

Étude de 4 systèmes de culture en maraîchage

Focus : Luzerne fraîche utilisée comme fertilisant

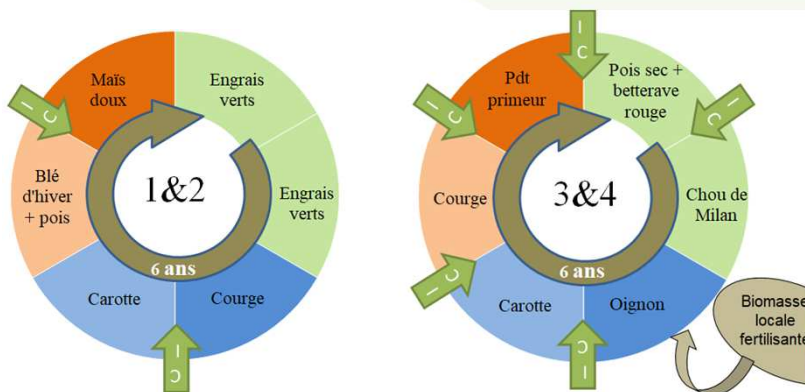
VIDÉO DISPONIBLE
CLIQUEZ ICI

• Laurent JAMAR¹, Véronique LECLERCQ¹, Bruno HUYGHEBAERT¹

En 2020, le CRA-W a mis en place une nouvelle plateforme expérimentale en maraîchage bio intégrant le dispositif SYCMA (Système de Culture en Maraîchage). Celui-ci consiste en une expérience de longue durée sur 3 rotations de 6 ans, comparant 4 systèmes de culture innovants. Les rôles des légumineuses sont au cœur de ces systèmes.

Objectifs

- Autonomie vis-à-vis des intrants (engrais, phytos, eau, énergie)
- Maintien de la fertilité des sols sur le long terme
- Productivité des systèmes



Leviers agronomiques

- Rotations longues
- Couverts et IC d'espèces variées dont légumineuses
- Fertilisation par biomasse locale
- Biodiversité
- Réduction du travail du sol

Focus : Fertilisation par la luzerne

L'apport de luzerne fraîche pour fertiliser des cultures légumières est un des leviers agronomiques utilisés. Il vise l'économie en fertilisants commerciaux ainsi que l'économie en eau et la diminution du temps de désherbage



Matériel et méthodes

- luzerne appliquée à 20 tMS/ha en paillage superficiel: après le premier buttage pour la pomme de terre, avant repiquage pour la courge et le chou de Milan,
- récolte luzerne : autochargeuse,
- repiquage à travers le paillage : planteuse à godet.

Fertilisation	Pomme de terre	Courge	Chou de Milan
Témoin Ecomix 9/5/3	0,8 t/ha	0	0,8 t/ha
Luzerne (MS)	20 t/ha	20 t/ha	20 t/ha

Résultats

- Pomme de terre : augmentation significative du rendement brut de 29,3 % sur les parcelles avec apports de luzerne (Fig. 1).
- Courge et chou de Milan : nombre de plants viables 3 semaines après le repiquage est inférieur de respectivement 25,2 et 16,7 % par rapport au témoin (Fig. 2).
- Le paillage de luzerne maintient une humidité du sol supérieure par rapport au témoin.

Fig. 1: Pomme de terre var. Vitabella (t/ha)

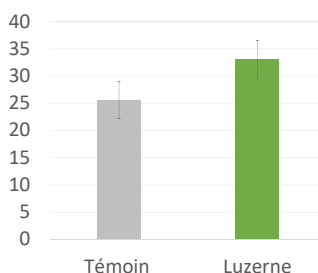
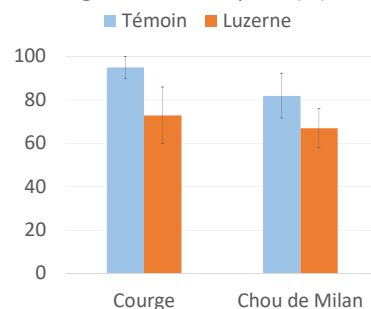


Fig. 2: Taux de reprise (%)



Barres d'erreur = IC ($\alpha = 0,05$, $n = 3$)

Conclusions

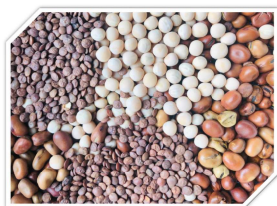
- La fraction de l'azote organique qui a pu être minéralisée durant la saison de croissance est faible en 2020, étant donné une saison extrêmement sèche et venteuse (pluviométrie moyenne de 32 mm/mois). L'effet positif sur le rendement de la pdt semble principalement dû au maintien de l'humidité dans le sol par le paillage.
- Une planteuse à godet avec disques pour ouvrir le paillage est indispensable pour un bon repiquage.
- Sur les parcelles paillées à la luzerne, une diminution des adventices annuelles a été observée.

L'association céréale-protéagineux: un avantage par rapport à la culture pure en système bas intrant?

VIDÉO DISPONIBLE
CLIQUEZ ICI

Morgane Campion¹, Daniel Jamar¹, Michaël Mathot¹

Introduction



- Fixation de l'azote atmosphérique
- Graines à haute teneur en protéines



- Manque de tolérance aux stress biotiques et abiotiques
- Maîtrise des adventices difficile

↳ Variabilité des rendements



Intensifier la présence des légumineuses :

- En grandes cultures et maraîchage bio
- Dans les rotations ou dans les intercultures

Objectifs du projet



Association de cultures:

Complémentarité des niches, effet d'ancrage

↳ Amélioration de la stabilité des rendements

Hypothèse

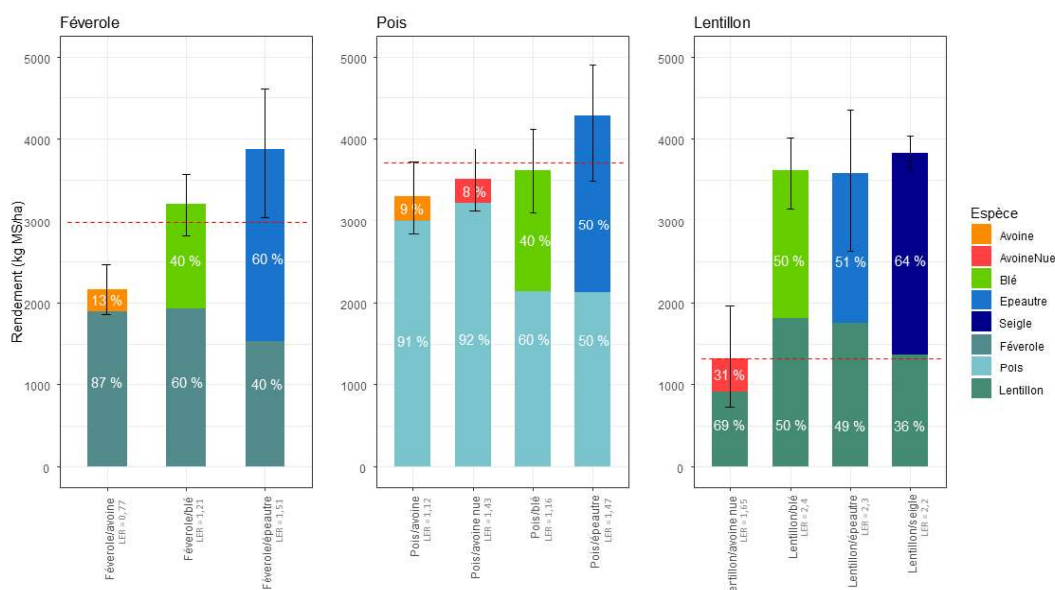
Matériels et méthode

- Essai en 4 blocs aléatoires (11/2018);
- 12 modalités d'associations binaires de céréales et protéagineux d'hiver;
- Chaque espèce semée en pure;
- Rendements bruts en matière sèche et proportion des espèces dans le mélange quantifiés par pesée;
- Calcul du Land Equivalent Ratio (LER).

Espèce	Variété	Densité en culture pure (kg/ha)	Densité en culture associée (%)
Avoine	DALGUISE	132	70 %
Avoine nue	GRAFTON	90	70 %
Blé	MOSCHUS	168	60 %
Epeautre	SERENITE	180	70 %
Seigle	DUKATO	148	70 %
Pois protéagineux	FLOKON	167	60 %
Féverole	NEBRASKA	180	80 %
Lentillon	Semence de ferme	100	60 %

Tableau 1 : Densité de semis des espèces en culture pure (kg/ha) et en culture associée (pourcentage de la densité de semis en culture pure).

Résultats



Espèce	Rendement	e.t.
Avoine	860	78
Avoine nue	538	195
Blé	2437	536
Epeautre	2383	634
Seigle	2639	456

Tableau 2 : Rendement (kg MS/ha) des céréales cultivées en culture pure. Les valeurs sont les valeurs des rendements (n=4) ± l'écart type.

Féverole et pois

- Epeautre : over-yielding, proportions équilibrées, LER partiel de l'épeautre voisin de 1 (0,5 pour le protéagineux)
- Blé : pas d'over-yielding, proportion en faveur du protéagineux mais relativement équilibrée, LER partiel équivalent (0,6)

Lentillon

- Epeautre et blé : over-yielding, proportions équilibrées, LER partiel du lentillon voisin de 1,5
- Seigle : over-yielding, proportion en faveur du seigle, LER partiel du lentillon de 1,3

Discussion et perspectives

- Avantage de l'association céréale-protéagineux pour les 3 protéagineux étudiés mais à des degrés divers.
- Le semis tardif peut être un facteur explicatif des rendements relativement faibles. Il a été particulièrement préjudiciable à l'avoine et l'avoine nue dont les levées en sortie d'hiver sont faibles (respectivement 30 et 45 %) ne permettant pas de prendre en compte les résultats de leur association.
- Les résultats préliminaires soulignent un éventuel intérêt des associations céréales/protéagineux mais demandent à être approfondis avec entre autre l'analyse des valeurs alimentaires, une reconduction dans le temps et une date de semis adéquate.

LEGUM-PARF : les légumineuses d'Occitanie, source d'inspiration pour la parfumerie française.

Exemples des fleurs de mimosa, de genêt, de glycine et d'acacia

Thierry TALOU¹, Auriane FIGUE¹, Zeinab ABASSE¹, Sarah GRIVOT², Amélie MIRAL¹, Didier NICOLAS³, Christine RAYNAUD³

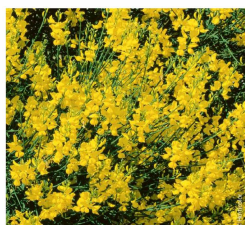
¹ Université de Toulouse, INP-ENSIACET, Laboratoire de Chimie Agro-industrielle/FLAV LAB, UMR 1010 INRA-INP, 4 allée emile monso 31030 Toulouse

² Atelier Fragrance Conseil, AFC, 14 rue Montesquieu, 31200 Toulouse

³ CRT Aggroressources/CATAR, INP-ENSIACET, 4 allée emile monso 31030 Toulouse

Les légumineuses sont une source d'inspiration pour la parfumerie française depuis le XVIII^{ème} siècle du fait des notes florales typiques des fleurs de certaines Fabaceae.

Dans le cadre du projet régional LEGUM-PARF sur la valorisation des légumineuses à parfum d'Occitanie (1), nous nous sommes intéressés à la caractérisation des senteurs des fleurs de légumineuses cultivées en Roussillon (*les mimosas Acacia dealbata* et *Acacia farnesiana*) et le genêt d'Espagne (*Spartium junceum*) et dans la région toulousaine (*la glycine Wisteria floribunda*) et de légumineuses sauvages cueillies dans le Lauragais (*l'acacia Robinia pseudoacacia* et le genêt à balais *Cytisus scoparius*)



Matériel et Méthodes

Les composés volatils odorants des fleurs fraîches de genêt d'Espagne et des deux mimosas ont été extraits par solvant organique (cyclohexane) suivi d'une dissolution de l'extrait (concrète) dans de l'éthanol puis d'une filtration à froid, afin d'obtenir l'absolue. Tous les extraits ont été caractérisés chimiquement par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse et à l'olfactométrie (GC-MS-O) et sensoriellement évalués par un parfumeur

Les effluves des fleurs fraîches d'acacia, de genêt à balais et de glycine, pour lesquelles il n'existe pas d'absolues, ont été concentrées au moyen de la technique Solid Phase Micro-Extraction (SPME) permettant l'analyse de leurs fragrances natives par GC-MS-O.



Résultats et Discussions

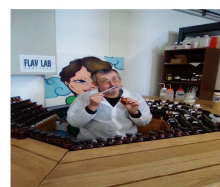
Si l'absolue du mimosa des fleuristes et des parfumeurs (*Acacia dealbata*) comporte comme composés principaux le lupénol, le 3-kétoursène et les benzoates de benzyle et d'éthyle, celle du cassie (*Acacia farnesiana*) est constituée de salicylate de méthyle, d'acétate de benzyle, d'anisaldéhyde, d'alcool benzylique, d'alpha-amyrine et de 2-pentadécane. L'évaluation sensorielle de ces extraits leur attribue des notes herbacée, poudrée, miellée, douce, florale, poudrée et suave pour la première et fleurie, fruitée, florale et poudrée pour la deuxième.

L'absolue de genêt d'Espagne (*Spartium junceum*) quant à elle est riche en linalol, alcool fenchylique, terpinène-1-ol-4, méthyl-chavicol, anethole et en de très nombreux esters (hexanoate d'éthyle, laurate d'éthyle, myristate d'éthyle, linoléate d'éthyle, butyrate d'hexényle, nonanoate d'hexényle...) et est décrite comme ayant des notes florale, amère, miellée, tabac et cuir.

Si les composés majeurs dans les effluves de glycine (*Wisteria floribunda*) et d'acacia (*Robinia pseudoacacia*) sont le bêta-ocimène et en moindre mesure l'alpha-pinène, le bêta-murcène et le linalool, sont également présents l'eucalyptol et l'alpha-tujène dans la glycine et le benzaldéhyde dans l'acacia. En ce qui concerne le genêt à balais (*Cytisus scoparius*), l'alpha-terpinéol, le terpen-4-ol et le linalool sont les composés majeurs identifiés. L'évaluation sensorielle de ces effluves fait état de la prépondérance de la note miellée avec une odeur citrique, chaude, florale, douce, herbacée dans le cas de la glycine et de l'acacia et une odeur évoquant le lilas dans celui du genêt.

Conclusions et Perspectives

L'intérêt en parfumerie de ces légumineuses d'Occitanie a pu être confirmé, ouvrant la voie à création de formulations, naturelles ou synthétiques, de parfums « Made in Occitanie »



Mettre à disposition un outil d'aide à la décision pour insérer des légumineuses à graines dans les systèmes de culture français



VIDÉO NON DISPONIBLE

Anne Schneider¹, Véronique Biarnès¹, Rémy Ballot², Marie-Hélène Jeuffroy², Quentin Lambert¹, Vincent Lecomte¹, Agathe Penant¹, Bastien Rémurier¹, Mayssa Ben Sassi¹, Frédéric Salvi¹, Maëlle Simmen³ et Frédéric Muel¹

¹ Terres Inovia, Campus de Grignon, Site de Baziège, Site d'Ardon, Site de Châlons, Site de Saint Exupéry, a.schneider@terresinovia.fr

² UMR Agronomie INRAE AgroParisTech, Campus de Grignon, 78850 Thiverval-Grignon

³ Terres Univia, 11 rue Monceau, 75008 Paris

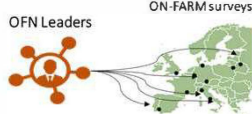
Contexte



Matériels et méthodes

•Enquête par questionnaire

sur l'opinion des agriculteurs (24 réseaux de fermes de LegValue en Europe): liste de services perçus ou mesurés, analyse des attentes et contraintes.



•**Equipe multi-métiers** (France & UE): regards croisés sur l'outil: Etudes et recherche, Données et agronomie, Conseil Terrain et développement, Economie et Marchés, Numérique et Communication.



•**Méthode "Lean start-up"**: boucle de progrès pour concevoir un outil fonctionnel ("minimum viable product") avec un panel d'utilisateurs représentant **10 profils-types**: analyse de leurs attentes ("problem interviews") et préférences ("solution interviews") avec, à ce jour, des 50 entretiens menés en France, Allemagne, Lituanie, Portugal.



•**Données & expertise** depuis les autres tâches de LegValue et des sources nationales.

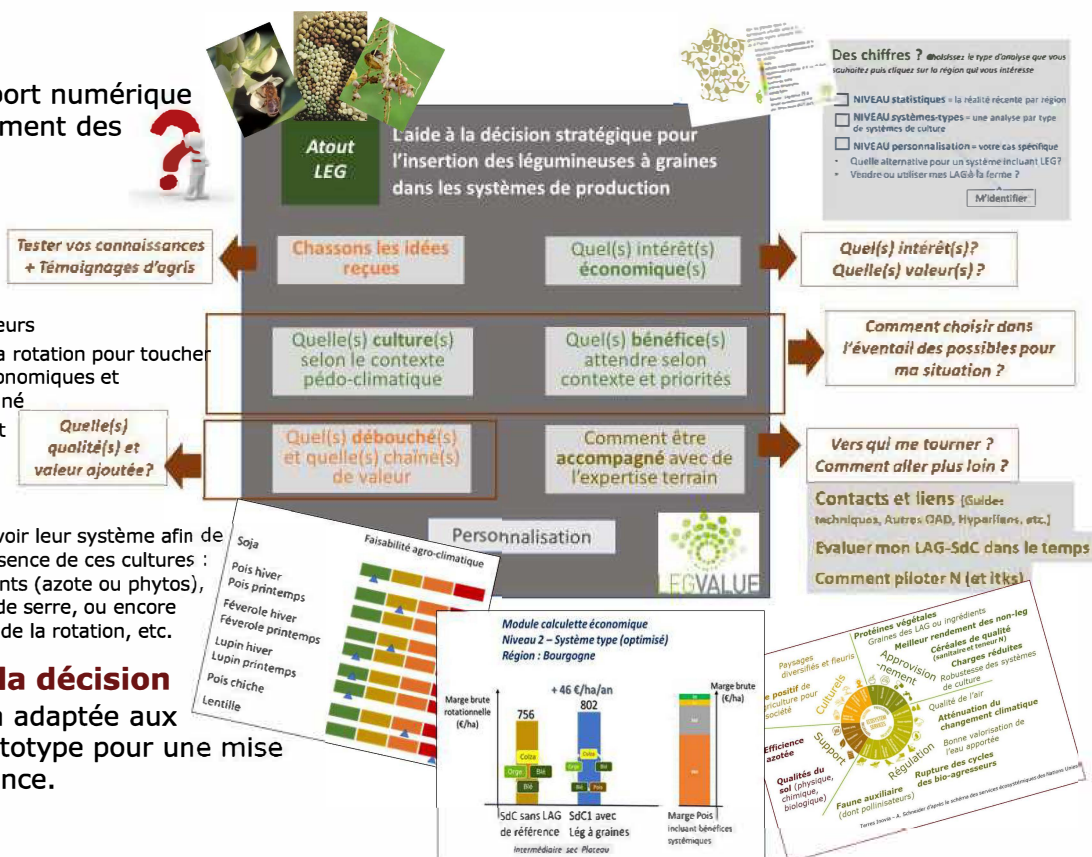
Résultats

LegBox, prototype de support numérique conçu pour aider au développement des légumineuses en Europe, en diffusant connaissances et réponses personnalisées selon la situation à considérer, avec six clés d'entrée:

- sensibiliser les agriculteurs et autres acteurs
- simulation par calculatrice économique à la rotation pour toucher du doigt les bénéfices agronomiques, économiques et environnementaux dans un contexte donné
- visualisation des principaux débouchés et marchés existants
- recommandations pour le choix de la culture selon le contexte pédo-climatique
- Recommandations sur la façon de concevoir leur système afin de bénéficier des services rendus par la présence de ces cultures: meilleure fertilité du sol, baisse des intrants (azote ou phytos), diminution des émissions de gaz à effet de serre, ou encore meilleure qualité de récolte des céréales de la rotation, etc.

Atout-LEG, outil d'aide à la décision

Terres Inovia produit la version adaptée aux conditions françaises de ce prototype pour une mise à disposition numérique en France.



Perspectives

Déclinaisons en Europe, Déploiement en région.

<http://www.legvalue.eu/>

VIDÉO DISPONIBLE
CLIQUEZ ICI

Analyse comparée des effets des légumineuses (pois & féverole), du blé et du colza sur le fonctionnement biologique du sol avec le bioindicateur « nématofaune du sol »



Cécile VILLENAVE¹, Camille CHAUVIN¹, Anne-Sophie PERRIN² et Anne SCHNEIDER²

¹ ELISOL environnement, 10 Avenue du Midi, 30111 Congénies, France

² Terres Inovia, 1 Avenue Lucien Bretignières, 78850 Thiverval-Grignon, France

Hypothèse

Etant donné l'activité spécifique de la rhizosphère des légumineuses capables de symbiose, la présence de ces cultures a-t-elle bien des conséquences spécifiques sur les **activités biologiques du sol** ?

Matériels et méthodes

La nématofaune du sol a été suivie comme bioindicateur entre 2015 et 2019 **sur deux sites d'un même dispositif expérimental**: Levroux (46°57'N, 1°36'E) et Grignon (48°50'N, 1°56'E) en France.



- Sol échantillonné sur quatre répétitions** (quatre blocs) des modalités sélectionnées à Levroux en juin 2016, 2017 et 2018 et à Grignon en juin 2017, 2018 et 2019. Echantillons de sol composite de chaque parcelle obtenu à partir de 10 carottes de sol (0-10 cm de profondeur, 4 cm Ø) creusées au hasard sur une surface de 20 m².

		Blé	Colza	Légumineuses	Total
Levroux	année1	1	0	2	3
	année2	2	4	2	8
	année3	0	4	0	4
	total	3	8	4	15
Grignon	année1	2	1	2	5
	année2	3	4	2	9
	année3	4	0	0	4
	total	9	5	4	18
Total		12	13	8	33

Nombre de modalités pour les différentes cultures et années étudiées sur l'essai.

- Dénombrements des nématodes** dans chaque échantillon de sol après extraction à partir de 250 g de sol par élutriation (Oostenbrink). **Identifications** des nématodes après fixation à 4% formaldéhyde solution (ISO 23611-4, 2007). 200 nématodes par échantillon identifiés sur critères morphologiques et regroupés selon leur comportement trophique (Yeates *et al.* 1993) et traits d'histoire de vie.
- Détermination de l'**abondance** des différents groupes trophiques et calcul des **indices** (nématofauniques, de diversité, empreintes métaboliques).
- Analyses statistiques** du jeu de données asymétrique avec des tests non-paramétriques (Kruskal & Allen Wallis, 2015).



Perspectives

Un effet fort des légumineuses est mis en évidence sur la biologie du sol l'année de leur culture. Dans l'essai étudié, il n'a pas été possible de caractériser des arrière-effets de ces plantes l'année suivant leur culture. Ce point serait à ré-évaluer car le contexte expérimental a été défavorable pour cette analyse dans les essais conduits entre 2015 et 2019.

Nématodes?

Des bioindicateurs **pertinents** pour étudier l'effet de pratiques agricoles sur le fonctionnement biologique du sol.

Une **méta-analyse** (18 essais de 14 pays) a souligné l'influence différenciée de légumineuses/non-légumineuses, avec augmentation des populations de nématodes bactériovores, et des paramètres nématofauniques liés à leur présence (Villénave *et al.* 2018).



Résultats

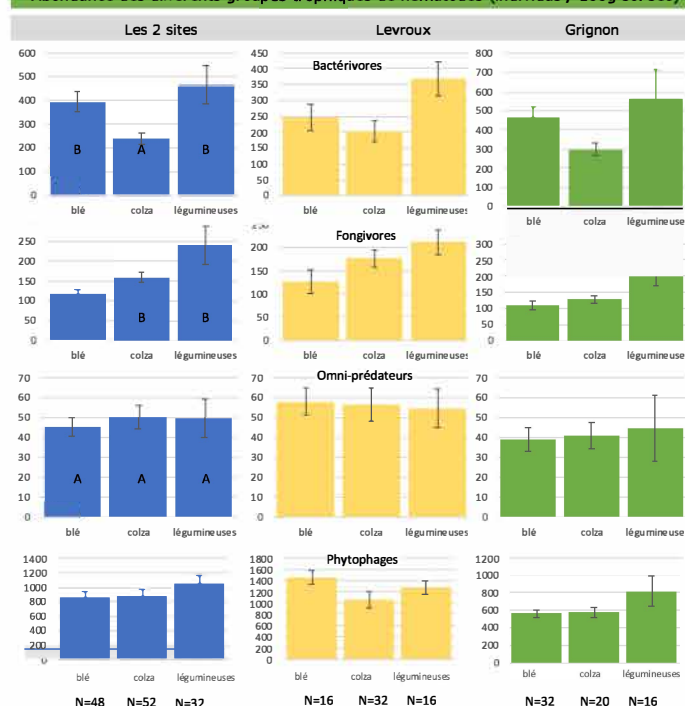
Les cultures de féveroles et de pois ont entraîné une activité biologique du sol plus élevée que le colza et le blé dans les deux sites.

Les nématodes microbivores du sol (bactériovores et fongivores) ont eu tendance à être plus abondants sous les légumineuses que sous le blé et le colza, ce qui indique une **activité microbienne plus élevée sous les cultures de légumineuses**.

Aucune différence significative n'a été constatée entre les légumineuses / le blé / le colza pour les deux autres groupes trophiques de nématodes : les nématodes phytophages et les nématodes prédateurs de niveaux trophiques supérieurs (omnivores et carnivores).

Les tendances étaient similaires (exception faite des phytophages) entre les deux sites, ce qui indique que ces effets sont robustes.

Abondance des différents groupes trophiques de nématodes (individus / 100g sol sec)



Ces résultats, liés à la présence de légumineuses dans le système par rapport aux plantes non-légumineuses, reflètent une disponibilité accrue des éléments nutritifs et une activité accrue des décomposeurs primaires, comparables aux effets mesurés à la suite d'une fertilisation minérale, en particulier une fertilisation azotée.

- Villénave C, Chauvin C, Santune C, Cérémonie H, Schneider A. 2018. L'effet des légumineuses sur le fonctionnement biologique du sol : une méta-analyse sur la nématofaune du sol. *Innovations Agronomiques* 69:47-60.
- Perrot T, Perrin A S, Schneider A. 2019. Flux azotés et légumineuses à graines : effets sur les performances du blé et du colza. Dijon, France: Comifer-Gemas 2019.
- Villénave C, Chauvin C, Schneider A. (soumis) Nematofauna as an indicator of soil biological functioning under legumes, wheat and oilseed rape.

Cette expérimentation a reçu le soutien de l'INRA, de l'IRSTEA, de l'AgroParisTech et de la Région Ile-de-France au titre du Programme Pour et Sur le Développement Régional (PSDR) lors de la réalisation du projet PROLEG « Écologisation de l'agriculture via les produits résiduels et les légumineuses pour améliorer les services écosystémiques » coordonné par l'UMR Ecosys, au sein de l'UMT Alter'n portée par Terres Inovia.

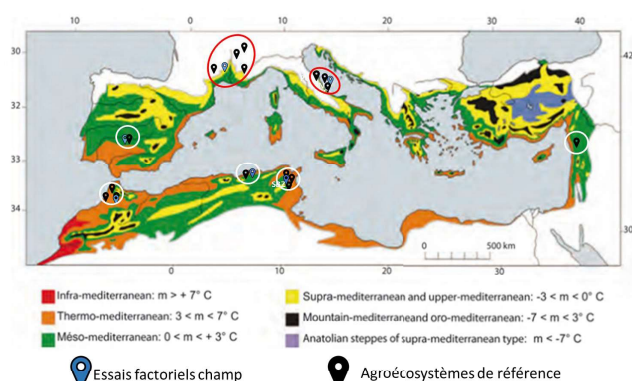
DiVicia, un projet PRIMA pour la restauration de l'agrodiversité de vesces dans les systèmes céréaliers méditerranéens

VIDÉO DISPONIBLE
CLIQUEZ ICI

¹Fustec Joëlle, ¹Cannavacciuolo Mario, ²Ben El Ghali Mohamed, ¹Corre-Hellou Guénaëlle

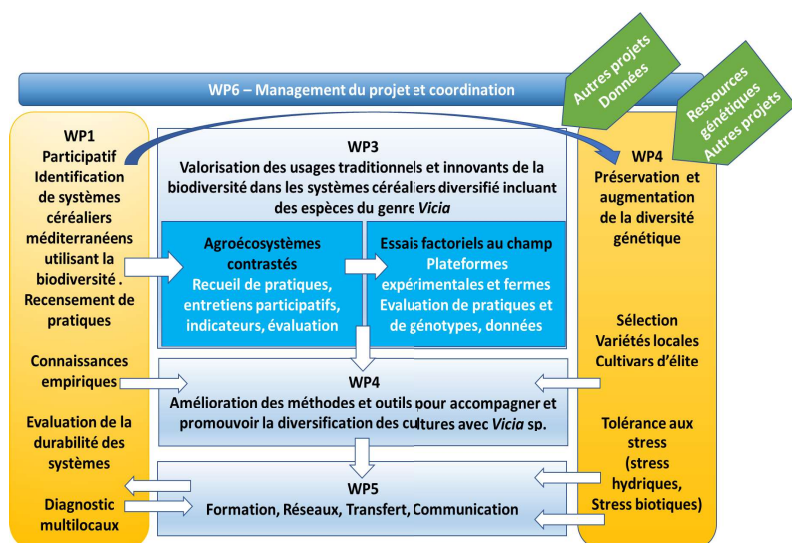


Bien que le Bassin méditerranéen soit particulièrement riche en agrodiversité, l'abandon de pratiques favorisant la diversification des cultures, l'utilisation d'espèces traditionnelles et de la diversité variétale contribue au déclin des services écosystémiques. Le projet PRIMA DiVicia (2020-2023) «*Use and management of Vicia species for sustainability and resilience in biodiversity-based farming systems*» s'intéresse à la conception de systèmes de culture céréaliers durables basés sur la biodiversité, incluant des légumineuses, efficaces et résilients, adaptés aux contraintes et futurs défis des régions méditerranéennes. DiVicia a vocation à favoriser l'intensification écologique des systèmes de culture méditerranéens à travers la gestion des rôles fonctionnels de la biodiversité.



DiVicia adopte une démarche participative, comprenant des évaluations multicritères dans des exploitations agricoles des différents pays partenaires. Le consortium du projet utilisera son expertise multidisciplinaire en agronomie, génétique, biologie des sols, modélisation et bio-économie, pour proposer *i)* des pratiques agronomiques innovantes, *ii)* de nouveaux génotypes adaptés aux systèmes céréaliers méditerranéens durables intégrant des légumineuses et tolérants aux déficits hydriques, *iii)* de nouveaux outils moléculaires pour accélérer la sélection variétale, ainsi que des outils d'accompagnement pour les agriculteurs et les conseillers.

La féverole (*Vicia faba* L. ssp. Minor) et la vesce commune (*V. sativa* L.) seront utilisées comme cas d'étude. L'identification d'un large éventail de variétés locales prometteuses et de nouveaux génotypes productifs adaptés à la sécheresse aidera à valoriser les meilleures pratiques de rotation, de cultures associées ou de cultures mixtes.



Partenaires 8 pays – 13 partenaires



1. USC 1432 LEVA (ESA, INRAE), Ecole Supérieure d'Agricultures, Angers, France
2. Unité de Recherche LARESS, Ecole Supérieure d'Agricultures, Angers, France



N° 2019-SECTION2-9

Sept. 2020 - Sept. 2023



ANGERS – FÉVRIER 2021

L'effet stimulant des vers de terre et des légumineuses dans l'environnement rhizosphérique du blé et du colza

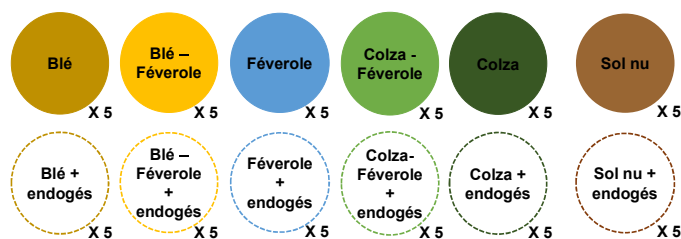
Cassagne Nathalie, Drut Baptiste, Léna Oddos, Mario Cannavacciuolo, Fustec Joëlle

VIDÉO DISPONIBLE
CLIQUEZ ICI

Leva

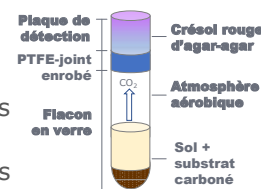
USC 1432 ESA, INRAE, Angers, France

- La rhizosphère est une niche d'importance où s'exercent de très nombreuses interactions entre les racines, le sol et les organismes qui y résident. Si le moteur de ces interactions est l'apport continu de composés organiques par les plantes, de nombreuses inconnues persistent sur les réponses des communautés microbiennes aux effets cumulés des interactions avec d'autres organismes tels que les vers de terre.
- L'objectif de cette étude est ainsi d'évaluer l'effet associé de la présence d'une légumineuse, et de l'activité de vers de terre endogés sur l'activité des micro-organismes de la rhizosphère pour une meilleure acquisition des nutriments par la culture.

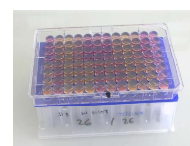


• Matériel et Méthodes

- **Essai en mésocosmes** sur sol sableux répartis en 5 modalités de couvert (2 individus) et 1 modalité témoin (sol nu) x 5 répétitions, avec ou sans ajout de 5 vers de terre endogés (*Aporrectodea caliginosa* S.)
- Mesures sur **les plantes**: Biomasse sèche et dosage d'azote (dont fixation de la féverole) sur les parties aériennes et les racines
- Mesures sur **l'activité microbienne** au voisinage des racines: mesure de CO₂ (respiration) sur sol adhérent aux racines en réaction à des substrats carbonés caractéristiques des exsudats des plantes testées



Méthode MicroResp™
(Campbell et al. 2003)

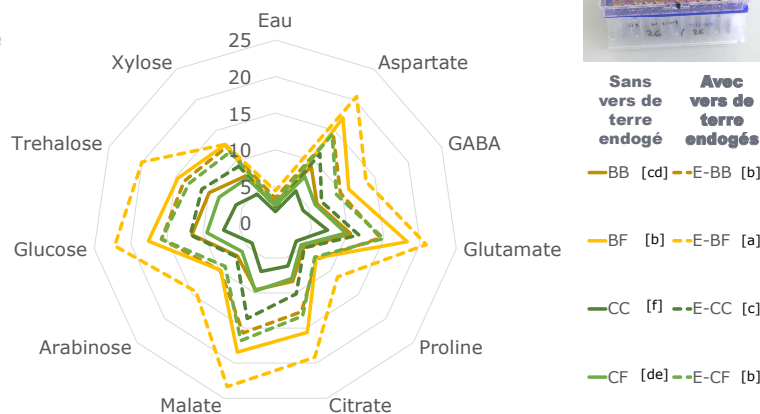


Essai en serre selon un dispositif en bloc randomisé
(Drut B. 2018)

• Résultats

En comparaison des modalités pures:

- Individuellement, la présence de féverole (+46% à 67%) ou de vers de terre (+56% à 66%) a un effet positif sur l'activité des microorganismes
- Un effet vers de terre significativement ($p < 0,05$) supérieur à un effet féverole pour le colza
- Associés, féverole et vers de terre augmentent significativement la respiration dans la rhizosphère du blé (+76%) et du colza (+79%)



Profils d'activité microbienne dans la rhizosphère du Blé, du Colza et de leurs associations avec la Féverole

BB: Blé pur; BF: association Blé-Féverole; CC: Colza pur; CF: association Colza-Féverole
Les lettres entre crochets indiquent les différences significatives entre les aires de Kiviat du diagramme ($p < 0,05$, Test de Tukey)

• Conclusions

- En conclusion, l'activité de bioturbation des vers de terre endogés semble introduire un bénéfice supplémentaire à la complémentarité par la féverole (liée à la fixation de la légumineuse) pour la ressource azotée en favorisant les processus de facilitation (meilleure disponibilité en azote pour le blé et le colza).
- Ces résultats plaident pour une meilleure identification et optimisation des fonctions écologiques et des interactions biotiques dans les sols pour assurer la durabilité des services rendus par les nouvelles pratiques agricoles notamment celles impliquant l'introduction de légumineuses.

Adaptation of the symbiotic system to low phosphorus in twenty common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes

VIDÉO NON DISPONIBLE

CHENENE Yacine⁽¹⁾, BLAVET Didier⁽²⁾, TEFFAHI Mustapha⁽¹⁾, OUNANE Sidi Mohamed⁽¹⁾ and DREVON Jean-Jacques⁽²⁾

¹High National School of Agronomy, Plant Production Department, Laboratory for Vegetal Production, El Harrach, Algiers, Algeria.

²UMR Eco&Sols, Functional Ecology and Biogeochemistry of Soils and Agro-Ecosystems, INRA-IRD-CIRAD-SupAgro, University of Montpellier, Montpellier, France.

E-mail : chenenejacine@gmail.com

Abstract: Phosphorus (P) deficiency is a major factor that limits the production of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in many parts of the world, especially when plant growth depends on symbiotic N₂ fixation. The present work aimed to study the genotypic differences between BAT477 and DOR364 and eighteen recombinant inbred lines (RIL) resulting from their cross in terms of shoot, root and nodule biomass production under P deficiency, the further aim being highlighting some major mechanisms of adaptation to P deficiency. The twenty genotypes were inoculated with *Rhizobium tropici* CIAT 899 and grown hydroaeronomically in a glasshouse with, either a supply of 250 μ mol P plant⁻¹ week⁻¹ (control) or 75 μ mol P plant⁻¹ week⁻¹ (P deficient treatment) for six weeks. At full flowering stage, plants were harvested, separated to shoot, roots and nodule and oven dried before weighing. Results indicate a large variability between the studied genotypes, overall root growth was less impaired than shoot growth by P deficiency. Analysis of efficiency in use of the rhizobial symbiosis (EURS) which is the shoot biomass productions per unit of nodule biomass showed that the low nodulation of some genotypes under P deficiency was partly compensated by an increase of the EURS in the P efficient genotypes.

Keywords: Bean, Phosphorus, Nodulation, Efficiency in use of the rhizobial symbiosis.

I. Introduction

Legumes play a crucial role in many farms sustainability through their agro-ecological services. Moreover, in many households they are often the main source of protein and the central core of a healthy diet. However legumes production is often limited by various factors. Among these factors, phosphorus (P) deficiency is considered to be the most important one especially when plant nitrogen nutrition depends on symbiotic fixation (SNF). Produced in a wide range of environments and being the most important legume in the world, bean genotypes are characterized by large variability in sensitivity to P deficiency (Drevon et al., 2015) through the development of various mechanisms to mitigate P deficiency effect. Our work aims to study this variability among selected recombinant inbred lines (RIL) and highlight some of these mechanisms.

II. MATERIALS AND METHODS

II.1 Plant material

Eighteen recombinant inbred lines were used, namely: 3, 4, 25, 27, 28, 29, 34, 36, 38, 60, 62, 64, 66, 75, 83, 104, 115 and 147 and their two parental lines: BAT477 and DOR364 selected for their tolerance to drought and bean gold mosaic virus, respectively.

II.2 Culture condition

Seeds were surface-sterilized, washed then germinated in Petri dishes for three days. Homogenous seedling were selected and inoculated with 100 ml solution of *Rhizobium tropici* CIAT899 containing approximately 10⁸ cells ml⁻¹. Selected seedling were then transferred into 40 L containers and grown hydroaeronomically in a temperature controlled glasshouse (fig. 1). Each plant received 1 l of nutritive solution renewed every week, vats were regularly complemented with sterile distilled water throughout the week to ensure an optimal level of the solution. P treatments consisted of either 75 or 250 μ mol P per plant per week, supplied in the form of KH₂PO₄, for the deficient and control treatment respectively. Plants were supplied with a starter N for the two first weeks to ensure optimal growth, thereafter plants relied solely on SNF for N nutrition (Hernandez and Drevon 1991 ; Drevon et al., 2015).

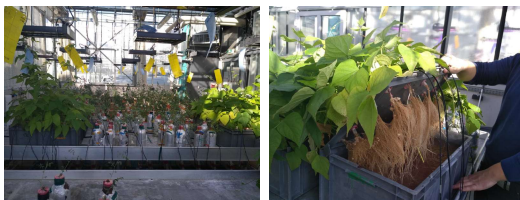


Fig. 1. Bean grown hydroaeronomically in vats in a controlled glasshouse for 42 days.

II.3 Data collection and analysis

Plants were harvested at full flowering stage, 42 days after transplanting. Shoots were separated from roots at the cotyledonary node. Nodules, if any, were gently separated from roots. All the samples were oven dried for 48 h at 70 °C before being weighted.

Linear regression models were computed between nodules and shoots dry weights (SDW = a.NDW + b). The slopes of these models (a) were retained as estimators of the efficiency in use of the rhizobial symbiosis (EURS) for shoot biomass productions with the atmospheric N₂ fixed by the nodules (Zaman-Allah et al., 2007; Drevon et al., 2015).

The relative stress susceptibility index (RSSI) of each genotype was calculated according to the following equations by L'taief et al. (2011) : $RSSI = RBD/SII$ where:

RBD (relative biomass deficit)=(DWc- DWs)/DWc ; with DW: mean dry weight of a genotype in control (c) and stressful (s) conditions.

SSI (stress intensity index)=(DWc- DWs)/DWc ; mean dry weight of all genotypes in control (c) and stressful (s) conditions.



Fig. 2. Nodulated root of bean RIL 115 grown under P sufficiency and deficiency harvested at flowering stage.

III. Results

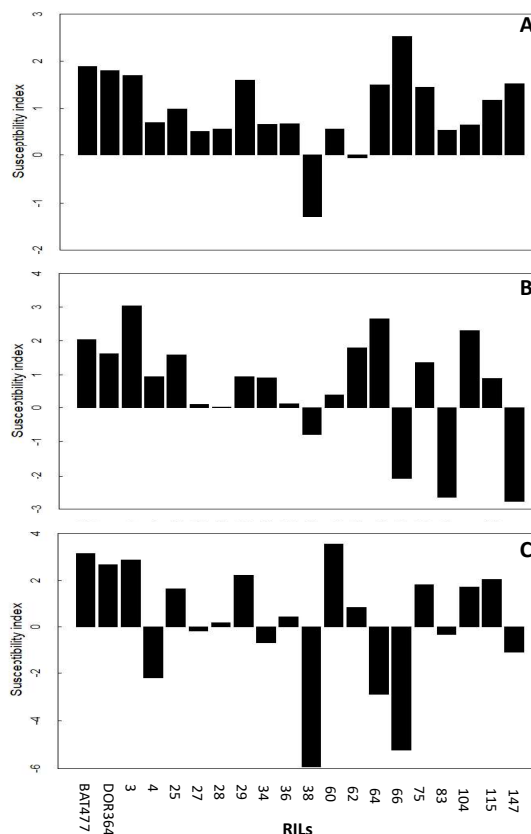


Fig. 3. Variation of the relative stress susceptibility index (RSSI) in response to phosphorus deficiency of (A) shoot biomass, (B) Nodule biomass and (C) root biomass. Data are mean of seven replicates harvested at flowering stage.

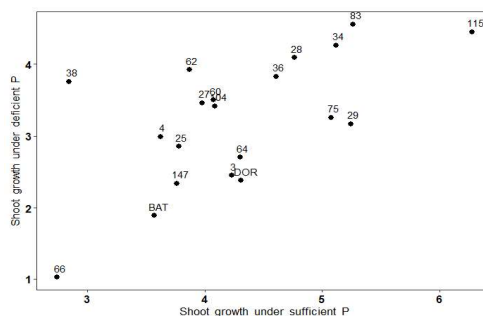


Fig. 4. Shoot growth of bean genotypes under sufficient versus deficient phosphorus supply. Data are mean of seven replicates harvested at full flowering stage.

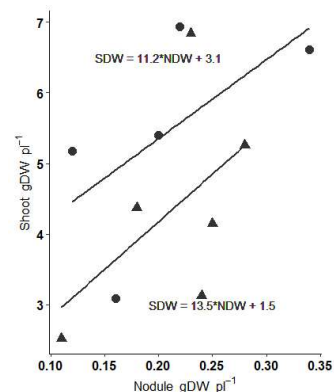


Fig. 5. Variation of the efficiency in use of rhizobial symbiosis of the P efficient RIL 115 grown under sufficient (circles) versus deficient (triangles) P supply.

Results indicate a large variability among genotypes. Some RILs produced low biomass regardless of the P treatment. overall root growth was less impaired than shoot growth by low P. Tolerance to P deficiency was mainly linked to higher EURS under P deprivation which indicates high SNF potential and an optimal allocation of P to the different parts of the plant.

IV. Conclusion

This approach allowed to effectively select genotypes with good N₂ fixation capacity, potentially high PUE and EURS and thus better adaptation to low P and N in the soil. Selected genotypes could be considered for field tests to confirm their potential or be used as breeding material.

V. References

- Drevon, J.J., Abadie, J., Alkama, N., Andriamananjara, A., Amenc, L., Bargaz, A. & Ounane S.M. 2015. Phosphorus use efficiency for N₂ fixation in the rhizobial symbiosis with legumes. in: F.J. de Bruijn (eds.), Biological Nitrogen Fixation, Wiley, Sons, Inc., 455-464.
- Hernandez G, Drevon JJ. Influence of oxygen and acetylene during in situ open-flow assays of nitrogenase activity (C₂H₂reduction) in *Phaseolus vulgaris* root nodules. J Plant Physiol 1991;138:587-90.
- L'taief B, Sifi B, Zaman-Allah M, Horres R, Molina C, & al. 2011. Genotypic variability for tolerance to salinity and phosphorus deficiency among N₂-dependent recombinant inbred lines of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*). Afr. J. Microbiol. Res. 6(20), 4205-4213.
- Zaman-Allah, M., Sifi, B., L'taief, B., El Aouni, M.H. & Drevon, J.J. 2007. Symbiotic response to low phosphorus supply in two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Symbiosis 44, 109-113.

ENHANCED PHYTOREMEDIATION OF HYDROCARBON-CONTAMINATED SOIL BY LEGUME SHRUBS

VIDÉO DISPONIBLE
CLIQUEZ ICI

Greco Lucchina P.*, Catania V.***, Di Trapani D.*, Viviani G.*, Quatrini P.**

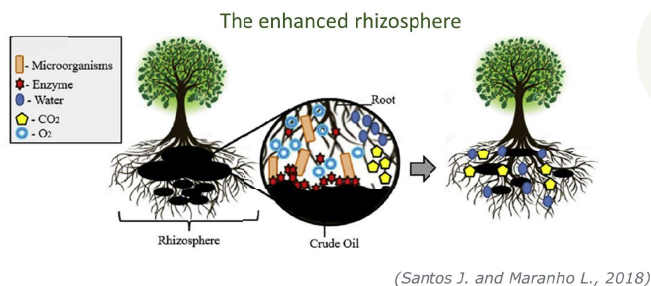
*Dipartimento di Ingegneria, Università di Palermo, Viale delle Scienze, 90128 Palermo Italia

** Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche, Chimiche e Farmaceutiche, Università di Palermo, Viale delle Scienze, 90128 Palermo

The aim of this work is to evaluate the synergy of a nitrogen fixing Mediterranean legume shrub, endowed with a selected myco-rhizosphere, with the soil HC-degrading bacterial populations, indigenous or inoculated, in the bioremediation of a hydrocarbon contaminated soil

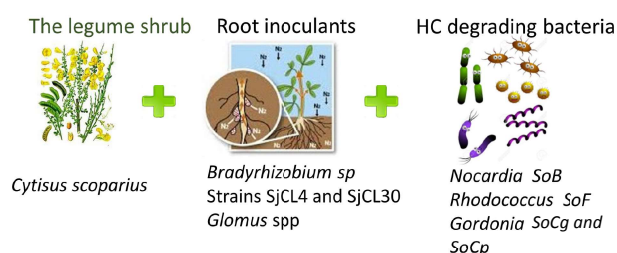
Introduction

In phytoremediation plants enhance the biodegradation activity of their root microbiota by creating favorable conditions for bacterial growth thus promoting faster degradation of contaminants in the soil. The plant tested is *Cytisus scoparius*, a robust legume shrub easy to grow and common in Europe and also in other countries. Selected Hydrocarbon-degrading bacteria, rhizobia and mycorrhizal fungi were inoculated on seeds in order to create the "enhanced rhizosphere" conditions. The soil samples were taken from a site subject, about a year and a half ago, to an accidental spillage of diesel fuel, which caused contamination of the surface soil

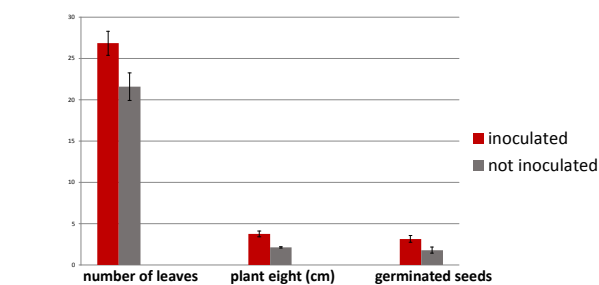
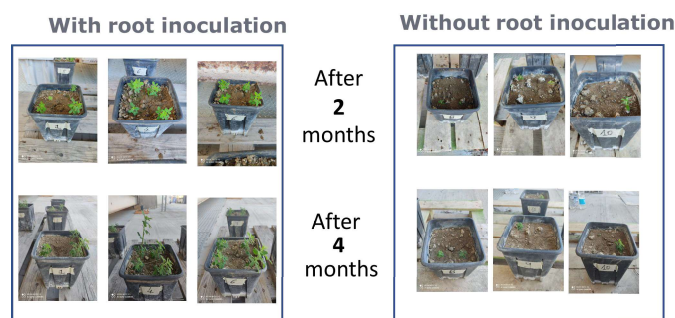


Materials and methods

The experimental set-up was constituted by pots where *Cytisus* seeds were seeded on the hydrocarbon-contaminated soil, with or without inoculation with selected *Bradyrhizobium* strains (Cardinale et al., 2008) and mycorrhizal fungi, inoculated or not with selected HC-degrading bacteria (Quatrini et al., 2008)



First Results



Cytisus germination and growth on HC-contaminated soil after 4 months. (Bars=SE, n = 7)

- Co-inoculation of *Cytisus scoparius* with *Bradyrhizobium* strains and mycorrhizal fungi, significantly increased height and the number of germinated seeds on the HC-contaminated soil in respect to un-inoculated controls
- Hydrocarbon degradation will be monitored in inoculated and un-inoculated pots by GC-FID (Gas-Chromatography with Flame Ionization Detector) at the end of the growing period

These results suggest that legume shrubs might promote environmental remediation of contaminated ecosystems.