

Impact des couverts sur l'activité microbienne des sols : des préconisations délicates, des tendances à confirmer...

Rédacteur : M.LOOS
CA37 – 05/01/21

Ces dernières campagnes, l'impact du changement climatique perturbe fortement la réussite des couverts végétaux, en particulier dans les sols plus argileux, avec une levée de plus en plus délicate. Cependant, l'intérêt agronomique des couverts n'est plus à démontrer sur la fertilité physique (structure sol, porosité, infiltration d'eau...) et chimique du sol (piégeage et minéralisation d'éléments minéraux). L'impact sur la fertilité biologique reste visible à l'œil nu par l'amélioration de l'activité biologique, notamment des vers de terre. Mais il reste peu évalué sur certains critères comme l'évolution du carbone ou de l'ensemble du système vivant représenté par la biomasse microbienne.

A l'heure où le marché du carbone apparaît comme un potentiel marché d'avenir, notamment grâce à certaines pratiques dont la mise en place de couverts végétaux, il paraît important d'appréhender leurs effets sur la vie microbienne du sol.

Des essais sur les couverts végétaux ont été mis en place durant la campagne 2019-2020 dans le cadre du Cap filières grandes cultures, avec différentes espèces de couverts. Sur ces essais, des analyses de fractionnement de MO et des analyses biologiques ont été réalisées avec pour objectifs d'évaluer :

- L'impact des couverts sur l'activité microbienne des sols au travers d'analyses.
- L'impact de mélanges de couverts dits « classiques » et de couverts agronomiques plus adaptés au changement climatique.
- L'influence des couverts sur la gestion de la MO.
- La capacité à faire des préconisations concrètes en termes de gestion des intercultures (choix espèces, gestion de la destruction, etc...)

PRESENTATION DU RESEAU :

Récapitulatif des sites 2020

ORGANISME		CA28	CETA36	CA37	FDGEDA18	CA37	CA41	CA45
LIEU		Villemaury	Nohant en Graçay	INRAe Nouzilly	Chaumont	Montrésor	St Claude de Diray	-
CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES	Type de sol	AL	ALS	L	LSA	LSA	SA	SA
	% argile	34	34	15	14	15	13	13
	pH	8	7,9	7,1	7	7,3	8	7,2
	% MO	2,7	2,5	2,5	2	2,1	2,6	1,8
	N orga (g/kg)	1,68	1,75	1,51	1,33	1,32	1,35	1,15
	C orga (g/kg)	15,7	16,6	14,5	11,8	12	14,8	10,5
	C/N	9,3	9,5	9,6	8,9	9,1	11	9,1
MO LIBRE	%	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5	0,4
	% MO	0,13	0,12	0,16	0,14	0,12	0,18	0,23
	C/N	17	13,4	14,5	8,8	9,4	10,9	7,6
MO LIEE	%	2,3	2,5	2,1	1,8	1,8	2,1	1,4
	% MO	0,87	0,88	0,84	0,86	0,88	0,82	0,77
	C/N	8,7	9,1	9	8	9	11	9,7
BIOMASSE MICROBIENNE	C (mg/kg)	0,651	0,35	0,404	0,331	0,286	0,09	0,264
	% C	4,2	2,1	2,8	2,8	2,4	0,6	2,5
INDICES DE MINERALISATION	Im C	4,5	2,4	2,7	4	2,3	1,5	4,5
	C min (mg/kg)	703,1	401,3	391,9	470,6	271,9	223,1	476,3
	Cm/BM	38,6	40,9	34,7	50,8	34	88,9	64,5
	Im N	4,5	0,7	0,9	2,6	0,9	1,6	1,2
	N min (mg/kg)	32,2	12,8	14,9	34,6	12,5	21,7	13,4
	N annuel (kg/ha)	120,8	46	55,4	143	48,9	92,8	57,3

PRESENTATION DES MODALITES ANALYSEES :

Les analyses ont été effectuées sur 4 modalités différentes des essais couverts :

- Témoin : zone sans couvert
- Modalité 1 (M1) - mélange simple (2 espèces) : moutarde 3 kg + trèfle d'alexandrie 4kg
- Modalité 2 (M2) - mélange chargée en légumineuses : avoine brésilienne 20 kg + légumineuses (féverole 70 kg ou lentille 20 kg ou vesce 20 kg)
- Modalité 3 (M3) - mélange complexe (5 espèces) : avoine 5 kg + phacélie 2 kg + lin 3 kg + fenugrec 4 kg + radis 1 kg + vesce commune 11 kg

ORGANISME	CA28	CETA36	CA37	FDGEDA18	CA37	CA41	CA45	
LIEU	Villemaury	Nohant en Graçay	INRAe Nouzilly	Chaumont	Montrésor	St Claude de Diray	-	
DATE DE SEMIS	05/08/19	23/09/19	30/07/19	25/07/19	30/07/19	23/08/19	08/08/19	
IRRIGATION	oui	non	non	non	non	oui	oui	
DATE D'ANALYSE	24/02/20	04/03/20	05/02/20	22/01/20	12/02/20	09/04/20	29/01/20	
PLUIE SEMIS - ANALYSE	290 mm	261 mm	468 mm	130 mm	546 mm	564 mm	238 mm	
BIOMASSES (T MS/ha)	M1	3,3	-	1,5	0,668	1,2	1,8	2,3
	M2	3,8	-	1,75	1,63	1,8	2	1,7
	M3	2,8	-	2	1,04	1,8	-	1,9

⇒ Les biomasses des couverts sont assez hétérogènes en fonction de la date de levée, en lien avec la pluviométrie et le type de sol. Les essais de la CA28, de la CA41 et de la CA45 ont été irrigués après le semis pour assurer la levée. L'essai du CETA36 a été pâturé par des moutons en fin d'automne et en sortie d'hiver, impliquant une destruction complète des couverts. L'essai de la FDGEDA 18 comporte une forte proportion de repousses de céréales dans la biomasse des couverts, en lien avec les conditions climatiques estivales très sèches.

COMPREHENSION DES ANALYSES ET HYPOTHESES DES EFFETS DES COUVERTS

Pour mieux caractériser les différents paramètres analysés, il est important de comprendre leurs rôles et leurs significations, tout en mettant en parallèle les effets attendus sur ces différents paramètres. La fertilité biologique d'un seul peut être comparée à un « moteur » :

1. Caractérisation de la MO : c'est le carburant nécessaire au fonctionnement du moteur

- Types de M.O :
 - o M.O. libre : M.O. jeune et active (<15 ans) qui intervient sur la nutrition des plantes et la stabilisation des sols à court terme.
 - o M.O. liée : M.O. ancienne et stable ou humifiée (>50 ans) qui intervient sur les propriétés structurantes et stabilisantes des sols à long terme.
- Répartition et teneur des différents types de M.O. : elle varie selon la texture du sol, le système de culture et le mode de gestion du sol
- C/N des M.O : il informe sur la qualité de la M.O. et son état de digestion

⇒ **Il n'y a pas d'effet attendu par les couverts sur ces paramètres de l'analyse biologique. Les variations sont faites sur le long terme par l'état du stock organique du sol, notamment grâce aux matières végétales comme la paille ou la cellulose, et aux matières organiques (composts, produits ligneux...). Ces éléments ont été mesurés dans chaque site d'essai pour la caractérisation générale de la parcelle, mais ils n'ont pas été mesurés entre les différentes modalités de couverts végétaux.**

2. Caractérisation de la biomasse microbienne : c'est le moteur du sol qui mesure la quantité de vie dans le sol (« est-ce que mon sol est vivant »)

- En mg C/kg de terre : représente la quantité de microbes ou de C vivant

- En % du C organique du sol (BM/C) : représente la capacité du sol à « produire de la vie », également appelé rendement microbien.

⇒ **Les couverts peuvent avoir un effet sur ces paramètres de l'analyse biologiques, notamment sur la quantité de carbone microbien. Cependant, la capacité du sol à « générer du vivant » peut se voir sur un pas de temps allant de quelques mois à plusieurs années.** Ces éléments ont donc été mesurés entre les différentes modalités de couverts végétaux, mais il se peut qu'ils ne varient pas par rapport au témoin de la parcelle, compte tenu des dates de levées tardives ou des biomasses hétérogènes des couverts. **L'intervalle entre la présence des couverts et la date d'analyse (4 à 6 mois) peut ne pas être assez long pour voir des différences, surtout lorsque l'analyse intervient sur des couverts non détruits.**

3. Caractérisation de l'activité microbienne : c'est la transmission nécessaire au bon fonctionnement du moteur. Elle correspond à l'énergie nécessaire pour assurer que le sol soit vivant, en mesurant la quantité de carbone et d'azote potentiellement minéralisable.

- C minéralisable en 28j (Cmin) : représente la quantité de C qui sera très rapidement consommée par les micro-organismes (avec l'indice de minéralisation)
- N minéralisable en 28j (Nmin) : représente la quantité d'azote minérale potentiellement disponible pour les plantes dans une situation de terrain d'environ 4 mois

⇒ **Les couverts peuvent avoir un effet significatif sur les paramètres microbiens de l'activité biologique du sol.** Différents paramètres peuvent être pris en compte pour comprendre la variation de ces différents paramètres, comme la biomasse des couverts ou leur composition (légumineuses ou espèces plus carbonées), mais aussi la date et le mode de destruction. Ces éléments ont donc été mesurés entre les différentes modalités de couverts végétaux.

RESULTATS : COMPARAISON DES VARIATIONS DES PARAMETRES DE L'ANALYSE



Afin d'appréhender de la meilleure façon possible les résultats des différentes analyses, plusieurs éléments sont à prendre en compte :

- Chaque parcelle est caractérisée et différenciée par sa gamme texturale (sol lourd ou argileux, sol léger ou sableux, sol intermédiaire ou limoneux) et par sa teneur en MO (supérieure ou égale à 2%).
- Chaque paramètre de l'analyse comporte des incertitudes au niveau des résultats et des méthodes de l'analyse, qui varient entre 10% et plus de 20% selon les paramètres.
- Les mesures ont été faites sans répétition, et sans analyse statistique.

⇒ **Compte tenu de ces éléments, il sera donc impossible de démontrer des différences ou des conclusions significatives, mais de démontrer uniquement les tendances que peuvent avoir les couverts sur les paramètres biologiques du sol.**

1. ANALYSE DE LA BIOMASSE MICROBIENNE :

BIOMASSE MICROBIENNE		CA28	CETA36	CA37	FDGEDA18	CA37	CA41	CA45
TEXTURE		ARGILEUSE		LIMONEUSE			SABLEUSE	
TYPE DE SOL		AL	ALS	L	LSA	LSA	SA	SA
TENEUR EN ARGILE		34	34	15	14	15	13	13
TENEUR EN MO		2,7	2,5	2,5	2	2,1	2,6	1,8
Carbone microbien (mg/kg)	Témoin	651	350	404	331	286	90	264
	M1	533	404	337	351	207	169	234
	M2	498	289	339	322	309	157	209
	M3	569	369	344	343	326	-	269
Rendement microbien (BM/C)	Témoin	4,2	2,1	2,8	2,8	2,4	0,6	2,5
	M1	3,5	2,5	2,2	3	2,2	1,2	2,2
	M2	2,8	1,8	2,2	2,6	2,4	1,1	2,3
	M3	3,2	2,1	2,1	2,9	2,8	-	2,5

Pour interpréter la biomasse microbienne, il faut tenir compte de la teneur en argile et en MO. Plus la gamme texturale sera riche en argile, plus le taux de MO peut être potentiellement plus élevé, et plus le sol a de capacité à « être vivant ». Dans les différents sites d'essai, on peut retrouver les 3 gammes texturales avec des teneurs en MO plus ou moins en adéquation. Le site de la CA41 pourrait être classé à part avec une teneur en MO relativement forte pour un sol sableux.

Si l'on regarde les valeurs de carbone microbien entre les modalités, le pourcentage d'incertitude liée à la mesure de ce paramètre est de 10%.

- Il y a des sites où le niveau de biomasse microbienne ne paraît pas normal : CETA36 compte tenu de la teneur en argile du sol, et CA41 compte tenu de la teneur en MO élevée pour un sol sableux.
- Il y a des sites d'essais où la biomasse microbienne ne varie pas de manière importante selon les modalités de couverts (CA 37 INRAe, CA45 et FDGEDA du Cher)
- Il y a des sites où la teneur en carbone microbien varie rapidement entre les modalités de couverts (CA41, CETA36, CA28, et CA37 Montrésor), avec des effets négatifs et positifs entre les modalités

⇒ Pour comprendre ces variations, il faut regarder en détail chaque site d'essai et se pencher sur différents paramètres : la biomasse des couverts, la teneur en carbone du couvert ou sa méthode de destruction en lien avec la minéralisation de l'azote ou son immobilisation, des hypothèses de fonctionnement du sol ralenti par un défaut de structure éventuel...

⇒ Seul le site de la CA41 montre un effet positif des couverts végétaux sur la vie du sol par rapport au témoin qui tend à être significatif. Cependant, les valeurs basses peuvent cacher un problème de structure, qui doit être vérifié pour compléter les interprétations de l'analyse.

⇒ **La biomasse microbienne peut donc varier au cours d'un temps assez court de présence des couverts, mais sa variation est traduite par l'effet de la gestion des couverts à plus ou moins favoriser la vie microbienne, notamment au regard du rendement microbien.**

Si l'on regarde le rendement microbien (rapport BM/C), le pourcentage d'incertitude lié à la mesure de ce paramètre est de l'ordre de 20%.

⇒ **Les couverts jouent donc un rôle difficilement exploitable et significatif sur ce paramètre : un an, c'est trop court pour voir évoluer ce paramètre.** Au regard des variations sur le site de la CA41, le niveau d'incertitude peut tout de même les rendre significatives, tout comme la biomasse microbienne, mais pas sur les autres sites d'essais.

2. ANALYSE DE L'ACTIVITE MICROBIENNE :

ACTIVITE MICROBIENNE		CA28	CETA36	CA37	FDGEDA18	CA37	CA41	CA45
TEXTURE		ARGILEUSE		LIMONEUSE			SABLEUSE	
TYPE DE SOL		AL	ALS	L	LSA	LSA	SA	SA
TENEUR EN ARGILE		34	34	15	14	15	13	13
TENEUR EN MO		2,7	2,5	2,5	2	2,1	2,6	1,8
Carbone minéralisable (mg/kg)	Témoin	703,1	401,3	391,9	470,6	271,9	223,1	476,3
	M1	571,9	322,5	441	523,1	346,9	298,1	213,8
	M2	519,4	371,3	470,6	455,6	500	215,6	273,8
	M3	538,1	453,8	470	463	313,1	-	465
Azote minéralisable (mg/kg)	Témoin	32,2	12,8	14,9	34,6	12,5	21,7	13,4
	M1	34,6	10,5	5,1	39,9	11,5	25,9	11
	M2	31,9	16,7	-2,2	37,9	12,4	19,2	-1,8
	M3	30,6	6,1	7,3	38,7	11,4	-	-0,2

L'interprétation des éléments permettant de caractériser l'activité microbienne (carbone facilement minéralisable et azote) peut, en théorie, se relier avec la production et la composition des couverts : biomasse, composition plus ou moins carbonée des espèces et la présence de légumineuses. Il faut donc s'intéresser à chaque situation de chaque site d'essai, tout en prenant en compte le pourcentage d'incertitude liée à la mesure (10% pour les paramètres biomasses des couverts, minéralisation du carbone et de l'azote).

Si l'on regarde la quantité de carbone facilement minéralisable entre les sites d'essai :

- Les variations entre le témoin sol nu et les différentes modalités de couverts ne semblent pas varier significativement pour :
 - o FDGEDA 18 (faible biomasse des couverts face aux repousses).
 - o CA37 INRAe (faible différence de biomasse entre les couverts et une teneur en MO de départ plutôt bonne).
 - o CETA36 (très faible présence de couverts avec la levée tardive et le pâturage des moutons).
 - Les variations entre le témoin sol nu et les différentes modalités de couverts varient de manière plus significatives pour :
 - o CA28 de manière négative par une chute des quantités de MO facilement minéralisable avec des couverts à forte biomasse, tout comme la CA45 sauf pour la modalité 3.
 - o CA 37 Montrésor de manière positive avec une augmentation des quantités de MO facilement minéralisable sauf pour la modalité 3.
- ⇒ Mise à part sur le site du CETA36, tous les prélèvements ont été faits sur des couverts qui n'ont pas été détruits. Cependant, la faible biomasse des couverts de ce site d'essai ne fait pas varier la quantité de carbone minéralisable. **Il aurait plutôt fallu réaliser ces prélèvements 2 à 3 mois après la destruction des couverts pour voir un effet sur l'activité microbienne. Dans une des modalités hors protocoles communs de l'essai CA37 INRAe, un apport de 40m³ de lisier de porcs en octobre sur les couverts a permis une augmentation significative de la quantité de carbone minéralisable par rapport au témoin, avec un intervalle de temps de plus de 4 mois entre l'apport organique et le prélèvement de l'analyse.**
- ⇒ Les variations dans certains sites d'essais peuvent être contradictoires pour une même modalité de couverts, mais avec des biomasses ou des compositions différentes. Cependant, à part pour le site de la CA28, les modalités 3 avec un mélange de différentes espèces permettant d'homogénéiser les compositions carbonées semble peu varier avec le témoin. Les modalités avec une espèce dominante (avoine, moutarde ou légumineuses) pourraient expliquer des variations plus significatives, en fonction des caractéristiques de sol du site d'essai.

Si l'on regarde la quantité d'azote minéralisable entre les sites d'essai, les variations devraient suivre le même raisonnement que pour la minéralisation du carbone, en fonction de la gestion du couvert :

- On peut supposer des faims d'azote si les biomasses microbiennes sont faibles sur les témoins sols nus et sur des couverts à forte biomasse, en fonction de la présence ou non de légumineuses ou d'espèces carbonées.
 - On peut supposer un pic de minéralisation en présence de légumineuses avec une forte production de couverts.
 - En fonction du mode et de la date de destruction des couverts (broyage, destruction mécanique...), on peut avoir une évolution plus ou moins rapide de la minéralisation.
- ⇒ Les variations dans certains sites d'essais peuvent être contradictoires pour une même modalité de couverts, tout comme le montre la minéralisation du carbone, sans que les couverts aient été détruits avant les analyses :
- Baisse plus ou moins significative de la quantité d'azote minéralisée pouvant s'expliquer par une immobilisation de l'azote en fonction du type de couvert, principalement avec l'avoine.
 - Deux modalités hors protocoles communs (broyage à l'automne) ont été mises en place sur les deux sites de la CA37. Les analyses microbiennes effectuées sur ces deux modalités, 3 à 4 mois après le broyage, montrent une baisse significative de la minéralisation de l'azote, renforçant la théorie de son immobilisation en fonction de la méthode et de la période de destruction.

L'ensemble de ces résultats ne permettent pas de mettre en évidence des conclusions fiables et significatives de l'impact des couverts végétaux sur la vie microbienne du sol :

- Les parcelles d'essais ont des caractéristiques texturales et des profils de fertilité biologique très différents, cela mérite donc une analyse à la parcelle.
- Chaque paramètre de l'analyse comporte des incertitudes au niveau des résultats et des méthodes de l'analyse, qui varient entre 10% et plus de 20% selon les paramètres.
- Les mesures ont été faites sans répétition et sans analyse statistique, dans des conditions de non destruction des couverts. C'est la variabilité du prélèvement qui est plutôt mise en évidence, en lien avec les résidus du précédent et les racines/radicelles du couvert qui sera plus ou moins incorporés dans l'échantillon.
- Il faudrait détruire les couverts et mesurer l'activité microbienne dans les 2 à 3 mois qui suivent pour avoir un optimum de recyclage/réorganisation dans la biomasse microbienne, afin de confirmer ou non les tendances qui se dégagent dans quelques sites d'essai.

Il est donc très difficile de pouvoir tirer des préconisations générales sur le choix et la gestion des couverts végétaux pour agir sur la vie biologique des sols : ces paramètres doivent être adaptés aux pratiques historiques et actuelles des systèmes culture de chaque parcelle.



Avec le soutien financier de la Région Centre Val de Loire :

Essais mis en place par :



Remerciements pour les descriptions des analyses :

- Xavier SALDUCCI (laboratoire CELESTALAB)
- Christian BARNEAUD (CRA Bourgogne Franche-Comté)
- Thibault DEBAILLIEUL