètes.

- Les marges qui sont présentées ci-dessous ne tiennent pas compte des aides PAC (DPU, Maintien, aide couplée éventuelle).
- Les charges opérationnelles sont les charges réellement engagées.
- Les prix retenus sont les prix moyens observés en 2014.
- Les coûts de mécanisation sont calculés avec en référence le barème « entraide ».

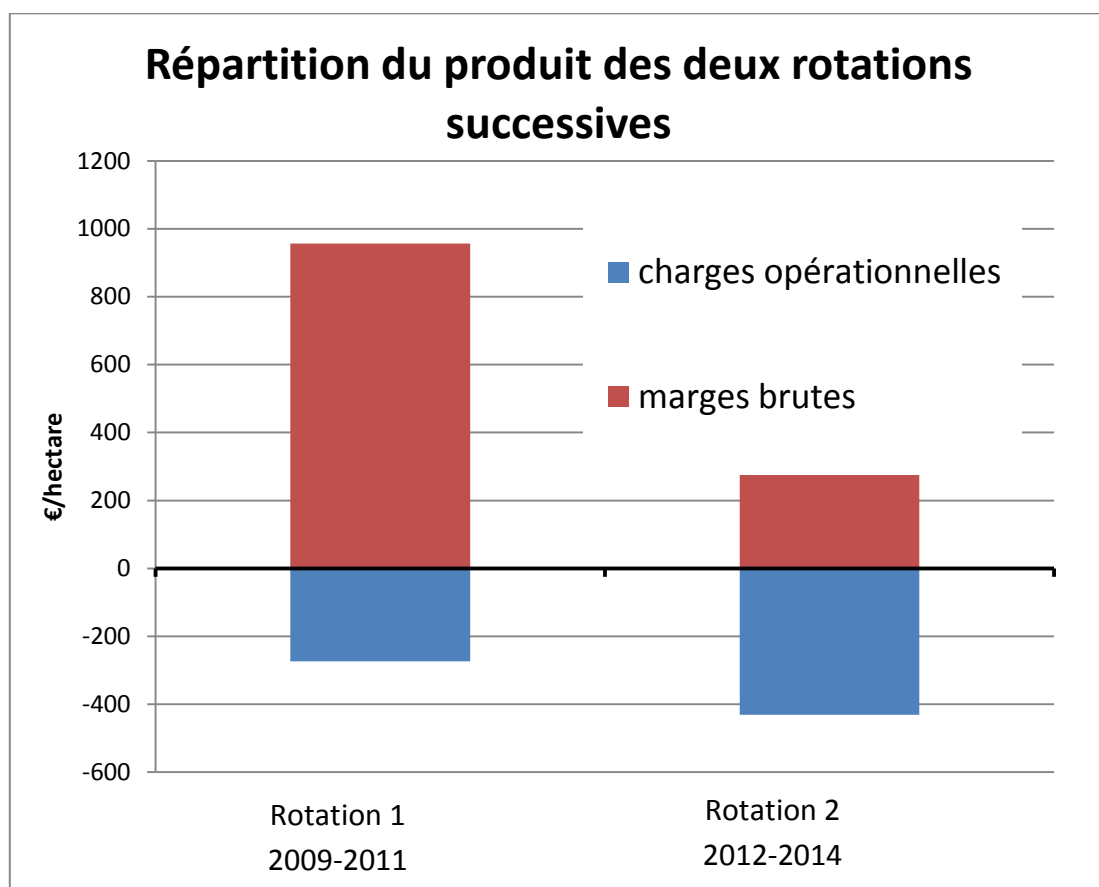
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	Soja	Blé tendre	Maïs	Soja	Blé tendre	Maïs
Produits	792	1106	1796	0	882	1236
Charges opérationnelles	145	188	489	89	453	751
Charges de mécanisation	237	168	321	146	168	394
Marges brutes	647	918	1307	-89	430	485
Marges directes	410	750	986	-235	262	91

	<b>Moyennes</b>			
	<b>Soja</b>	<b>Blé</b>	<b>Maïs</b>	<b>Moyenne globale</b>
Produits	396	994	1516	969
Charges opérationnelles	117	321	620	353
Charges de mécanisation	192	168	358	239
Marges brutes	279	674	896	616
Marges directes	88	506	539	377

La marge brute moyenne de la rotation est d'un peu plus de 600 € de l'hectare. Avec des charges de mécanisation de l'ordre de 240 € de l'hectare en moyenne, la marge directe moyenne est de 380 €. En comparaison la marge directe de la rotation témoin est de 306 € (résultat synthèse 2013).

En moyenne les résultats économiques sont donc supérieurs à la rotation témoin (rotation de 8 ans).

Ceci bien que le soja n'ait pas été récolté en 2012 du fait d'un semis tardif et de conditions humides en octobre.

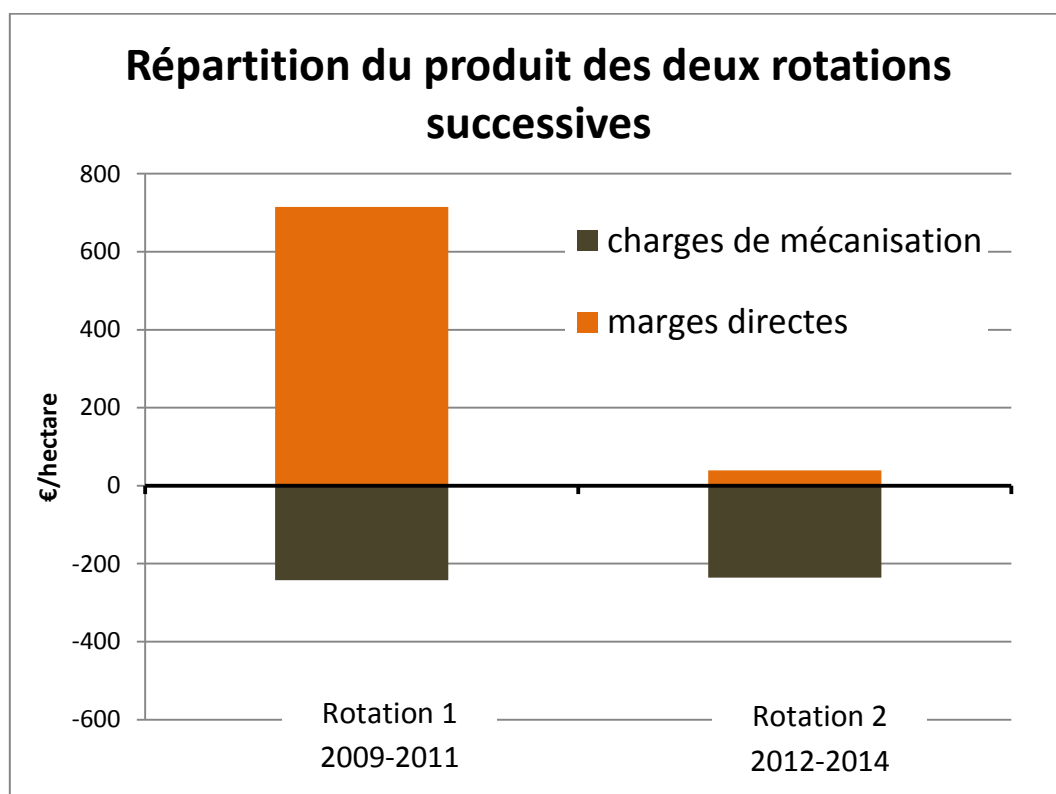


Les moyennes sur les deux rotations successives masquent une hétérogénéité des résultats dans le temps. En effet le graphique ci-dessus montre l'évolution des marges brutes et de leurs composantes. L'effet

conjugué d'une chute du produit brut moyen et de l'augmentation importante des charges opérationnelles fait fortement baisser le niveau de marge brute à la rotation.

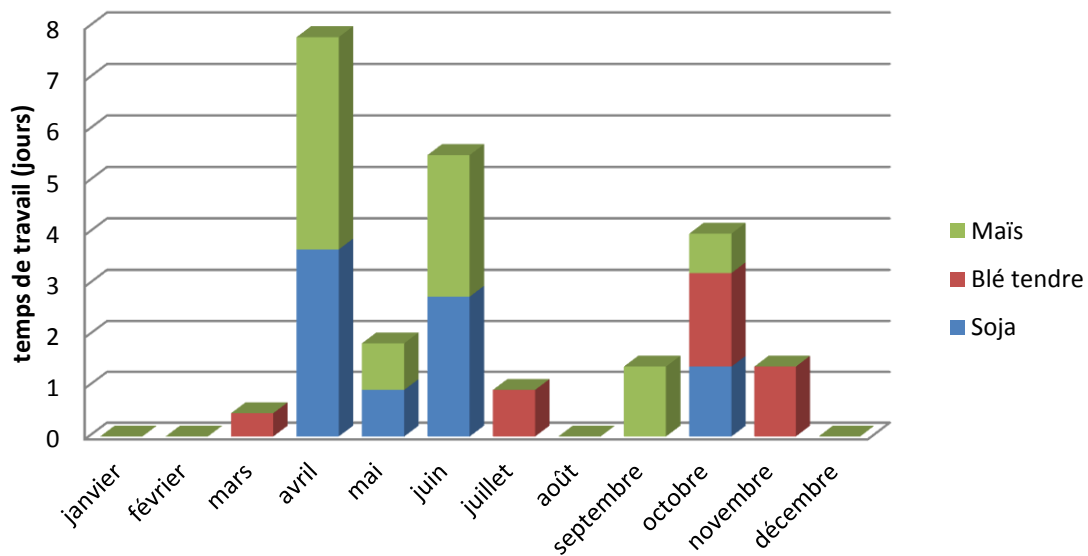
Le soja n'a pas été récolté en 2012 ceci explique en grande partie la diminution du produit moyen à la rotation mais les rendements du blé et du maïs sont moins élevés en rotation 2. Est-ce que c'est le signe que la rotation courte est inadaptée au contexte pédoclimatique ou simplement l'effet de résultats liés à la climatologie des différentes années ? Difficile de répondre ! Il s'agira dans les prochaines années de vérifier si cette tendance se confirme.

L'élévation du coût opérationnel s'explique essentiellement par l'augmentation du prix des fertilisants dont la rotation courte est fortement dépendante.



Les charges de mécanisation sont stables, les différences de marges directes observées sont donc le résultat de la baisse de la marge brute.

## Répartition du temps de travail par culture sur l'année (SAU de 100ha)



Les temps pris en compte pour la conception de ce graphique sont les temps de travaux entrée et sortie de parcelle. Ne sont pas pris en compte la préparation du matériel, le temps d'approche ... Il s'agit de repérer les périodes de pointe et par conséquent le niveau de risque en fonction des conditions climatiques.

Les opérations les plus chronophages sont le labour, les préparations de semis en avril pour les cultures de printemps et en octobre pour le blé tendre d'hiver, mais aussi les binages sur les cultures de printemps au mois de juin.



## Partie IV

# Comparaison de travail du sol (R1 et R2)

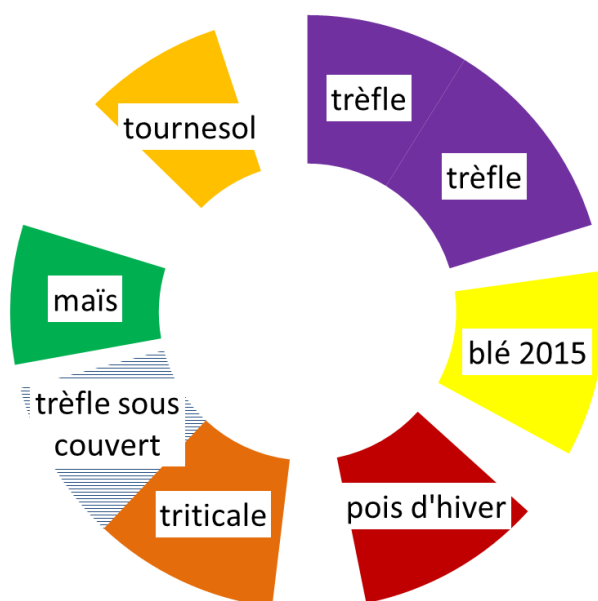
## Présentation

Le travail du sol est intégré aux essais pluriannuels sur la station expérimentale d'Archigny. Ce dispositif a été inscrit dans le programme SolAB (2009-2012) pour l'analyse globale du sol (enracinement, porosité, suivi de la fertilité...) et dans le programme InnovAB (2014-2017) pour le suivi de l'incidence de la flore adventice sur les cultures. L'essai est mis en place sur 4 parcelles :







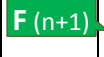









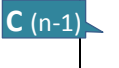




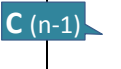



Les parcelles R1 et R2 font respectivement 1,1 et 1,03 hectare. Elles sont conduites avec la même rotation longue (En 2009 les conditions climatiques ont empêché l'implantation de la même culture dans les deux parcelles, R1 a été semée en féverole alors du soja a été semé dans R2.)



La différence de conduite tient au travail du sol : R1 est systématiquement labourée alors que R2 est uniquement travaillée superficiellement avec un covercrop et différents outils à dents (le dernier labour dans R2 a eu lieu en 2005).




### Rotation prévisionnelle de R1 et R2






# Itinéraire culturel de R1








	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
Trèfle			HR 		 (n+1)	 (n+2)		 (n+1)		VF (n-1) 		
Blé		F (n+1) 					 (n+1)				HR 	
Féverole							C  (n+1)				HR 	
Maïs			E  VF 	HR 		B  B 				C (n-1) 		
Tournesol				C  VF 			B 			C (n-1) 		
Gel				C 								





-  Vibroflex
-  Vibroculteur
-  Cover crop
-  Herse rotative


-  Semis
-  Labour
-  Binage




-  Epandage organique
-  Fertilisation minérale
-  Récolte

## Itinéraire culturel de R2

	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
Trèfle			HR		 (n+1)	 (n+2)		 (n+1)		VF (n-1)		
Blé		F (n+1)					 (n+1)			VF	Ch	
Soja			D	VF	VC		B	C (n-1)				
Maïs			E	HR	VC	B			C (n-1)			
Tournesol				C	VF		B		C (n-1)			
Gel				C								

-  Vibroflex
-  Vibroculteur
-  Décompactage
-  Cover crop

-  Herse rotative
-  Semis
-  Chisel
-  Binage

-  Epandage organique
-  Fertilisation minérale
-  Récolte

## Analyse physique du sol

Dans le cadre du projet SolAB financé par le CAS DAR, un gros travail d'analyse du sol a été effectué afin d'apprécier sa structure, ses teneurs en éléments nutritifs et sa biodiversité.

### Profils culturaux

Deux fosses ont été creusées : une dans la parcelle labourée R1 et la seconde dans R2, conduite en non labour.



profil culturel R1



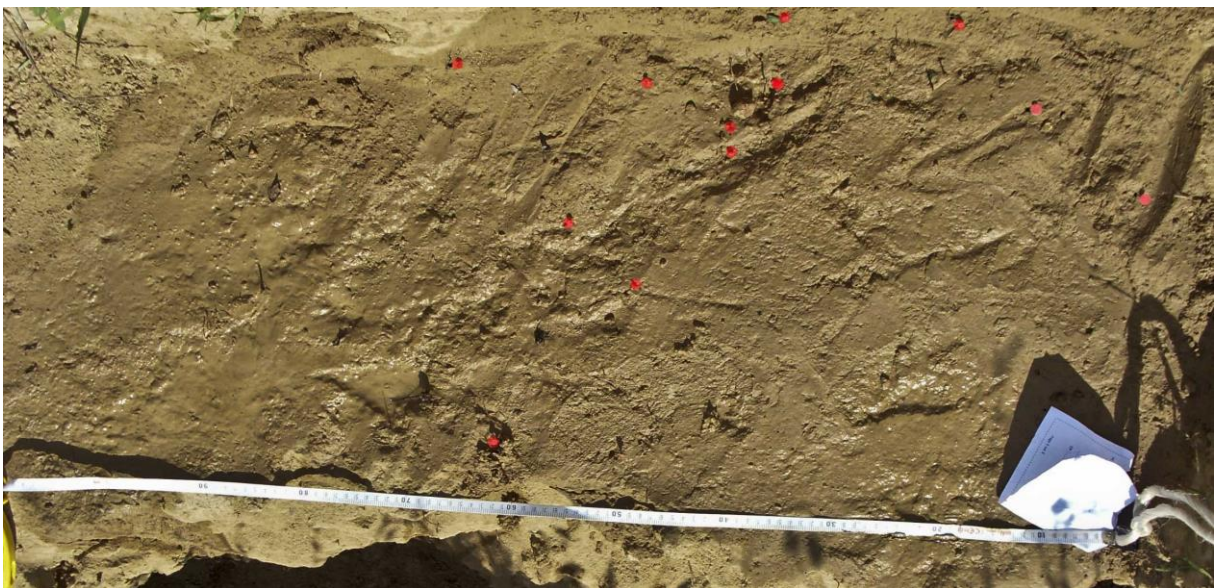
profil culturel R2

Ces deux profils culturaux permettent de distinguer une légère différence de porosité et d'enracinement entre les 2 parcelles. Un scalpage permet d'observer les galeries de vers de terre (cf figures suivantes).



**Macropores R1**

Une vingtaine de galeries de vers de terre est observée. Elles sont le signe d'une activité importante de la vie du sol. Ces galeries seront utilisées par les racines des plantes pour atteindre l'eau en réserve en profondeur.

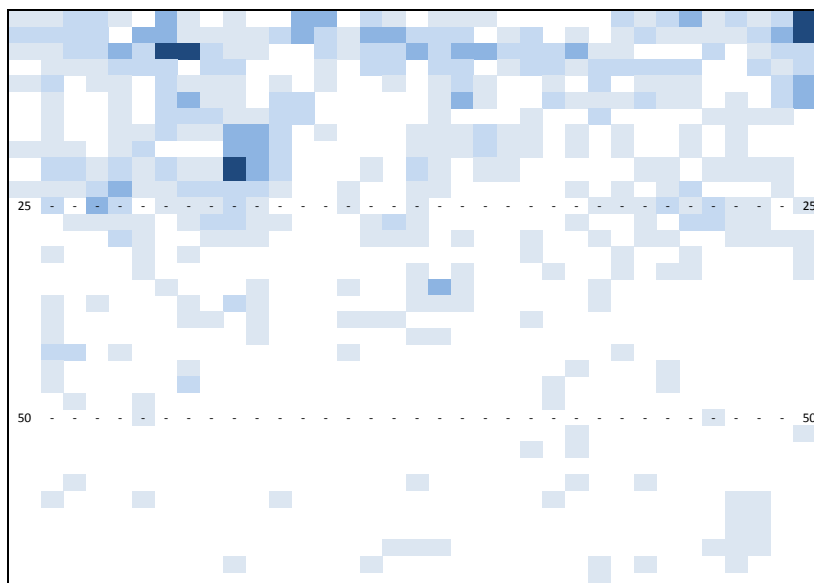


**Macropores R2**

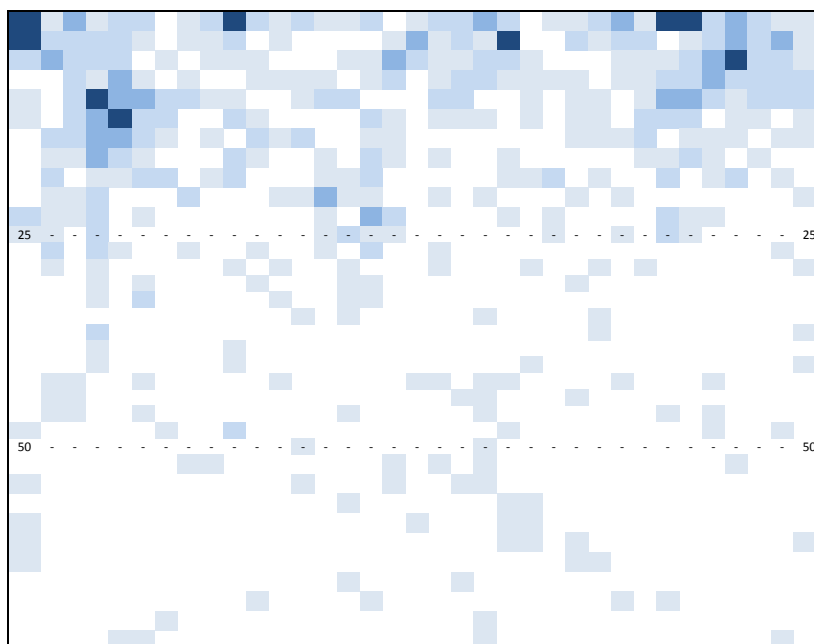
En non labour seule une dizaine de galeries est visible. L'hydromorphie est plus importante, limitant d'une part la présence de vers de terre et d'autre part le développement de la culture.

Les cultures à pivot ont alors un rôle majeur à jouer dans le maintien voire l'amélioration de la structure pédologique. Ceci peut aussi se faire par des apports réguliers de matière organique stable. Cette solution n'est pas utilisée au sein de la station afin de se rapprocher au maximum des systèmes grandes cultures SANS ELEVAGE de la Vienne.

## Profil racinaire labour R1



## Profil racinaire non labour R2



La parcelle labourée R1 présente moins de racines que R2 dans le premier horizon (0-25 cm). En revanche, les racines sont plus nombreuses entre 25 et 50 cm dans R1 conduite en labour. Après les 50 cm, le nombre de racines présentes est relativement équivalent dans les 2 parcelles.

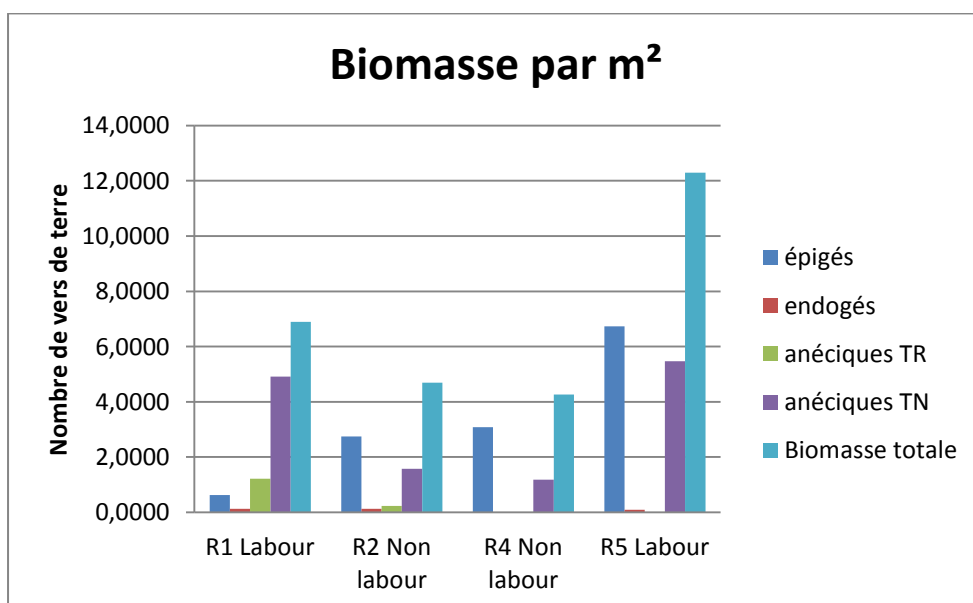
## Comptages lombriciens

Le protocole pour compter les vers de terre est le suivant : 250g de moutarde sont dilués dans de l'eau, dans un arrosoir de 10L. On asperge un mètre carré avec le mélange (des répétitions doivent être réalisées pour un résultat plus fiable). Pendant le quart d'heure suivant l'arrosage, on prélève tous les vers de terre sortant de terre en les mettant dans une boîte avec un fond d'eau. Les 15 minutes passées, on renouvelle l'opération (arrosage et prélèvement pendant 15 minutes). A la suite de cette demi-heure de prélèvement, on classe les vers de terre récoltés par catégorie écologiques :

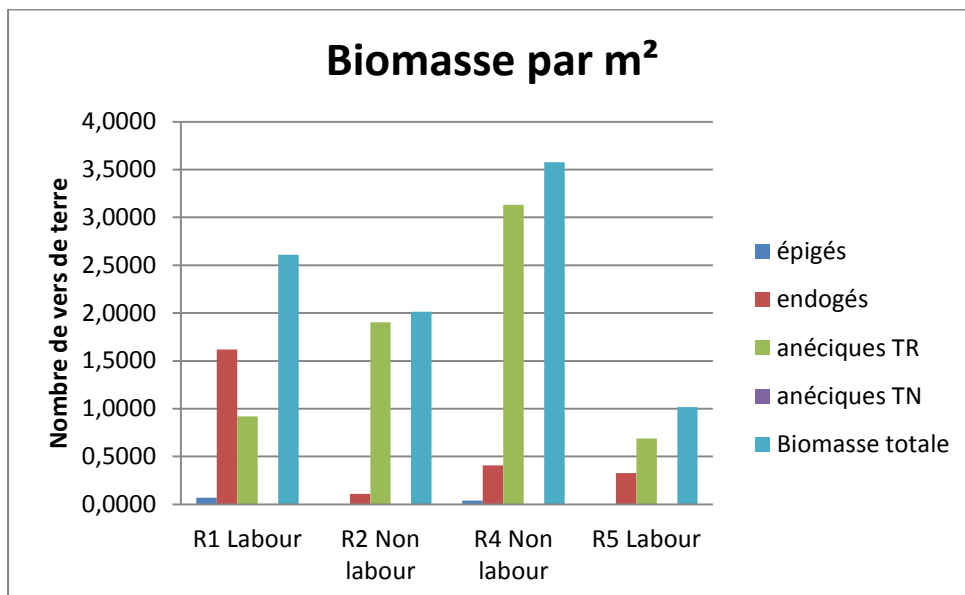
- Les épigés : vers de petite taille (1 à 5 cm), de couleur rouge sombre. Ils vivent en surface ou dans les amas organiques et ont pour fonction de fractionner la matière organique.
- Les anéciques tête rouge ou tête noire : ce sont des vers de terre de grande taille (10 à 110 cm) de couleur rouge brun à gris suivant un gradient antéro-postérieur. Les deux types d'anéciques ont la même fonction et se différencient grâce à la couleur. Ils sont présents sur l'ensemble du profil du sol. Ils vont creuser des galeries verticales, ouvertes en surface. En ingérant la matière organique, ils vont la mélanger à la terre, l'emporter en profondeur et créer des turricules en surface qui seront 5 fois plus riches en azote, 7 fois plus en phosphore et 11 fois plus en potassium que la terre de l'horizon de surface.
- Les endogés sont des vers de moyenne à grande taille (1 à 20 cm) faiblement pigmentés (rose, vert ou gris clair). Ils dégradent la matière organique du profil et remontent très peu à la surface. Les galeries creusées sont temporaires, horizontales et très ramifiées. Elles sont utiles pour la rétention et l'infiltration de l'eau dans le sol.

La présence équilibrée des 3 catégories écologiques de vers de terre est idéale pour un bon développement de la culture. En effet, les vers vont, entre-autre, dégrader la matière organique, aérer le sol, permettre à l'eau de s'infiltrer et aux racines de se développer en profondeur.

Deux comptages lombriciens ont été effectués sur 4 parcelles de la station (R1-R2 et R4-R5) en 2010, avec un mois d'intervalle. Les conditions de prélèvement étaient dans les deux cas défavorables à la sortie des vers de terre ; Le premier comptage a eu lieu le 8 mars 2010. La température était de -2 à -3°C avec une hygrométrie élevée. Le second comptage a été effectué le 5 mai 2010 avec des températures chaudes et dans un sol sec. Les résultats obtenus ne sont pas significatifs car très peu de vers de terre sont sortis (au maximum 12/m<sup>2</sup> au premier prélèvement et 3,5/m<sup>2</sup> au second...).





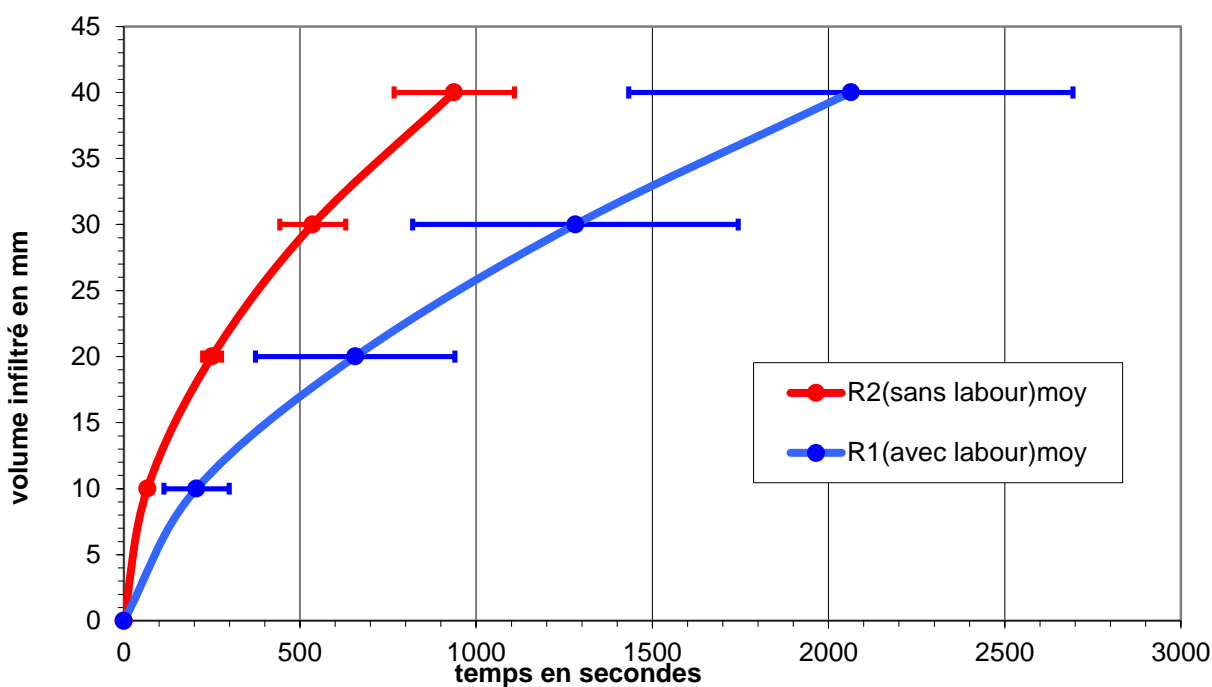


La biomasse par mètre carré est plus grande dans R1 que dans R2 dans les deux comptages ; ce n'est en revanche pas le cas pour R4 et R5.

Pour espérer obtenir des résultats plus cohérents et plus significatifs il est nécessaire de refaire des prélèvements dans des conditions plus favorables à la sortie des vers de terre. Aucune autre interprétation ne peut être faite uniquement avec ces deux graphiques.

## Infiltrométrie

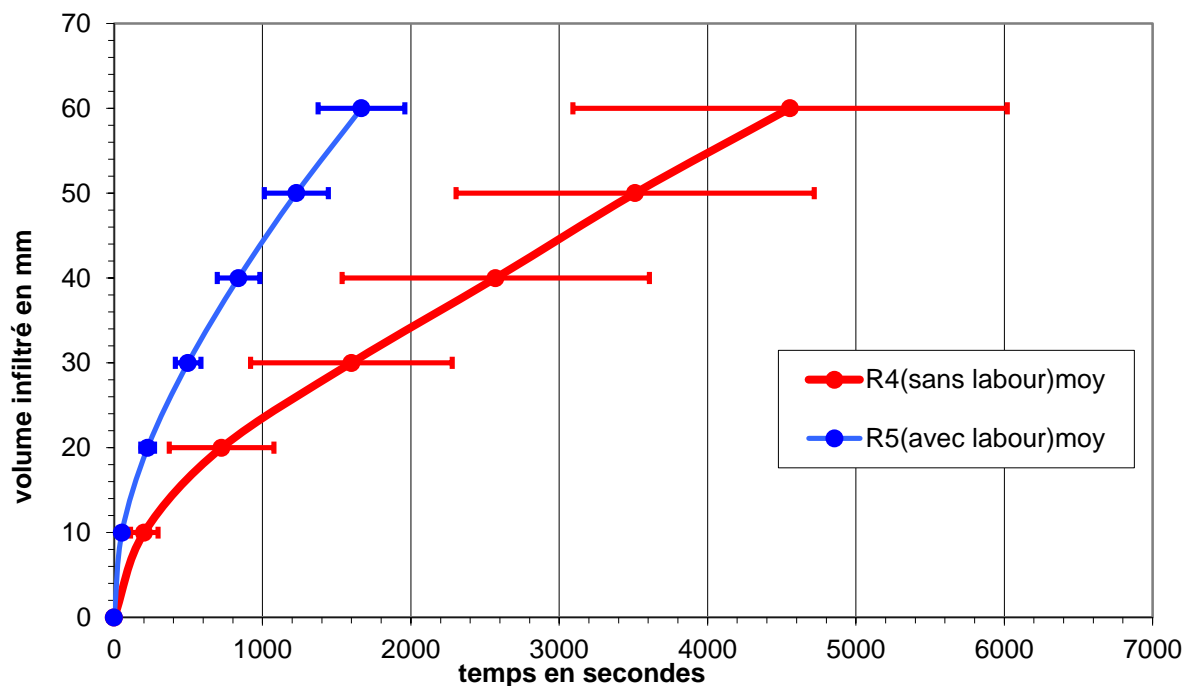
### Infiltrométrie le 09 novembre 2011



En 2011, cela faisait 6 ans que R2 n'avait pas été labourée et les deux parcelles de comparaison sont en trèfle depuis un an, aucun travail du sol n'a donc été réalisé cette année-là. Nous observons une réelle différence d'infiltration entre les deux parcelles. Dans la parcelle labourée, R1, les 40 mm d'eau ont été

absorbés en plus de 2000 secondes (soit plus d'une demie-heure), contre seulement 900 secondes (15 minutes) en travail superficiel.

### Infiltrométrie le 29 septembre 2010

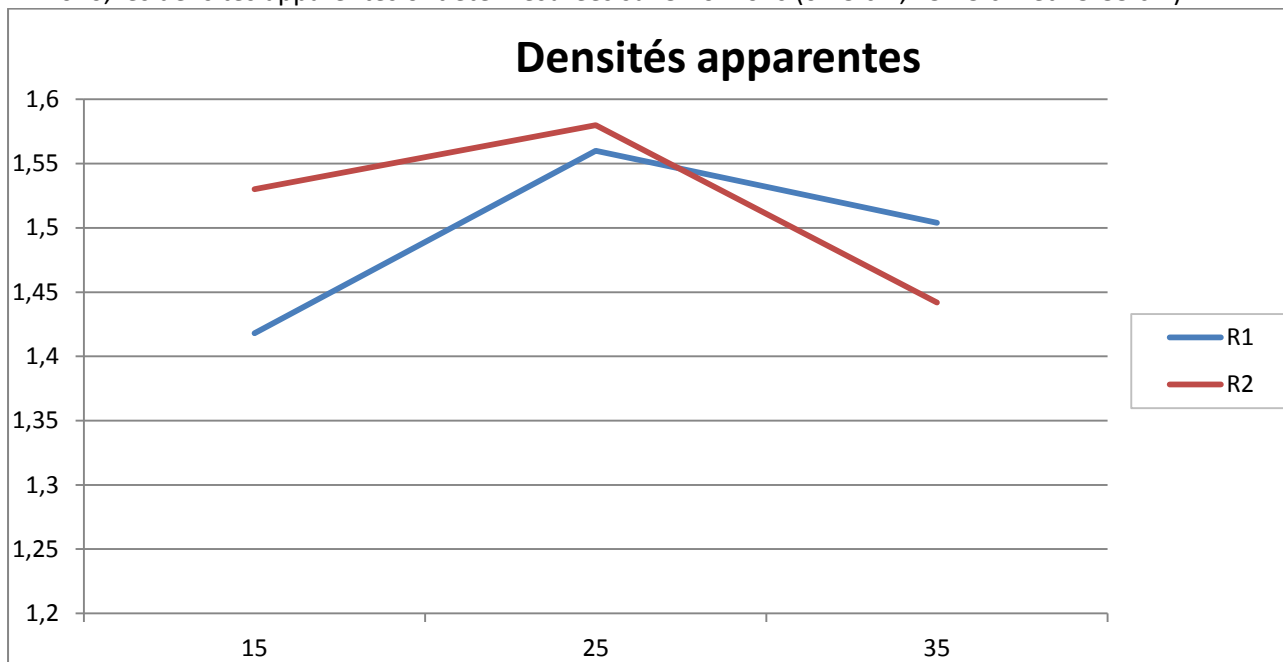


Curieusement, ce qui a été observé précédemment avec R1 et R2 ne se confirme pas dans ces deux autres parcelles. 1600 secondes (27 minutes) ont été nécessaires afin que les 60 mm d'eau soient infiltrés dans la parcelle labourée quand il a fallu attendre 4600 secondes (1h15 environ) dans le non labour.

Aucune explication logique ne peut être donnée, en revanche il est nécessaire de préciser que de la féverole avait été implantée en 2011 sur R4 et R5, seul un déchaumage pour R4 et un labour pour R5 suivi du semis avait été réalisé pour R4.

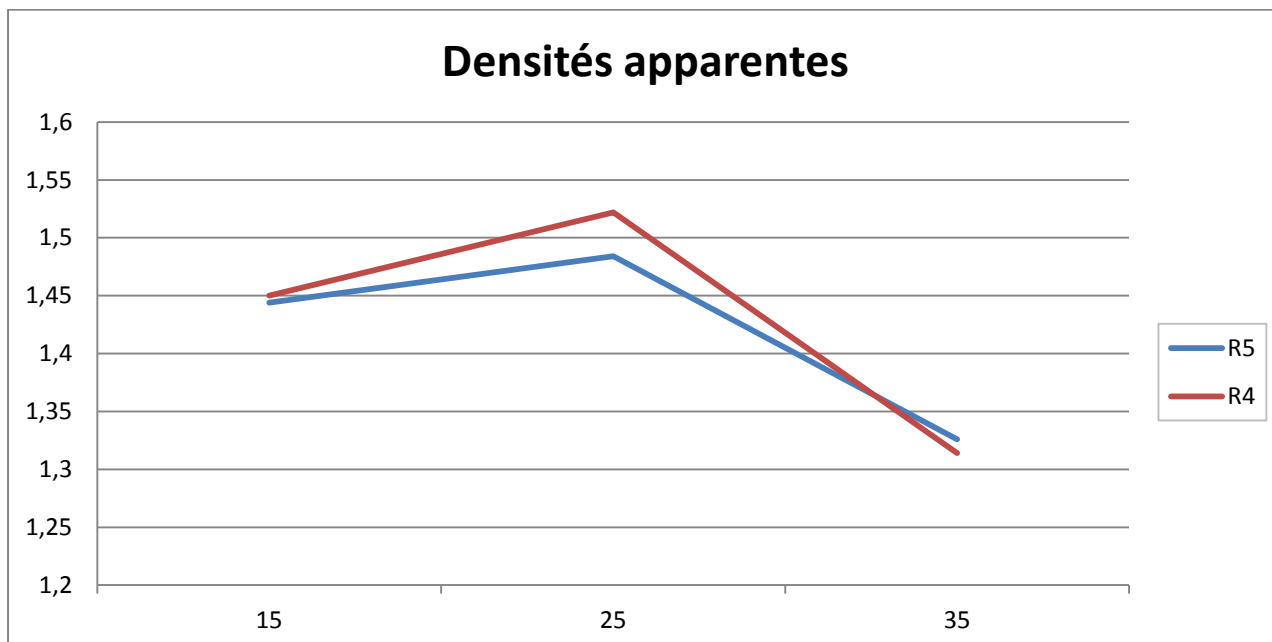
## ANALYSE CHIMIQUE DU SOL

En 2010, les densités apparentes ont été mesurées sur 3 horizons (0-15 cm, 15-25 cm et 25-35 cm).



R1, qui est labourée, est plus dense dans l'horizon 15-25 cm (1,56) que dans le premier horizon (1,42). Le travail du sol en profondeur avec la charrue peut l'expliquer. Dans le troisième horizon (25-35 cm), la densité est de 1,5.

Les densités de R2 suivent la même tendance que R1. Or dans l'horizon 1 la densité est de 1,53. Celle-ci augmente jusqu'à 1,57 quand on arrive dans l'horizon 2 puis chute à 1,44 dans le troisième horizon. Le travail superficiel peut expliquer que les deux premiers horizons soient plus compact que le troisième.

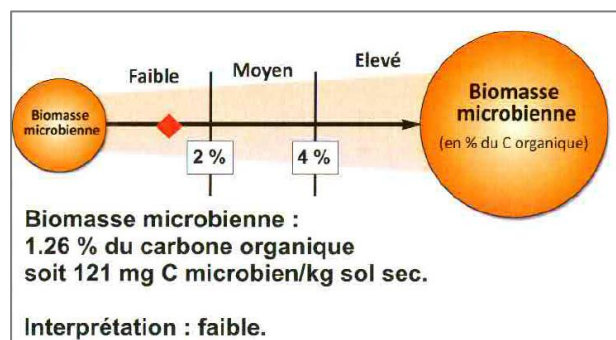
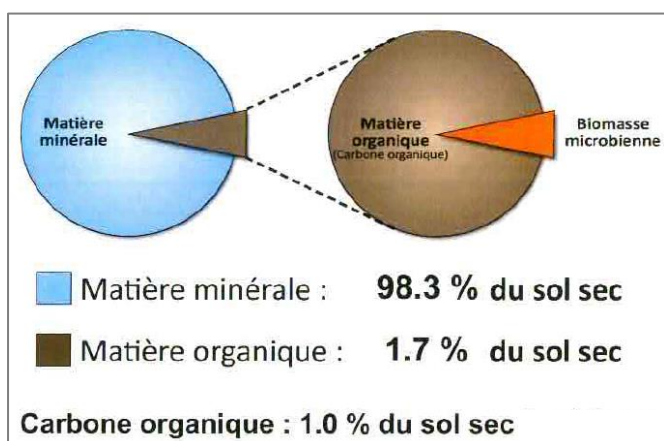


Avec des différences moins marquées que dans R1 et R2, nous remarquons tout de même que R5 a des densités légèrement plus faibles que R4 en non labour. Le premier horizon est pour les deux parcelles à une densité de 1,45. R4 monte à 1,53 tandis qu'avec un travail du sol plus en profondeur la densité du deuxième horizon est de 1,48. Dans le troisième horizon entre 25 et 35 cm, la densité diminue à moins de 1,35.

Le travail du sol superficiel permet d'obtenir une densité du sol plus faible sur le premier horizon. En revanche cette dernière est plus faible dans les deuxième et troisième horizons lorsqu'il y a un labour.

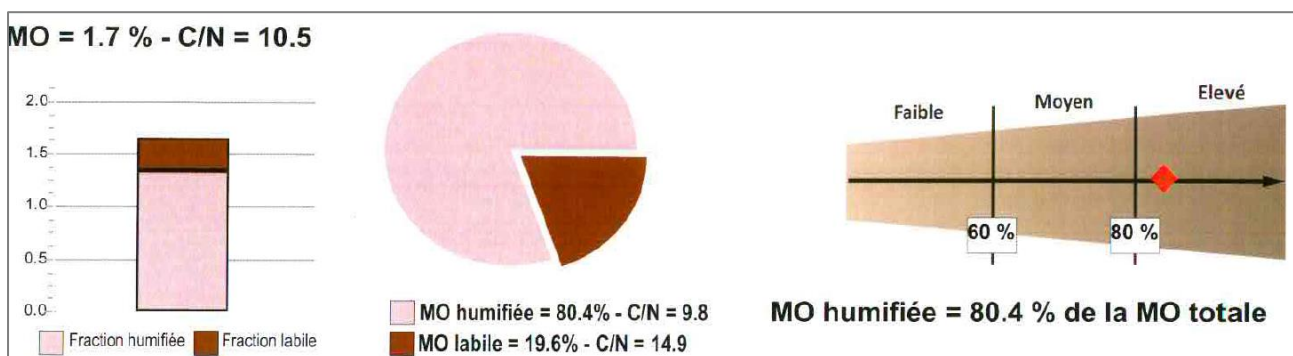
## Evolution des stocks de R1

### Biomasse microbienne



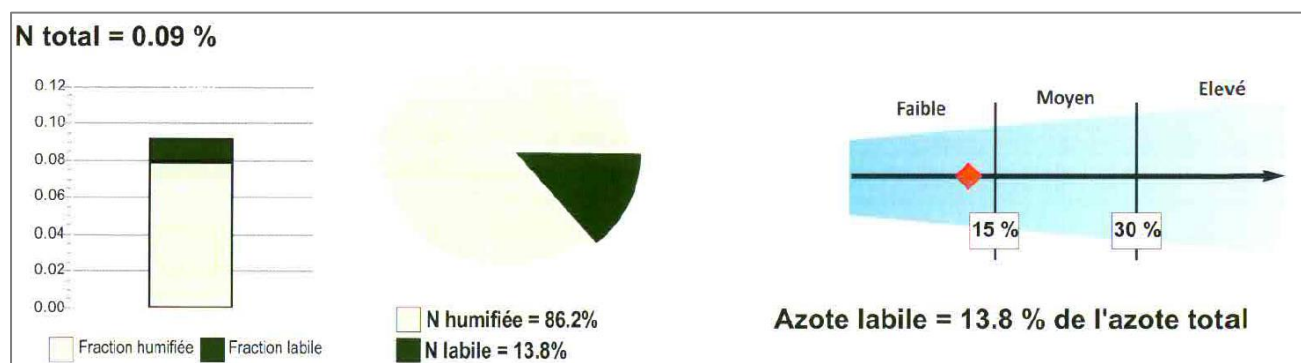
### Fractionnement de la matière organique

#### Fraction humifiée et fraction labile de la Matière Organique



La proportion de MO humifiée est élevée, le potentiel de dégradation de la MO du sol semble donc limité. De plus, la fraction labile de la MO représente un C/N relativement élevé, ce qui est caractéristique d'une MO peu évoluée qui se dégrade mal. Afin d'améliorer la dégradation de la MO labile et ainsi améliorer la dynamique globale de la MO du sol, des apports de produits organiques à dominante animale sont recommandés.

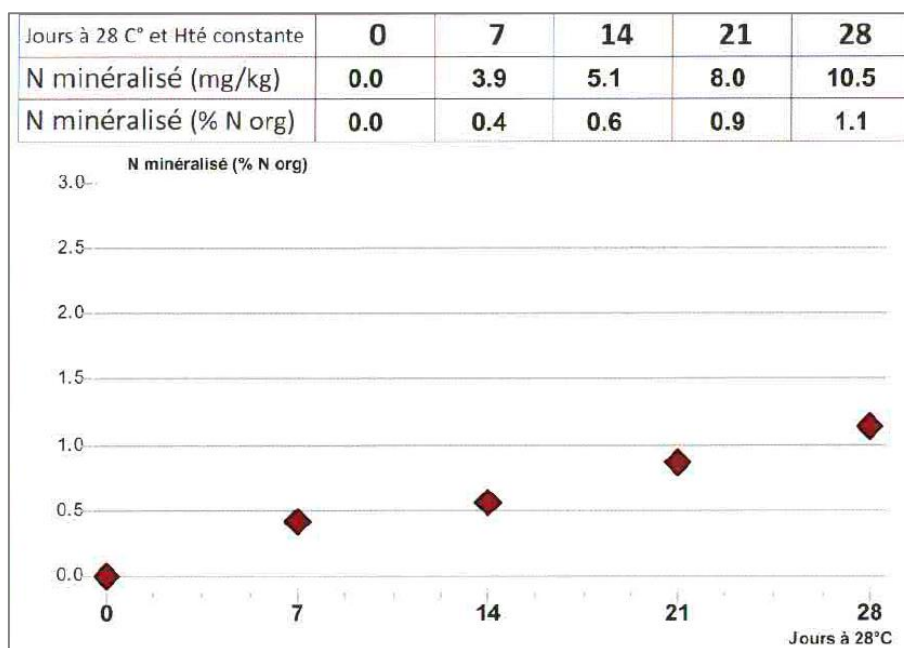
#### Fraction humifiée et fraction labile de l'azote total



La proportion d'azote labile étant faible, le potentiel de fourniture en azote minérale par le sol est limité. Ce faible potentiel s'explique également par le C/N relativement élevé de la MO labile, signe d'un blocage de cette MO. L'apport de produits organiques avec une fraction significative d'origine animale peut aider à lever ce blocage.

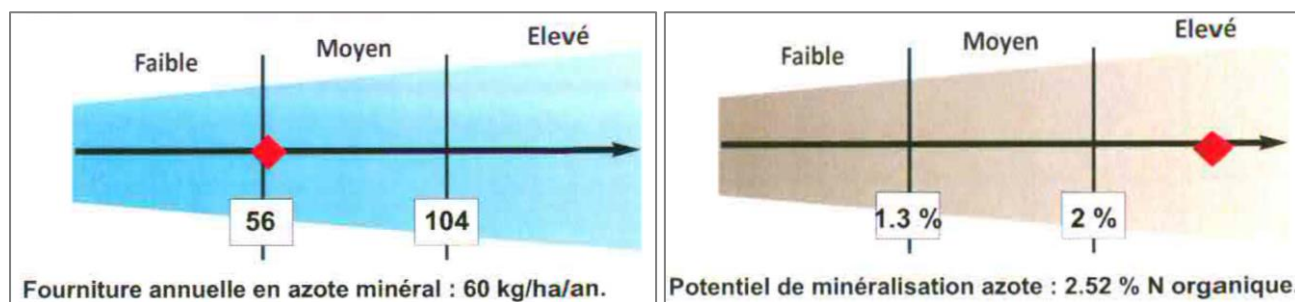
## Minéralisation de l'azote

### Résultats du test minéralisation de l'azote organique



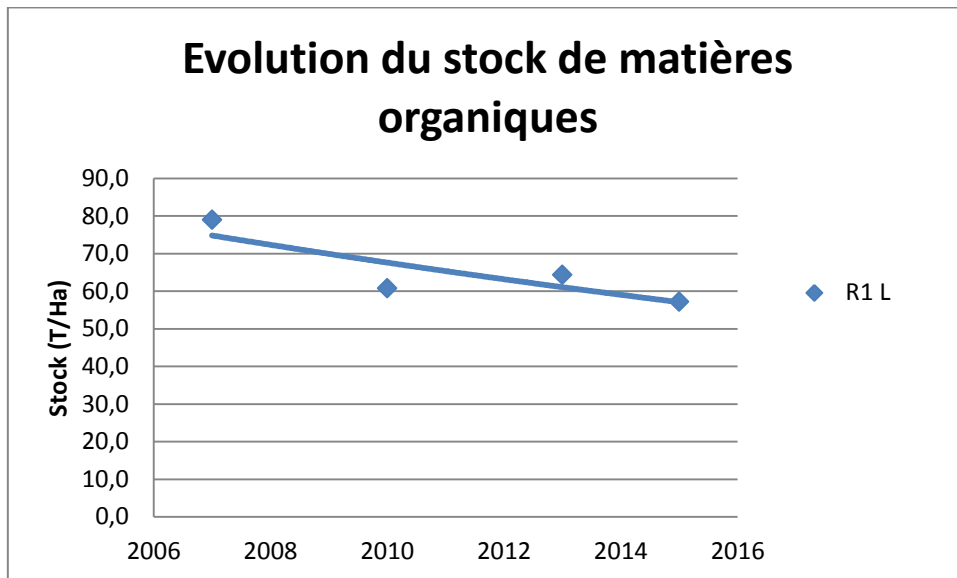
Le reliquat azoté de départ est de 11 kg/ha sur 20 cm de profondeur.

### Traduction en azote minéralisé annuellement

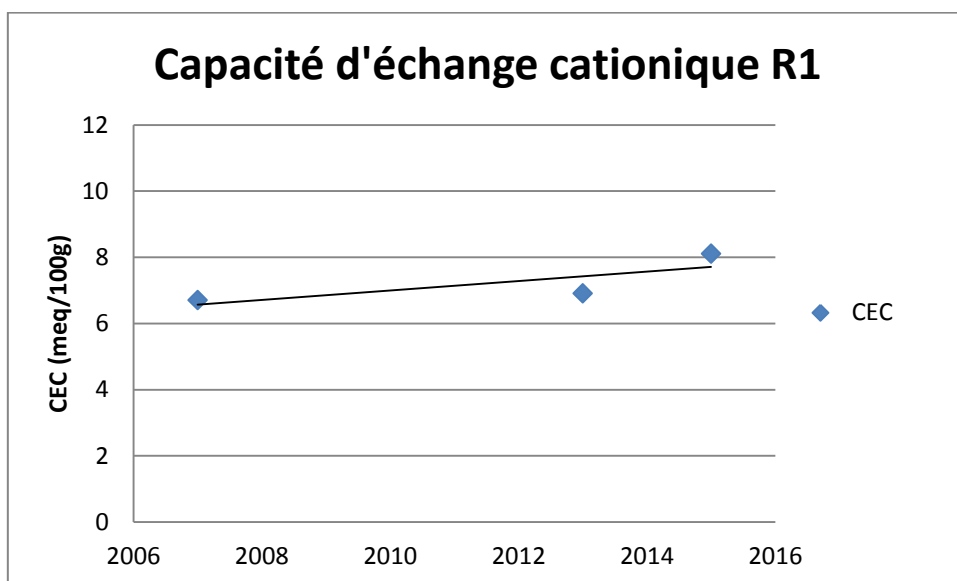


Le potentiel annuel de minéralisation de l'azote organique est de 2.52% de N organique, ce qui est très élevé. La teneur en azote total de la terre analysée étant de 0.09 % sec, le stock d'azote organique pour une profondeur de 20 cm (2600 t de terre fine/ha) serait de 2.38 t/ha. Donc le potentiel annuel de minéralisation de l'azote organique serait de 60 kg/ha (+ ou -5 kg/ha).

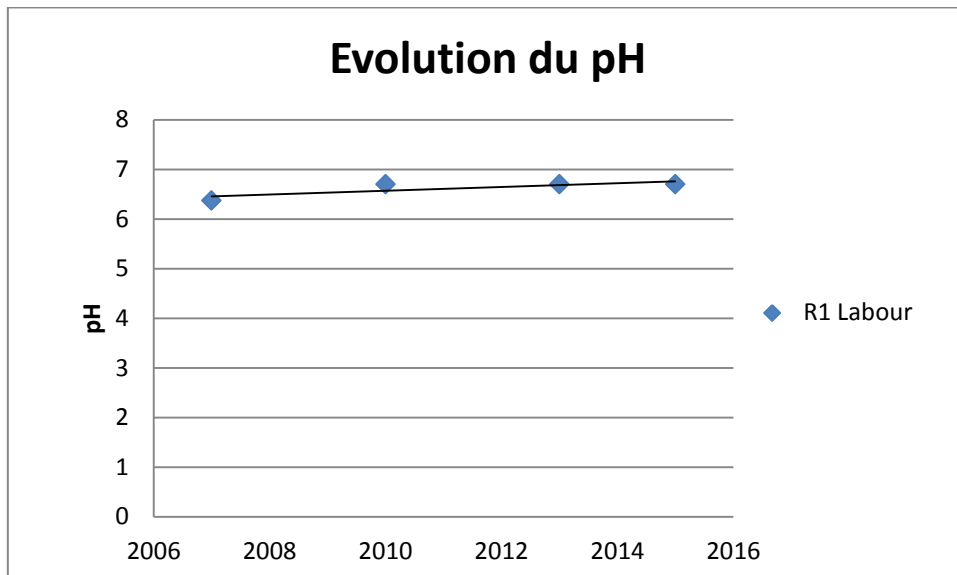
### Evolution du sol de 2007 à 2015



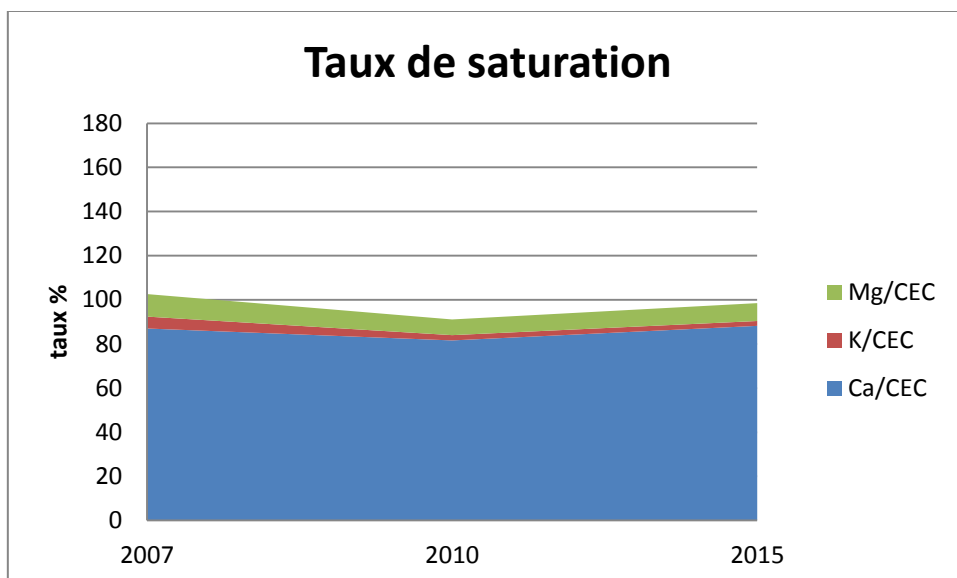
De 2007 à 2015, le stock de matière organique diminue de 25 %, ce qui représente une minéralisation annuelle de 1.2 % de la MO. Seuls le compost de déchet apporté en 2007 et les résidus de récolte permettent de limiter cette baisse. Il va falloir limiter la baisse du stock voire augmenter le stock, pour cela il faut dans un premier temps cerner où se situe le problème : Faudrait-il plus d'apports exogènes ? La rotation convient-elle ? Est-ce à cause du travail du sol ?



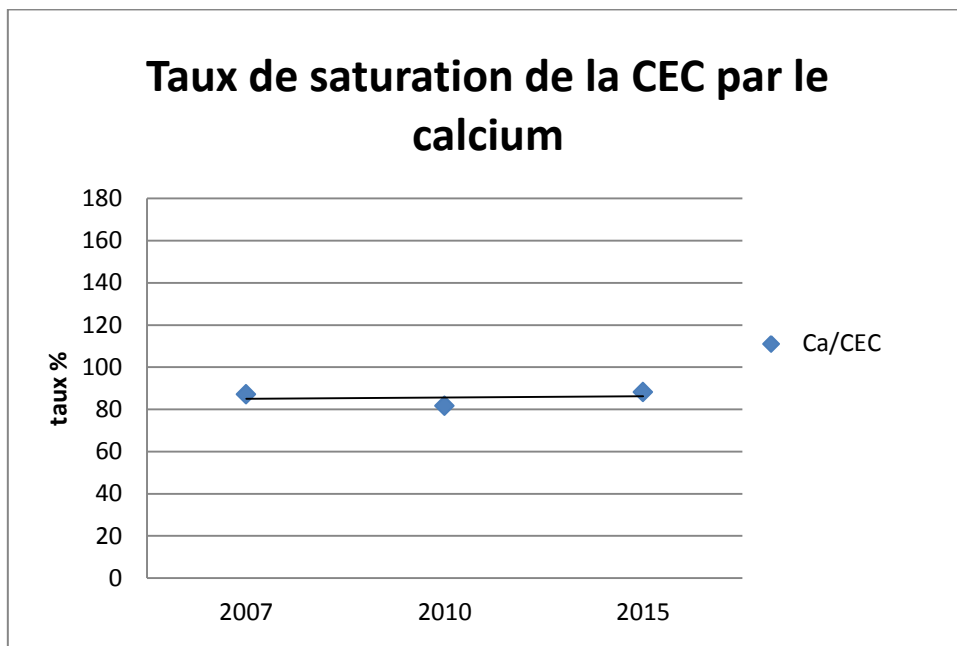
La CEC a augmenté de 1,4 meq/100g en 8 ans mais les valeurs restent faibles (entre 6 et 8 meq/100g). La rotation, le travail du sol et les apports réalisés au cours de la rotation ont eu un effet positif sur la CEC.



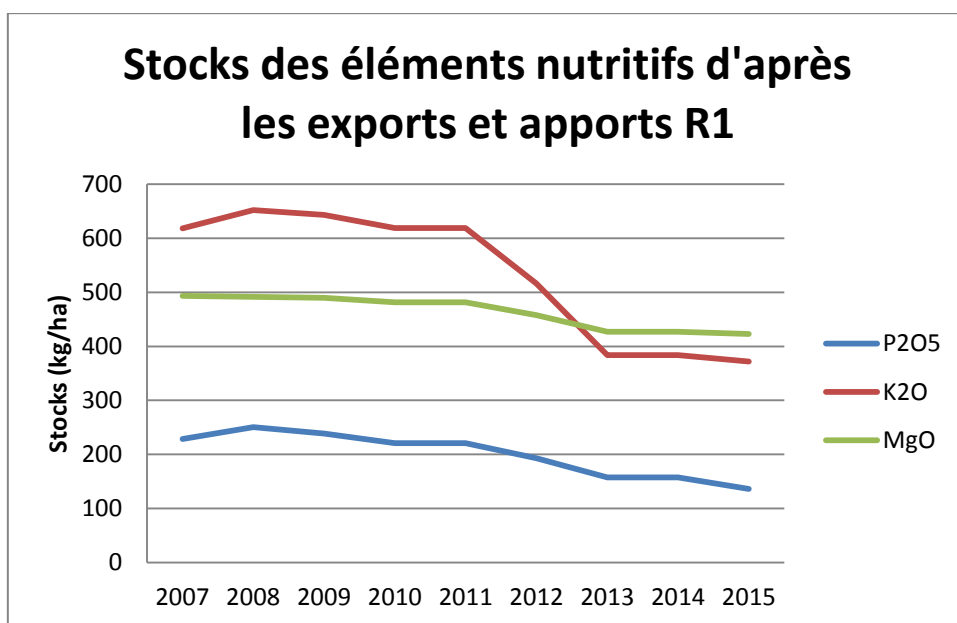
Le pH est resté à 6,5 entre 2007 et 2015. Avec un tel potentiel hydrogène, il n'y a aucun risque d'intoxication aluminique pour les cultures. La stabilité observée tout au long de la rotation laisse penser que les apports exogènes, le travail du sol ainsi que les cultures choisies n'ont pas d'effet négatif sur le pH.



Le taux de saturation est resté stable et très bon entre 2007 et 2015 (entre 90 % à 100 %).



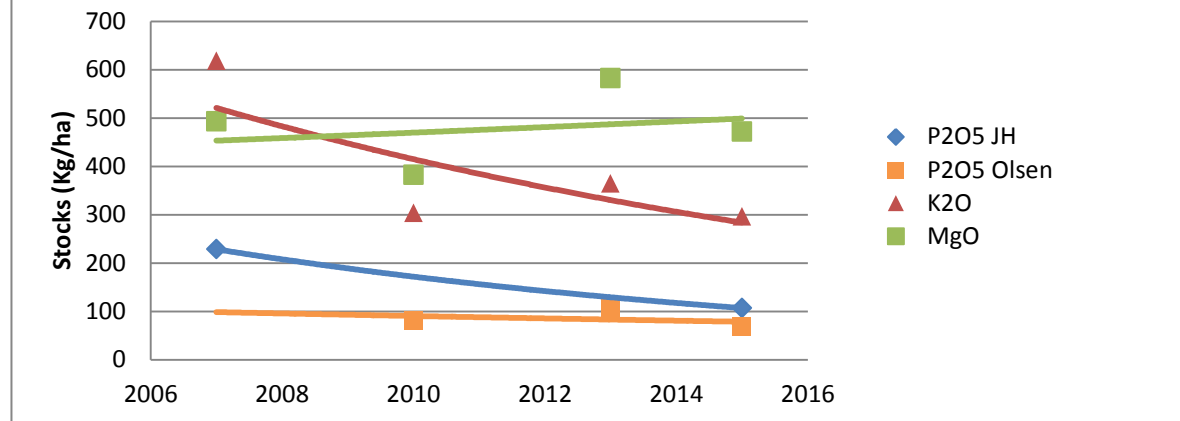
La CEC stock à plus de 80% de l'oxyde de calcium. Le rapport Ca/CEC est stable tout au long de la rotation, sans qu'il n'y ait eu besoin de chaulage. Ceci explique au moins en partie, la stabilité du pH.



Le phosphore et le potassium ont presque diminué de moitié entre 2007 et 2015. Le magnésium est resté relativement stable.



## Stocks des éléments nutritifs d'après les analyses de sol R1

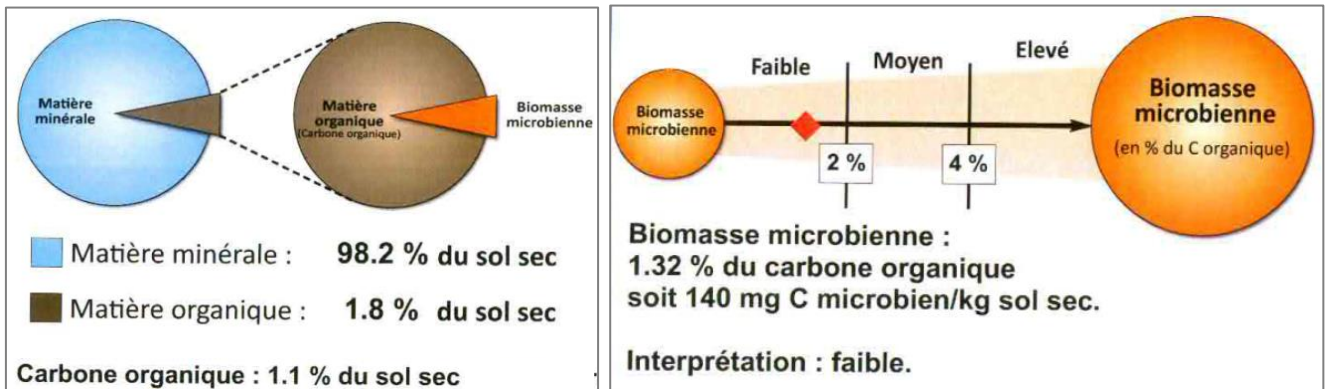


Les stocks réels des éléments nutritifs suivent la même tendance que les stocks calculés.

- Les stocks de P2O5 Olsen et de K2O ont diminués de 50% en 8 ans.
- Les stocks de MgO sont restés stables (entre 450 et 500 kg/ha).

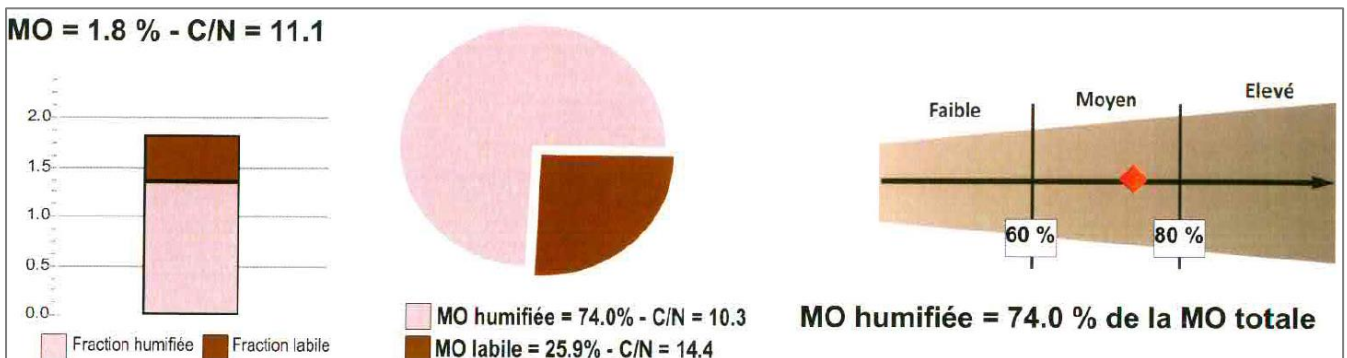
## Evolution des stocks de R2

### Biomasse microbienne



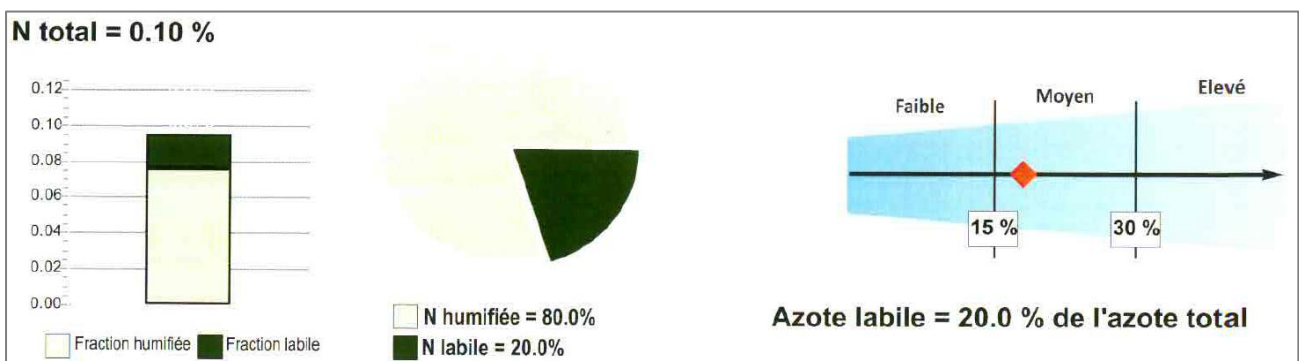
### Fractionnement de la matière organique

#### Fraction humifiée et fraction labile de la Matière Organique



La proportion de MO humifiée est satisfaisante, le potentiel de dégradation de la MO du sol semble donc modéré. De plus, la fraction labile de la MO représente un C/N relativement élevé, ce qui est caractéristique d'une MO peu évoluée qui se dégrade mal. Afin d'améliorer la dégradation de la MO labile et ainsi améliorer la dynamique globale de la MO du sol, des apports de produits organiques à dominante animale sont recommandés.

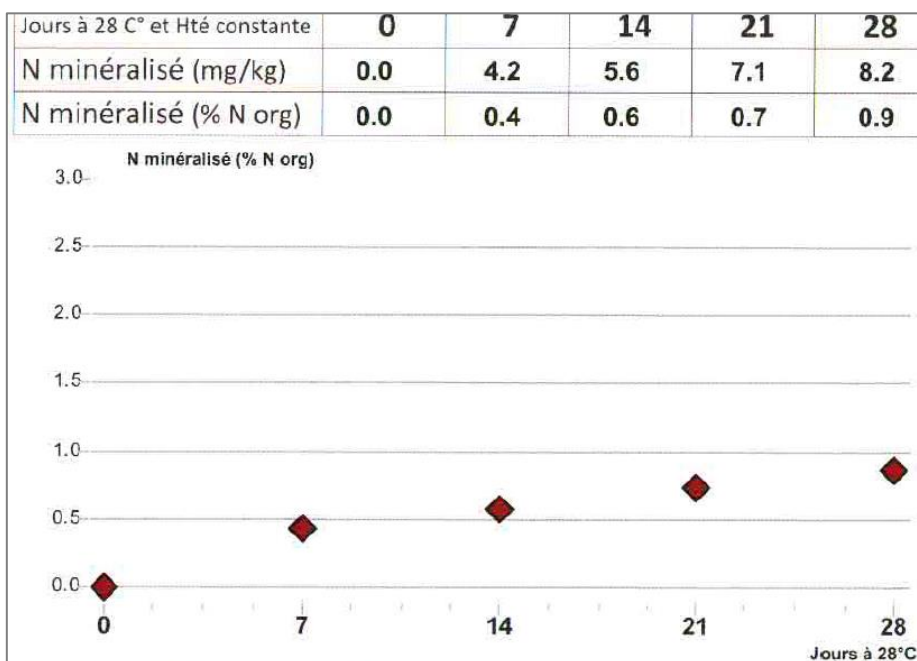
#### Fraction humifiée et fraction labile de l'azote total



La bonne proportion d'azote labile indique un potentiel important de fourniture en azote minérale par le sol. Ce potentiel est cependant limité par le C/N relativement élevé de la MO labile, signe d'un blocage de cette MO. L'apport de produits organiques avec une fraction significative d'origine animale peut aider à lever ce blocage.

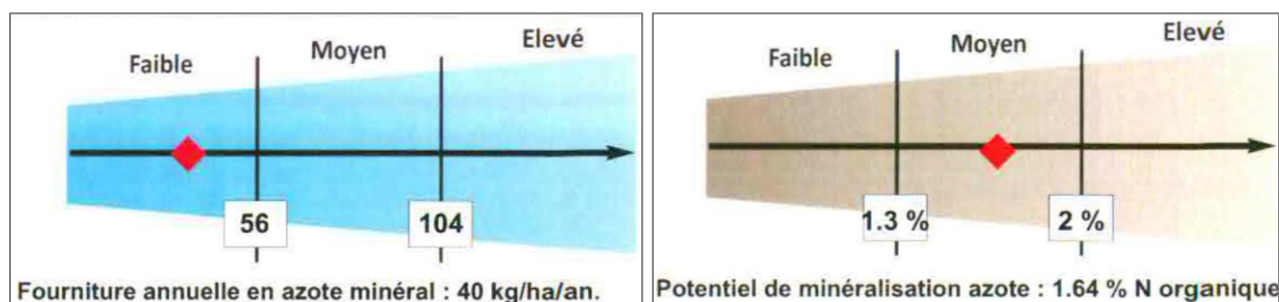
### Minéralisation de l'azote

## Résultats du test minéralisation de l'azote organique



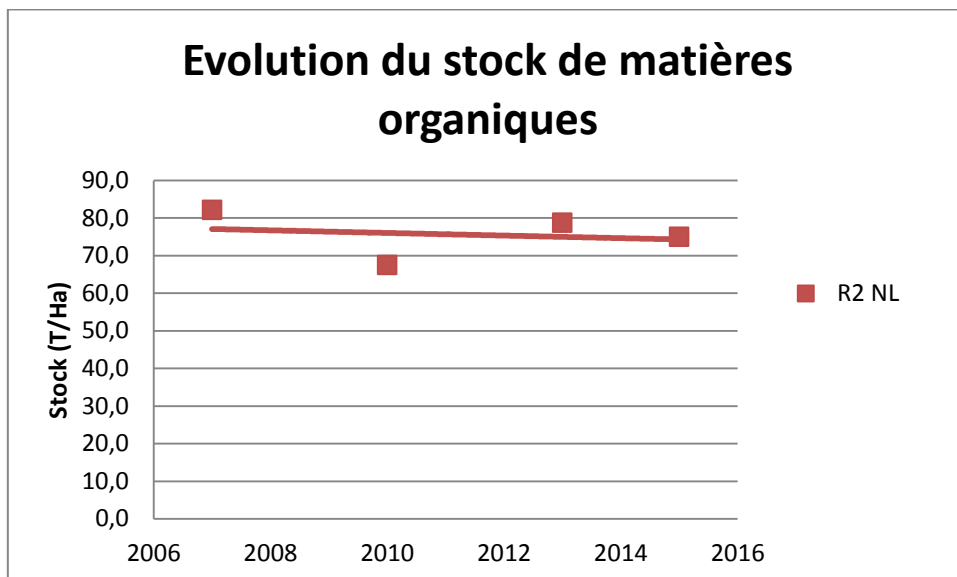
Le reliquat azoté de départ est de 6.7 kg/ha sur 20 cm de profondeur.

## Traduction en azote minéralisé annuellement



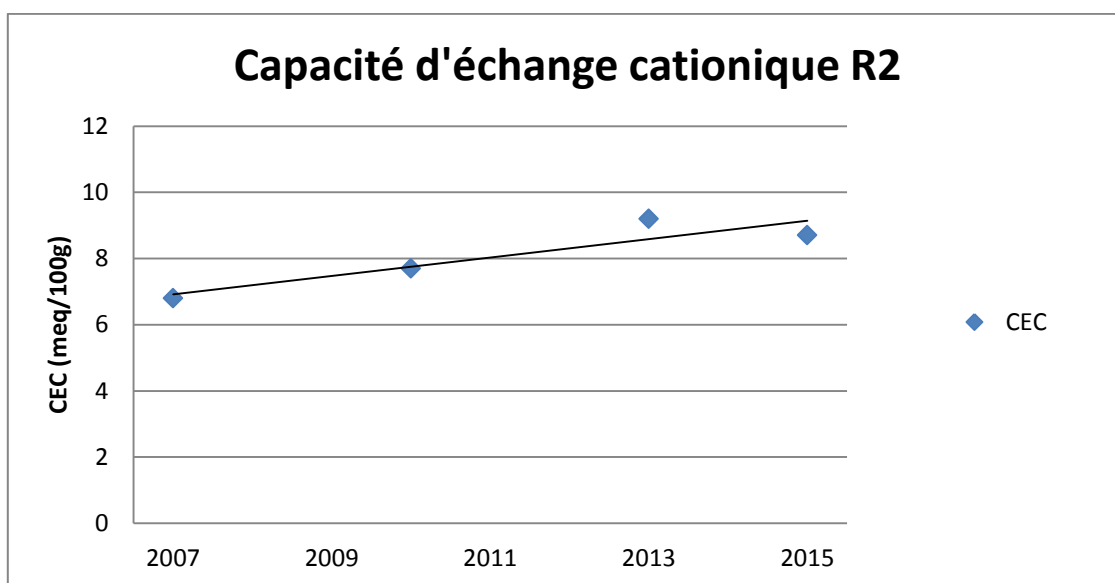
Le potentiel annuel de minéralisation de l'azote organique est de 1.64 % de N organique, ce qui est très élevé. La teneur en azote total de la terre analysée étant de 0.10 % sec, le stock d'azote organique pour une profondeur de 20 cm (2600 t de terre fine/ha) serait de 2.48 t/ha. Donc le potentiel annuel de minéralisation de l'azote organique serait de 40 kg/ha (+ ou - 5 kg/ha).

## Evolution du sol de 2007 à 2015



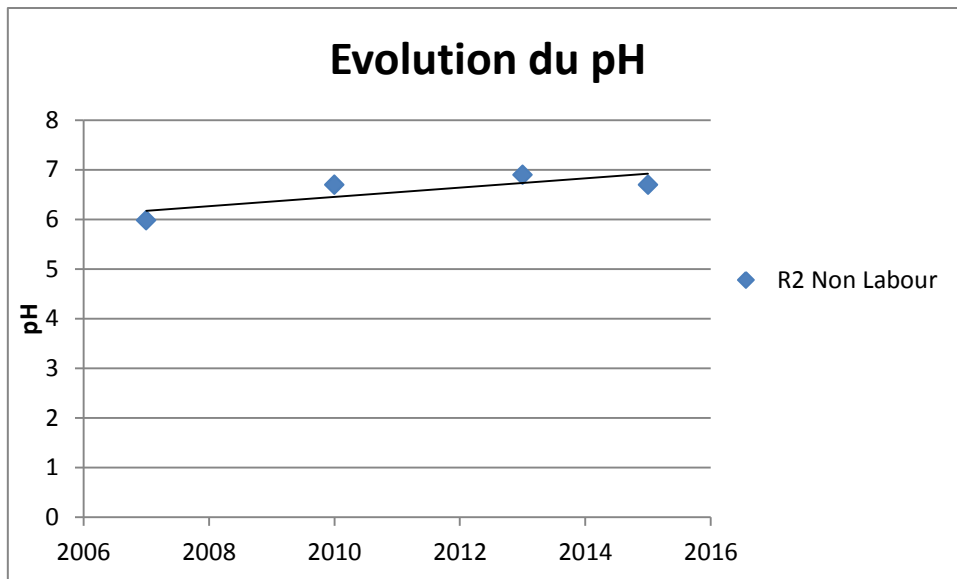
Le stock de matière organique est resté stable à environ 2 % tout au long de la rotation malgré une minéralisation de 1,6 % de la matière organique.

Les stocks de matières organiques étaient identiques dans R1 et R2 en 2007. Ils ont diminué de 20 T/ha dans la parcelle labourée. Cette évolution est-elle le résultat du travail du sol en profondeur ?



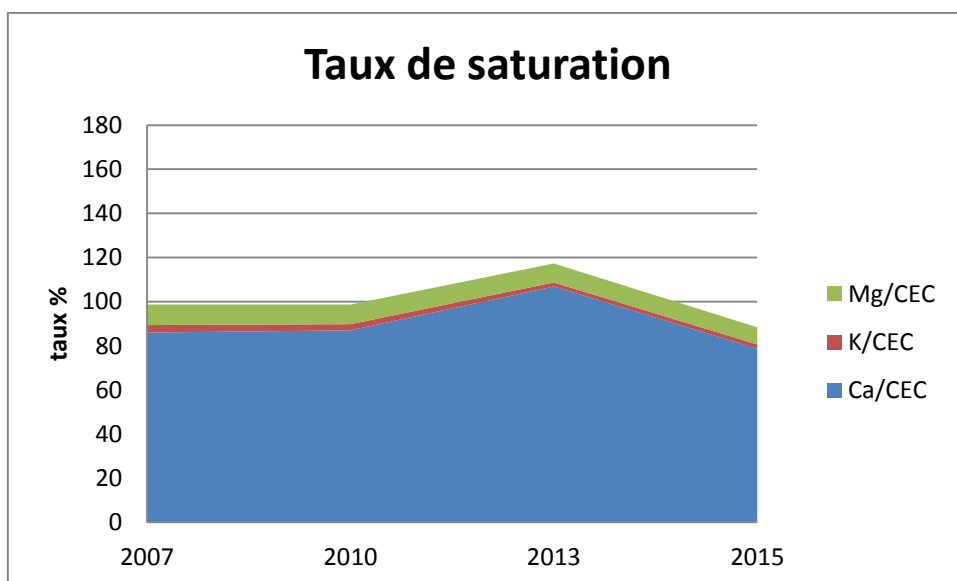
La CEC est passée de 7 à 9 meq/100g. Cette amélioration est bénéfique à la vie du sol.

Dans R1 la CEC est de 8 meq/100g en 2015, la légère différence peut provenir d'une meilleure vie biologique dans R2.



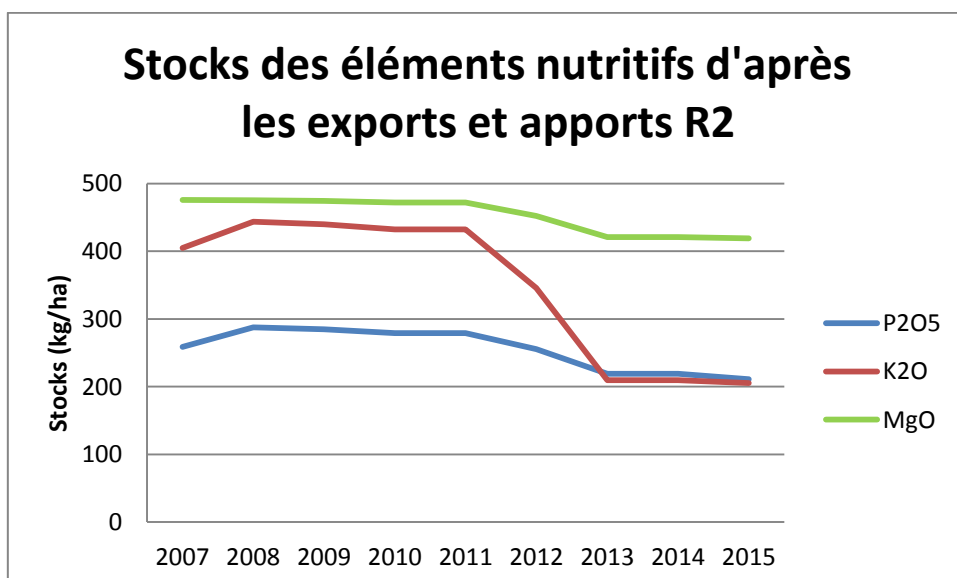
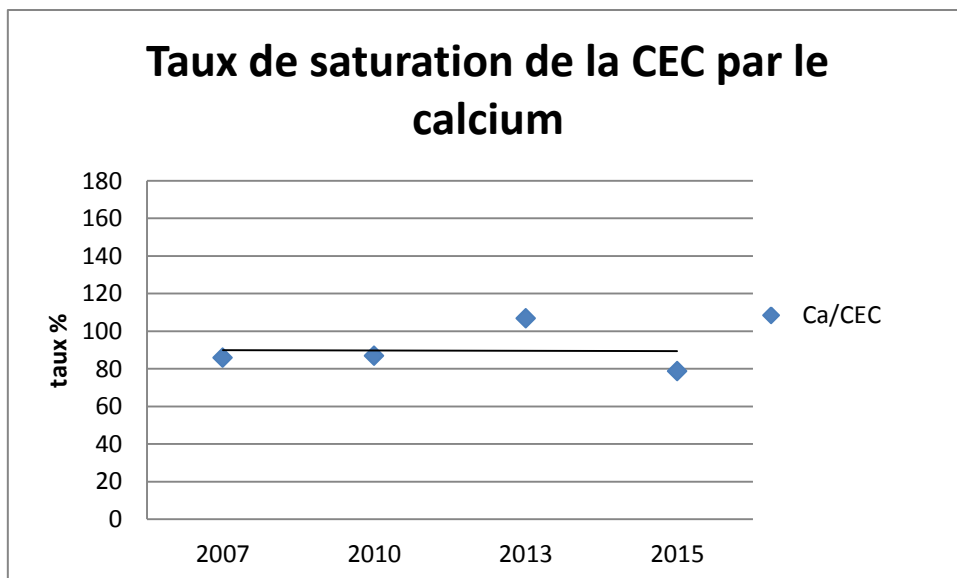
L'augmentation du Ph de 6 à 7 peut s'expliquer par l'augmentation de la CEC : plus de calcium est stocké. Cette hypothèse ce confirme dans le graphique ci-dessous.

Le pH est équivalent en 2015 dans les 2 parcelles comparées R1 et R2. L'augmentation est néanmoins plus importante pour R2. Un effet du non labour ?



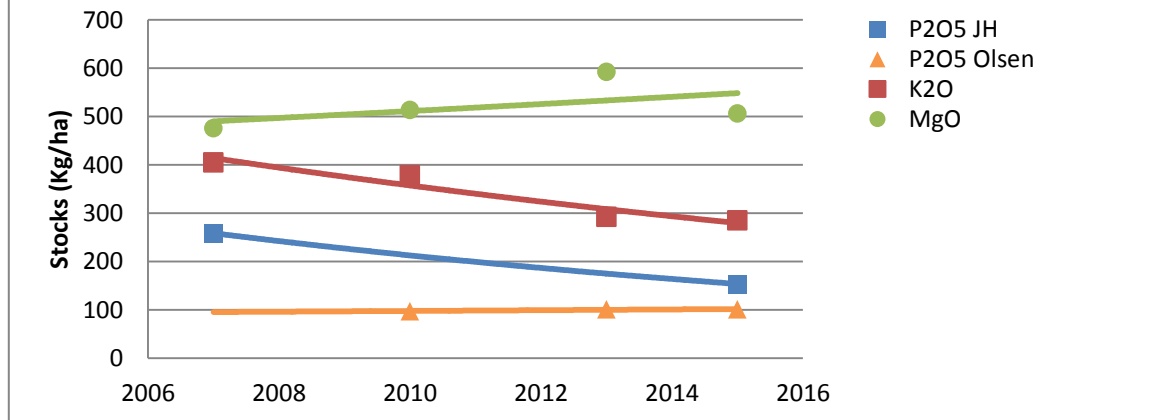
Le taux de saturation est maximal, comblé à plus de 80% par le calcium (Cf : graphique suivant). Un pic à 10% est atteint en 2013 avant une diminution de saturation à 80% en 2015.

R2 est meilleure que R1, qui avait déjà un taux de saturation élevé.



Les stocks d'éléments nutritifs diminuent : MgO et P2O5 ont diminué de 50 kg/ha et K2O de 200 kg/ha. Ces tendances se retrouvent sur le graphique suivant.

## Stocks des éléments nutritifs d'après les analyses de sol R2



Alors que MgO diminuait de 50 kg/ha sur le graphique précédent, il augmente ici d'autant. Ce que nous pouvons dire, c'est que même si les valeurs entre 2007 et 2013 sont différentes, en 2015, ces deux graphiques s'accordent sur la valeur de 500 kg/ha de MgO dans le sol.

Le calcul théorique des apports et exports n'apprécie pas correctement la diminution des stocks. En effet, les baisses de 200kg/ha et 50 kg/ha respectivement pour K2O et P2O5 sont dans ce graphique de 100 kg/ha pour les deux éléments.

En ce qui concerne MgO et P2O5, les teneurs entre R1 et R2 sont équivalentes : MgO restent entre 450 et 550 kg/ha tandis que P2O5 est constant à 100 kg/ha tout au long des 8 années de suivis. Les teneurs de K2O évoluent quant à elle différemment dans R1 et R2. Alors que le stock est de 600 kg/ha dans R1 en 2007, il n'est que de 400 kg/ha dans R2. En revanche, en 2015, la diminution du stock à ramener les teneurs à 300 kg/ha dans chacune des parcelles.

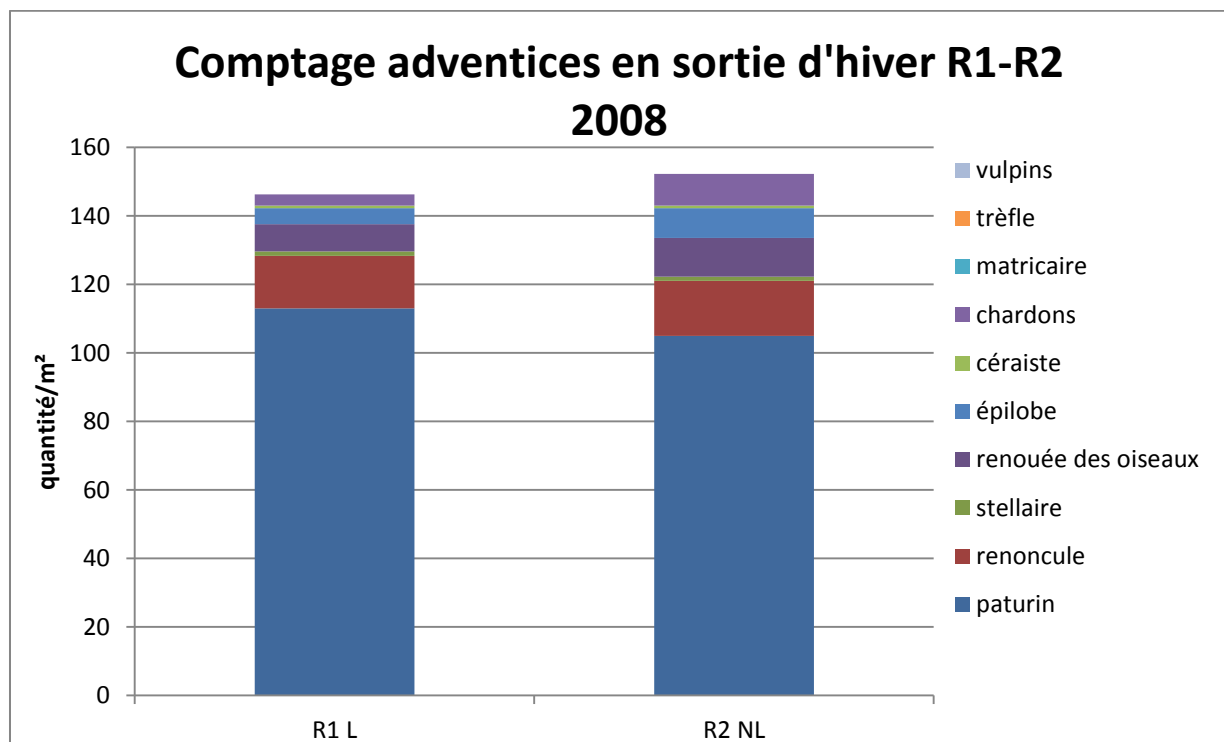
## Suivi des adventices

En agriculture biologique, le labour est principalement utilisé pour éviter ou tout du moins diminuer le développement des adventices qui concurrence la culture en place. Est-il possible, en mettant en place une rotation cohérente et par un travail du sol adapté, de gérer ces adventices ? Pour le savoir, l'Itab anime le programme Innov'Ab qui a pour rôle de concevoir et d'optimiser des systèmes de culture innovants en grandes cultures bio. Dans ce cadre des suivis seront effectués, tout d'abord afin de connaître les impacts de ces systèmes sur l'évolution de la flore adventice et de la fertilité des sols et enfin dans le but de connaître les performances de ces systèmes en termes économique, social et environnemental.

Un comptage d'adventices a été effectué en sortie hiver dans les quatre parcelles de comparaison R1-R2 et R4-R5.

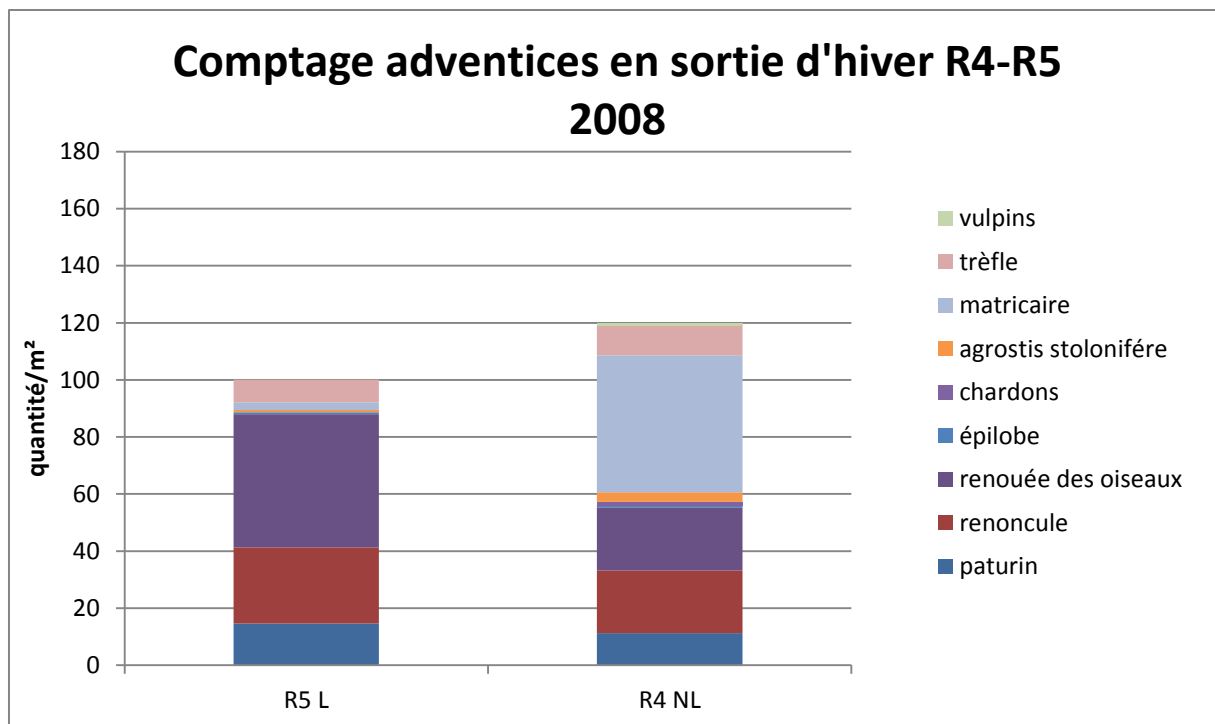
Jusqu'en 2009, R4 et R5 étaient comparables : ces deux parcelles avaient la même rotation, R4 était en non labour et R5 était labourée. L'ensalissement de R4 a contraint à revoir l'itinéraire technique, R4 est passé du non labour au labour non systématique. Les graphiques suivants ont été créés à partir des données de 2008, nous pouvons comparer R4 et R5.

Le travail du sol influe sur les espèces de flore adventice. En 2008 ces 4 parcelles étaient en blé avec un précédent et anté-précédent trèfle.

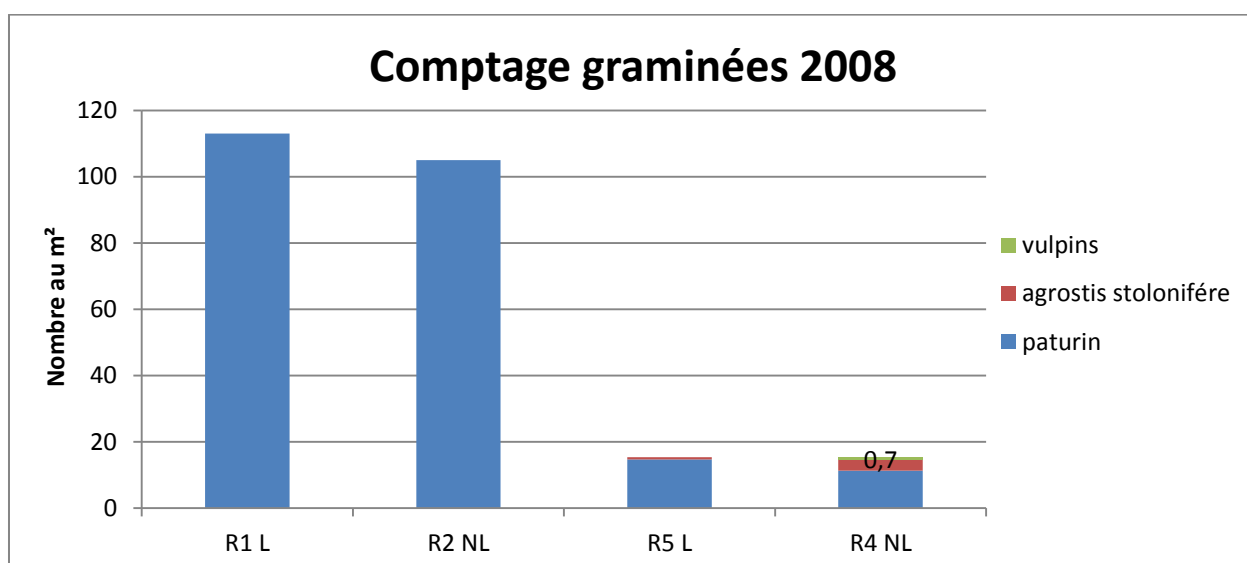


Entre R1 et R2 les espèces présentes sont identiques mais la quantité au mètre carré varie légèrement.

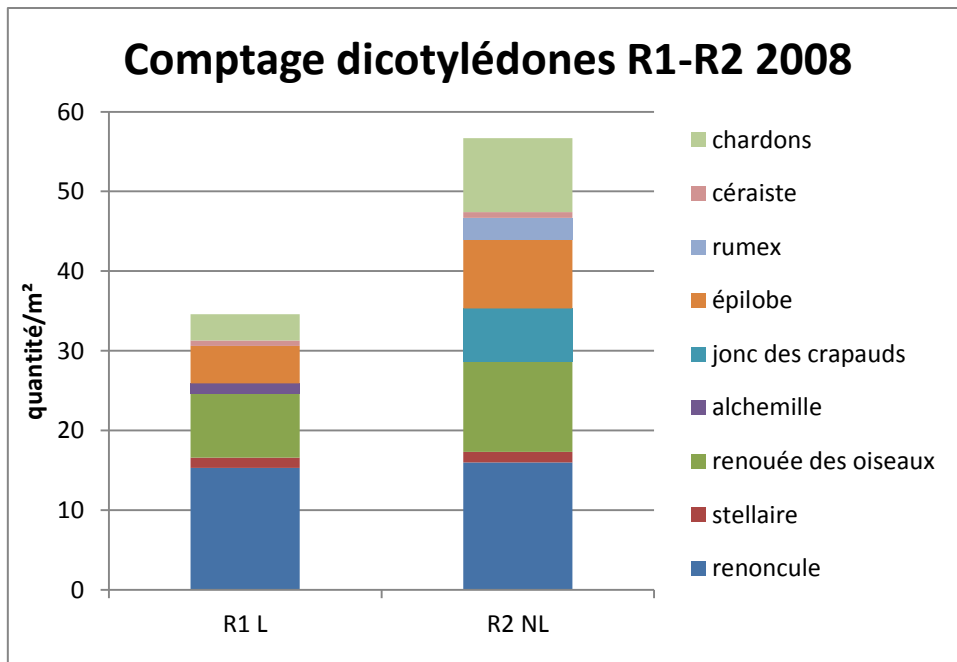




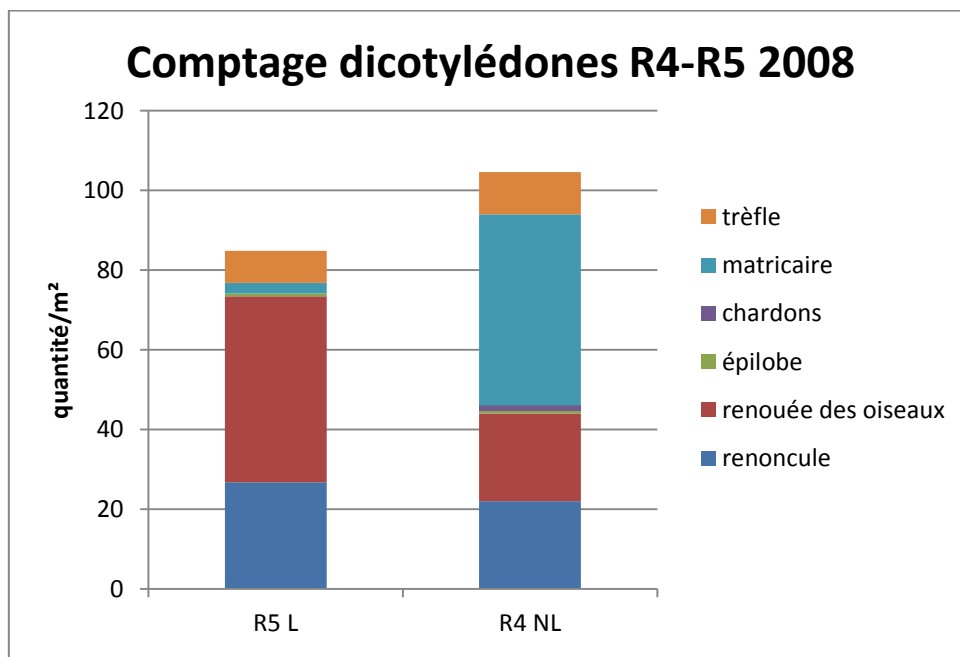
L'agrostis stolonifère et le vulpin sont présents uniquement dans R4 (sans labour). Les quantités varient beaucoup d'une parcelle à l'autre, notamment pour les renouées des oiseaux et les matricaires.



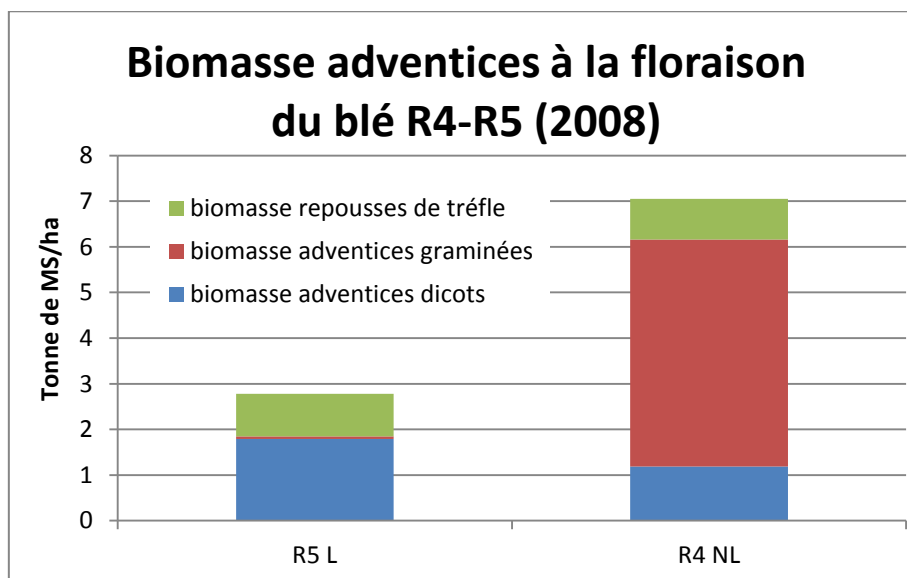
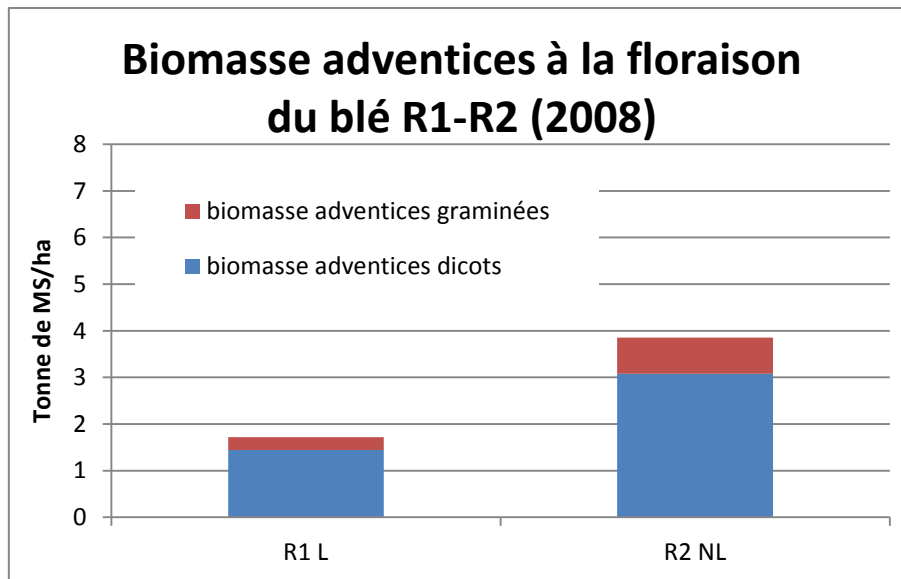
Le paturin est la graminée dominante dans les 4 parcelles. Il est davantage présent dans les parcelles labourées. Le peu de différence constatée réside dans la présence d'agrostis stolonifère dans la parcelle en non labour R4.



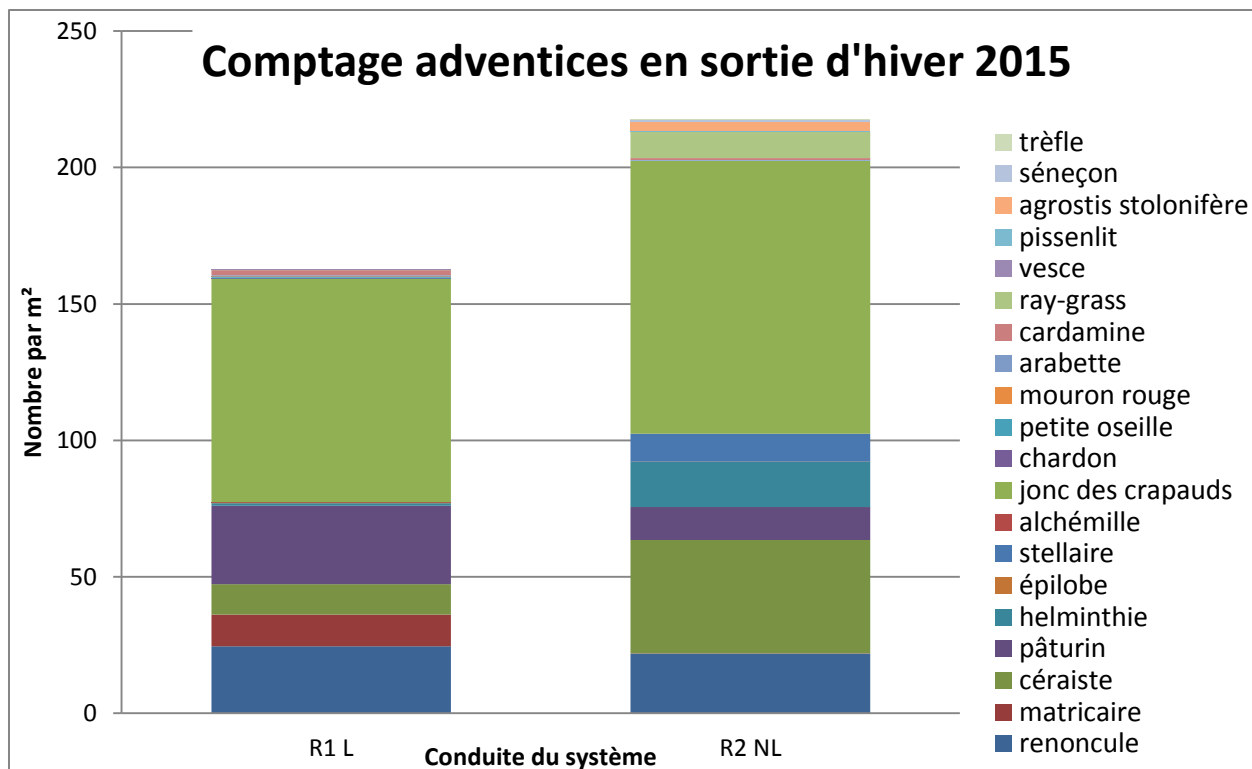
Les dicotylédones apparaissent en plus grande quantité et avec une plus grande diversité dans le non labour. L'alchemille dans R1 disparaît dans R2 et il y a un dans cette dernière un développement important de joncs des crapauds, de rumex et de céraistes.



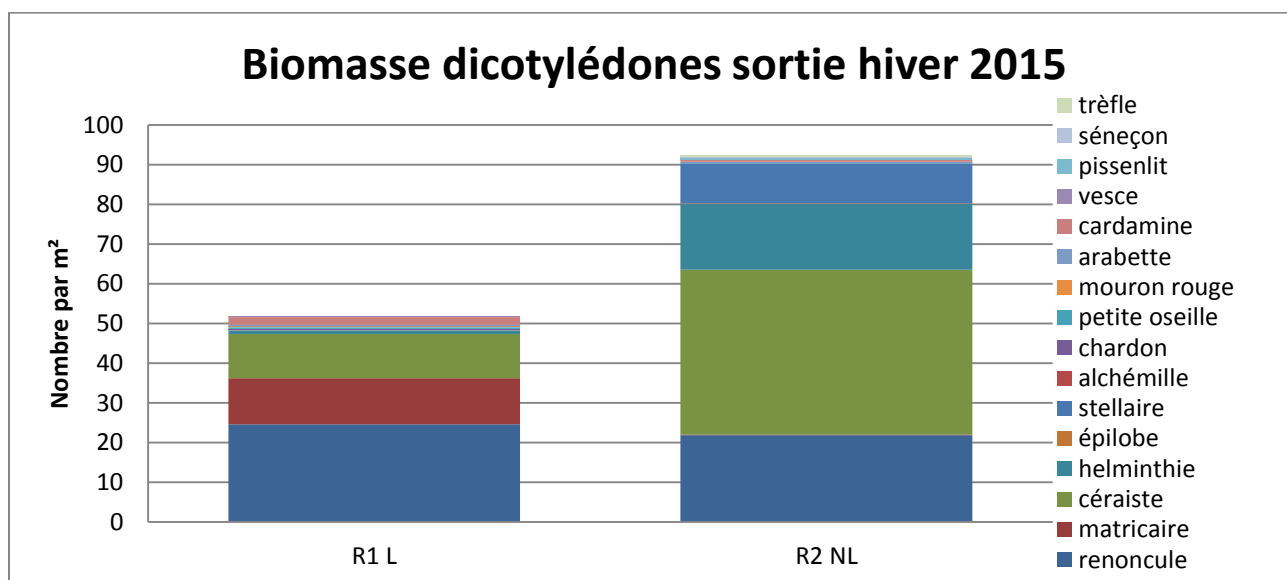
Les matricaires, très présentes sur l'ensemble de la station, sont quasiment absentes de la parcelle labourée R5. En revanche il y en a au moins 40/m² en non labour.



Bien que la différence de biomasse entre labour et non labour n'était pas importante lors des comptages en sortie hiver, nous retrouvons ici des quantités d'adventices deux fois supérieures en non labour qu'en labour. Les graminées sont présentes en plus grandes quantités dans le non labour, comme lors des comptages sortie hiver. Les dicotylédones sont inégalement réparties : plus importantes dans R2 (non labour) et R5 (labour).



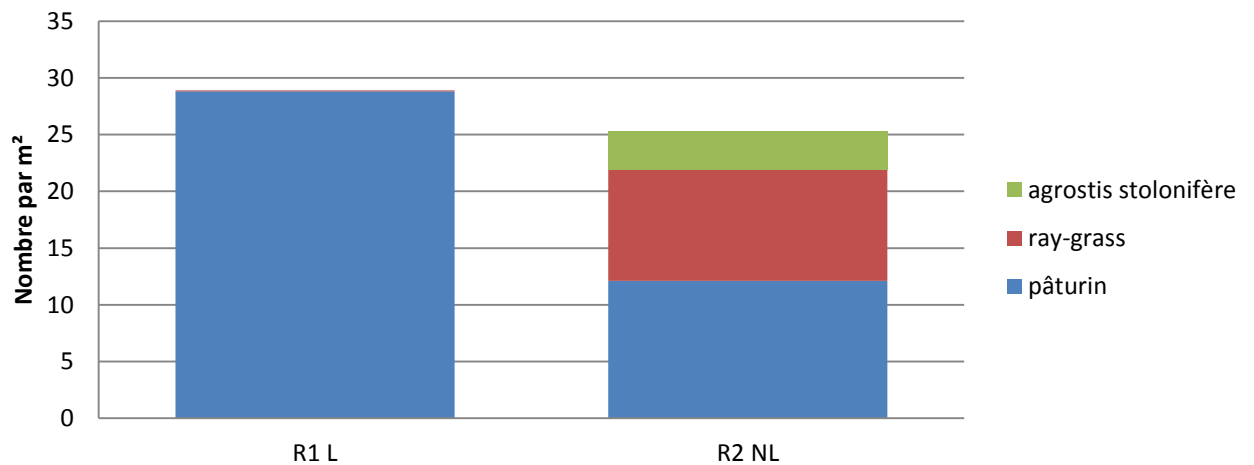
Un deuxième comptage d'adventices est réalisé 7 ans après, en 2015, dans R1 et R2, implantés en blé. La flore est plus diversifiée et plus importante dans le non labour (R2 NL). Le jonc des crapauds est très présent dans ce type de sol mais il ne concurrence pas la culture.



Les dicotylédones sont majoritairement présentes avec la conduite sans labour.

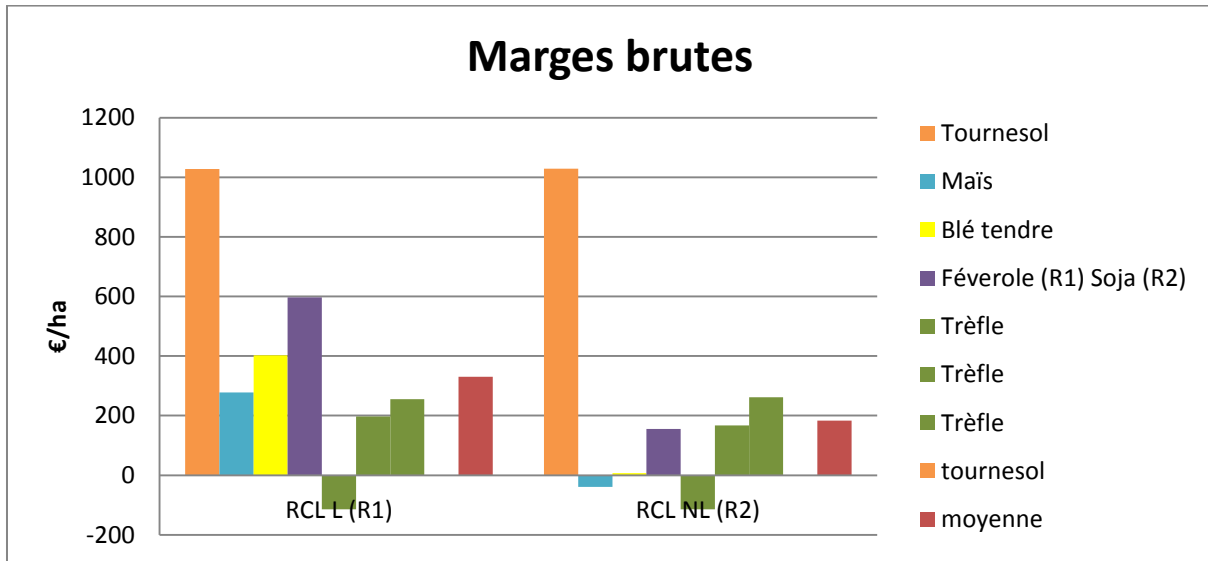
Les matricaires, très présentes sur la station d'Archigny, sont absentes sur le non labour, au profit des helminthies, céraistes et stellaires.

## Biomasse graminées sortie hiver 2015



Les graminées sont autant présentes sur la parcelle labourée que sur celle qui n'y est pas. R1 (labour) n'a que du pâturin commun qui est très peu gênant pour la culture. R2, en non-labour, a 70 % de pâturin mais aussi 20% de ray-grass et 10% d'agrostis stolonifère. Ces deux dernières graminées, très colonisantes, concurrencent beaucoup la culture.

## Analyse économique



En 2006, les 2 parcelles implantées en tournesol ont la même marge brute.

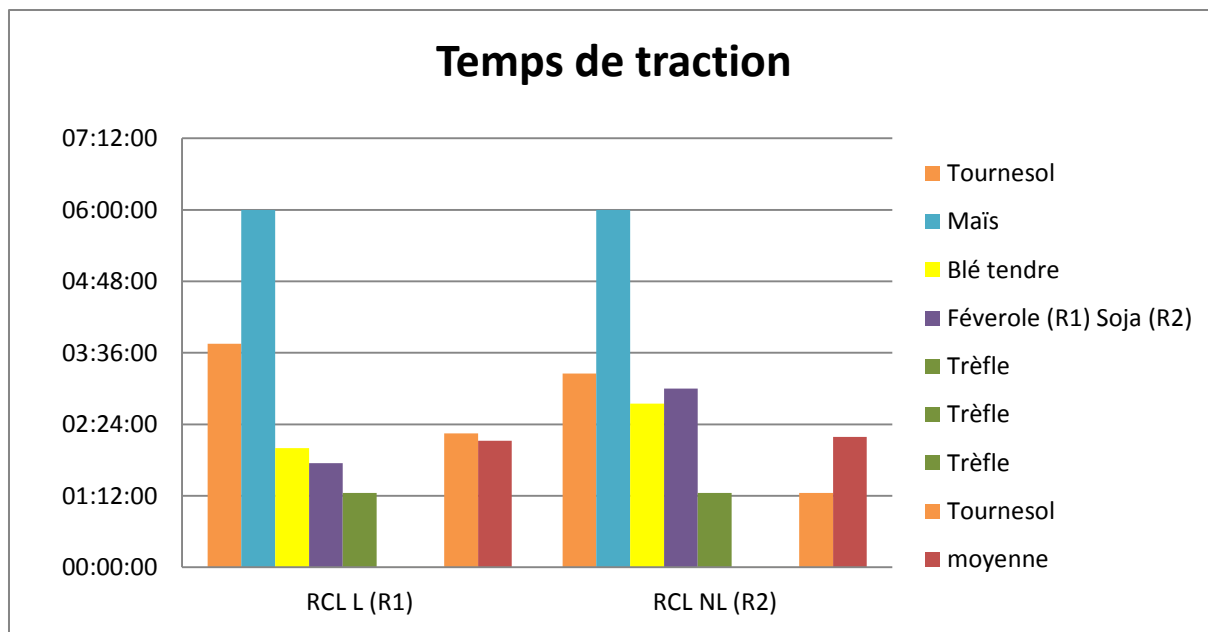
En 2007, elles étaient en maïs grain et en 2008 en blé tendre d'hiver. La préparation du sol pour implanter le maïs a nécessité 5 passages dans R1 comme dans R2 avec un semis en combiné par la suite. La différence de marge est due au rendement : il y a eu presque 19 quintaux dans R1 alors que seulement 2 quintaux ont été récoltés dans R2.

Pour le blé en 2008, il n'y a eu qu'un passage (labour) dans R1 avant le semis en combiné alors que 3 passages (broyage et déchaumage) ont été nécessaires avant le semis en combiné dans R2. Ceci combiné à un rendement deux fois plus faible dans R2 que dans R1 abaisse la marge brute de 400€/ha.

2009 a été une année particulière. Le manque de structure dans la parcelle non labouré et un mauvais ressuyage du sol dû à l'hydromorphie ont empêché le semis de la féverole d'hiver. Le choix a donc été de faire une culture de printemps en implantant du soja. L'aspect technique entre en compte dans l'analyse économique des parcelles puisque nous nous apercevons qu'entre la féverole et le soja la marge brute n'est pas la même ! Il y a plusieurs raisons à cela : R1 a un produit hors aides plus élevé, des charges opérationnelles plus faibles (les semences de féverole sont 3 fois moins chères que les semences de soja) et moins de charges de mécanisation que R2.

Du trèfle violet a été semé en 2010. Les coûts de semence et de mécanisation sont les mêmes dans les 2 parcelles. La différence est observée l'année suivante, en 2011, R1 a eu un rendement légèrement meilleur que R2. Sur la dernière année de trèfle violet, aucun écart de marge brute n'est constaté entre les 2 parcelles.

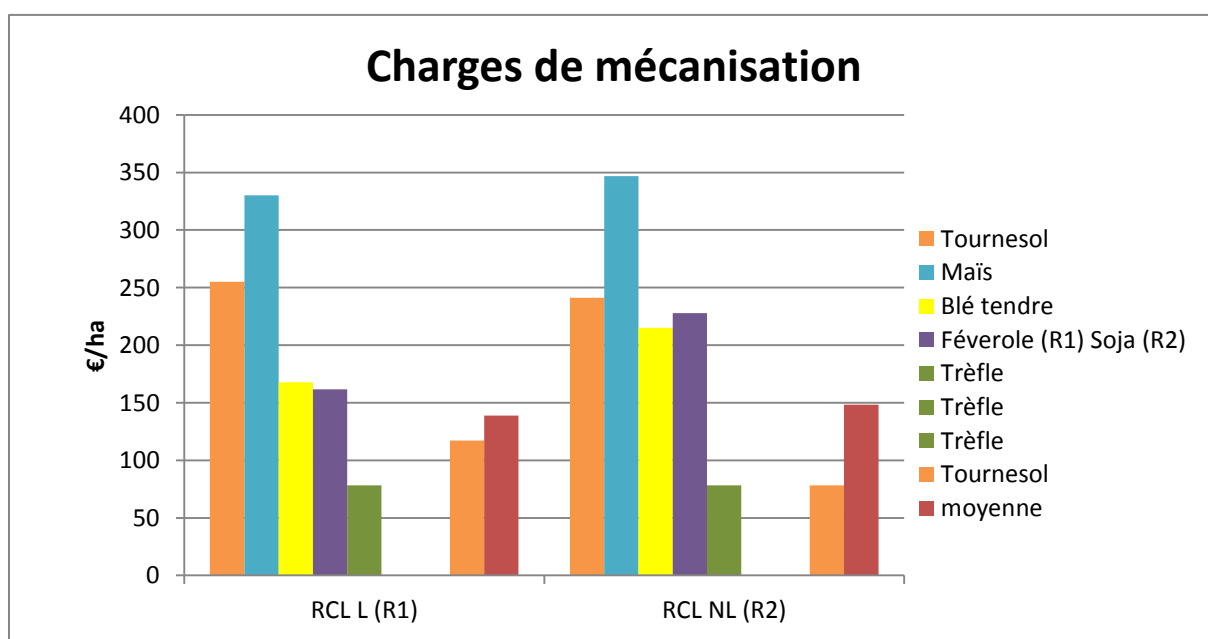
En 2013, de la moutarde a été implantée pour servir de gel, d'où la marge brute nulle que l'on observe.



Le temps de traction s'équivalait entre R1 et R2. En 2008 et 2009 le temps de traction est plus élevé en non labour parce qu'il y a 3 déchaumages et 2 reprise en 2009 avant le labour en combiné alors qu'il n'y a qu'un labour avant le semis en combiné dans R1 labourée. Pour 2006 et 2007, le temps consacré au labour dans R1 a été partiellement remplacé par du temps pour les reprises après le déchaumage dans R2. En 2010, 2011 et 2012 la conduite de travail du sol a été identique dans R1 et R2 : 2 déchaumages avant le semis du trèfle violet en 2010 puis des fauches ou broyage.

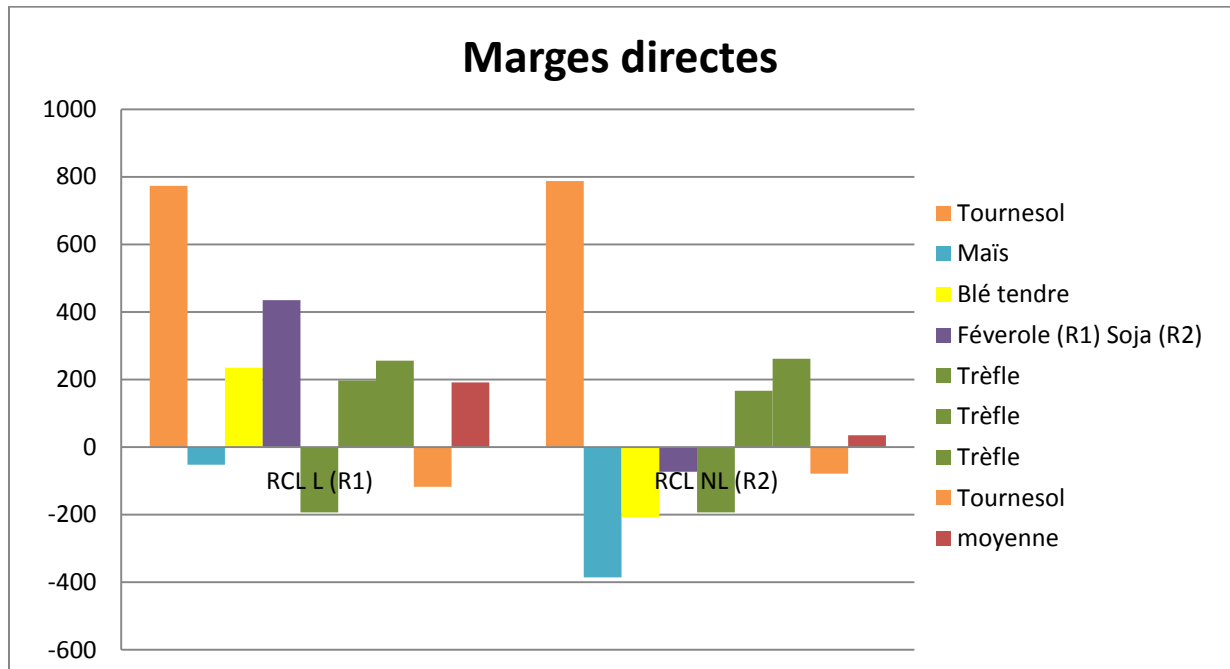
En 2013, il y a eu un broyage de la moutarde dans R1 et aucun dans R2, d'où l'écart de temps de traction.

En moyenne, entre 2006 et 2013, le temps de traction est identique pour la parcelle labourée et celle en non labour ; les déchaumages étant remplacés par le labour.



Les charges de mécanisation sont le reflet économique du temps de traction. Les variations sont principalement dues au nombre de passages effectués, comme expliqué précédemment.

En moyenne sur les 8 années, les charges de mécanisation en non labour comparées au labour ont été 7% supérieures dans R2 que dans R1. Entre labour et non labour, la différence de coût de mécanisation à l'hectare n'est pas si importante que ce que l'on pourrait penser. Les passages sont plus nombreux en non labour avec souvent plusieurs déchaumage et ou 2 reprises « contre » 1 passage de charrue dans la parcelle labourée.



La marge directe (marge brute – charges de mécanisation) ont des tendances tout à fait différentes entre la parcelle labourée et la parcelle en non labour. Les marges brutes sont moins élevées et les charges de mécanisation sont légèrement supérieures dans le non labour entraînant de ce fait des marges directes très souvent négatives dans R2.