

## Synthèse des résultats

### 1- RÉDUCTION DE TRAVAIL DU SOL

#### A) Plantation sur couvert occulté

**Objectif :** La parcelle est caractérisée par un sol jeune, sableux et sans structure. L'objectif est donc de favoriser la structuration du sol ainsi que l'accroissement du taux de matière organique.

**Hypothèse :** La réduction de travail du sol associée à l'implantation de couverts végétaux doit permettre à la biologie de s'installer pour créer une structuration d'origine biologique.

	Test
Précédent	Avoine-vesce semé fin novembre 2018
Stade à la destruction	Couvert très végétatif
Date de destruction	10/04/2019
Mode de destruction	Tonte et occultation pendant environ 2 mois (bâche de tunnel verte)
Culture suivie	Courges potimarron, longues de Nice et butternut, courgettes
Date de plantation	10/06
Préparation du sol	Rien
Paillage	Paillage plastique
Fertilisation	Rien (reliquats en juin à 130 U N)



**Estimation des restitutions du couvert :** Estimé avec le logiciel MERCI à partir des hauteurs du couvert (environ 70 cm pour l'avoine et 45 cm pour la vesce) / ! Les estimations à partir de la hauteur sont beaucoup moins fiables que celles calculées à partir de la biomasse.

Estimation des restitutions	Date de semis	Date de prélèvement	Biomasse sèche estimée (t/ha)	Azote piégé total (kg/ha)	Restitutions (kg/ha)		
					N	P2O5	K2O
Avoine & vesce	15/10/18	15/04/19	3,9	133	60	15	130

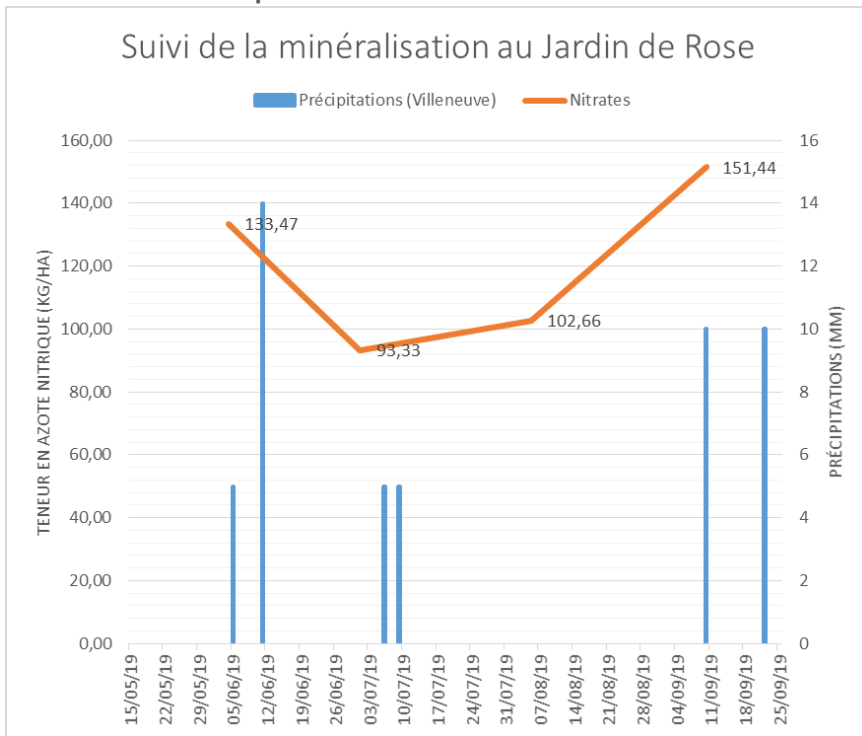
**Observation de la structure du sol :** Pas de structure, les mottes se désagrègent tout de suite en terre fine. En conséquence, conseil de ne pas réaliser de travail du sol, pour permettre au sol de se structurer et ne pas consommer davantage du stock de carbone.

Rappel : les analyses de terre donnent un C/N très bas (6,5-7), signe d'un excès d'azote par rapport au carbone ou d'un déficit de carbone.

### Observations en cours de culture

- Une bande n'a pas été paillée pour évaluer la capacité du couvert mort à mulcher et à protéger les cultures des adventices : Il est trop léger et n'aurait pas suffi en tant que paillage. Levée de pourpier qui peut indiquer un lessivage du sol, car non protégé, et une diminution de sa capacité de rétention.
- Courges végétatives après plantations, donc bonne installation.
- Nombreux bio-agresseurs : sangliers, acariens et oïdium qui ne permettent pas de conclure sur la réussite de l'essai, car la récolte a été compromise.

### Suivi de l'azote nitrique



Le niveau d'azote a toujours été important, malgré l'absence d'apport de fertilisants et de travail du sol. La minéralisation du sol liée aux températures et à l'activité biologique, notamment celle des vers de terre qui jouent un grand rôle dans la biodisponibilité des minéraux du sol, est suffisante pour nourrir les courges d'après les mesures de nitrates.

Etant donné que le couvert n'a pas été enfoui, on ne peut compter que la restitution liée à la minéralisation des racines (8 UN selon MERCI)

### Conclusions

L'itinéraire technique est satisfaisant selon les maraîchers, d'autant plus qu'il évite un passage de tracteur dans des parcelles petites et donc compliquées à travailler. Le suivi de l'azote est plutôt encourageant quant à la capacité à répondre aux besoins des courges. Cependant les dégâts causés par les différents bio-agresseurs ne permettent pas de confirmer l'intérêt productif de la pratique. Par ailleurs, cet essai ne permet pas encore de se passer de paillage plastique.

Agribio 13 & Agribio 84 – Caroline BOUVIER d'YVOIRE  
Action réalisée avec le soutien financier de :  
ECOPHYTO – Agence pour la Biodiversité



En 2020, l'itinéraire technique sera à nouveau testé avec deux modalités supplémentaires (enfouissage du couvert et culture sans couvert en précédent, càd précédent sol nu) pour comparer les rendements.

## B) Réduction de travail du sol avant courge

**Objectif :** Réduire le travail du sol et entrer dans un mécanisme de fertilité, et surtout de structuration du sol par le biais de la biologie.

**Hypothèse :** Les sols de l'exploitation étant particulièrement sensibles à la battance et à la compaction, il faut au minimum un travail sur le rang de plantation pour permettre aux cultures de bien s'implanter.

	Test	Témoin
<b>Précédent</b>	Couvert de féverole (semis octobre 2018) – pas de levée du blé	Couvert de féverole-blé (semis octobre 2018)
	10% d'adventices dans la biomasse du couvert	
<b>Stade à la destruction</b>	Floraison avancée & formation des 1ères gousses	Idem pour la féverole + épiaison du blé
<b>Date de destruction</b>	3 premières semaines de mai 2019	
<b>Mode de destruction</b>	2-3 passages de rolo faca	2-3 passages de rolofacas puis gyrobroyeur et enfouissage au griffon
<b>Culture suivie</b>	courges potimarron et butternut (1.8 x 0.4m)	
<b>Date de plantation</b>	30/05 (10j d'attente en motte)	22/05
<b>Préparation du sol</b>	Sous-solage sur le rang	En plein sous-solage -> fertilisation -> rotavator
<b>Paillage</b>	Toile tissée hors sol (1m large)	Absent
<b>Fertilisation</b>	1.5t/ha de sang séché (6-5-7) 1.5t/ha de 3-6-12 (Huon)	1.5t/ha de 3-6-12 (Huon) <i>! restitutions du couvert</i>

### Biomasse et restitution du couvert dans la zone test :

Restitutions	Date de semis	Date de prélèvement	Biomasse fraîche mesurée (t/ha)	Biomasse sèche estimée (t/ha)	Azote piégé total (kg/ha)	Restitutions (kg/ha)		
						N	P2O5	K2O
<b>Féverole</b>	10/10/18	30/04/19	60,53	8,5	353	175	60	238

### Observations en cours de culture

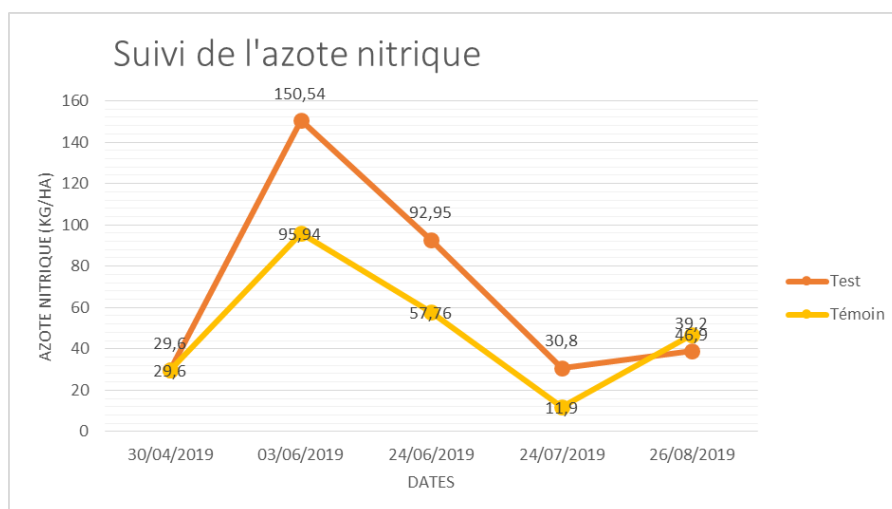
- La bande test a été d'emblée défavorisée par l'attente des plants en motte (10j) conduisant à leur étiolement, ainsi que par la localisation leur faisant subir en première ligne le mistral et les attaques d'acarien tétranyque.
- Zone test très générative et zone témoin très végétative dès le départ de la culture.



### Rendement à la récolte (S36) :

Observation sur potimarron	Test	Témoin
Nombre/plant	1	1 à 2
Poids unitaire moyen (g)	754	1180
Satisfaction de l'agriculteur	Insuffisant	Suffisant

### Suivi de l'azote nitrique



### Conclusions

**Production :** Le rendement de la modalité test n'est pas satisfaisant pour que l'ITK puisse être maintenu de la sorte. Outre les biais qui ont défavorisé la modalité test (plantation retardée et positionnement en tant que première ligne au Nord), pour améliorer l'ITK il faudrait irriguer la modalité test spécifiquement à ses besoins. Celle-ci semble avoir connu un stress peu de temps après plantation (plantes plus génératives qu'en zone témoin). En plus de l'attente des plants (10 jours), on peut faire l'hypothèse que les racines ont eu des difficultés à explorer le sol, ou le sol à retenir l'eau à cause d'une porosité plus faible due à la réduction du travail du sol.

**Structure du sol :** Avant destruction du couvert, la structure du sol est de type Delta biologique dans les différentes placettes. En fin de culture, la zone moins travaillée a plus de signe d'activité biologique que celle témoin ; elle est plus aérée. Dans les deux zones, les mottes sont encore de type Delta biologique, mais dans la zone témoin elles se rapprochent de mottes Delta, tandis que dans la zone test elles se rapprochent de mottes gamma. Cela signale un impact positif sur la structure du sol de la réduction du travail du sol sans compactage, et c'est encourageant.

**Résidus du couvert et fertilisation :** L'ensemble de la fertilisation n'a pas été enfouie. Pour assurer une bonne efficacité de la fertilisation, il vaudra mieux l'enfouir la prochaine fois, d'autant plus que c'est possible avec un travail du sol réduit – en comparaison à du 100% non travail du sol.

La biomasse issue du couvert est élevée (8.5t/ha de matière sèche !). La féverole s'est bien décomposée dans la modalité témoin. Malgré la masse du couvert, on n'observe pas d'explosion de la minéralisation au cours du suivi nitrates. Le suivi nitrates montre que l'enfouissement de la féverole a contribué à la fertilisation de la courge en se minéralisant progressivement. Féverole et apport de fertilisant semblent ainsi complémentaires. La teneur maximale en azote mesurée étant de 95kg/ha, on peut se demander si la culture a reçu suffisamment d'azote pour atteindre son potentiel.

Dans la zone test, la majorité des résidus est restée en surface, une partie ayant été incorporée par l'activité des vers. En fin de culture il ne reste plus que les pailles, à chaînes carbonées plus complexes. La partie plus fermentescible a-t-elle été relarguée dans le sol ou s'est-elle dénitrifiée ? Les teneurs en azote nitriques vont jusqu'à 150 kg/ha : le complément de sang séché aurait dû permettre aux plantes de donner un bon rendement. Cela n'est pas le cas probablement pour les raisons énoncées plus haut.

**Destruction du couvert :** Bien qu'étant en floraison avancée, il a fallu 2-3 roulages pour coucher la féverole. La pose de la bâche d'occultation avec les sacs de lestage a contribué à ce qu'elle ne se relève pas. Le couvert de blé et de féverole n'a pas pu être roulé malgré 2-3 passages de rolo faca au stade épiaison. Il a finalement été gyrobroyé avant d'être enfoui. Le rolo faca n'est pas encore un outil satisfaisant en utilisation seule, et encore moins sur graminée. Associé à une occultation il devient efficace sur féverole, mais comparé à un unique passage de gyrobroyeur il n'est pas intéressant en terme de charge de travail.

## 2- APPORT MASSIF DE BROyat DE DÉCHETS VERTS

### A) Caractéristiques du broyat de déchets verts

Densité	350 kg/m3
C/N	40-60 en hiver (~25 en été)
Matière Sèche	40-65%
N org sur produit brut	0,6%
C org sur produit brut	35%

⇒ Données moyennes issues de 3 analyses.  
 ⇒ Ici, le broyat a été livré en fin d'hiver. Il est donc plus carboné.

### B) Plantations d'été suite à un apport massif de broyat de DV

**Objectif :** Améliorer la fertilité du sol par un apport massif de broyat tout en y cultivant des légumes.

**Hypothèse :** L'apport de broyat de déchets verts doit servir de nourriture à la biologie du sol et protéger le sol avant l'implantation des cultures en été. Les cultures peuvent bien se comporter si elles sont correctement fertilisées.

**Interventions :**

	Parcelle suivie
Taux de MO	2.8%
Précédent	Luzerne de 5 ans (vieillissante)
Date de destruction	Octobre 2018
Mode de destruction	Enfouissement
Apport de broyat	110 t/ha
Date de plantation	Juin et juillet – août 2019

Agribio 13 & Agribio 84 – Caroline BOUVIER d'YVOIRE  
 Action réalisée avec le soutien financier de :  
 ECOPHYTO – Agence pour la Biodiversité

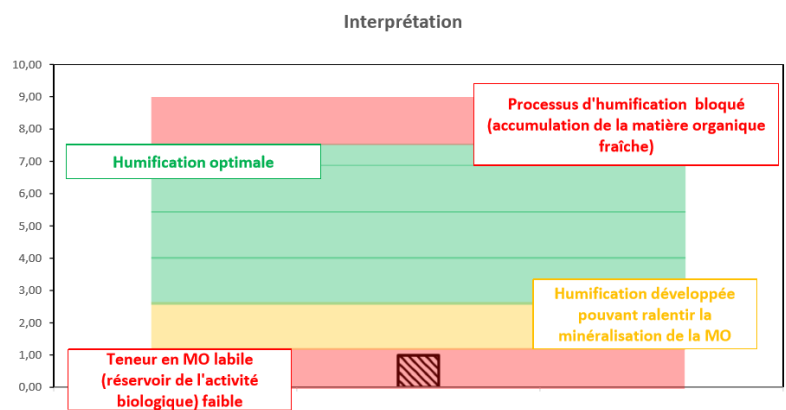


Préparation du sol	Sous-soleuse et rotavator
Fertilisation	2,5 t/ha de tourteau de ricin (~125 UN)
Paillage	Rien
Culture suivante	Cardons et choux



Etat initial : Une parcelle très limoneuse, profonde, avec une bonne fertilité minérale, biologique et physique. Mais avec une zone de battement de la nappe à 80cm, au-delà il y a donc de l'hydromorphie.

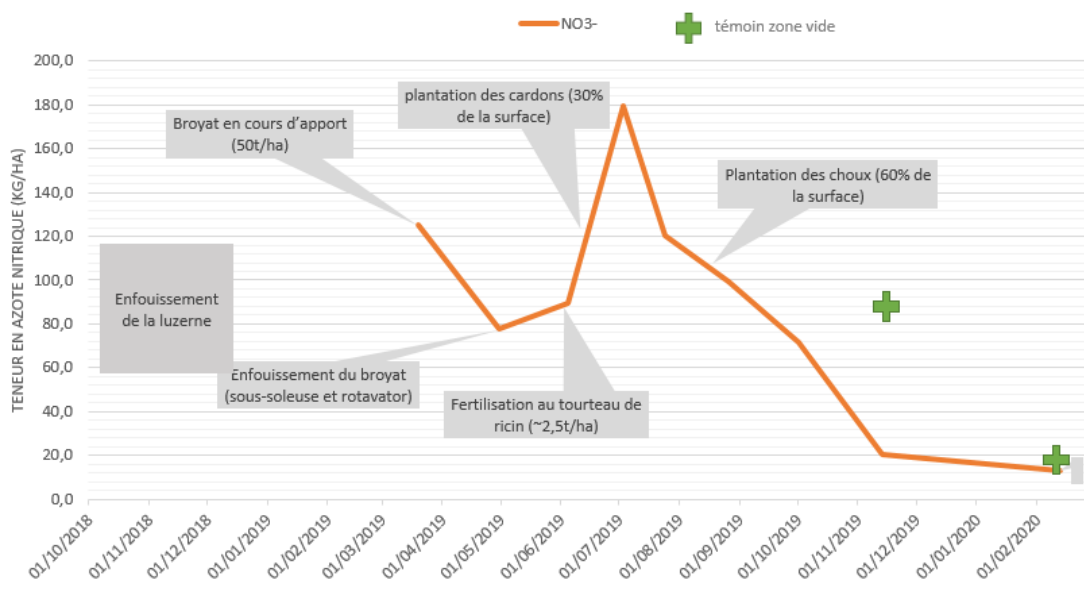
Caractérisation de la matière organique	
Matière Organique Totale (MOT) %	3,05
Matière Organique Labile (MOL) %	0,03
% Matière organique labile (en % MOT)	0,99



Des analyses de terre avec le laboratoire VGTer – MO labile – ont été réalisées le 23/03/2019 (après apport du broyat, mais l'échantillon a été prélevé sous la couche de broyat). Elles signalent une teneur en MO labile très faible. La MO labile est la MO qui peut facilement servir d'énergie à la biomasse microbienne et qui est recherchée en maraîchage car elle permet au sol d'être réactif.

### Suivi de la minéralisation :

#### Suivi de l'azote nitrique NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

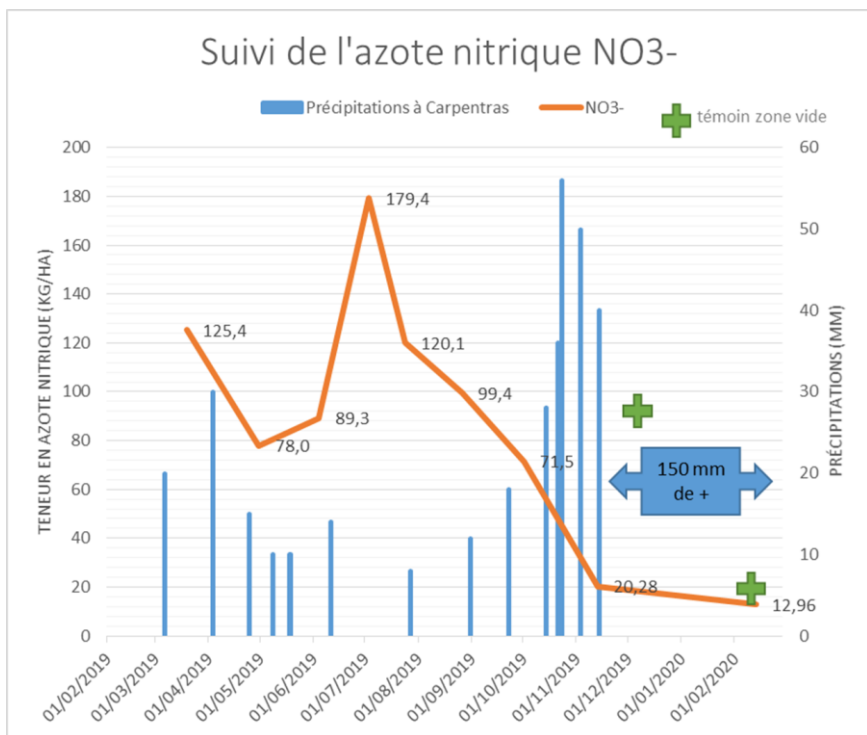


Agribio 13 & Agribio 84 – Caroline BOUVIER d'YVOIRE  
Action réalisée avec le soutien financier de :  
ECOPHYTO – Agence pour la Biodiversité



NB. Pas de t0 avant le retournement de la luzerne. 5-6 mois se sont écoulés entre le retournement de la luzerne et l'apport de broyat et 9-10 mois entre le retournement et l'implantation de cultures. Il est normalement conseillé d'attendre l'implantation des cultures avant de retourner une luzernière, à cause des relargages élevés d'azote dans les mois qui suivent – bien que les arrières effets se fassent sentir sur plusieurs années. On parle de relargages allant jusqu'à 200-300 kg/ha d'azote.

**Nitrites** : Les mesures au Nitratecheck ont toujours révélé des teneurs en nitrites importantes. Les nitrites sont un état intermédiaire de l'azote avant minéralisation des nitrates ; ils sont toxiques pour les plantes. Ils se forment en situation d'anoxie (absence d'oxygène), généralement liée à une asphyxie du sol dû à du tassement. Les nitrites ne restent pas dans des sols qui fonctionnent bien, ainsi leur présence souligne un dysfonctionnement du sol.



**Interprétation du suivi** : On observe un fort relargage d'azote suite au retournement de la luzernière.

La première baisse de la teneur en nitrates peut être due à l'effet combiné des précipitations du mois d'avril (lixiviation de l'azote issu du retournement de la luzerne) et à la mobilisation de l'azote par les bactéries qui ont commencé à dégrader les couches basses du broyat en contact avec le sol.

L'enfouissement du broyat aura largement stimulé la minéralisation de l'azote organique déjà présent dans le sol et issu de la luzerne. Une valeur aussi élevée (presque 180 U) n'est pas souhaitable en cas de précipitations si le sol n'est pas couvert par des cultures qui consomment l'azote. En effet l'azote nitrique est très sensible au lessivage par des pluies, et il faut l'éviter en zone nitrates.

En fin de printemps, hausse importante de la teneur en nitrates. Celle-ci est certainement due à la fertilisation au tourteau de ricin combinée à la hausse des températures qui induit de la minéralisation.

Pour expliquer la baisse en fin d'été on peut avancer deux processus : mobilisation d'une partie de l'azote nitrique pour la dégradation du broyat enfoui et consommation par les cultures de cardons et de choux en place.

En automne, la diminution du taux de nitrates est liée très probablement à son utilisation par les cultures, tandis qu'en hiver on peut l'attribuer aux précipitations.

## Conclusions

**Fertilisation des cultures** : Malgré une forte densité, les choux se sont bien comportés. Les quelques zones d'hétérogénéité pourraient être dues à la répartition hétérogène du broyat dans la parcelle, mais cela n'a pas pu être vérifié. Les choux ayant des besoins en azote estimé à 70-90 U N, leurs besoins ont été largement remplis, voire trop largement. Le cardon étant plus gourmand (120 U N), n'ont pas non plus souffert d'une faim d'azote. Il aurait cependant été intéressant de comparer dès le départ la parcelle cultivée et la parcelle en friche afin d'évaluer la différence liée à l'apport de tourteau de ricin et aux mobilisations des cultures. On aurait pu apprécier le risque de faim d'azote, tandis que là nous constatons simplement qu'il n'y en a pas eu.

**Fertilité du sol** : La MO labile (VGTer) étant faible, il est souhaitable en maraîchage de la rehausser pour avoir une fertilité plus réactive. Cependant le broyat, qui est plutôt un précurseur de MO liée n’y contribue pas. Afin d’augmenter la part de MO labile et l’activité microbienne, il est conseillé d’intégrer des couverts végétaux à base de légumineuses. Un autre indicateurs, les vers de terre, est très positif : en hiver on observe une forte activité lombricienne dans la parcelle.



**Qualité de l’eau** : Afin d’éviter les relargages d’azote dans la nappe, surtout en zone nitrates, il aurait été préférable de retourner la luzernière en sortie d’hiver, ou bien de semer une plante couvre-sol à développement rapide pour capter l’azote et protéger la structure du sol.

**Structure du sol** : L’apport de broyat, dans ce cas ci – càd en sol tassant et sans implantation de couvert végétal – n’a pas permis de protéger le sol correctement. En effet, dans la partie témoin, suite aux précipitations hivernales, on observe une croûte de battance, et dans les cultures, on observe les signes du tassement lié au passage d’engins lourds (épandage du broyat).

**Bilan humique** : En fonction de la méthode de calcul, l’apport de broyat permet d’augmenter la quantité d’humus de 30 à 44 t/ha, c’est-à-dire d’améliorer le taux de matière organique de 0.23 à 0.354% en un an.

### C) Apport de broyat de DV et couvert de légumineuses pendant la mise au repos d’une multichapelle

**Objectif** : Mettre une multichapelle au repos pendant un an dans l’objectif d’améliorer la fertilité du sol (MO et activité biologique).

**Hypothèse** : L’apport de broyat de déchets verts doit servir de nourriture à la biologie du sol et aggrader le stock de MO. Y implanter un couvert végétal de légumineuses devrait en favoriser la décomposition.

#### Interventions :

	Multichapelle
Taux de MO	2.7%
Précédent	Maraîchage diversifié
Apport de broyat	50 t/ha
Couvert végétal	Féverole-vesce
Date de semis du couvert	05/04/2019
Préparation du sol pour le couvert	Enfouissement du broyat sur 15-20 cm
Date de destruction du couvert	Broyage et enfouissage au 01/07/2019
Culture suivante	Epinards et mâches
Date d’implantation des cultures	A partir de la 2 <sup>ème</sup> quinzaine de septembre
Préparation du sol pour les cultures	Au 18/09, sous-soleuse et rotavator
Fertilisation des cultures	Petits apports de Bochevo 333 et d’engrais (30U)

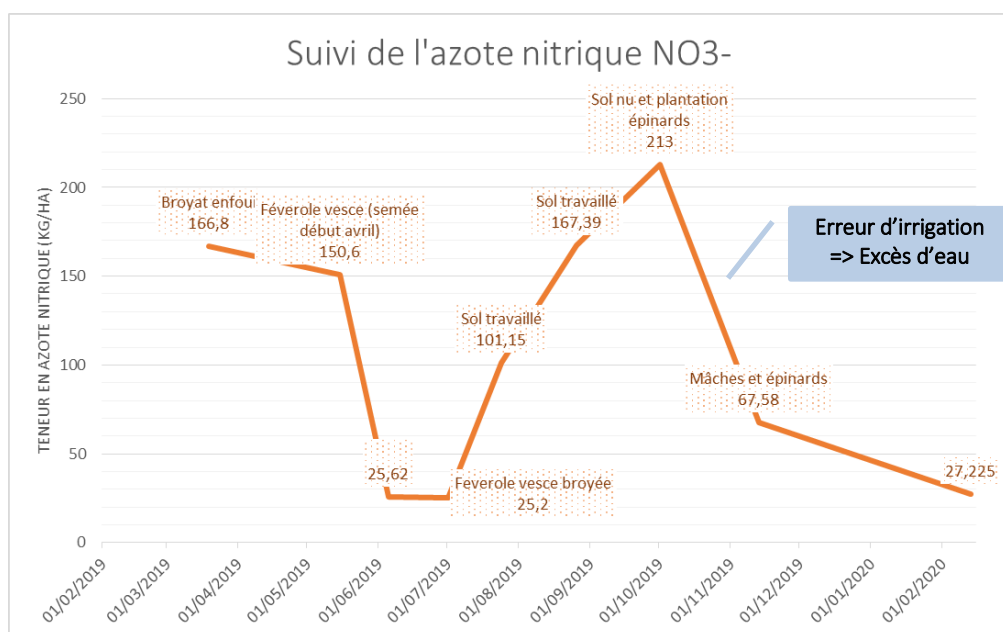
**Etat initial** : Sol sableux assez compacté, ayant connu des enchainements assez intensifs de rotations dans les 10 dernières années. La disposition de la multichapelle nécessite par ailleurs de faire de nombreuses manœuvres au tracteur pour travailler le sol, ce qui induit du tassement.



## Biomasse et restitutions du couvert dans la zone test :

Restitutions	Date de semis	Date de prélèvement	Biomasse fraîche mesurée (t/ha)	MS estimée (t/ha)	Azote piégé total (kg/ha)	Restitutions (kg/ha)		
						N	P2O5	K2O
Féverole (50%) vesce (50%)	05/04/19	10/06/19	18,75	3,25	148	72,5	15	132,5
Adventices			11,45	1,9	63	30	10	75
<b>Féverole vesce &amp; adventices</b>			<b>30,20</b>	<b>5,15</b>	<b>211</b>	<b>102,5</b>	<b>25</b>	<b>207,5</b>

**Suivi de la minéralisation :** NB pas de t0 avant apport du broyat, cependant le premier test azote a été réalisé très rapidement après l'apport du broyat.



Les reliquats sortie d'hiver sont élevés dans la multichapelle. A partir de l'incorporation du broyat, on observe une baisse très nette de la teneur en azote nitrique dans le sol (baisse de 140 U  $\leftrightarrow$  85%) liée à la mobilisation de l'azote pour décomposer le broyat. Celle-ci déclencherait à une faim d'azote sur des cultures ou des couverts. Eviter la faim d'azote a motivé le choix de légumineuses en tant que couvert. Ce choix s'est révélé judicieux, car aucune carence en azote n'a été observée sur le couvert.

Le broyage et l'incorporation du couvert dans le sol a déclenché la minéralisation du couvert – riche en azote (cf. restitutions) – et du sol. A partir de cette date, les teneurs en azote augmentent à nouveau.

Les teneurs en azote étant très élevées pour des légumes feuilles, les apports de fertilisants ont été très limités, car un excès d'azote nitrique dans le sol et les cultures attire généralement les insectes piqueurs-suceurs comme les pucerons, dont le développement peut devenir incontrôlable. Cependant en cours de culture, l'aspersion est restée allumée 2 jours de suite, courant octobre. Le sol étant sableux, et donc avec une faible rétention des éléments minéraux, cela explique la chute des teneurs en azote nitrique au 13 novembre 2019. En conséquent, suite à la première coupe (début novembre), les épinards ont eu du mal à reprendre. Les mâches se sont bien portées.

**Structure du sol :** Malgré l'apport de broyat et l'implantation des légumineuses, la structure de sol ne s'est pas aggradée. Le sol reste peu structuré et tassé. Cela est certainement dû au travail du sol répété au rotavator (enfouissage du couvert et préparation du sol pour les cultures). Une observation au test bêche suite aux cultures d'hiver permettra d'observer la structure du sol un an après pour avoir une vision plus globale.

**Bilan humique :** L'apport de broyat et le couvert de féverole-vesce permettrait d'apporter – selon la méthode – 8.5 à 17.6t/ha d'humus en plus à la parcelle, permettant d'augmenter le taux de matière organique de 0.08 à 0.17%.



### Conclusion

L'apport de broyat de déchets verts combiné à l'implantation d'un couvert de légumineuse semble être une manière efficace de mettre une serre au repos sur une petite durée. L'essai n'a pas pu être conduit à son terme, puis qu'au départ il était prévu de faire suivre la féverole-vesce par un autre couvert allant jusqu'en hiver. L'idée étant de permettre une décomposition optimale du broyat. Cependant après 2,5 mois de féverole et un travail du sol, la teneur en azote du sol a l'air suffisante pour des légumes-feuilles. L'erreur d'irrigation ne permet pas de conclure sur une potentielle faim d'azote en novembre. Dans un autre essai, il faudrait comparer une modalité peu fertilisée et une autre modalité fertilisée normalement pour comparer la réponse des cultures à la décomposition du broyat.

On peut imaginer qu'il est possible d'apporter du broyat (50-100t/ha) sous abri avec une légumineuse pendant 6 mois avant de remettre en culture la parcelle.