Evaluer l'influence des pratiques sur le sol

Les travaux au sein du groupe Dephy Maraîchage

Fiche technique



p ♦ 1-3 **Disponibilité en azote nitrique**

p ♦ 4-6 **Évaluer l'intérêt d'un couvert**

Connaître la disponibilité en azote nitrique

Un suivi mensuel de l'azote nitrique dans les sols est réalisé sur des sols dont les caractéristiques physiques, ainsi que les itinéraires techniques, sont connus. Ces suivis réalisés pour la première fois en 2024 n'ont pas pour objectif premier de permettre le pilotage de la fertilisation, mais bien de comprendre la dynamique de l'azote dans les sols. À ce titre, il convient de revenir sur le contexte scientifique.

L'azote nitrique, facilement assimilé, facilement mesuré

L'azote nitrique (forme nitrates, NO_3^-) est une forme inorganique assimilable par les plantes via la solution du sol. Les nitrates sont facilement mobilisés dans la solution du sol ce qui les rend très facilement lessivables. La seconde forme d'azote inorganique assimilable par la plante est dit « ammoniacal » ou « ammonium », de formule chimique NH_4^+. À l'inverse, le cation NH_4^+ est plus facilement fixé par le sol : il est ainsi moins lixiviable/lessivable mais plus difficile à capter pour les plantes. Son assimilation est donc plus lente, bien que ce soit une forme plus simple : la plante consomme moins d'eau pour l'assimiler par exemple. Lorsque son temps de séjour augmente, l'ammonium est naturellement consommé par les bactéries du sol, qui l'oxydent en nitrates. Ainsi, dans les sols agricoles, on trouve la forme azotée NO_3^- en majorité (environ 90% [3]), captée prioritairement par la plante, avant perte par lessivage.

Or, la mesure de l'azote sous forme nitrates est relativement simple, à l'aide de bandelettes réactives (Nitracheck, Nitratest). Peu onéreuses et rapides à réaliser, ces mesures permettent d'obtenir une information relativement précise sur l'état

de la fourniture en azote inorganique dans les sols. On omet généralement la partie NH_4^+ en raison de sa proportion moindre (environ 10% [2, 3]) et sa disponibilité malheureusement relativement faible pour la plante : celui-ci sera souvent nitrifié (NH_4^+ vers NO_3^-) avant d'être assimilé par les plantes.

Limites de la méthode : flux et réserves

Bien que variable durant l'année et selon les conditions (température, oxygénation, humidié etc.), la minéralisation de l'azote organique se fait en continu, depuis les formes organiques complexes vers la forme nitrique que l'on retrouve en solution.

Il est donc difficile de quantifier le flux de distribution en azote à la plante à partir des simples mesures de nitrates puisque l'on ne peut pas quantifier le **flux** d'azote, c'est-à-dire la dynamique de minéralisation. L'interprétation est ainsi complexe : si la réserve est faible mais la minéralisation très importante ou à l'inverse si la réserve importante mais la dynamique biologique très faible, les conséquences seront très différentes sur la culture.

De la même façon, on ne pourra donc pas connaître la quantité réellement minéralisée durant l'année : seule une partie sera absorbée par la plante, le reste étant lixivié, absorbé par les populations bactériennes … On raisonne donc en **bilan** azoté, à partir des informations globales que l'on connaît. Pour autant, la mesure des nitrates (NO_3^-) à un instant *t* ne renseigne pas non plus sur la quantité d'azote sous la forme cationique (NH_4^+) présente dans la CEC[1], ni sur la réserve d'azote organique c'est à dire à fortiori pas sur l'azote total.

Ainsi, il est essentiel d'appuyer la différence entre plusieurs aspects de cette mesure :



Mesure d'azote nitrique au Nitracheck

- L'information fournie par le reliquat à un instant donné renseigne uniquement la disponibilité immédiate en NO_3^- par exemple pour envisager un apport de **fertilisation** « starter » ou correctif.
- En aucun cas cette mesure ne permet d'interpréter les réserves totales disponibles, ni la « fertilité » d'un sol au sens large.

Cycle de l'azote et pertes dans l'environnement

Minéralisation puis Nitrification

Azote organique — **Urée $(NH_2)_2$** — **Ammonium NH_4^+**

Ammonium NH_4^+ — **Nitrites NO_2** — **Nitrates NO_3^-**

Le processus de nitrification (NH_4^+ en NO_3^-) par les bactéries du sol dure quelques jours à quelques semaines selon les conditions biologiques (humidité, température, oxygénation…). L'azote passe notamment par une forme « nitrites » qui est très rapidement nitrifiée. Lorsque cette étape ne se déroule pas dans de bonnes conditions (mauvaise oxygénation, excès d'eau…) la forme « nitrite » peut s'accumuler,

[1] Capacité d'échange cationique : capacité du sol à stocker des cations



Prélèvement d'échantillon pour suivi de disponibilité en azote nitrique

avec d'éventuelles phytotoxicités, mais surtout un contexte biologique peu favorable. Par ailleurs, à cette étape et selon les conditions, des pertes peuvent avoir lieu par dénitrification des nitrites et nitrates, en oxydes d'azote NO_2, NO_x.
La forme NO_3^- est par ailleurs très facilement lixiviée contrairement à la forme NH_4^+, fixée dans le complexe argilo humique, en tant que cation. Il s'agit donc de limiter les fortes concentrations en nitrates dans les sols si la culture ne peut les capter, afin de limiter à la fois la pollution des eaux de surface et la perte de ressources azotées.

La forme ammonium peut par ailleurs entrer en compétition avec d'autres cations essentiels sur les sites de la CEC (notamment Ca^{2+} et Mg^{2+}).

Intérêt du de suivi NO_3^- pour optimiser les pratiques

Le suivi de la fourniture en nitrates, représentatif de la quantité d'azote inorganique assimilable par les plantes (la forme ammonium étant minoritaire et plus difficilement assimilée), permet donc d'appréhender le fonctionnement biologique de son sol et notamment la dynamique de minéralisation. Étudié au regard des pratiques, de l'état de la culture et des événements météorologiques, un suivi régulier peut permettre d'interpréter l'évolution de la disponibilité dans le temps et donc la capacité du sol à dégrader les matières organiques et amendements. Toutefois, la fréquence des mesures est **un biais important** lorsque le pas de temps est plus long que la vitesse de minéralisation. Par ailleurs, il faudrait idéalement tenir compte d'un « témoin nu » (sans consommation par la culture) et/ou du lien avec le développement ou le calibre de la culture concernée.

Utilisées ponctuellement, ces mesures pourraient également permettre des ajustements en cours de culture[2]. En AB néanmoins, le rattrapage de fertilisation sera complexe, du fait de la nature des apports organiques (naturels et non de synthèse) qui demandent du temps pour être minéralisés.

L'objectif des suivis réalisés dans le cadre de l'accompagnement du groupe Dephy reste cependant la compréhension de la réaction des sols à différentes pratiques, bien plus que le pilotage de la fertilisation à proprement parler.

En savoir +

[1] ***Wikipédia*** *– Assimilation de l'azote*
[2] *Auréa – Minéralisation du carbone et de l'azote*
[3] *Solenn PÉRENNEC et Vianney ESTORGUES* ***Chambre Agri 29****. pp 18-20*
[4] ***Intérêts et limites des différentes formes d'azotes apportées au sol en viticulture****. Guilbault, 2011.*
[5] ***Étude des pratiques de fertilisation azotée en maraîchage biologique****. Delpech, 2018.*
[6] ***Guide de gestion de la fertilisation en maraîchage biologique****. GAB 44, 2018.*

[2] L'utilisation des grilles ZENIT de la SERAIL permettent en effet de comparer la disponibilité immédiate en nitrates à un « idéal », et donc les apports complémentaires à apporter le cas échéant. Des informations à utiliser avec du recul en AB en l'absence d'information sur la concentration en N total.

Évaluer l'intérêt d'un couvert végétal

Les fermes du groupe pratiquent pour la plupart les couverts végétaux : d'hiver ou d'été, en plein champ ou sous abris, avec divers objectifs et contraintes techniques. Il apparaît assez vite intéressant d'évaluer l'intérêt des couverts végétaux au regard des objectifs.

Estimer la biomasse produite et les services agronomiques

Un couvert, qui a mobilisé des éléments minéraux du sol et emmagasiné des sucres par la photosynthèse, est décomposé dans le sol après destruction. Il relargue ainsi progressivement les éléments et l'énergie emmagasinés, et produit des matières organiques humiques. Estimer ces restitutions aussi bien minérales qu'organiques est une donnée importante pour la compréhension des dynamiques de fertilité de son sol : flux d'éléments, de matière organique, d'énergie …
Pour ce faire, des outils permettent d'estimer à partir d'une simple mesure de biomasse aérienne fraîche au champ, l'impact agronomique d'un couvert au moment de sa destruction et cela en seulement 30mn.

La méthode MERCI *(Méthode d'Estimation des Restitution par les Cultures Intermédiaires)*, développée par la Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine en 2010 est un outil facile d'accès, gratuit et rapide. Consolidée par plus de dix années de mesures depuis son lancement, l'outil est accessible en ligne via un formulaire de calcul, basé notamment sur le modèle STICS de l'INRAe.

Support de la fertilité des sols, les matières organiques jouent un rôle essentiel à plusieurs niveaux (chimique, physique, biologique). Caractériser ces couverts par la méthode MERCI permet d'en estimer la composition et donc l'impact sur ces trois axes de la fertilité d'un sol.

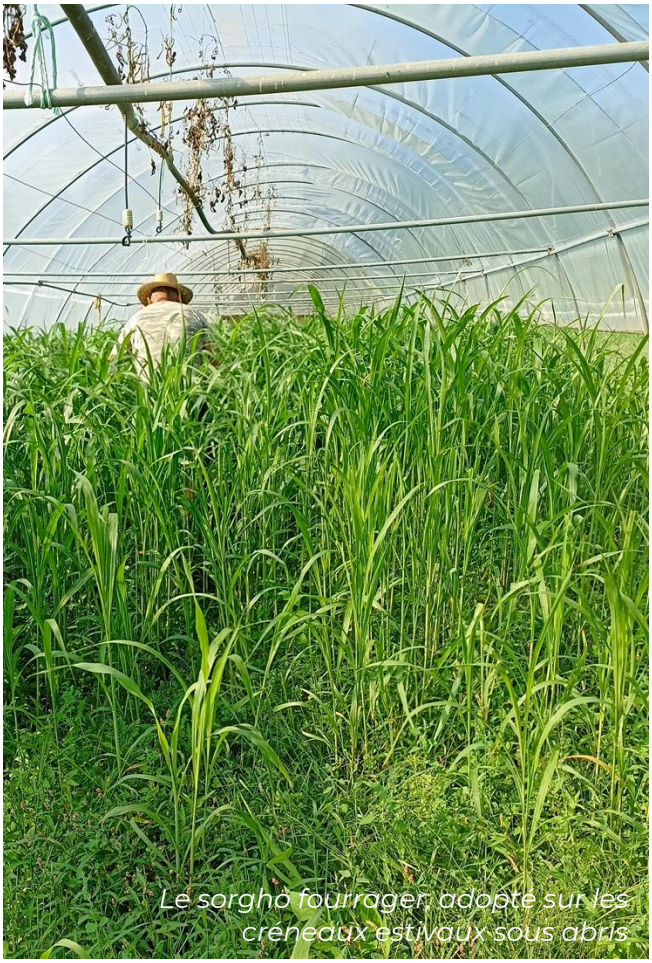


Un couvert de féverole et graminées couché au rouleau faca fin avril

Restitution d'éléments nutritifs

Piégés dans la plante, les éléments minéraux principaux N, P, K (azote, phosphore, potassium) sont relargués progressivement en quelques semaines à quelques mois après la destruction et l'incorporation d'un couvert.

Dans de nombreux cas lorsque le couvert est dense et de « bonne hauteur » (1,5m) les quantités mobilisées s'avèrent rapidement très importantes. Elles peuvent facilement dépasser 200 kg/ha d'azote en fin de cycle. Les éléments captés sont souvent les reliquats après une culture, en particulier pour les semis d'automne. Dans le cas de l'azote, il s'agit de la forme nitrique (NO_3^-) issue de la minéralisation des MO durant la saison de production, qui n'a pas été absorbé par les cultures. Remobilisé dans le cycle, celui-ci est réintroduit dans le sol sous forme organique, pour être minéralisé à nouveau par l'activité biologique (bactéries, champignons).



Le sorgho fourrager, adopté sur les créneaux estivaux sous abris

Toutefois, son temps de séjour dans le sol et donc sa disponibilité à court terme dépend toujours largement de la composition de la biomasse incorporée :

- Les couverts « jeunes », détruits avant floraison sont des **engrais verts**. Leur C/N (rapport carbone-azote) est bas (<10), et le carbone qui les compose est peu stable. Il s'agit de **matières fermentescibles**, composées de sucres simples et peu énergétiques. Ils stimulent intensément les bactéries du sol qui les **dégradent rapidement**, restituant leurs éléments minéraux (N, P, K) en quelques semaines.

- Les couverts « longs », détruits à un stade plus avancé ont un **C/N plus élevé** (>15/20). Ils fournissent au sol un carbone stable, **pourvoyeur d'humus**. Ces matières sont plus ligneuses, ce qui favorise l'incorporation d'énergie dans le système (sucres complexes). Leur **dégradation est plus lente** ce qui induit une plus faible restitution des éléments minéraux, qui s'étale sur plusieurs années.

La méthode MERCI permet ainsi d'estimer assez précisément la dynamique de remise à disposition des éléments par la dégradation des couverts végétaux et engrais verts. Ces valeurs peuvent surprendre tant elles varient. Effectuer l'exercice sur sa ferme permet d'appréhender la réaction d'une culture après un engrais vert, et comprendre l'intensité des flux d'éléments dans le sol (reliquat azoté notamment). Par ailleurs cela permet de raisonner la fertilisation en ayant plus d'éléments en main.

Influence sur la structure et la porosité

Les caractéristiques évoquées des couverts « jeunes » et « ligneux » permettent d'appréhender leur impact sur la structure du sol et la stabilité de sa porosité :

- **Les matières fermentescibles** (engrais verts), par leur effet sur la faune bactérienne, stimulent la production d'agrégats/amas. Ceux-ci sont à l'origine d'une porosité biologique importante par la production de polysaccharides issus de la décomposition des sucres : il s'agit d'une « colle » polymérique qui contribue à la formation des agrégats. Toutefois, cette porosité générée est instable car dépendant

Mesure de la biomasse aérienne

L'estimation de la biomasse aérienne fraîche produite par un couvert peut être réalisée très facilement au champ, par prélèvement d'échantillons.

Il s'agit de sélectionner trois « petites placettes » de superficies égales, en des zones représentatives du couvert en termes de hauteur et de densité*. On y prélève par temps sec les parties aériennes y compris des adventices. Chaque espèce est ensuite pesée séparément pour connaître sa proportion dans la couverture végétale.

Toutefois, la mesure de biomasse fraîche ainsi effectuée, tout comme ses caractéristiques agronomiques varient considérablement selon les espèces présentes, l'implantation, la date de destruction, la densité …

** Il est parfois préconisé de sélectionner une zone « représentative de la moyenne », une zone « plus productive » et une zone « moins productive ».*

de l'activité bactérienne, particulièrement intense lors de l'incorporation de l'engrais vert, mais décroissant rapidement ensuite.

- A l'inverse, **les matières plus ligneuses**, plus longues à assimiler dans le sol, participent à la création d'humus stable, et ainsi d'un complexe argilo-humique. C'est-à-dire un lien chimique entre les composants minéraux du sol et les matières organiques stabilisées. Ce lien participe largement à la structuration durable du sol lorsque le CAH (complexe argilo-humique) est maintenu.

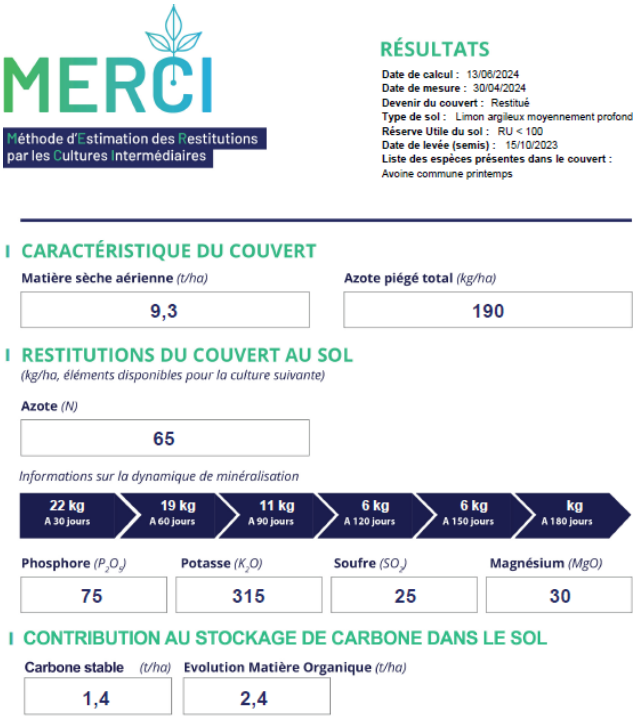
Le choix du couvert ou engrais dépendra des objectifs à court ou moyen terme. Pour appréhender les « performances » physiques du sol et identifier ses besoins, réaliser un **test bêche** est une méthode simple, rapide et efficace. Ce test, déjà abordé au sein du groupe Dephy, a été l'objet d'une fiche technique « ***Fertilité du sol – Diagnostiquer son sol sur le terrain. Bio46, 2022*** »

Impact sur le bilan humique

Leviers de production de biomasse, les couverts végétaux peuvent aussi être un moyen efficace pour agrader/accroître les réserves de matières organiques des sols.

La fourniture en humus stable peut facilement atteindre plusieurs tonnes à l'hectare selon la matière sèche produite, le rapport C/N du couvert, ou encore la part de carbone stable. En combinant celle-ci à la connaissance des amendements de l'année, des pratiques employées et du sol, il est ainsi possible d'évaluer l'évolution de la quantité de MO du sol. Il s'agit de la réalisation d'un bilan humique.

Sans forcément permettre de chiffrer avec précision l'influence des pratiques et des intrants sur les trois axes (chimique, physique et biologique), réaliser son propre bilan humique permet d'en appréhender l'impact sur le sol, à lier aux objectifs et observations sur sa ferme. Afin d'orienter les choix de couverts ou d'engrais verts, il est en effet essentiel d'en identifier les objectifs au préalable, au regard des pratiques et des ressources disponibles.


MERCI
Méthode d'Estimation des Restitutions par les Cultures Intermédiaires

RÉSULTATS
Date de calcul : 13/06/2024
Date de mesure : 30/04/2024
Devenir du couvert : Restitué
Type de sol : Limon argileux moyennement profond
Réserve Utile du sol : RU < 100
Date de levée (semis) : 15/10/2023
Liste des espèces présentes dans le couvert :
Avoine commune printemps

I CARACTÉRISTIQUE DU COUVERT
Matière sèche aérienne (t/ha) : 9,3
Azote piégé total (kg/ha) : 190

I RESTITUTIONS DU COUVERT AU SOL
(kg/ha, éléments disponibles pour la culture suivante)
Azote (N) : 65
Informations sur la dynamique de minéralisation
22 kg à 30 jours | 19 kg à 60 jours | 11 kg à 90 jours | 6 kg à 120 jours | 6 kg à 150 jours | kg à 180 jours
Phosphore (P_2O_5) : 75
Potasse (K_2O) : 315
Soufre (SO_3) : 25
Magnésium (MgO) : 30

I CONTRIBUTION AU STOCKAGE DE CARBONE DANS LE SOL
Carbone stable (t/ha) : 1,4
Evolution Matière Organique (t/ha) : 2,4

En savoir +

[1] ***MERCI*** *– Méthode et formalisme, 2020*
[2] ***MÉTHODE MERCI ACTUALISATION DES RÉFÉRENCES, NOUVELLES FONCTIONNALITÉS****, Sébastien Minette, 2021.*
[3] *Documentation ressource SIMEOS AMG*
[4] ***MERCI*** *- Interprétation des résultats de restitutions en carbone stable*
[5] ***LE BILAN HUMIQUE AMG****. COMIFER-GEMAS, 2011*
[6] ***Redressement du taux de matière organique d'un sol*** *– Bio Ariège-Garonne, 2022*
[7] ***Diagnostic de fertilité (1/2 et 2/2).*** *Bio 46, 2022.*

Rédaction
Youri Paupe, animateur technique Bio 46

Dephy Ferme
Action du plan Ecophyto piloté par les ministères en charge de l'agriculture, de l'écologie, de la santé et de la recherche, avec l'appui technique et financier de l'Office français de la biodiversité.

Bio46 Les Bio du Lot
ÉCOPHYTO DEPHY | RÉDUIRE ET AMÉLIORER L'UTILISATION DES PHYTOS
GOUVERNEMENT Liberté Égalité Fraternité
OFB OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ