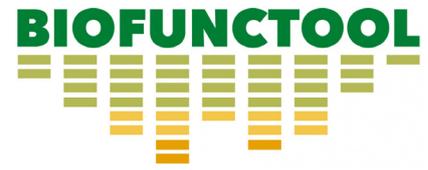


Mesure de la santé des sols

BIOFUNCTOOL © :

test dans 3 sites expérimentaux en Grand Est



Principes

- Mesurer plusieurs fonctions des sols
- Privilégier les mesures au champ
- Protocoles peu onéreux
- Production rapide des résultats (24h)
- Caractéristiques dynamiques
- Comparaison de modalités
- Mesures avec répétitions

Concept créé par : Alexis Thoumazeau et Alain Brauman (Thoumazeau et al. 2019a,b.Ecol.Ind)



La méthode Biofunctool© a été conçue par l'IRD et le CIRAD pour obtenir au champ, dans un délai court et à peu de frais des mesures de santé des sols. La CRAGE a testé la faisabilité de cette méthode sur 3 plateformes expérimentales : l'ALPA à Haroué (54), Terralab à Betheny (51) et Sefersol à Wintzenheim (68). A chaque site, les protocoles ont été répliqués 3 fois dans chaque modalité.

Ce document présente les résultats des tests de cette méthode et non des résultats sur les systèmes des expérimentations. Les résultats de chaque site sont présentés sur une fiche recto-verso, d'abord sous forme synthétique d'indice de santé des sols (SHI) puis sous forme détaillée avec un graphique par protocole. Le SHI est une note globale calculée à partir des résultats obtenus avec chacun des protocoles et regroupés par fonction «maintien de la structure» et «cycle du Carbone».

Pour tous les indicateurs sauf le test bêche, plus les valeurs sont élevées mieux c'est. Pour le test bêche, plus la valeur est basse, mieux c'est.

CYCLE DU CARBONE

Carbone labile (POXC)



Extraction chimique du Carbone labile

Respiration 24h (SituResp)



Minéralisation du Carbone organique mesurée par la quantité de CO2 émise par le sol en 24h

Taux de consommation d'un substrat (lamina bait)



Évaluation de l'activité de la mésofaune par le taux de consommation d'un substrat cellulosique ; incubation au champ

RECYCLAGE DES NUTRIMENTS

Minéralisation in situ (membranes échangeuses d'ions) Teneur en N minéral



Capture des ions NO3- et NH4+ produits par le sol pendant une période d'incubation et reliquats azotés; résultats non présentés

MAINTIEN DE LA STRUCTURE

Test bêche



Évaluation visuelle de l'état structurale des 25 premiers cm de sol

Vitesse d'infiltration



Mesure de la vitesse d'infiltration d'un volume d'eau connu

Test de stabilité des agrégats



Mesure de la désagrégation dans l'eau de petits agrégats (8mm)

Bilan technique et économique de l'utilisation de Biofunctool

Les 8 protocoles ont été testés sur les 3 sites expérimentaux et ont montré des différences entre les modalités. La méthode a permis d'évaluer les systèmes sans rentrer dans le détail du fonctionnement du sol. Les trois répétitions ont permis de se rendre compte de la variabilité des parcelles et de limiter les erreurs d'interprétation liées à cette variabilité.

Les protocoles test bêche, POXC et respiration ont pu être réalisés dans toutes les situations. L'infiltration et les languettes ont été plus difficiles en sols caillouteux et/ou secs. Le test de désagrégation a été compliqué en sol sableux.

- A Terralab, l'incubation ayant été très longue en 2021, probablement à cause de la température du sol, les dates de réalisation de 2022 ont été retardées, mais ont été aussi très longues probablement en raison de l'état de sécheresse, et le matériel laissé sur le terrain (languettes et membranes) a été endommagé par des animaux.
- A Sefersol, l'incubation en 2021 a été très courte; elle a été un peu avancée en 2022, mais était contrainte par les périodes de plantation.
- A Haroué, les incubations en 2021 et 2022 ont duré 1 mois.

Les mesures d'humidité et de Densité Apparente ont été réalisées en même temps que les protocoles ne nécessitant pas d'incubation : en début d'incubation en 2021 et en fin d'incubation en 2022.

Les 2 protocoles portant sur l'azote ont été abandonnés car leur mesure était chronophage et incompatible avec la période de mesure (fertilisation azotée différente selon les modalités). En 2022, ces protocoles ont été réalisés sur des parcelles sans fertilisation azotée sur le site de Terralab (Luzerne, Friche et témoin 0 azote). Les quantités d'azote dans les solutions étaient alors en dessous des seuils de quantification.

La méthode sera reconduite sur au moins 2 des 3 sites expérimentaux.



Temps passé :

- Formation du manipulateur principal : 3 jours
- Quand tout le matériel est prêt ,1 jour sur le terrain à 4 personnes ou 2 personnes sur 2 jours pour 3 parcelles proches et 8 indicateurs avec 3 répétitions.

Dans le contexte de ce test, l'acquisition, la préparation du matériel, et le traitement des résultats des 3 modalités sur les 3 sites expérimentaux a duré 20 à 30 jours.



Coût :

- 5000€ TTC d'acquisition du matériel en 2021 et 200€TTC de consommables et d'analyses pour 7 mesures sur 1 parcelle avec 3 répétitions. Certains consommables sont réutilisables.
- Depuis ce test, les protocoles de mesure du recyclage des nutriments ont été améliorés.



Matériel utilisé :

- Petit matériel acquis en propre
- Réactifs et autres matériels mis à disposition par un laboratoire de recherche
- Si l'on ne veut pas passer trop de temps, il est préférable de disposer d'un kit. Si l'on veut faire soi-même, il est préférable de s'appuyer sur un laboratoire pour faciliter la préparation et l'utilisation des réactifs et l'élimination des déchets toxiques.

Compte tenu des résultats obtenus et du bilan technique et économique, voici quelques conseils d'utilisation de la méthode Biofunctool© :

- Toujours se placer en comparaison de situations (systèmes, historiques, pratiques, sol...) et si possible reconduire les mesures pendant plusieurs années ou sur plusieurs saisons ;
- Anticiper le temps de préparation et prévoir plusieurs personnes sur le terrain. La méthode peut être utilisée en animation ou sensibilisation avec des groupes de participants. La mise à disposition d'un kit permet de se concentrer sur la phase de terrain et réduit le temps consacré aux mesures ;
- Déployer autant de protocoles que possible, mais selon les contraintes pédoclimatiques, il est possible de sélectionner les protocoles selon les contraintes pédoclimatiques : période de réalisation, état d'humidité/dessiccation du sol, teneur en éléments grossiers... ;
- Ajouter si possible une mesure de la température ;
- Le protocole de mesure de la dynamique de l'azote par la pose de membranes dans le sol est très long et ne peut être réalisé pendant la période d'apports.

Pour plus d'informations, contactez votre conseiller sol local :

Contact Chambre d'agriculture Grand Est :

Sophie Maillant, sophie.maillant@grandest.chambagri.fr - 06 29 27 26 32



SITE EXPÉRIMENTAL DE L'ALPA Haroué (54)



Présentation du site



Haroué (54) sur une parcelle de l'ALPA
Grandes cultures



Argilo-calcaire moyennement profond

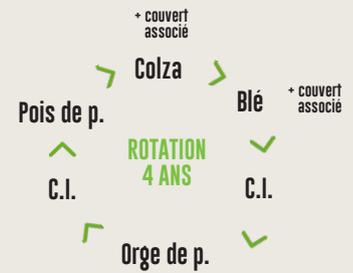
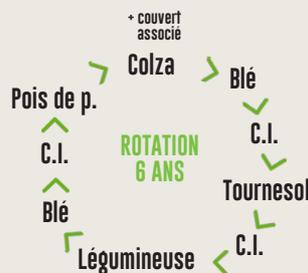
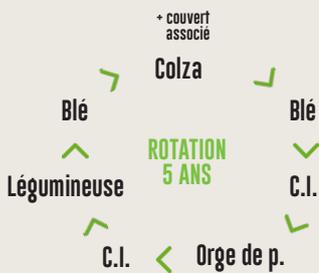


Essai « systèmes » de 2018 à 2024 du Programme Xpé-GE inscrit dans un projet Déphy expé



Évaluer les performances de systèmes de cultures en très forte réduction d'utilisation de produits phytosanitaires dans les contextes de grandes cultures et de polyculture-élevage de la région Grand Est

Protection Intégrée des Cultures (système de référence)	Zéro phyto, avec engrais minéraux	Agriculture de conservation sans glyphosate
Désherbage mécanique, labour/TCS, réduction de doses, rotation avec 2 cultures de printemps	Désherbage mécanique, labour/TCS rotation avec 3 cultures printemps/été	SD et travail superficiel, couverture maximale du sol, rotation avec 2 cultures de printemps

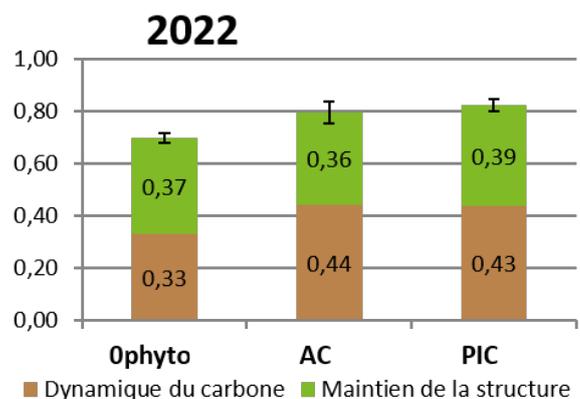
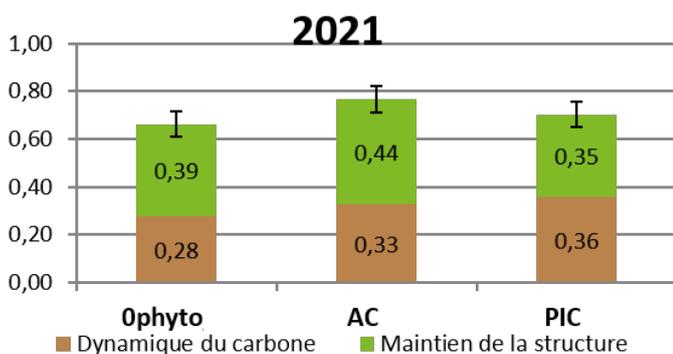


Plus d'informations sur : <https://ecophytopic.fr/dephy/concevoir-son-systeme/projet-xpe-ge>

Contexte des mesures Biofunctool

- Blé précédent colza
- Dates de mesures : du 29/03/2021 au 22/04/2021 ; du 5/04/2022 au 26/04/2022

Résultats synthétiques : indice de santé du sol (SHI)



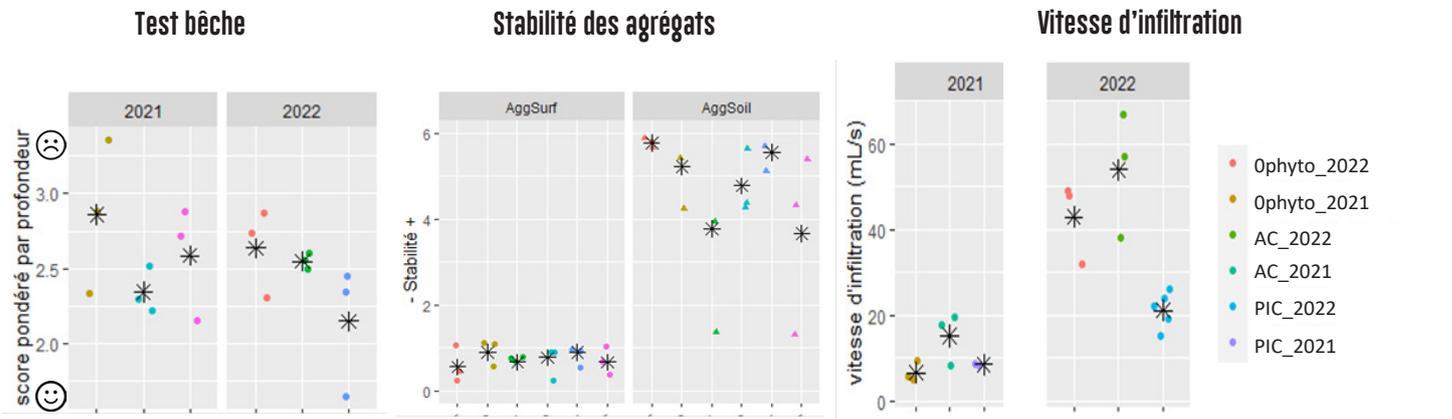
Biofunctool a mis en évidence des différences de résultats entre les modalités sur les 2 fonctions cycle du carbone et maintien de la structure. Les résultats de **2022 sont plus fiables** que ceux de 2021 (plus faible variabilité). La différence de notes entre 2021 et 2022 est peut être liée aux conditions climatiques. Certains protocoles de Biofunctool ont été difficiles à réaliser du fait de la pierrosité et/ou de l'état de sécheresse du sol : Bait Lamina et infiltration. Une mesure supplémentaire est prévue avant la fin du programme pour confirmer ces résultats.

Fonction « cycle du carbone »



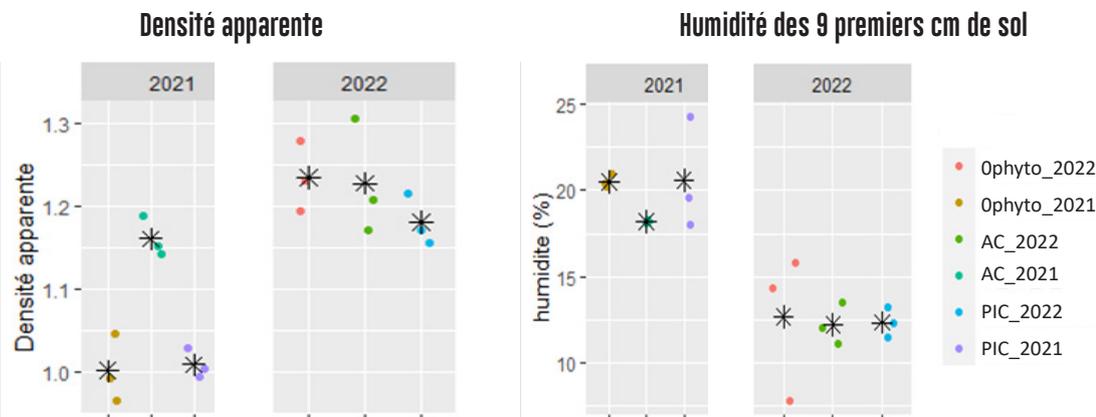
POXC et Situ Resp : variabilité plus faible en 2022 liée à maîtrise du protocole ;
POXC : mêmes gammes de valeur les 2 années ; AC variable ;
SituResp : variabilité forte en 2021 (problèmes de mesure). en 2022 , différences significatives ;
Bait lamina : meilleur résultat en 2022 qu'en 2021, peut être lié à la période, plus propice aux organismes.

Fonction « maintien de la structure »



Test bêche : forte variabilité, pas de différence en 2021 ;
Stabilité des agrégats : stabilité faible en surface, plus variable en profondeur ;
Infiltration : meilleure en 2021 qu'en 2022, variabilité plus élevée en 2022.

Caractéristiques globales



Ne pas comparer les mesures car faites à des moments différents : début incubation en 2021 et fin incubation en 2022

Da et humidités très différentes d'une année à l'autre : en 2021, Da et humidité ont été mesurées au début de la période d'incubation, le 29 mars, alors qu'en 2022, Da et humidité ont été mesurées en fin d'incubation, le 29 avril 2022. Ce décalage peut expliquer les écarts d'humidité entre les 2 années.

Pour plus d'informations, contactez votre conseiller sol local :

Contact Chambre d'agriculture Grand Est :
 Clément Munier, clement.munier@grandest.chambagri.fr - 06 26 09 82 72



SITE EXPÉRIMENTAL DE SEFERSOL Wintzenheim (68)



Présentation du site



Wintzenheim (68)
Maraîchage en petites parcelles



Démarrage en 2015



Sablo-limoneux caillouteux



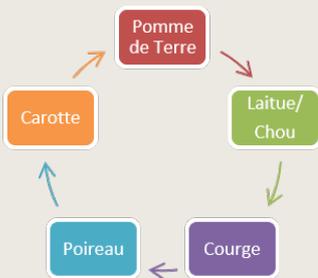
Financeurs



4 objectifs principaux

1. Amélioration de la fertilité du sol
2. Autonomie en intrants
3. Amélioration de la fertilité du sol
4. Autonomie en intrants

Une rotation longue sur 5 ans :



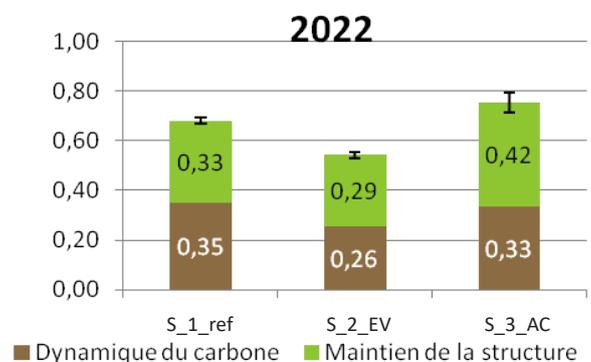
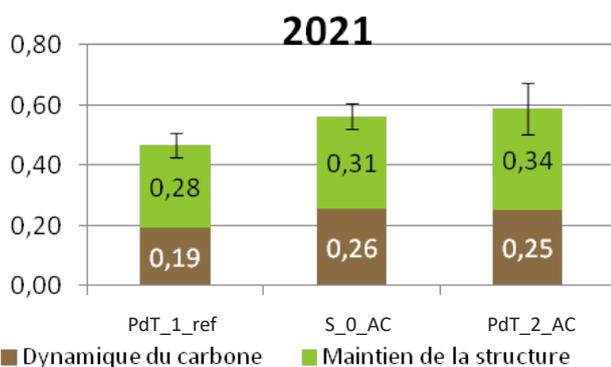
3 modalités :

SdC1 - Référence	SdCi2 - Engrais vert max	SdCi3 - Conservation du sol
Travail du sol classique	Travail du sol en planches permanentes avec outils adaptés	Travail du sol en planches permanentes avec outils adaptés
Outils rotatifs utilisés	Outils non rotatifs de travail du sol	Limitation forte du travail du sol (outils non rotatifs et travail localisé)
Fertilisation classique	Pas de fertilisation	Fertilisation raisonnée (méthode du bilan)
Composts et amendements classiques	Composts et amendements raisonnés	Composts et amendements raisonnés
Peu d'engrais verts (lorsque c'est possible en interculture d'automne/hiver)	Systématisation des engrais verts (interculture, intercalaire)	Couverture du sol la plus permanente possible

Contexte des mesures Biofunctool

- 2021 : Système Référence **pomme de terre (PdT_1_REF)**, Système Conservation **salade (S_0_AC)**, Système Conservation **pomme de terre (PdT_2_AC)**
- 2022 : Système Référence **salade (S_1_REF)**, Système Engrais Verts Max **salade (S_2_EV)**, Système Conservation **salade (S_3_AC)**
- Dates de mesures : du 27/04/2021 au 10/05/2021 ; du 21/04/2022 au 28/04/2022

Résultats synthétiques : indice de santé du sol (SHI)



Biofunctool a mis en évidence des différences de résultats entre les modalités sur les 2 fonctions cycle du carbone et maintien de la structure. Les résultats de **2022 sont plus fiables** que ceux de 2021 (plus faible variabilité, et culture identique pour toutes les modalités). Une mesure supplémentaire est prévue en 2023 pour confirmer ces résultats. L'état d'humidité des bandes, lié aux dates d'irrigation, a pu influencer les résultats. Les deux années, **la durée d'incubation a été très courte**, du fait d'une activité biologique intense. Le protocole de stabilité structurale et la mesure de Da ont été difficiles du fait de la texture sablo-graveleuse.

Fonction « cycle du carbone »

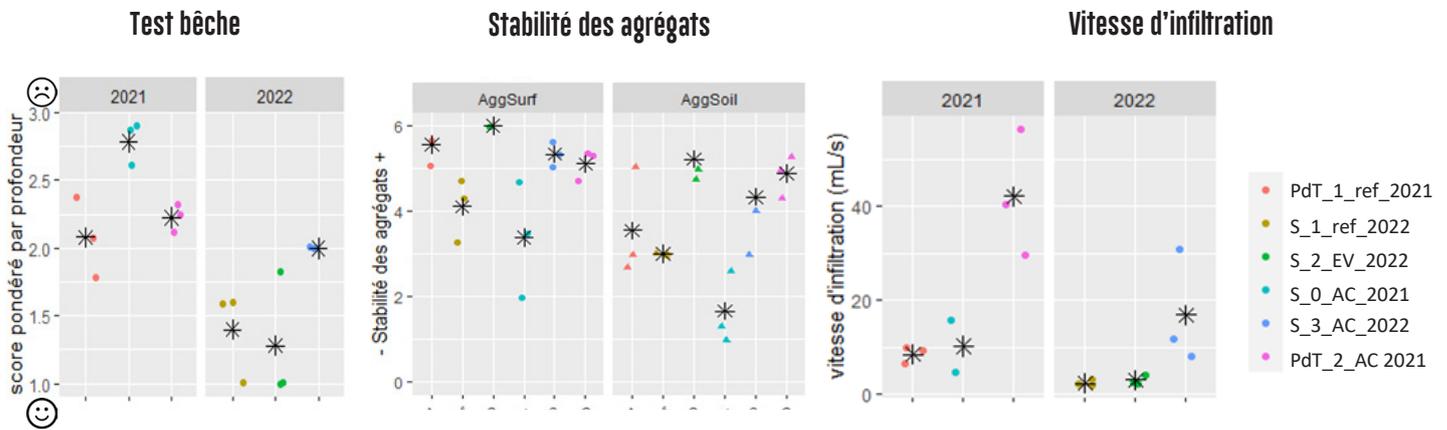


POXC : valeurs assez variables les 2 années ;

SituResp : valeurs plus élevées et moins variables en 2022 ; peu d'écart entre modalités en 2022 ; corrélation avec l'humidité en 2022 ;

Bait lamina : valeurs plus élevées, plus variables et avec plus d'écart entre modalités en 2022.

Fonction « maintien de la structure »

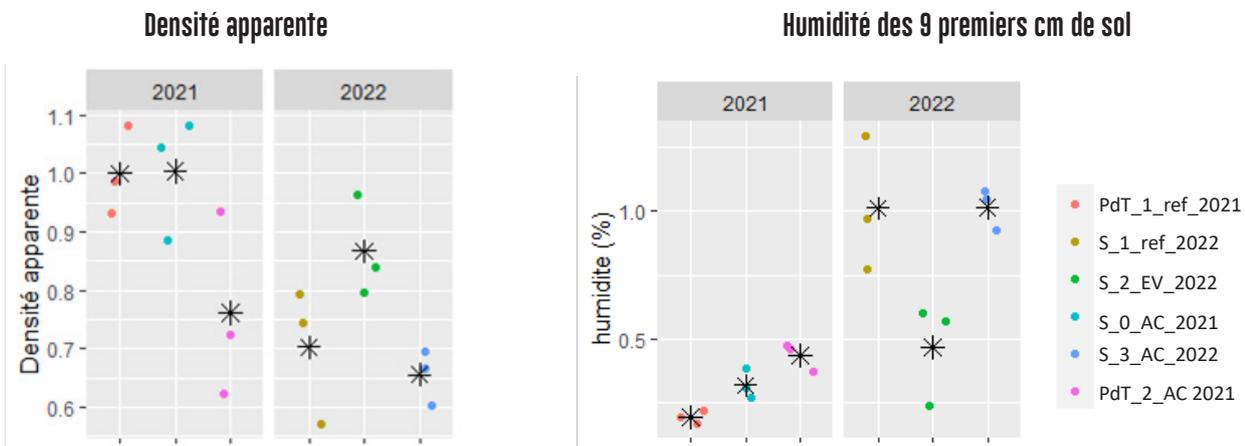


Test bêche : en 2021, plus de différences entre les modalités qu'en 2022; plus de variabilité en 2022 ;

Stabilité des agrégats : résultats très variables, protocole peu adapté pour des sols sablo-graveleux et très lié au délai après travail du sol ;

Infiltration : les deux années, ce test permet de différencier les systèmes.

Caractéristiques globales



Da plus faibles en 2022, liées au délai après travail du sol ?

Humidité faible en 2021, valeurs liées aux dates d'irrigation, les deux années

Pour plus d'informations, contactez votre conseiller sol local :

Contact CFPPA Haut-Rhin / EPLEFPA de Rouffach-Wintzenheim :
Elie Langard, elie.langard@educagri.fr - 06 89 21 51 60



SITE EXPÉRIMENTAL DE TERRALAB Betheny (51)



Présentation du site

- Betheny (51) - Démonstrateur à taille réelle d'une exploitation de grandes cultures
- Ancienne base aérienne avec des terres cultivées depuis plusieurs dizaines d'années
- Essais systèmes de culture (SDC) depuis 2016 avec des rotations longues de 7 à 9 ans
- Répondre à 3 grands enjeux : fertilité du sol et stockage de carbone, production maximale de biomasse et autonomie azotée



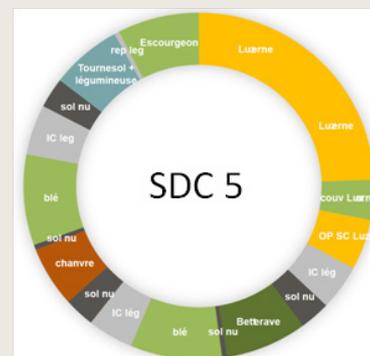
Craie à poche avec des remaniements liés au contexte historique (tranchées, cratères d'obus)



Financeurs



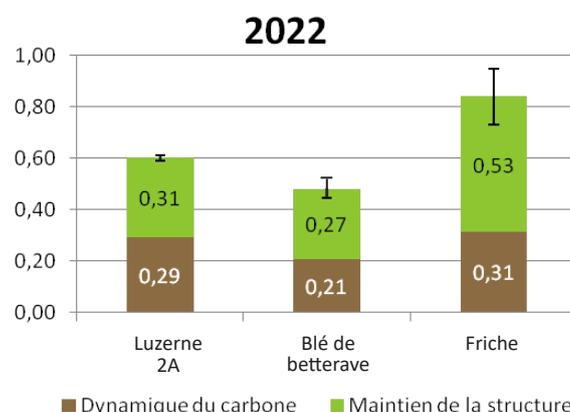
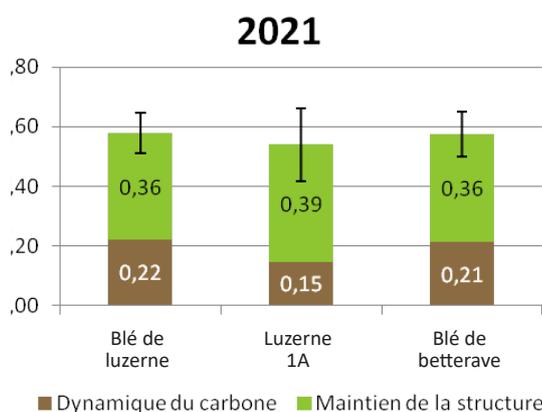
Les tests biofunctool ont été réalisés dans des parcelles du SDC2 (TCS et couverts annuels), SDC5 (autonomie azotée) et une bande enherbée, dans le cadre du programme ACSE (financé par l'ADEME et la région Grand Est).



Contexte des mesures Biofunctool

- 2021 : luzerne 1A, blé de betterave, blé de luzerne ;
- 2022 : luzerne 2A, blé de betterave (blé de blé en témoin 0azote), bande enherbée ;
- Dates de mesures: du 12/04/2021 au 17/06/2021 ; du 9/05/2022 au 15/06/2022 ;

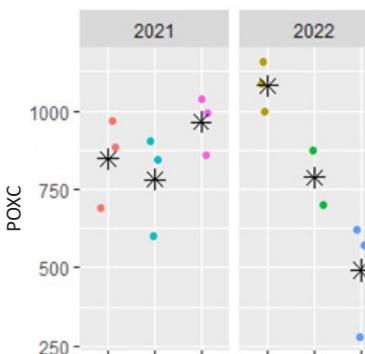
Résultats synthétiques : indice de santé du sol (SHI)



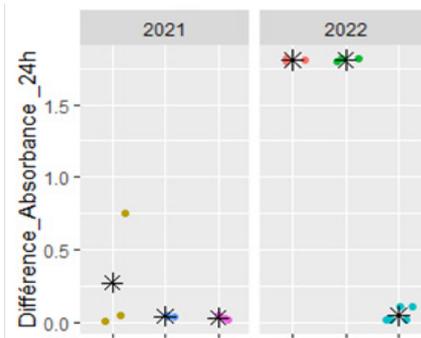
Biofunctool a mis en évidence des différences de résultats entre les modalités sur les 2 fonctions cycle du carbone et maintien de la structure. Les résultats de **2022 sont plus fiables** que ceux de 2021 (plus faible variabilité sauf dans la bande enherbée). En 2022, la bande enherbée a obtenu une note très élevée. La différence est due au maintien de la structure. Les deux années, le sol était assez sec et la durée d'incubation a été très longue, du fait d'une activité biologique faible. En 2022 les mesures ont été perturbées par la faune.

Fonction « cycle du carbone »

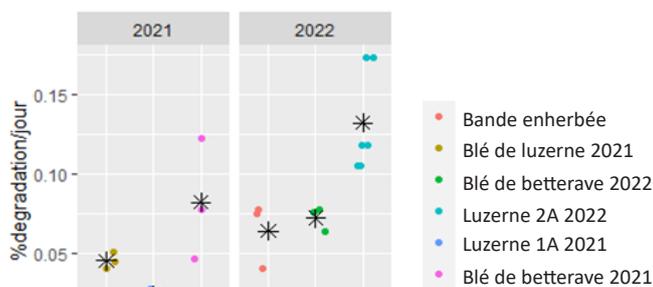
Carbone labile



Respiration



Activité de la mésofaune



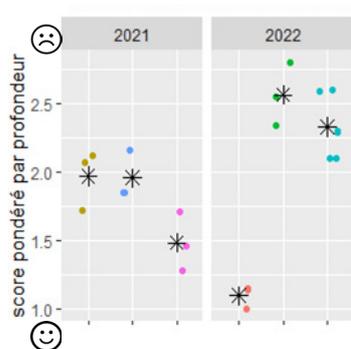
POXC : fortes différences entre les systèmes en 2022, faibles différences en 2021

SituResp : activité faible sauf pour la friche et blé de blé de betterave en 2022 ;

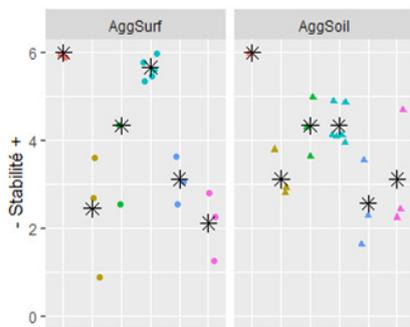
Bait lamina : très faible activité de la mésofaune les 2 années. Meilleure activité en 2^{ème} année de luzerne en 2022 et blé de luzerne en 2021.

Fonction « maintien de la structure »

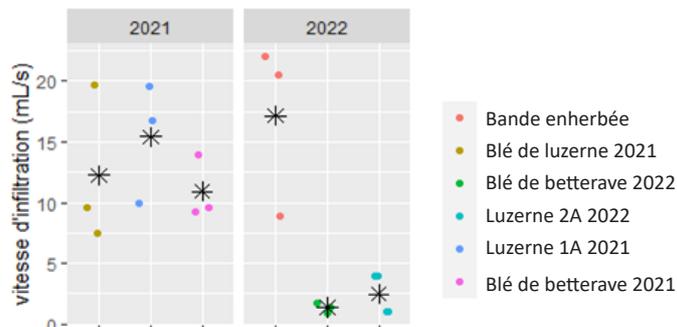
Test bêche



Stabilité des agrégats



Vitesse d'infiltration



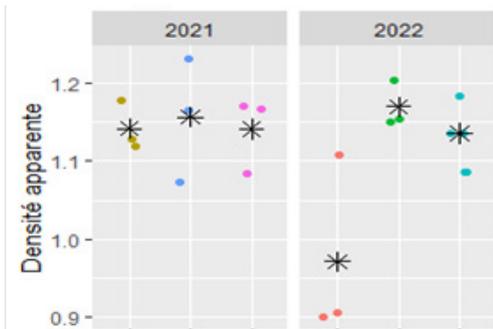
Test bêche : les mesures sont assez variables dans chaque modalités mais montrent des différences entre modalités chaque année ;

Stabilité des agrégats : résultats assez variables, mais montrent des différences entre les modalités ;

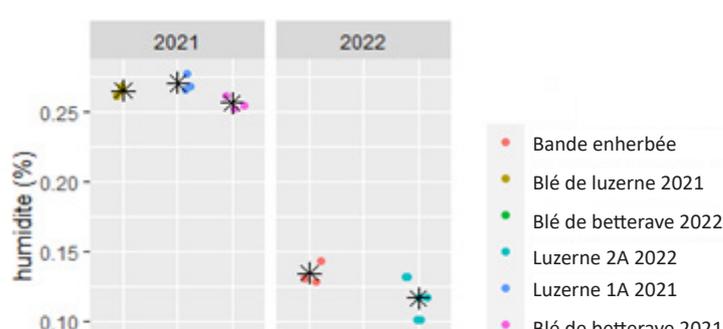
Infiltration : forte variabilité en 2021 et Bande enherbée 2022. très faible infiltration en 2^e année de luzerne et blé de blé de betterave en 2022.

Caractéristiques globales

Densité apparente



Humidité des 9 premiers cm de sol



Da similaires les 2 années sauf pour la friche (plus faible qu'en cultures),

Humidité faible en 2022 qu'en 2021.

Pour plus d'informations, contactez votre conseiller sol local :

Contact Chambre d'agriculture de la Marne :

Cassandra Gaudnik, cassandra.gaudnik@marne.chambagri.fr - 06 15 79 74 94

