

# RFL

#2

## RENCONTRES FRANCOPHONES LÉGUMINEUSES

Pour la terre et les hommes,  
les légumineuses au coeur de l'innovation

**17 & 18 octobre 2018**

Centre de congrès

Pierre-Paul Riquet - TOULOUSE

# Livre des Résumés

Un évènement organisé par





# **LIVRE DES RÉSUMÉS**



# Édito

---

## ***Pour la Terre et les Hommes, les légumineuses au cœur de l'innovation***

En 2016, lors de l'année internationale des "pulses" décrétée par l'Organisation des Nations Unies, l'Inra, le Cirad, Terres Univia et Terres Inovia se sont associés pour organiser les 1<sup>ères</sup> Rencontres Francophones sur les Légumineuses. Étant donné le rôle majeur que ces espèces peuvent jouer pour relever les défis mondiaux du changement climatique et de la sécurité alimentaire, il paraissait **important de favoriser de nouveaux espaces de dialogue pour soutenir la dynamique d'investissement sur ces cultures et ainsi, accroître leur place dans les usages et la production agricole**. Il paraissait tout aussi essentiel, dans le contexte européen et plus largement du bassin méditerranéen, d'engager **une réflexion commune sur l'ensemble des légumineuses, qu'elles soient à graines ou fourragères**, avec un regain d'intérêt particulier sur le développement actuel du soja non-OGM et des légumineuses fourragères pérennes dans les rotations.

L'ensemble des pays de la francophonie disposent d'importantes compétences pour relever ces défis, au travers de nombreux projets et de partenariats historiques de recherche. **La recherche doit aussi plus que jamais, travailler en étroite collaboration avec l'ensemble des opérateurs des filières, pour permettre à ces espèces de retrouver une place d'intérêt et de choix dans les systèmes de culture et les usages**.

Ces rencontres constituent donc un rendez-vous unique pour échanger sur nos approches et visions, provenant aussi bien des opérateurs de la recherche que des filières légumineuses. L'enjeu est d'accélérer l'innovation, dans un large panel de domaines : création de variétés, renouvellement des pratiques culturales, valorisation des services écosystémiques, autonomie alimentaire des élevages, développement de nouveaux produits alimentaires pour les consommateurs, structuration des filières...

Cette dynamique repose sur votre participation en nombre, et l'ensemble du comité scientifique et d'organisation vous remercie. Nous remercions, tout particulièrement, l'ensemble des partenaires, sponsors et orateurs invités, qui se sont associés à ces rencontres, et nous soutiennent dans cette démarche visant à faire converger les projets de l'amont à l'aval des filières pour accroître la compétitivité des filières légumineuses.

Cette 2<sup>ème</sup> édition réunit au total plus de 100 communications orales et près de 100 posters.

### **Des nouveautés pour cette 2<sup>ème</sup> édition !**

Le challenge **Creacook** est une démonstration de l'incroyable inventivité sur ces espèces, qui peuvent s'insérer dans tous nos modes de consommation. Le **Cahier de tendances** nous ouvre à une réflexion transversale, où l'inventivité et l'innovation sont tout autant dans la consommation que dans la production agricole. La **conférence grand public** de clôture nous encouragera à sensibiliser la société civile sur ces enjeux, à mieux faire connaître les légumineuses...

Je tiens à remercier tous les membres du comité scientifique et d'organisation qui se sont investis pour la réussite de ces rencontres, et tout particulièrement l'équipe locale, les président(e)s de sessions, dont

Hélène Marrou pour la réalisation de la vidéo de la session « Des légumineuses dans les systèmes de culture : une analyse comparée Europe/Maghreb/Afrique Sahélienne ».

Face au succès de cet évènement, nous préparons déjà RFL3. **Un comité permanent\*** s'est constitué et reste à votre écoute pour toute proposition qui renforcera la dynamique d'échanges et de co-construction des innovations de demain sur les légumineuses.

Toulousaine d'origine, je vous souhaite à vous tous la bienvenue en région Occitanie et de passer un agréable séjour.

Marie-Benoît MAGRINI

Présidente du comité scientifique  
et du comité d'organisation des RFL2

*\* Le Comité permanent RFL rassemble un à deux représentants nommés des 4 co-organiseurs, ainsi que le/la président(e) de l'édition précédente, pour accompagner les futurs Comités Scientifiques et d'Organisation sur au moins deux éditions. Désigné en septembre 2018, ce comité permanent est composé de Bernadette Julier (Inra), Anne-Sophie Voisin (Inra), Aurélien Briffaz (Cirad), Céline Le Guillou (Terres Univia), Christine Gigandon (Terres Inovia) et Marie-Benoît Magrini (Inra, présidente de l'édition RFL2).*

#### **Remerciements particuliers :**

aux Directions de Terres Univia et Terres Inovia, aux Directions Scientifiques Agriculture, Alimentation et Bioéconomie de l'Inra, au Meta-Programme Glofoods (Inra-Cirad), aux Départements Scientifiques de l'INRA - ALIMH, BAP, EA, MICA, PHASE, SAD -, au département Persyst du CIRAD, à l'Institut Carnot Plant2Pro, à l'INP-Toulouse, aux Centre Inra – Occitanie de Toulouse et de Montpellier et aux unités AGIR et LIPM, pour leurs appuis et soutiens financiers,

à l'ensemble des services communication de l'Inra Occitanie-Toulouse, de Terres Univia et de Terres Inovia pour leur appui constant,

au Conseil Régional Occitanie pour son important soutien financier,

à Agropolis International pour son important soutien financier afin de favoriser la venue des participants des pays francophones,

à la FAO, la DG-AGRI (Union Européenne) pour leurs soutiens,

à la CCI Occitanie et le Réseau Entreprise Network pour l'organisation des rendez-vous d'affaire,

à l'Agence d'expansion de la région Occitanie ADD'OC pour la mise en œuvre de la 3<sup>ème</sup> journée dédiée à la région Occitanie,

à Toulouse-Métropole et le Muséum de Toulouse pour son soutien à la Conférence Grand Public,

aux programmes européen LEGVALUE, et régional PSDR Repro-Innov pour leurs soutiens,

à l'ensemble des sponsors pour leurs soutiens financiers : la coopérative Qualisol, la Chaire AgroSYS, les entreprises Sojasun et Valorex, le GNIS, Barenbrug, Bonduelle, le Geves, Improve, Arterris, Roquette et Food for Tomorrow (Cap Aliment, Pays de la Loire).

aux partenaires locaux qui ont permis de lancer les nouveautés de RFL2, en particulier le :

le laboratoire d'innovation CISALI qui a piloté le challenge Creacook et l'édition du cahier de tendances,

l'Ecole hôtelière de Toulouse et l'Institut du Design de Toulouse associés au challenge Creacook, avec l'Ecole Ingénieurs de Purpan,

à l'Ecole des Ingénieurs Agronomes de Purpan et sa junior Entreprise pour accueillir les participants et la soirée de Gala,

au pôle de compétitivité Agri Sud-Ouest Innovation, Toulouse Agri-Campus pour leurs soutiens,

au service audiovisuel de l'IAMM, et aux sociétés d'audiovisuel By Léguistin et Clipart pour leur efficacité,

et enfin, à l'important travail réalisé par le service SAIC-INP pour toute l'activité de secrétariat et d'organisation de l'évènement.

**Sans l'ensemble de ces soutiens, cette 2<sup>ème</sup> édition des RFL n'aurait pas été possible !**

**La future édition RFL3 sera annoncée à la soirée de Gala de RFL2.**



Premier institut de recherche agronomique en Europe avec 8 165 chercheurs, ingénieurs et techniciens permanents, au 2e rang mondial pour ses publications en sciences agronomiques, l'Inra contribue à la production de connaissances et à l'innovation dans l'alimentation, l'agriculture et l'environnement.

L'Institut déploie sa stratégie de recherche en mobilisant ses 13 départements scientifiques et en s'appuyant sur un réseau unique en Europe, fort de plus de 200 unités de recherche et de 45 unités expérimentales implantées dans 17 centres en région. L'ambition est, dans une perspective mondiale, de contribuer à assurer une alimentation saine et de qualité, une agriculture compétitive et durable ainsi qu'un environnement préservé et valorisé.

Avec près de 1 000 chercheurs, ingénieurs et techniciens Inra, dont 630 titulaires, le centre de Occitanie-Toulouse représente environ 10 % des publications et plus de 12 % des brevets de l'Institut.

Les équipes du centre Inra Occitanie-Toulouse privilégient des activités de recherche et d'innovation en réponse à trois grands enjeux :

des systèmes de production agricoles (végétaux, animaux) et forestiers plus durables et adaptés au changement climatique, avec un accent marqué pour les approches systémiques en agroécologie avec les acteurs en territoire, grâce à une fertilisation croisée entre sciences agronomiques, sciences sociales et sciences de l'information ;

une gestion intégrée de la santé, pour une alimentation plus saine, une adaptation des plantes à un environnement changeant, et par un approfondissement des liens entre santé animale et santé humaine ;

de nouvelles filières de transformation des agroressources pour l'émergence d'une bioéconomie territorialisée.

En savoir plus : [www.inra.fr](http://www.inra.fr)

 @Inra\_France @Inra\_Tlse



Le Cirad est l'organisme français de recherche agronomique et de coopération internationale pour le développement durable des régions tropicales et méditerranéennes. Il produit et transmet, en partenariat avec ces pays, de nouvelles connaissances, pour accompagner le développement agricole et contribuer au débat sur les grands enjeux mondiaux de l'agriculture, de l'alimentation et des territoires ruraux.

Le Cirad bénéficie d'un réseau mondial de dispositifs de recherche et d'enseignement en partenariat et de directions régionales, à partir duquel il mène des activités de coopération avec plus de 100 pays. Il emploie 1 650 agents, dont 800 ingénieurs chercheurs.



**Terres Univia est l'interprofession de la filière française des huiles et des protéines végétales** depuis 40 ans.

Elle est reconnue par les pouvoirs publics comme organisation interprofessionnelle, en France depuis 1976 et en Europe depuis 2013. Elle rassemble **les associations et fédérations professionnelles** concernant la production, la commercialisation et la première utilisation des oléagineux (colza, tournesol, soja, lin, olive...) et des plantes riches en protéines (pois, féverole, lupin, luzerne déshydratée, légumes secs...) Elle représente la filière auprès des pouvoirs publics et participe au développement du secteur des oléo-protéagineux.

#### **Ses missions :**

- Connaître la production et les marchés de la filière
- Promouvoir la filière et ses produits auprès des pouvoirs publics et des consommateurs
- Assurer la qualité, la sécurité et l'environnement des produits
- Orienter, soutenir et valoriser les travaux de recherche
- Organiser et harmoniser les pratiques et les relations professionnelles

#### **Son organisation :**

Elle est structurée selon les grands champs d'activité qu'elle couvre, à travers six commissions spécialisées, transversales et thématiques :

- La production
- La communication et la promotion
- Les études économiques et le suivi des marchés
- L'alimentation humaine
- L'alimentation animale
- Le non alimentaire

#### **Ses ressources :**

Elles proviennent principalement des CVO (Contributions volontaires obligatoires) des producteurs, des collecteurs et utilisateurs.

#### **Les chiffres clés de l'interprofession :**

**110 000** producteurs d'oléagineux et **20 000** de protéagineux cultivent **2,4** millions d'hectares, **6,5** millions de tonnes triturés par **30** opérateurs industriels **8** millions de tonnes de production commercialisée par **600** négociants et coopératives **90%** des foyers français consomment chaque jour des produits issus du secteur des oléoprotéagineux.

11, rue Monceau-CS 60003-75378 Paris Cedex 08 - Tél. : 01 56 89 57 03- Fax : 01 56 89 57 04

En savoir plus : [www.terresunivia.fr](http://www.terresunivia.fr)





Terres Inovia est l'institut technique de référence des professionnels de la filière des huiles et protéines végétales et de la filière chanvre.

Sa mission est d'améliorer la compétitivité des cultures oléagineuses, protéagineuses et du chanvre, par l'innovation et une expertise indépendante, en adaptant la production agricole et la valorisation des produits aux différents contextes économiques et aux demandes sociétales.

Dans un environnement mobilisateur pour ses collaborateurs et des alliances performantes avec ses partenaires, Terres Inovia contribue à mettre en place des systèmes de cultures diversifiés multiperformants, à développer une agriculture numérique, au plus près de la diversité des producteurs dans leurs territoires et à renforcer l'autonomie en protéines de la France.

Chaque année, ses 170 collaborateurs participent à 25 réseaux nationaux et internationaux, lancent 25 nouveaux projets collaboratifs, conduisent un réseau de plus de 600 essais qui produisent 300 000 données, effectuent plus de 24 000 déterminations sur plus de 11 000 échantillons, forment 400 stagiaires, publient plus de 300 articles et organisent près de 200 journées techniques pour les agriculteurs et les techniciens.

Terres Inovia est membre du réseau Acta, qui fédère les instituts techniques agricoles, et fait partie de l'institut Carnot Plant2Pro.

En savoir plus : [www.terresinovia.fr](http://www.terresinovia.fr)



## Sponsors Or



La coopérative QUALISOL est implantée dans le Tarn-et-Garonne et le nord du Gers. Elle travaille avec 3 100 adhérents pour 215 000 tonnes de collecte sur 60 000 hectares. Depuis de nombreuses années, la coopérative poursuit son engagement auprès des agriculteurs et reste fidèle à son éthique, en conseillant sur les pratiques agronomiques, les doses, les conditions et les matériels les plus appropriés, ainsi qu'en fournissant des produits et des semences de qualité. En 2002, elle démarre une activité Bio qui représente aujourd'hui 20% de la SAU. Depuis plus de 10 ans, Qualisol s'est fortement engagé dans la production de légumineuses sur son territoire. D'abord en agriculture biologique puis en agriculture conventionnelle, la production de légumineuses (Pois chiches, lentilles, haricots, etc.) a fortement augmenté depuis 2016. Les productions sont commercialisées sous nos marques Monbio et Instant Nature.

En savoir plus : [www.qualisol.fr](http://www.qualisol.fr)



@qualisol82



La Chaire AgroSYS accompagne la transition agro-écologique par l'ingénierie et la formation. Interface entre les mondes scientifiques et les acteurs des territoires et des filières, entre le public et le privé, elle facilite la mise en place de projets permettant de renforcer la durabilité des agrosystèmes.

Pour les entreprises membres, la chaire fait office d'interface interdisciplinaire avec la communauté scientifique de Montpellier SupAgro (MSA), ses étudiants et ses unités de recherche. Pour MSA, il s'agit d'un outil de renforcement des connections avec le monde de l'entreprise dans le domaine de l'agriculture. Une quinzaine d'enseignants-chercheurs experts dans les thématiques portées par la chaire et rattachés à des unités de recherche montpelliéraines sont investis dans le développement et le fonctionnement d'AgroSYS. Ils encadrent différentes actions mobilisant les étudiants de MSA. Des colloques thématiques rassemblant des experts scientifiques et professionnels sur les questions traitées sont également régulièrement organisés.

En savoir plus : [www.agrosys.fr](http://www.agrosys.fr)

## Sponsors Argent



Experte des produits au soja et des produits laitiers biologiques (connus notamment sous les marques Sojasun et Vrai), notre entreprise familiale bretonne Triballat Noyal s'est construite, depuis 1951, sur des valeurs de progrès social, de préservation des ressources et de santé humaine.

C'est donc assez naturellement qu'elle a créé en 2013 l'Institut Olga Triballat, dont la mission est de mettre l'alimentation au service de la santé durable.

Notre fonds de dotation apporte son soutien à des programmes de recherche et des actions de terrain, sélectionnés lors de l'appel à projets annuel (consultable en janvier sur le site [www.institut-olgatriballat.org](http://www.institut-olgatriballat.org))



Le Groupement National Interprofessionnel des Semences et plants rassemble toutes les parties prenantes de la filière semences. Espace de concertation, il permet à ses membres de définir ensemble leurs relations et d'élaborer les conditions du développement de la filière. Il exerce une mission de service public dans le domaine du contrôle de la qualité et de la certification des semences au travers du Soc, Service Officiel de Contrôle et de Certification.

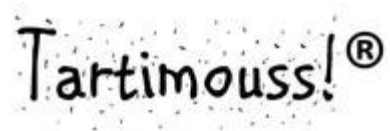


Valorex est le leader européen de la cuisson des graines de lin et des graines de légumineuses, d'origine locale et non OGM, à destination de l'alimentation humaine et animale. Les ingrédients obtenus par procédé breveté se différencient par leurs hautes valeurs nutritionnelles (biodisponibilité des oméga 3, assimilation des acides aminés, source de fibres, élimination des facteurs antinutritionnels...), leurs qualités fonctionnelles et organoleptiques ; pour des applications possibles en meunerie, pâtisserie, biscuiterie, céréales ; sous filières biologiques, bleu-blanc-cœur...

Sponsors Bronze



Sponsors Pépite



# Liste des comités

## Comité scientifique

Marie Joséphe, AMIOT - INRA, Montpellier

Marc, ANTON - INRA, Nantes

Laurent, AUGIER - AgriSudOuestInnovation, Toulouse

Laurent, BEDOUSSAC - ENSFEA, INRA, Toulouse

Hatem, BELHOUCLETTE - IAMM, Montpellier

Régis, BERTHELOT - ARVALIS, Boigneville

Véronique, BIARNES - Terres Inovia, Grignon

Nathalie, BLOSSEVILLE - Terres Univia, Paris

Aurélien, BRIFFAZ - CIRAD, Montpellier (France) et Cotonou (Bénin)

Judith, BURSTIN - INRA, Dijon

Jean-Michel, CHARDIGNY - INRA , Dijon

Muriel, COCAIGN-BOUSQUET - LISBP, INRA, Toulouse

Julie, CULLIMORE - LIPM, Toulouse

Gregory, DESCHAMPS-GUILLAUME - Directeur ENSAT, Toulouse

Frédéric, DEBELLE - INRA,

Jean-Jacques, DREVON - INRA, Montpellier

Gérard, DUC - INRA, Dijon

Robin, DUPONNOIS - IRD/LSTM, Montpellier

Michel, DURU - INRA, Toulouse

Laurence, FONTAINE - ITAB, Angers

Michel, GHANEM - ICARDA, Maroc

Muriel, GINESTE - CISALI, Toulouse

Marie-Hélène, JEUFFROY - INRA, Grignon

Hervé, JUIN - INRA, Magneraud

Bernadette, JULIER - INRA, Lusignan

Hélène, MARROU - Montpellier SupAgro, Montpellier -

Marie-Benoît, MAGRINI - INRA, Toulouse

***Présidente du Comité Scientifique et d'Organisation de RFL2***

Valérie, MICARD - Supagro Montpellier, Montpellier

Zéphirin, MOULOUGUI - INP, ENSIACET, Toulouse

Yves, PRIN - CIRAD/LSTM, Montpellier

Alain, QUINSAC - Terres Inovia, Pessac

Aude, RIDIER - AGROCAMPUS OUEST, INRA, Rennes

Antoine, RONSARD - ITAB, Angers

Jean-Pierre, SARTHOU - ENSAT; INRA, Toulouse

Noémie, SIMON - Terres Univia, Paris

Bruno, TAUPIER-LETAGE - ITAB, Angers

Vincent, VADEZ - ICRISAT-IN, Hyderabad, Inde

Stéphane, WALRAND - INRA, Clermont-Ferrand

## **Comité d'organisation**

Laurent, AUGIER - AgriSudOuestInnovation, Toulouse

Alix, BIDAINE - CCI Occitanie, Enterprise Europe Network, Toulouse

Laurent, BEDOUSSAC - ENSFEA, INRA, Toulouse

Célia, CHOLEZ - INRA, ADEME, Toulouse

Alaeddine, CHOUCHE - INRA, Montpellier

Sandra, FUENTES - INRA, Toulouse

Marlène, GIAMPORCARO - INP, Toulouse

Christine, GIGANDON - Terres Inovia, Thiverval-Grignon

Muriel, GINESTE - CISALI, Toulouse

Nathalie, HAREL - Terres Inovia, Paris

Céline, LE GUILLOU - Terres Univia, Paris

Nam, LY - Terres Univia, Paris

Marie-Benoît, MAGRINI - INRA, Toulouse

*Présidente du Comité Scientifique et d'Organisation de RFL2*

Hélène, MARROU - Montpellier SupAgro, Montpellier

Zéphirin, MOULOINGUI - INP-ENSIACET, Toulouse

Céline, PEIRS - CCI Occitanie, Enterprise Europe Network, Toulouse

Christophe, VOGRINCIC - Terres Inovia, Toulouse



# Programme

[Mercredi, 17.10.2018](#)

9:00 - 9:30	<b>Ouverture des journées</b> par Christian Huyghe - Directeur Scientifique INRA, Jean-Paul Laclau - CIRAD, Directeur département PERSYST), Antoine Henrion - Président de Terres Univia et Karine Gloanec Maurin - Députée Européenne.	
<u><a href="#">Amphi</a></u>	Vidéo introductive par les organisateurs de RFL2 avec les interviews de personnalités clés sur les politiques de relance des légumineuses.	
9:30 - 10:15	<b>Conférence Plénière 1: Panorama mondial de la production, du commerce international et des politiques publiques de soutien aux légumineuses par Dorian Kalamvrezos Navarro de la FAO (Italie).</b> Président(e) de session: <b>Marie-Benoit Magrini</b>	p.40
<u><a href="#">Amphi</a></u>		
10:15 - 11:00	<b>Conférence Plénière 2: Géopolitique de la sécurité alimentaire : un enjeu pour la verticale AME (Afrique-Méditerranée-Europe) par Jean-Louis Rastoin, Professeur émérite à Montpellier SupAgro, Chaire Unesco Alimentation du Monde, IPEMED (France).</b> Président(e) de session: <b>Aurélien Briffaz</b>	p.42
<u><a href="#">Amphi</a></u>		
11:00 - 11:30	<b>Pause café</b>	
<u><a href="#">Espace convivialité</a></u>		
11:30 - 12:30	<b>Conférence Plénière 3: Des légumineuses dans les systèmes de culture : une analyse comparée Europe/Maghreb/Afrique Sahélienne avec Eric Justes du CIRAD (France), Mohamed Kharrat de l'INRAT (Tunisie) et Alpha Baldé du CNRA (Sénégal).</b> Président(e) de session: <b>Hélène Marrou</b>	p.44
<u><a href="#">Amphi</a></u>		
	Quelles solutions pour accroître les légumineuses dans les systèmes de culture ?	p.44
	<u><a href="#">Eric Justes</a></u> CIRAD, France	
	Nouvelles places des légumineuses dans les systèmes de culture : une comparaison	p.46

Europe-Afrique Cas des Pays Maghrébins de l'Afrique du Nord

Mohamed Kharrat

INRAT, Tunisie

---

Quelles solutions pour accroître les légumineuses dans les systèmes de culture au Sénégal et en Afrique de l'Ouest?

p.48

Alpha Bocar Balde, Laure Tall

Institut Senegalaise de recherches Agricole (ISRA)

11:30 - 12:30

**Rendez-vous d'affaires - B2B - Session 1**

[Salle 4](#)

12:30 - 14:00

**Déjeuner debout**

[Espace  
convivialité](#)

14:00 - 15:00

**Conférence Plénière 4: Symbioses entre légumineuses et microorganismes: aspects fondamentaux et appliqués. Avec Jean-Michel Ané de l'Université Wisconsin - Madison (USA) et Diegane Diouf de l'Université Cheikh Anta Diop (Sénégal).**  
Président(e) de session : **Frédéric Debellé**

p.50

[Amphi](#)

---

Des micro-organismes pour les légumineuses et le sol: quelles synergies ?

p.50

Diegane Diouf

Université Cheikh Anta Diop, Sénégal

---

Mécanismes d'établissement des symbioses entre légumineuses et microorganismes : aspects fondamentaux et appliqués

p.50

Jean-Michel Ané

University of Wisconsin - Madison, États Unis

14:00 - 15:00

**Rendez-vous d'affaires - B2B - Session 2**

[Salle 4](#)

15:00 - 16:30

**Session Parallèle 1: Les légumineuses en alimentation animale Exposé introductif "Quelles innovations pour les légumineuses en alimentation animale ?"**

p.52

Président(e) de session: **Hervé Juin**

[Amphi](#)

Exposé introductif "Les légumineuses à graines en alimentation animale" par Corinne Peyronnet de Terres Univia (France)

p.52

---

PRODIVAL® : une solution nouvelle et innovante pour développer l'usage des graines oléo-protéagineuses dans les filières d'élevages afin de répondre aux défis sociétaux de notre Agriculture p.54

Guillaume Chesneau<sup>1</sup>, Hervé Juin<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Valorex, France; <sup>2</sup>INRA EASM, France

---

Diversité des formes d'échanges entre céréaliers et éleveurs en France : des dynamiques collectives pour l'autonomie en légumineuses p.56

Marc Moraine<sup>1</sup>, Sonia Ramonteu<sup>2</sup>, Marie-Benoit Magrini<sup>3</sup>, Jean-Philippe Choisis<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>INRA UMR Innovation, 2 Place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 02; <sup>2</sup>ACTA, Pôle Europe et Régions, 149 Rue de Bercy, 75012 Paris; <sup>3</sup>INRA - UMR 1248 AGIR, 24 chemin de Borde Rouge, CS 52627 31326 Castanet-Tolosan; <sup>4</sup>INRA UMR SELMET, 2 Place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 02

---

FLASH | Quels itinéraires techniques dans quels systèmes de cultures pour sécuriser et augmenter la production de protéagineux grains destinés à l'alimentation animale p.58

Caroline Cocoual  
Chambre d'Agriculture de Bretagne, France

---

FLASH | Utilisation digestive des graines protéagineuses traitées et leur valorisation par les vaches laitières p.60

Solveig Mendowski<sup>1,3</sup>, Patrick Chapoutot<sup>2</sup>, Anne Ferlay<sup>1</sup>, Guillaume Chesneau<sup>3</sup>, Francis Enjalbert<sup>4</sup>, Antoine Germain<sup>3</sup>, Vincent Largeau<sup>1</sup>, Lucette Genestoux<sup>1</sup>, Sylvie Rudel<sup>5</sup>, Pierre Nozière<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Université Clermont Auvergne, INRA, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France; <sup>2</sup>UMR MoSAR, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, F-75005 Paris, France; <sup>3</sup>Valorex, La Messayais, F-35210 Combourtillé, France; <sup>4</sup>UMR GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, ENVT, F-31320 Castanet Tolosan, France; <sup>5</sup>UE Herbipôle, INRA, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

---

FLASH | Distribution d'enrubannage de luzerne à des porcs en croissance pour gagner en autonomie protéique p.62

Stéphane Ferchaud<sup>1</sup>, Antoine Roinsard<sup>2</sup>, Tony Terrasson<sup>1</sup>, Franck Guiraud<sup>1</sup>, Cécile Bonnefont<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>INRA GENESI, Rouillé France; <sup>2</sup>ITAB, 49105 Angers, France; <sup>3</sup>INRA GENPHYSE, INRA, ENVT Castanet Tolosan, France

15:00 - 16:30

**Session Parallèle 2: Utiliser les légumineuses et leurs symbioses** p.64  
Président(e) de session: **Yves Prin**

[Salle 14](#)

Comparaison de l'effet de la fertilisation azotée sur la croissance et la fixation symbiotique de dix espèces de légumineuses	p.64
Maé Guinet, Bernard Nicolardot, Vincent Durey, Cécile Revellin, Frédéric Lombard, Eric Pimet, Bizouard Florian, <u>Anne-Sophie Voisin</u> UMR Agroécologie, AgroSup Dijon, CNRS, INRA, Université Bourgogne Franche Comté, France	
Caractérisation et sélection de souches tolérantes au stress isolées des nodules de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. possédant des caractéristiques intéressantes pour la croissance des plantes	p.66
<u>Imane EL Attar</u> <sup>1,2</sup> , Kaoutar Taha <sup>1</sup> , Berraho El Bekkay <sup>1</sup> , Mhamed El Khadir <sup>2</sup> , Imane Thami Alami <sup>2</sup> , Jamal Auragh <sup>1</sup> <sup>1</sup> Unité de Microbiologie et de Biologie moléculaire, Centre de recherche Biotechnologies Végétales et Microbiennes, Biodiversité et Environnement Faculté des Sciences, Université Mohammed V de Rabat, Maroc; <sup>2</sup> Institut National de Recherches Agronomiques (INRA), B.P.415, Rabat, Maroc	
Maintenir l'intégrité des nodosités fixatrices d'azote ? Des facteurs végétaux, bactériens et abiotiques nécessaires pour la robustesse d'un équilibre symbiotique	p.68
<u>Jean-Malo Couzigou</u> <sup>1,2</sup> , Raphael Ledermann <sup>1</sup> , Kevin Magne <sup>3</sup> , Pascal Ratet <sup>3</sup> , Julia Vorholt <sup>1</sup> , Fischer Hans-Martin <sup>1</sup> <sup>1</sup> Institute of Microbiology, ETH Zürich, Suisse; <sup>2</sup> Laboratoire de Recherche en Sciences Végétales, CNRS - Université Paul Sabatier / Toulouse III, France; <sup>3</sup> Institute of Plant Science Paris-Saclay, CNRS - INRA - Université Paris Sud, France	
FLASH   Effet combiné des souches de <i>Rhizobium laguerreae</i> et de PGPRs sur la croissance de la lentille ( <i>Lens culinaris</i> Medik.) dans des conditions de déficit hydrique	p.70
<u>Kaoutar Taha</u> <sup>1</sup> , Imane El Attar <sup>1</sup> , Amina Raif <sup>1</sup> , Imane Thami Alami <sup>2</sup> , Jamal Auragh <sup>1</sup> , Gilles Bena <sup>3</sup> , El Bekkay Berahho <sup>1</sup> <sup>1</sup> Unité de Microbiologie et de Biologie moléculaire, Centre de recherche Biotechnologies Végétales et Microbiennes, Biodiversité et Environnement Faculté des Sciences, Université Mohammed V de Rabat, Maroc; <sup>2</sup> Institut National de Recherches Agronomiques (INRA), Rabat, Maroc; <sup>3</sup> IRD, Cirad, Université de Montpellier, Unité Interactions Plantes-Microorganismes-Environnement (IPME), Montpellier, France	
FLASH   Evaluation de l'effet, et de l'arrière-effet, des légumineuses sur le fonctionnement biologique du sol par l'étude d'un bioindicateur : la nématofaune du sol	p.72
<u>Camille Chauvin</u> <sup>1</sup> , Anne Schneider <sup>2</sup> , Cécile Villenave <sup>1</sup>	

<sup>1</sup>ELISOL environnement, France; <sup>2</sup>TERRES INOVIA, France

---

FLASH | Analyse écophysiological de la récupération après un stress hydrique chez la légumineuse à graines *Pisum sativum* p.74

Mégane Couchoud, Marion Prudent, Sylvie Girodet, Vanessa Vernoud, Christophe Salon  
INRA, France

---

FLASH | Mesure de la concentration et de la distribution de la leghémoglobine au sein de nodosités de pois protéagineux par imagerie hyperspectrale proche infrarouge. p.76

Damien Eylenbosch<sup>1</sup>, Vincent Baeten<sup>2</sup>, Pierre Delaplace<sup>1</sup>, Benjamin Dumont<sup>1</sup>, Juan Antonio Fernández Pierna<sup>2</sup>, Bernard Bodson<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Belgique; <sup>2</sup>Centre wallon de Recherches Agronomiques, Belgique

15:00 - 16:30

[Salle 15](#)

**Session Parallèle 3: Les systèmes agricoles avec les légumineuses : le cas des associations de cultures** p.78

Président(e) de session: **Véronique Biarnes**

---

Faciliter la production de légumineuses à graines en y associant une céréale : cas de la lentille et du lupin blanc d'hiver p.78

Nicolas Carton<sup>1,2</sup>, Loïc Viguié<sup>3,4</sup>, Laurent Bedoussac<sup>5</sup>, Etienne-Pascal Journet<sup>3,6</sup>, Christophe Naudin<sup>1</sup>, Guillaume Piva<sup>1</sup>, Guénaëlle Corre-Hellou<sup>1</sup>, Eric Justes<sup>3,7</sup>

<sup>1</sup>USC LEVA, INRA, Ecole Supérieure d'Agricultures, Univ. Bretagne Loire, SFR 4207 QUASAV, Angers, France.; <sup>2</sup>Adresse courante: Department of Biosystems and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Suède; <sup>3</sup>AGIR, Université de Toulouse, INRA, Castanet-Tolosan, France; <sup>4</sup>Qualisol, Castelsarrasin, France; <sup>5</sup>AGIR, Université de Toulouse, INRA, ENSFEA, Castanet-Tolosan, France; <sup>6</sup>Laboratoire des Interactions Plantes-Microorganismes, LIPM, Université de Toulouse, CNRS, INRA, Castanet-Tolosan, France; <sup>7</sup>Adresse courante : CIRAD, UMR SYSTEM, 34000 Montpellier, France

---

Potentiel du Haricot mungo à augmenter les Rendements de Mil au Sénégal p.80

André Diatta, Wade Thomason, Ozzie Abaye  
Department of Crop & Soil Environmental Sciences, Virginia Tech, USA

---

L'association de plantes compagnes aux protéagineux grains pour sécuriser la production en agriculture conventionnelle et biologique. p.82

Céline Bourlet<sup>1</sup>, Aline Vandewalle<sup>1</sup>, Gwilherm Jobic<sup>1</sup>, Solen Leherissey<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, France; <sup>2</sup>Pole Agronomique Ouest

15:00 - 16:30

[Salle 4](#)

FLASH   Effet de l'association Céréales - légumineuses et de la Fertilisation Organominérale sur le Rendement du Mil dans le Bassin Arachidier, Sénégal	p.84
<u>Fatou Tine</u> <sup>1</sup> , Alpha Bocar Balde <sup>1</sup> , Sekouna Diatta <sup>2</sup> , Alfred Kouly Tine <sup>1</sup> , Doohong Min <sup>3</sup> , Ousmane Sy <sup>1</sup> <sup>1</sup> Institut Senegalaise de recherches Agricole (ISRA); <sup>2</sup> Universite cheikh Anta Diop; <sup>3</sup> Kansas State University	
FLASH   La culture en association de blé et de pois d'hiver : une technique culturale pour sécuriser et optimiser la production de protéines en climat tempéré.	p.86
<u>Jérôme Pierreux</u> , Pierre Delaplace, Bernard Bodson, Benjamin Dumont Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique	
FLASH   Les légumineuses, un si bon précédent azoté ?	p.88
<u>Guénaëlle Hellou</u> <sup>1</sup> , Elise Pelzer <sup>2</sup> , Etienne Pascal-Journet <sup>3</sup> <sup>1</sup> ESA, LEVA (Legumineuses, Ecophysiologie Végétale, Agroécologie), USC ESA-INRA 1432; <sup>2</sup> INRA, Grignon; <sup>3</sup> INRA, Toulouse	
<b>Session Parallèle 4: Les légumineuses en alimentation humaine : les produits fermentés</b>	p.90
Fermentation: nouveaux avènements pour les légumineuses ?	p.90
<u>Isabelle Souchon</u> , Françoise Irlinger, Anne Saint-Eve, Sandra Helinck, Pascal Bonnarne, Sophie Landaud INRA, France	
Design de communautés bactériennes pour fermenter un nouvel aliment associant lait et légumineuse	p.92
<u>Valérie Gagnaire</u> <sup>1</sup> , Fanny Canon <sup>1</sup> , Mahendra Mariadassou <sup>2</sup> , Hélène Falentin <sup>1</sup> , Sandrine Parayre <sup>1</sup> , Marie-Bernadette Maillard <sup>1</sup> , Gwénaële Henry <sup>1</sup> , Marie-Noëlle Madec <sup>1</sup> , Florence Valence-Bertel <sup>1</sup> , Olivia Ménard <sup>1</sup> , Valérie Laroute <sup>3</sup> , Marie-Line Daveran-Mingot <sup>3</sup> , Muriel Cocaïgn-Bousquet <sup>3</sup> , Anne Thierry <sup>1</sup> <sup>1</sup> INRA Agrocampus Ouest,UMR1253 STLO, France; <sup>2</sup> INRA MaIAGE, France; <sup>3</sup> INRA LISBP, France	
Projet CoLeg : fermentation de trois légumineuses par différentes communautés microbiennes, en vue de développer de nouveaux aliments fermentés	p.94
<u>Anne Thierry</u> <sup>1</sup> , Françoise Rul <sup>2</sup> , Valérie Gagnaire <sup>1</sup> , Fiona Lauraire <sup>3</sup> , Marie Valmori <sup>1</sup> , Marie-Bernadette Maillard <sup>1</sup> , Anne Saint Eve <sup>3</sup> , Vincent Juillard <sup>2</sup> , Marie-Line Daveran <sup>4</sup> , Muriel Cocaïgn-Bousquet <sup>4</sup> , Valérie Laroute <sup>4</sup> , Françoise Irlinger <sup>3</sup> <sup>1</sup> STLO, INRA, Agrocampus Ouest, France; <sup>2</sup> Micalis, INRA, France; <sup>3</sup> UMR782, GMPA,	

INRA, AgroParisTechFrance; <sup>4</sup>LISBP, Université de Toulouse, CNRS, INRA, INSA, France

---

FLASH | *S. thermophilus* et jus de soja : des atouts pour le développement de nouveaux aliments fermentés. p.96

Mylène Boulay, Maher Al Haddad, Marie-louise Noordine, Muriel Thomas, Françoise Rul  
INRA, France

---

FLASH | Les légumineuses germées, un super aliment p.98

Laurent Spanghero  
Entreprise Nutrinat, France

15:00 - 16:30

[Salle 9](#)

**Session Parallèle 5: Les agriculteurs face aux légumineuses** p.100  
Président(e) de session: **Nathalie Blosseville**

---

Déterminants économiques du développement des légumineuses dans les systèmes de production agricole : approche par les coûts d'opportunité et les coûts de transaction p.100

Julia Jouan<sup>1</sup>, Aude Ridier<sup>1</sup>, Matthieu Carof<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>SMART-LERECO, AGROCAMPUS OUEST, INRA, France; <sup>2</sup>SAS, AGROCAMPUS OUEST, INRA 35000 Rennes, France

---

Trajectoires d'insertion de légumineuses dans les exploitations agricoles de deux territoires (Bourgogne et Pays de la Loire) p.102

Marie Mawois<sup>1</sup>, Andréa Vidal<sup>1</sup>, Eva Revoyron<sup>2,1</sup>, Marion Casagrande<sup>2,3</sup>, Marie-Hélène Jeuffroy<sup>4</sup>, Marianne Le Bail<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>USC LEVA, INRA, Ecole Supérieure d'Agricultures, Univ. Bretagne Loire, SFR 4207 QUASAV; <sup>2</sup>Département « Agroécologie et Environnement », ISARA-Lyon (membre de l'Université de Lyon); <sup>3</sup>ITAB; <sup>4</sup>UMR Agronomie, INRA-AgroParisTech; <sup>5</sup>UMR SAD-APT, INRA-AgroParisTech

---

Les collectifs comme levier d'innovations : retour d'expériences sur la production de légumineuses en Bourgogne-Franche-Comté p.104

Corinne Tanguy<sup>1</sup>, Marie-Hélène Vergote<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>CESAER, AgroSup Dijon, INRA Université de Bourgogne Franche-Comté; <sup>2</sup>Chercheure associée au centre de recherche en gestion I3-CRG, École polytechnique, CNRS, Université Paris-Saclay

---

FLASH | Le rôle du conseil agricole dans l'introduction du pois chiche en agriculture conventionnelle dans le Sud-Ouest de la France p.106

Pierre Triboulet, Matthieu Ansaloni, Soungalo Ouattara, Marie-Benoit Magrini, Pierre Labarthe

UMR AGIR, INRA, Université de Toulouse, France

---

FLASH | Analyse socio-économique des chaînes de valeur légumineuses en Europe :  
quels premiers enseignements ? p.108

Tiana Smadja<sup>1</sup>, Frédéric Muel<sup>1</sup>, Nathalie Blosseville<sup>2</sup>, Marie-Benoît Magrini<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Terres Inovia, France; <sup>2</sup>Terres Univia, France; <sup>3</sup>INRA, France

---

FLASH | Conception et évaluation de scénarios agronomiques de réintroduction de  
légumineuses dans un territoire de Bourgogne p.110

Marion Soulié, Mathilde Bonifazi, Laurence Guichard, Maude Quinio, Rémy Ballot,  
Marie-Hélène Jeuffroy, Elise Pelzer  
INRA, France

16:30 - 17:00

**Pause café**

[Espace  
convivialité](#)

17:00 - 18:15

**Session Parallèle 6: Les procédés technologiques de transformation des  
légumineuses** p.112

Présidente de session: **Noemie Simon**

Président de session: **Marc Anton**

---

Composition et structure d'isolats commerciaux de protéines de pois en comparaison  
aux protéines natives p.112

Veronique Sole-Jamault, Adeline Boire

INRA, UR1268 Biopolymères Interactions et Assemblages, France

---

Des protéines au service de l'extraction de contaminants hydrophobes dans des  
matrices végétales p.114

Géraldine Giacinti<sup>1,2</sup>, Valérie Simon<sup>1</sup>, Christine Raynaud<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Chimie Agro-Industrielle, LCA, INRA, Université de Toulouse, Toulouse,  
France; <sup>2</sup>Centre d'application et de Traitement des Agroressources (CATAR), Toulouse-  
INP, Toulouse, France

---

FLASH | Modélisation du comportement des alpha-galactosides au cours du trempage-  
cuisson du niébé en vue d'une réduction de son pouvoir antinutritionnel p.116

Fanny Coffigniez<sup>1</sup>, Aurélien Briffaz<sup>1</sup>, Christian Mestres<sup>1</sup>, Philippe Bohuon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIRAD, France; <sup>2</sup>Montpellier SupAgro, France

---

FLASH | Optimisation des procédés de séchage du couscous des variétés du niébé  
(Béroua) p.118



Issoufou Amadou<sup>1</sup>, Hassane Mounkaila Adamou<sup>1</sup>, Mahamadou Elhadji Gounga<sup>1</sup>, Abdoul-Aziz Saidou<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger; <sup>2</sup>UMR AGAP, CIRAD Montpellier, France

---

FLASH | Propriétés rhéologiques de mousses de génoises enrichies en protéines de pois p.118

Mélissa Assad-Bustillos<sup>1,2,3</sup>, Camille Jonchere<sup>1</sup>, Catherine Garnier<sup>1</sup>, Guy Della Valle<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRA BIA – UR 1268, Biopolymères Interactions et Assemblages - France; <sup>2</sup>INRA CSGA – Centre des Sciences du Goût et l'Alimentation - France; <sup>3</sup>Cérélab® - France

---

FLASH | Fabrication de microgels de protéines de pois : impact de la structure sur les cinétiques de digestion. p.120

Léa Salelles<sup>1</sup>, Steven Le Feuten<sup>2</sup>, Giana Almeida-Perré<sup>1</sup>, Véronique Bosc<sup>1</sup>, Véronique Solé-Jamault<sup>3</sup>, Adeline Boire<sup>3</sup>, Paul Menut<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingénierie Procédés Aliments, AgroParisTech, INRA, Université Paris-Saclay, 91300, Massy, France; <sup>2</sup>UMR GMPA, AgroParisTech, INRA, Université Paris-Saclay, 78850, Thiverval-Grignon, France; <sup>3</sup>INRA, UR1268 Biopolymères Interactions et Assemblages, F-44316 Nantes, France

17:00 - 18:15

[Salle 14](#)

**Session Parallèle 7: La génétique au service des légumineuses** p.122  
Président(e) de session: **Michel Ghanem**

---

Caractérisation fonctionnelle des partenaires de l'association pois/blé pour l'optimisation d'agro-écosystèmes durables via le levier génétique. p.122

Thibault Guegan, Anthony Klein, Juliette Martin, Luc Sondenecker, Hervé Houtin, Barbara Pivato, Christophe Lecomte, Judith Burstin  
INRA, France

---

Evaluation participative multilocale du compromis grains-fourrage de variétés de niébé dans les zones Centre-sud et Ouest du Niger p.124

Abdoul-Aziz Saidou<sup>1,2</sup>, Hassane Bil-Assanou Issoufou<sup>2</sup>, Nouhou Salifou Jangorzo<sup>2</sup>, Aminou Ali<sup>3</sup>, Sanoussi Hassane<sup>4</sup>, Mahamane Nourou Saadou Souley<sup>2</sup>, Mahamane Saadou<sup>5</sup>

<sup>1</sup>CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France. AGAP, Univ Montpellier, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, Montpellier, France.; <sup>2</sup>UMR DAP, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Avenue Maman Koraou Maradi, Niger; <sup>3</sup>FUMA Gaskiya, Maradi, Niger; <sup>4</sup>FUGPN Mooriben, Niamey, Niger; <sup>5</sup>Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

---

Adapter la composition protéique des graines de légumineuses en fonction des usages p.124

Karine Gallardo, Christine Le Signor, Kévin Cartelier, Vanessa Vernoud, Richard Thompson, Judith Burstin  
INRA, France

---

FLASH | Séquençage du génome du lupin blanc, un modèle pour étudier les adaptations du système racinaire p.126

Bárbara Hufnagle<sup>1</sup>, André Marques<sup>1</sup>, William Marande<sup>2</sup>, Erika Sallet<sup>3</sup>, Alexandre Sorriano<sup>1</sup>, Sebastien Carrere<sup>3</sup>, Sandrine Arribat<sup>2</sup>, Hélène Bergès<sup>2</sup>, Jérôme Gouzy<sup>3</sup>, Benjamin Péret<sup>1</sup>

<sup>1</sup>BPMP, CNRS, France; <sup>2</sup>CNRGV, INRA, France; <sup>3</sup>LIPM, INRA, France

---

FLASH | EcovAB, comment conduire l'évaluation variétale en Agriculture Biologique ? p.126

Laurence Fontaine<sup>1</sup>, Cécile Le Gall<sup>2</sup>, Philippe Du Cheyron<sup>3</sup>, Marie-Hélène Bernicot<sup>4</sup>, Mathieu Floriot<sup>5</sup>, Bernard Rolland<sup>6</sup>, Moutier Nathalie<sup>7</sup>, Enguerand Eburel<sup>8</sup>, François Boissinot<sup>9</sup>, Mathieu Conseil<sup>10</sup>, Pierre Thévenon<sup>11</sup>, Patrice Côte<sup>12</sup>, Jean Champion<sup>13</sup>  
<sup>1</sup>ITAB; <sup>2</sup>Terres Inovia; <sup>3</sup>Arvalis; <sup>4</sup>GEVES; <sup>5</sup>Agri Obtentions; <sup>6</sup>INRA IGEPP; <sup>7</sup>INRA IGEPP; <sup>8</sup>CREAB; <sup>9</sup>Chambre régionale d'agriculture de Pays de la Loire; <sup>10</sup>IBB; <sup>11</sup>Agorbio Poitou Charente; <sup>12</sup>Chambre d'agriculture de l'Yonne; <sup>13</sup>Chambre d'agriculture de la Drôme

---

FLASH | Relation entre les caractères morphologiques observés sur des plantes espacées et les indices de compétition intra et inter-spécifiques chez la luzerne p.128

Bernadette Julier, Gaëtan Louarn

INRA, France, P3F, UR4, RD 150 Le Chêne, CS80006, 86600 Lusignan

17:00 - 18:15

[Salle 15](#)

**Session Parallèle 8: Les systèmes agricoles avec les légumineuses** p.130  
Président(e) de session: **Marie-Hélène jeuffroy**

---

Les légumineuses pour des systèmes agricoles durables dans les régions de savane du nord de la Côte d'Ivoire: cas des régions du Poro, du Tchologo et de la Bagoué p.130

Kouassi Guy Brou<sup>1</sup>, Nafan Diarrassouba<sup>1</sup>, Souleymane Silue<sup>1</sup>, Konan Charles Kouakou<sup>2</sup>, Gboko Konan Gatién Brou<sup>1</sup>, Jean Baptiste Akadie<sup>2</sup>, Koffi li Nazaire Kouassi<sup>4</sup>, Abdourahamane Sangaré<sup>2</sup>, Denezon Odette Dogbo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Université Peleforo GON COULIBALY (UPGC), Cote d'Ivoire; <sup>2</sup>Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Cote d'Ivoire; <sup>3</sup>Université Nangui Abrogoua (UNA), Cote d'Ivoire; <sup>4</sup>Université Félix Houphoët Boigny (UFHB), Cote d'Ivoire

---

Traque aux innovations pour aider à la conception d'associations de culture incluant des légumineuses p.132

Valentin Verret<sup>1</sup>, Elise Pelzer<sup>1</sup>, Laurent Bedoussac<sup>2</sup>, Marie-Hélène Jeuffroy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UMR Agronomie, INRA, France; <sup>2</sup>AGIR, Université de Toulouse, INRA, ENSFEA, France

FLASH | Evaluation de l'adaptation et de la production du *Sulla coronaria* dans les conditions agro-écologiques du Sahara algérien en irrigué (cas de la région du M'Zab) p.134

Bakir Moussaouali, Baelhadj Hamdi-Aïssa  
Université Kasdi Merbah - Ouargla (Algérie), Algérie

FLASH | Classification de la diversité spécifique des légumineuses pour la fourniture de trois services écosystémiques : Fixation biologique de l'azote, suppression des adventices et stabilité de la production dans les conditions méditerranéennes. p.136

Julie Pitchers<sup>1</sup>, Hélène Marrou<sup>1</sup>, Michel Ghanem<sup>2</sup>, Jacques Wery<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>UMR System, Montpellier SupAgro, Montpellier, France; <sup>2</sup>ITK, CAP ALPHA - Avenue de l'Europe - 34830 Clapiers; <sup>3</sup>International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Cairo, Egypt

FLASH | Paramètres du sol déterminant l'infestation au *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke p.138

Abou Soufianou Sadda<sup>1</sup>, Salifou Nouhou Jangorzo<sup>1</sup>, Maliki Sani Maman<sup>1</sup>, Mahaman Nourou Saadou Souley<sup>1</sup>, Abdoul-Aziz Saidou<sup>2</sup>, Abdoulaye Diouf<sup>1</sup>, Oumarou malan Issa<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger; <sup>2</sup>CIRAD Montpellier, UMR AGAP; <sup>3</sup>Institut de Recherche pour le développement, IRD France

17:00 - 18:15

[Salle 4](#)

**Session Parallèle 9: Les apports nutritionnels des légumineuses** p.140  
Président(e) de session: **Stéphane Walrand**

Une substitution de 70% des protéines de Lactosérum par des protéines de Soja permet de maintenir l'effet anabolique du repas dans le muscle squelettique du rat âgé p.140

Marianne Jarzaguet<sup>1</sup>, Gwénaele Joubrel<sup>2</sup>, Théo Efstathiou<sup>3</sup>, Didier Remond<sup>1</sup>, Dominique Dardevet<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Université Clermont Auvergne, INRA, UNH, Unité de Nutrition Humaine, CRNH Auvergne, F-63000; <sup>2</sup>Triballat Noyal, F-35530 Noyal-sur-Vilaine; <sup>3</sup>Nutrinov, F-35000 Rennes

La génétique au service du goût : caractérisation de mutants pour l'accumulation de saponines et l'activité lipoxygénase dans les graines de pois (*Pisum sativum*). p.142

Vanessa Vernoud<sup>1</sup>, Julie Marais<sup>1</sup>, Ludivine Lebeigle<sup>1</sup>, Christine Le Signor<sup>1</sup>, Brigitte Darchy<sup>1</sup>, Bonastre Oliete<sup>2</sup>, Anthony Klein<sup>1</sup>, Saurel Rémi<sup>2</sup>, Gérard Duc<sup>1</sup>, Marie-Aleth Lacaille-Dubois<sup>3</sup>, Richard Thompson<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>INRA, UMR Agroécologie, Dijon, France; <sup>2</sup>Agrosup, UMR PAM, Dijon, France; <sup>3</sup>Laboratoire de Pharmacognosie, Univ. Bourgogne Franche-Comté, Dijon, France

Evaluation de la déstructuration orale de protéagineux extrudés p.144

Magdalena Kristiawan<sup>1</sup>, Thomas Megarademy<sup>2</sup>, Christine Al Chamieh<sup>1</sup>, Anne-Laure Reguerre<sup>1</sup>, Azad Emin<sup>3</sup>, Valérie Micard<sup>4</sup>, Christian Salles<sup>2</sup>, Guy Della Valle<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>IINRA, UR 1268 Biopolymères Interactions Assemblages (BIA), 44316 Nantes, France;  
<sup>2</sup>CSGA (Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation), CNRS, INRA, AgroSup Dijon, Université de Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France; <sup>3</sup>Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Process Engineering in Life Sciences, 76131 Karlsruhe, Germany; <sup>4</sup>IATE, Montpellier SupAgro, INRA, Univ. Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

---

FLASH | Effet de la consommation des pâtes alimentaires mixtes blé-légumineuses sur le métabolisme protéique du rat âgé p.146

Insaf Berrazaga<sup>1,2</sup>, Claire Bourlieu-Lacanal<sup>2</sup>, Karima Laleg<sup>1</sup>, Jérôme Salles<sup>1</sup>, Christelle Guillet<sup>1</sup>, Véronique Patrac<sup>1</sup>, Christophe Giraudet<sup>1</sup>, Olivier Le Bacquer<sup>1</sup>, Yves Boirie<sup>1,3</sup>, Stéphane Walrand<sup>1</sup>, Valérie Micard<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>UNH, Unité de Nutrition Humaine, CRNH, Université Clermont Auvergne, INRA, Auvergne, 63000 Clermont-Ferrand, France; <sup>2</sup>UMR IATE, Ingénierie des agropolymères et technologies émergentes Université Montpellier, Montpellier SupAgro, INRA, CIRAD, 34060 Montpellier, France; <sup>3</sup>Service de Nutrition Clinique, CHU Gabriel Montpied, 63000 Clermont-Ferrand, France

---

FLASH | Effet des pois chiches et des composés antinutritionnels naturellement présents dans les légumineuses sur la lipolyse intestinale et la biodisponibilité de la vitamine K p.148

Marielle Margier<sup>1</sup>, Giulia Scorano<sup>1</sup>, Tiffany Antoine<sup>1</sup>, Yacine Ba<sup>1</sup>, Marion Nowicki<sup>1</sup>, Charlotte Halimi<sup>1</sup>, Matthieu Maillot<sup>2</sup>, Stéphane Georgé<sup>3</sup>, Emmanuelle Reboul<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>AMU, INSERM, INRA, C2VN, Marseille, France; <sup>2</sup>MS-Nutrition, AMU, Marseille, France; <sup>3</sup>Unité qualité nutritionnelle des produits végétaux, CTCPA, Avignon, France

17:00 - 18:15

[Salle 9](#)

---

**Session Parallèle 10: La structuration de filières légumineuses** p.150  
Président(e) de session: **Aude Ridier**

---

Les filières des légumineuses à graines biologiques p.150

Charlotte Canale, Céline Le Guillou, Timothy François, Françoise Labalette  
Terres Univia, France

---

Diversification des systèmes de culture avec le soja, études de cas dans de nouveaux bassins de production p.152

Vincent Lecomte  
Terres Inovia, France

---

Pionnier dans le secteur des protéines végétales de spécialité destinées aux marchés de l'Alimentation, de la Nutrition et de la Santé, Roquette déploie une stratégie p.154

d'approvisionnement unique pour sécuriser une filière pois français durable et responsable.

Pierangelo Marconi  
ROQUETTE, France

---

FLASH | Charte Soja de France - la garantie d'un soja français, non OGM, tracé et durable à chaque étape de la filière.

p.156

Charlotte Canale, Françoise Labalette  
Terres Univia, France

---

FLASH | La délibération collective autour de la qualité : un vecteur possible de transition agroécologique. Le cas de la mise en place d'une filière légumes secs par une coopérative d'Occitanie

p.158

Catherine Milou<sup>1</sup>, Jean-Pierre Del Corso<sup>2</sup>, Charilaos Kephaliacos<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Lereps-Qualisol, France; <sup>2</sup>Lereps-Ensfea, France

18:15 - 19:00

**Pause et acheminement vers l'école Ingénieur de Purpan (à proximité du centre de congrès)**

19:00 - 20:00

**Conférence Plénière 5: Entre passé et futur, réinventer les usages de consommation des légumineuses, par Muriel Gineste de CISALI (France)**

[Grand Hall de l'EI Purpan](#)

Présentation et dégustation - Challenge CREACOOK

p.160

20:00 - 20:15

**Lauréats PROT'EAT 2018: Communication Flash des lauréats du Concours PROT'EAT 2018**

[Grand Hall de l'EI Purpan](#)

Président(e) de session: **Noemie Simon**  
"TARTIMOUSS!" et "LIFE LOVING FOODS"

---

FLASH | Tartimouss!: une nouvelle pâte à tartiner à base de féveroles

p.162

Béatrice Maire<sup>1</sup>, Aymeric Dezobry<sup>2</sup>

<sup>1</sup>les chocolats du croisé, France; <sup>2</sup>Agora, coopérative agricole, France

---

FLASH | Aliments végétaliens riche en protéines végétales

p.162

Hani Zeid  
Life Loving Foods / AVBM SAS, France

20:15 - 22:00

**Soirée de Gala à l'école Ingénieurs de Purpan**

[Grand Hall de l'EI Purpan](#)

## Jeudi, 18.10.2018

8:30 - 9:00	<b>Café d'accueil</b>	
<a href="#">Espace convivialité</a>		
9:00 - 10:00	<b>Conférence Plénière 6: Des légumineuses dans nos assiettes : que nous dit la science ? Par Daniel Tomé d'AgroParisTech (France) et Claire Mouquet-Rivier de l'IRD (France/Bénin)</b>	p.164
<a href="#">Amphi</a>	Président(e) de session: <b>Marie Josèphe Amiot</b>	
10:00 - 10:45	<b>Conférence Plénière 7: Innovations technologiques dans la transformation des protéines végétales: quels atouts pour les légumineuses ? par Michel Lopez d'IMPROVE (France)</b>	p.168
<a href="#">Amphi</a>	Président(e) de session: <b>Marc Anton</b>	
10:45 - 11:15	<b>Pause café</b>	
<a href="#">Espace convivialité</a>		
11:15 - 12:30	<b>Session Posters</b>	
11:15 - 12:30	<b>Rendez-vous d'affaires - B2B - Session 3</b>	
<a href="#">Salle 4</a>		
12:30 - 14:00	<b>Déjeuner debout</b>	
<a href="#">Espace convivialité</a>		
14:00 - 15:30	<b>Session Parallèle 11: Le consommateur face aux légumineuses</b>	p.170
<a href="#">Amphi</a>	Président(e) de session: <b>Valérie Micard</b> Président(e) de session: <b>Noemie Simon</b>	
	<hr/> <b>Nouveaux aliments à base de légumineuses: les consommateurs sont-ils prêts ?</b>	p.170
	<u>Sandrine Monnery-Patris</u> INRA, France	
	<hr/> <b>« Ce que je dis n'est pas nécessairement ce que je fais » : consommation des légumes secs par les adultes français</b>	p.172
	<u>Juliana Melendrez Ruiz</u> , Stéphanie Chambaron, Quentin Buatois, Sandrine Monnery-Patris, Gaëlle Arvisenet	

INRA, UMR1324 Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France.

---

FLASH | Fréquence et formes de consommation du niébé en milieu urbain au Bénin et freins potentiels à cette consommation p.174

F. Lorène Akissoe<sup>1,2</sup>, M. Youna Hemery<sup>1</sup>, Christèle Icard-Verniere<sup>1</sup>, Yann Madode<sup>2</sup>, Anaïs Roger<sup>1</sup>, D. Joseph Hounhouigan<sup>2</sup>, Claire Mouquet-Rivier<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>UMR Nutripass, IRD/Univ.Montpellier/SupAgro, Montpellier France; <sup>2</sup>Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

---

FLASH | Débats et controverses autour de la place des légumineuses dans la construction des politiques publiques alimentation-nutrition-santé p.176

Hugo Fernandez-Inigo<sup>1,2</sup>, Antoine Doré<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>INRA; <sup>2</sup>AgroParisTech

---

Adoption par les consommateurs de produits innovants : Le cas des 'yaourts' au soja p.178

Zohra Bouamra, Vincent Requillart, Louis Sirugue  
TSE-R, INRA, France

---

FLASH | Présentation du Baromètre 2018 sur la consommation de produits au soja en France p.180

Alix Ceard, Corinne Perrin, Gwenaëlle Le Garrec, Valérie Morin  
SOJAXA

---

FLASH | Quand les cantines prennent de la graine et font la part belle aux légumineuses p.182

Stéphane Veyrat  
Un plus bio, France

14:00 - 15:30

---

**Session Parallèle 12: Table ronde. Gouvernance des Ressources Génétiques de Légumineuses** p.186

Président(e) de session: **Hélène Marrou**

Président(e) de session: **Jacques Wery**

[Salle 14](#)

---

Gouvernance des Ressources Genétiques de Legumineuses p.186

Hélène Marrou, Jacques Wery  
SupAgro et ICARDA, Egypte

	FLASH   Mise en place et caractérisation de la diversité d'une collection de niébé (Vigna unguiculata) cultivé du Sénégal	p.188
	<u>Awa Sarr</u> <sup>1,2</sup> , Amy Bodian <sup>2</sup> , Mame Codou Gueye <sup>2</sup> , Ndiaga Cisse <sup>2</sup> <sup>1</sup> CERAAS (centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse); <sup>2</sup> UCAD (Université Cheikh Anta Diop de Dakar)	
	FLASH   Utilisation des ressources génétiques et principales activités des programmes d'amélioration de la lentille et du pois chiche type Kabuli à l'ICARDA	p.190
	Ahmed Amri, Aladdin Hamwieh, <u>Niane Abdoul Aziz</u> , Shiv Kumar Agrawal International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Maroc	
14:00 - 15:30	<b>Session Parallèle 13: Les systèmes de culture avec légumineuses</b>	p.192
	Quels nouveaux leviers pour protéger les légumineuses à graines contre les bioagresseurs ?	p.192
<a href="#">Salle 15</a>	<u>Anne Moussart</u> <sup>1,4</sup> , Alain Baranger <sup>2,4</sup> , Segolene Plessix <sup>3</sup> , Bruno Jaloux <sup>3</sup> <sup>1</sup> Terres Inovia, Avenue Lucien Bretignières, 78850 Thiverval-Grignon, France; <sup>2</sup> Inra UMR IGEPP, Domaine de la Motte, 35653 Le Rheu, France; <sup>3</sup> Agrocampus-Ouest UMR IGEPP, 2 rue André Le Nôtre, 49045 Angers, France; <sup>4</sup> Unité Mixte Technologique Inra-Terres Inovia PISOM, Domaine de la Motte, 35653 Le Rheu, France	
	Analyse comparée de certains services écosystémiques directement ou indirectement aux flux azotés des systèmes avec légumineuses à graines	p.194
	<u>Anne Schneider</u> <sup>1</sup> , Elise Pelzer <sup>2</sup> , Marie-Hélène Jeuffroy <sup>2</sup> , Maé Guinet <sup>2</sup> , Anne-Sophie Voisin <sup>2</sup> , Guénaëlle Corre-Hellou <sup>3</sup> <sup>1</sup> Terres Inovia, France; <sup>2</sup> INRA, France; <sup>3</sup> LEVA ESA d'Angers, France	
	Inoculation des légumineuses en France: des inoculants de qualité promus par la recherche publique (INRA) et de l'institut technique chargé des légumineuses (Terres Inovia)	p.196
	<u>Xavier Pinochet</u> <sup>1</sup> , Cecile Revellin <sup>2</sup> , Brigitte Brunel <sup>3</sup> , Jean Claude Cleyet-Marel <sup>4</sup> <sup>1</sup> Terres Inovia, France; <sup>2</sup> INRA, UMR Agro-Ecologie Dijon; <sup>3</sup> SupAgro Montpellier; <sup>4</sup> INRA, UMR LSTM Montpellier	
	FLASH   Influence de la variabilité génétique du niébé dans l'amélioration de la fertilité des sols.	p.196
	<u>Salifou Nouhou Jangorzo</u> <sup>1</sup> , Rabiou Ousmane Ibrahim <sup>1</sup> , Mahaman Nourou Saadou Souley <sup>1</sup> , Abdoul-Aziz Saidou <sup>2</sup> <sup>1</sup> Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger; <sup>2</sup> CIRAD Montpellier, UMR	



AGAP

---

FLASH | Proposition d'une démarche intégrée de contrôle d'Ascochyta Rabiei pour la filière pois chiche en France. p.198

Laurent Palau  
DEFI LEGUMINEUSES / Groupe UCOSSEM

14:00 - 15:30 **Rendez-vous d'affaires - B2B - Session 4**

[Salle 4](#)

15:30 - 16:30 **Conférence Plénière 8: Voies de progrès génétique pour les légumineuses en Europe et en Afrique du Nord. avec Nadim Tayeh de l'INRA (France) et Lamiae Ghaouti de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (Maroc)** p.200  
Président(e) de session: **Bernadette Julier**

[Amphi](#)

15:30 - 16:30 **Rendez-vous d'affaires - B2B - Session 5**

[Salle 4](#)

16:30 - 16:40 **Communication Flash de la pépite "ALF'ING" / Remise du Prix du meilleur Poster**  
Président(e) de session: **Marie-Benoit Magrini**

---

Des protéines à gogo pour tous les animaux grâce à la récolte fractionnée avec une machine spéciale puis la conservation en ensilage particulier p.202

[Amphi](#)

Eric Juncker  
Trust'ing – Alf'ing, France

---

L'Institut Carnot Plant2Pro®, une offre de recherche et d'innovation intégrative sur les légumineuses à graines, au service du partenariat public – privé p.204

Rémy Cailliatte, Carole Caranta  
Institut Carnot Plant2Pro

16:40 - 17:30 **Table ronde conclusive avec plusieurs interventions**  
Président(e) de session: **Marie-Benoit Magrini**

[Amphi](#)

Jean-Michel Chardigny et Michel Duru de l'INRA (France) "Des légumineuses au prisme de la santé: du sol à l'homme"

H. Marrou (AgroSup Montpellier, France) "Conclusions de la session Gouvernance des ressources génétiques : vers de nouveaux partenariats?"

Laurent Rosso, Directeur Général de Terres Univia & Terres Inovia

Alexandre Martin (Ministère MAAF) - "Les légumineuses dans les futures politiques publiques", Sébastien Nadot, député à l'Assemblée Nationale  
Retour du pôle de compétitivité AGRISUDOUEST INNOVATION comme grand témoin de RFL2.

17:30 - 18:30

**Pause café**

[Espace convivialité](#)

18:30 - 20:00

**Conférence Grand Public « Les légumineuses : des plantes d'avenir pour la Terre et les Hommes »** avec Dorian Kalamvrezos (FAO), Jean-Michel Chardigny et Michel Duru de l'INRA (France), suivi d'un débat avec la salle.

[Amphi](#)

20:00 - 21:00

**Cocktail**

[Espace convivialité](#)

## POSTERS

N° Poster	<b>Agronomie, systèmes de culture, services agro-environnementaux, changement climatique, ...</b>	N° de page
118	Etude morphologique et physiologique, lutte chimique, polymorphisme iso-enzymatique par l'analyse électrophorétique chez trois différents espèces d'Ascochyta (pisi , rabiei , fabae) <i>Djelilate, Mohammed</i>	p.207
179	Associer le soja avec des plantes de services récoltées : levier agronomique pour faciliter l'introduction du soja dans les systèmes de culture et améliorer la maîtrise des adventices ? <i>Cheriere, Timothée</i>	p.208
155	Emissions de N2O pendant et après la culture de légumineuses <i>Voisin, Anne-Sophie</i>	p.210
258	Effets précédent des légumineuses: variabilité de la fourniture en azote pour la culture suivante, analyse des essais-système SIC et LACAGE <i>Modotti, Martina</i>	p.211
259	Valoriser les services écosystémiques produits par les légumineuses en adaptant leur conduite <i>Modotti, Martina</i>	p.213
230	Projet LeguTec: Désherbage mécanique dans la culture du soja bio au Luxembourg <i>Leimbrock, Laura</i>	p.215
207	Mesure de l'activité biologique des sols et stimulation des micro-organismes par des catalyseurs spécifiques <i>Géliot, Patrick</i>	p.216
141	Désherbage mixte de la féverole <i>Lecomte, Vincent</i>	p.218
187	Enquête producteurs pois 2017 <i>Biarnes, Véronique</i>	p.219
116	Levée de l'inhibition tégumentaire chez les semences de six arbres forestiers de la famille des légumineuses <i>Kheloufi, Abdenour</i>	p.220
134	Observatoire de parcelles agricoles pour évaluer les performances et les services de régulation de l'azote et des adventices rendus par les légumineuses <i>Pelzer, Elise</i>	p.221
204	Effets précédents des légumineuses : fournitures et pertes d'azote liées à leurs résidus de culture : impacts sur le rendement du blé suivant <i>Voisin, Anne-Sophie</i>	p.223
243	Etude des performances agronomiques de certaines variétés de Vesces (Vicia sp) d'origines Maghrébines sous conditions semi aride de Setif <i>Mebarkia, Amar</i>	p.225
201	Optimisation de la culture biologique de la lentille en Suède <i>Carton, Nicolas</i>	p.226
202	CA-SYS : Plateforme collaborative d'expérimentation multi-échelles en agroécologie <i>Voisin, Anne-Sophie</i>	p.228

130	Diagnostic nodulaire pour l'ingénierie écologique de la fixation symbiotique de l'azote chez les légumineuses <i>Lazali, Mohamed</i>	p.230
159	PROGRAILIVE : projet de recherche et d'expérimentation pour sécuriser et augmenter la production de protéagineux à graines pour les élevages de l'ouest de la France <i>Lehérissey, Solen</i>	p.231
122	La Culture du Mucuna comme herbifuge naturel <i>Gnikobou, Tanguy</i>	p.232
127	Organisation de la chaîne de valeur de la culture associée de pois et de blé : Participation du projet DIVERIMPACTS <i>Roiseux, Olivier</i>	p.234
257	Traque et analyse de systèmes avec légumineuses en Bourgogne-Franche-Comté pour produire des références pour l'action <i>Laroche, Candice</i>	p.235
293	FIELD FORECASTING TOOL® : une application web basée sur un modèle de culture mécaniste pour aider les cultivateurs de soja dans la prise de décision pro-activ <i>Pinet, Amélie</i>	p.236
<b>Alimentation animale, alimentation humaine, nouveaux usages, ...</b>		
164	Produire des légumineuses biologiques à destination de l'alimentation humaine en Bretagne <i>Cocoual, Caroline</i>	p.238
107	Place des légumineuses dans la conduite de l'alimentation dans les exploitations d'élevage bovin de la région de plaine du Cheliff (Algérie) <i>Sadoud, Mohamed</i>	p.240
291	Digestibilité de la féverole entière ou dépelliculée chez le poulet de chair <i>Tormo, Elodie</i>	p.241
292	Intérêt de féveroles entières et décortiquées à différents teneurs en protéines dans les aliments composés <i>Tormo, Elodie</i>	p.242
176	Caractérisation des graines de soja dans les contrats commerciaux pour l'alimentation humaine <i>Quinsac, Alain</i>	p.243
262	Impact de la diversité génétique sur la construction des parois dans une collection de graines de légumineuses <i>Le Gall, Sophie</i>	p.244
290	Pois, féverole, lupin, soja pour l'alimentation humaine : quelle place dans la littérature scientifique mondiale ? <i>Simon, Noemie</i>	p.246
209	L'introduction de graines oléo-protéagineuses locales dans l'alimentation des poules pondeuses améliorent la durabilité des élevages ainsi que la qualité de l'œuf <i>Lessire, Michel</i>	p.247
142	Dynamiques des connaissances et des innovations dans les sciences alimentaires sur les légumineuses : une analyse mondiale des publications scientifiques et des brevets <i>Lascialfari, Matteo</i>	p.249

188	La Luzerne : source pertinente et durable de protéines pour tous les animaux d'élevage <i>Baccar, Mariem</i>	p.251
151	Phytases endogènes : un outil pour réduire l'acide phytique des mélanges blé-pois <i>Chouchène, Alaeddine</i>	p.253
237	Impact des traitements technologiques sur la valeur nutritionnelle de la graine de féverole pour la truite arc-en-ciel <i>Burel, Christine</i>	p.254
132	Altération de l'activité des protéases digestives du poulet par un inhibiteur de protéases (Bowman-Birk inhibitor) présent dans l'aliment à base de pois <i>Recoules, Emilie</i>	p.256
<b>Eco-physiologie, biologie, symbiotes, bio-agresseurs, ...</b>		
246	Comprendre et prédire la phénologie du soja pour adapter la culture à de nouveaux environnements thermiques et photopériodiques <i>Maury, Pierre</i>	p.258
115	Effet de différentes dilutions d'eau de mer sur la germination et le développement des plantules chez trois cultures de légumineuses ( <i>Pisum sativum</i> , <i>Cicer arietinum</i> et <i>Phaseolus vulgaris</i> ) en Algérie <i>Mansouri, Lahouaria Mouunia</i>	p.260
121	Effet de la communauté bactérienne rhizosphérique sur la déficience en phosphore chez le haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) <i>Maougal, Rim Tinhinen</i>	p.262
250	Quels mécanismes agrophysiologiques sont déterminants dans la tolérance de la symbiose Légumineuse-rhizobia au déficit hydrique combiné au déficit en P? <i>Ghoulam, Cherki</i>	p.263
117	Cinétique de germination chez deux écotypes d' <i>Astragalus armatus</i> en Algérie <i>Khamari, Younes</i>	p.264
158	Observatoire des maladies du lupin en Bretagne-Pays de loire <i>Brier, Coralie</i>	p.265
234	Modélisation prédictive d'un parasite du niébé au Niger : cas du <i>Striga gesnerioides</i> (Willd.) Vatke. <i>Sadda, Abou-Soufianou</i>	p.266
138	Etude du microbiome nodulaire associé à <i>Pisum sativum</i> dans l'ouest algérien <i>Merabet, Chahinez</i>	p.267
165	Test de pièges attractifs vis-à-vis de la bruche de la féverole ( <i>Bruchus rufimanus</i> ) dans le cadre d'un réseau de piégeage. <i>Biarnès, Véronique</i>	p.268
113	Etude comparative de l'effet du NaCl et du CaCl <sub>2</sub> sur la germination de deux légumineuses du genre <i>Acacia</i> ( <i>A. saligna</i> et <i>A. decurrens</i> ) <i>Kheloufi, Abdenour</i>	p.269
114	Caractérisation morpho-physiologique et détermination des teneurs en pigments photosynthétiques chez une légumineuse fourragère ( <i>Acacia karroo</i> Hayne) soumise au stress salin <i>Kheloufi, Abdenour</i>	p.270

106	Inoculation with trichoderma affects the root micro-architecture of common bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) elongation piliferous zone <i>Teffahi, Mustapha</i>	p.271
238	Association ble/legumineuses : l'importance des variétés et des espèces <i>Piquet-Pissaloux, Agnès</i>	p.272
239	Relation entre les traits morpho-physiologiques des génotypes de niébé et leur tolérance au <i>Striga gesnerioides</i> (Willd.) Vatke <i>Issoufou, Hassane Bil-Assanou</i>	p.273
231	Règles d'assemblage pour le contrôle des épidémies d'ascochytose du pois au sein d'associations végétales	p.274
110	Physiological and biochemical characterization of rootlets response to salt stress in two <i>Medicago truncatula</i> Gaertn. Ecotypes <i>Amouri, Adel Amar</i>	p.276
218	Utilisation des parasitoïdes dans la lutte contre les ravageurs des légumineuses stockées <i>Benkhellat epse Adjaoud, Ouarda</i>	p.277
<b>Génétique, sélection, évaluation, diffusion des variétés, ...</b>		
175	Identification et évaluation des ressources génétiques du pois " <i>pisum sativum</i> " par les marqueurs biochimiques <i>Fatmi, Hindel</i>	p.278
148	Aptitude à l'association chez le lupin : cas de l'association lupin blanc d'hiver–triticale. <i>Harzic, Nathalie</i>	p.279
254	Sélection pour les associations blé-pois : les caractéristiques des variétés de pois en culture pure sont-elles prédictives de leur comportement en culture associée ? <i>Moutier, Nathalie</i>	p.280
265	Projets IVD INRA-AgriObtentions - Des innovations variétales pour les légumineuses à graines <i>Cailliate, Rémy</i>	p.282
186	Adaptation des légumineuses à graines et interactions génotype x environnement en pois dans un réseau européen <i>Biarnès, Véronique</i>	p.284
268	Caractérisations biochimiques des légumineuses natives de la région Midi Pyrénées <i>Merah, Othmane</i>	p.285
156	Prédiction de la teneur en protéines dans les graines de féverole par SPIR (spectroscopie proche infra-rouge) : Impact de la présence de graines bruchées <i>Lem, Patricia</i>	p.287
240	Identification des variétés à double usage et adaptées à la culture de contre saison au Niger. <i>Abdou, Souleymane</i>	p.288
191	Etude morphologique et caryologique de trois populations spontanées de vesce (Chemini A, Chemini B et Beni Ali ) <i>Sebkhi, Zahia</i>	p.289
249	La diversité variétale à l'échelle d'un territoire est-elle un levier pour améliorer les performances agronomiques de la luzerne ? Analyse d'une étude de simulation avec le modèle STICS <i>Julier, Bernadette</i>	p.290

216	Evaluation de la tolérance au stress hydrique de variétés de soja conduites en agriculture biologique <i>Le Gall, Cécile</i>	p.291
269	Développement de population BCNAM de niébé pour la création de nouvelles variétés double usage, résistantes au striga : étapes de pre-breeding <i>Hamadou Hamidou, Hadiara</i>	p.293
109	Etude génétique des populations d'acacias d'Ahaggar <i>Mensous, Mohamed</i>	p.293
128	Tour d'horizon des dernières technologies moléculaires de séquençage disponibles sur GeT-IT. Quelles applications pour l'étude des Légumineuses et de leurs pathogènes ? <i>Genthon, Clémence</i>	p.295
192	Résistance de cultivars français de féverole d'hiver à l'ascochytose ( <i>Ascochyta fabae</i> ) <i>Moussart, Anne</i>	p.297
193	Nuisibilité d'Aphanomyces sur pois de printemps <i>Moussart, Anne</i>	p.299
227	Diversité moléculaire et résistance aux stress d'une collection de variétés et de lignées de sélection de pois protéagineux <i>Lavaud, Clement</i>	p.301
255	Développement des populations multi-parentales RILs de niébé pour l'analyse des bases génétiques de traits d'intérêt agronomiques et la création de variétés adaptées aux contextes locaux. <i>Moussa Tchoffo, Rahilatou</i>	p.303
183	Résultats obtenus dans un réseau d'essais densité pois d'hiver <i>Biarnès, Véronique</i>	p.304
235	Recherche de sources de résistance à <i>Sitona lineatus</i> dans une collection de ressources génétiques de <i>Vicia faba</i> L. (féverole et fève) <i>Duc, Gérard</i>	p.305
198	Déterminisme génétique de la plasticité de la composition protéique des graines de légumineuses vis-à-vis de l'environnement <i>Cartelier, Kévin</i>	p.306
194	Vers un saut technologique dans l'amélioration des légumineuses fourragères : le projet EUCLEG <i>Julier, Bernadette</i>	p.307
120	Détermination des relations phylogénétiques de taxa du genre <i>Vicia</i> , collectés en Algérie, par les marqueurs morphologiques, biochimiques et moléculaires <i>Bechkri, Sakina</i>	p.308
223	Identification des gènes sous-jacents à un QTL de tolérance au gel chez le pois <i>Beji, Sana</i>	p.309
275	Dynamique spatiale des contextes locaux dans le cadre de la modélisation des performances agronomiques du Niébé <i>Jangorzo, Salifou Nouhou</i>	p.310
195	La distinction des variétés de luzerne pourrait s'appuyer sur les marqueurs moléculaires <i>Julier, Bernadette</i>	p.311
135	Co-conception des critères de sélection variétale des légumineuses à graines <i>Magrini, Marie-Benoit</i>	p.312

233	Des variétés de féveroles à valeur nutritionnelle améliorée pour l'homme et l'animal : cible de sélection réaliste, permise par la variabilité génétique disponible et par les outils moléculaires développés en appui à la sélection variétale <i>Duc, Gérard</i>	p.313
<b>Perceptions, acceptabilité des consommateurs, ...</b>		
274	Proxy paysans aux paramètres classiques de mesure de la performance agronomique du niébé <i>Jangorzo, Salifou Nouhou</i>	p.314
185	Effet de la variété sur les teneurs en métabolites secondaires dans des farines de pois <i>Lubbers, Samuel</i>	p.315
182	Les attitudes et représentations des professionnels de l'alimentation envers les légumes secs et leurs perceptions des mangeurs Français <i>Laugel, Vincent</i>	p.317
<b>Politiques publiques, actions collectives, ...</b>		
173	Plan Protéines <i>Blosseville, Nathalie</i>	p.318
276	Transmettre le savoir-faire de la filière à l'international : Exemple au Burkina Faso <i>Le Guillou, Céline</i>	p.320
<b>Sécurité alimentaire et nutritionnelle, populations spécifiques, ...</b>		
123	La vidéo, comme arme de lutte contre le Niébé BT au Bénin <i>Gnikobou, Tanguy</i>	p.321
264	Effets de pratiques culinaires traditionnelles sur la teneur en fibres, solubles et insolubles, et en oligosaccharides de cinq légumineuses à la base de plats typiques Méditerranéens <i>Njoumi, Sondos</i>	p.323
232	La sévérité des procédés de transformation compromet-elle l'intérêt nutritionnel du niébé dans les plats traditionnels Ouest-Africains ? <i>Akissoe, F. Lorène</i>	p.324
256	Inhibition de la synthèse d'Aflatoxine B1 par un extrait de Mimosa Tenuiflora <i>Hernandez, Christopher</i>	p.326
178	PSO, Plan de surveillance de la qualité sanitaire des oléoprotéagineux <i>Dauguet, Sylvie</i>	p.328
<b>Socio-économie de la production, de la consommation, ...</b>		
263	La filière du soja français <i>Labalette, Françoise</i>	p.329
172	Améliorer la supply chain des protéagineux pour mieux servir les marchés d'aujourd'hui et de demain <i>Blosseville, Nathalie</i>	p.330
146	Le projet H2020 LegValue : Promouvoir des systèmes agricoles durables basés sur les légumineuses ainsi que des filières agroalimentaires et alimentaires dans l'UE <i>Muel, Frédéric</i>	p.331



177	Accroître les échanges de connaissances entre opérateurs des filières au travers des contrats de production. Les enseignements d'une filière de féverole en cours de développement. <i>Cholez, Célia</i>	p.332
273	Etat des productions et utilisations en France, focus sur les légumineuses à graines <i>Labalette, Françoise</i>	p.333
<b>Systemes d'élevage, polyculture-élevage, ...</b>		
170	Caractériser la polyculture élevage sous l'angle fonctionnel du couplage culture et élevage <i>Mischler, Pierre</i>	p.335
<b>Autres thèmes transversaux</b>		
126	Application du principe de sélectivité densimétrique pour la production d'une fraction de pois protéagineux enrichie en protéines à l'échelle pilote. <i>Roiseux, Olivier</i>	p.336
180	Procédés innovants dans la transformation des protéagineux et la valorisation des protéines <i>Sicaire, Anne-Gaëlle</i>	p.337
208	UMT Alter'N : Pour renforcer le conseil stratégique sur les systèmes de culture incluant des légumineuses ou des produits organiques avec de faibles pertes azotées et une faible dépendance aux engrais de synthèse <i>Schneider, Anne</i>	p.338
174	Projet BILAG : une bibliométrie de la littérature scientifique mondiale sur les légumineuses à graines pour comprendre la dynamique de la recherche sur ces espèces. <i>Plumecocq, Gael</i>	p.340
211	Légumineuses d'Occitanie : une source d'inspiration pour la parfumerie française. Exemples des fleurs d'Acacia, de Mimosa et de Genêt <i>Talou, Thierry</i>	p.341
251	Présentation du laboratoire BIOVA et de ses activités <i>Sarnay, Erick</i>	p.342
309	Pour une agriculture diversifiée valorisant les oléagineux et légumineuses à graines (PACTOLE): un nouveau projet d'UMT porté par Terres Inovia et l'INRA sur Toulouse <i>Debaeke, Philippe</i>	p.344

## **Conférence Plénière 1**

### **Panorama mondial de la production, du commerce international et des politiques publiques de soutien aux légumineuses**

*Dorian Kalamvrezos Navarro de la FAO (Italie)*

---

Les légumineuses offrent plusieurs avantages pour la nutrition, l'agriculture, et le développement durable, mais pourtant, leur valeur est généralement sous-estimée. C'est pour cette raison que suite à une proposition de la FAO, l'Assemblée Générale des Nations Unies a déclaré 2016 l'Année internationale des Légumineuses (AIL). La FAO a été ainsi désignée pour faciliter la mise en œuvre de l'AIL en collaboration avec les gouvernements, les organisations compétentes, les ONG et autres parties prenantes concernées, comme les coopératives, les instituts de recherche agricole, le secteur privé, et les universités.

L'AIL a eu trois objectifs principaux : Sensibiliser l'opinion publique à la contribution des légumineuses à la sécurité alimentaire et la nutrition ; encourager toutes les parties prenantes à renforcer la production des légumineuses à l'échelle mondiale ; et promouvoir la consommation des légumineuses dans le cadre d'un régime alimentaire équilibré. Dans le cadre de l'Année Internationale, le terme «légumineuses» désigne uniquement les plantes récoltées pour l'obtention des grains secs. Il exclut ainsi les plantes récoltées et consommées vertes, qui en ce cas seraient classées dans la catégorie des cultures légumières, ainsi que les cultures utilisées pour l'extraction d'huile ou exclusivement à des fins de semis (définition de la FAO).

Un des produits majeurs de l'Année a été le développement de l'ouvrage L'Économie Mondiale des Légumineuses. L'étude porte sur la situation mondiale des principales espèces de légumineuses et les tendances récentes du marché, y compris la production, les rendements, l'utilisation, la consommation, le commerce international et les prix, et fournit des perspectives à moyen terme pour les principales légumineuses fondées sur des techniques de modélisation établies. L'étude inclut également des chapitres thématiques portant sur les bénéfices nutritionnels des légumineuses et les chaînes de valeurs.

L'intervention du représentant de la FAO, se basant sur les données disponibles plus récentes et ventilées, réfléchira sur quelques points clés du rapport et rappellera l'urgence de renforcer les investissements en recherche et d'identifier des instruments de politique effectifs pour soutenir les agriculteurs qui cultivent des légumineuses.



## **Conférence Plénière 2**

### **Géopolitique de la sécurité alimentaire : un enjeu pour la verticale AME (Afrique-Méditerranée-Europe)**

*Jean-Louis Rastoin, Professeur émérite à Montpellier SupAgro,  
Chaire Unesco Alimentation du Monde, IPEMED (France)*

---

De nombreuses études scientifiques montrent que les conditions actuelles de production, de commercialisation et de consommation des aliments sont souvent génératrices d'inégalités sociales, de dégradation des ressources naturelles, de fragilisation de l'économie et de risques élevés pour la santé humaine et animale.

Le diagnostic de l'insécurité alimentaire dans la région Afrique et Moyen-Orient est particulièrement préoccupant avec près de 55 % de sa population théoriquement en état de malnutrition par excès ou déficit d'alimentation (720 millions de personnes). L'absence d'une alimentation adéquate et la progression du modèle de consommation agroindustriel fractionné et solitaire, coupé des racines culturelles des produits et des méthodes de fabrication provoquent en outre une perte de repères et une dilution du lien social et contribuent in fine à un état de mal-être : les conséquences d'une mauvaise alimentation sont non seulement biologiques, mais aussi psychosociologiques.

La facture alimentaire extérieure mesurée par les importations s'élevait en moyenne triennale 2011-2013 à 129 milliards USD pour la région Afrique du Nord/Moyen-Orient (ANMO), 46 milliards USD pour l'Afrique subsaharienne, soit 176 milliards pour la macro-région, correspondant à 13 % des importations mondiales de produits agricoles et un facteur multiplicatif de plus de 4 en 12 ans.

Tous les exercices de prospective convergent pour annoncer que cette situation très préoccupante sera aggravée par le réchauffement climatique.

Les systèmes alimentaires territorialisés (SAT) apparaissent dès lors comme des outils prometteurs qui s'inscrivent dans une transition — une rupture diront certains — vers un monde plus durable alors que les limites du modèle agroindustriel fondé sur les énergies fossiles, les « hyperfirmes » et la priorité accordée au seul critère de marché sont désormais bien établies. Par ailleurs, les spécificités des pays du Sud (insécurité alimentaire, déficit organisationnel et sous-performance économique) appellent des modèles de développement adaptés. Ce monde plus durable pourrait être celui de la « bioéconomie circulaire territorialisée ». Les SAT sont basés sur une triple proximité : 1) entre productions végétales (dans lesquelles les légumineuses devraient accroître leur contribution), productions animales et forêts, selon les principes de l'agroécologie ; 2) entre matières premières et transformation artisanale et industrielle ; 3) entre producteurs et consommateurs.

La question alimentaire est à la source même de la vie biologique, sociale et culturelle. En conséquence, au moins trois raisons militent pour un changement de trajectoire : la qualité de l'alimentation concerne au premier chef la santé publique ; le système alimentaire occupe directement ou indirectement plus du tiers de la population active mondiale ; le changement climatique et l'épuisement des ressources naturelles ; plus

largement, les inégalités sociales, l'instabilité des échanges internationaux, l'ampleur des flux migratoires et l'insécurité politique, appellent de nouvelles technologies, de nouveaux modes d'organisation et de gouvernance, de nouvelles pratiques plus responsables et équitables.

Une innovation de progrès est ainsi au cœur des processus de changement attendus. Elle pourra se concrétiser à travers un ambitieux projet d'alliance pour la sécurité et la souveraineté alimentaire dans la région AME. Ce plan d'action proposé par le Think Tank Ipemed (qui a forgé le concept de « Verticale ») pourrait s'appuyer sur 2 leviers :

- La reconquête des marchés intérieurs par une souveraineté alimentaire mieux assumée ;
- La solidarité Nord-Sud et Sud-Nord et l'interfaçage Sud-Sud par des dispositifs stratégiques de co-développement et de sécurisation des approvisionnements.

Ce changement de paradigme trouve sa légitimité dans la réflexion de Georges Orwell : « Quand on me présente quelque chose comme un progrès, je me demande avant tout s'il nous rend plus humains ou moins humains. »

## **Conférence Plénière 3**

### **Des légumineuses dans les systèmes de culture : une analyse comparée Europe/Maghreb/Afrique Sahélienne**

---

#### **Quelles solutions pour accroître les légumineuses dans les systèmes de culture ?**

*Eric JUSTES*

Cette famille d'espèces de Papilionacés est incontestablement porteuse d'intérêts agronomiques et environnementaux. La demande des consommateurs en production de protéines végétales produites localement et en agriculture biologique est en forte progression dernièrement. La France est en déficit de production. Il convient de diagnostiquer les raisons de cette faible part des légumineuses dans les assolements des systèmes de cultures, et en conséquence, d'élaborer des solutions réalistes pour accroître les surfaces cultivées. Si les légumineuses ne sont pas cultivées très largement par les agriculteurs c'est qu'elles ont des faiblesses, notamment vis-à-vis des effets des stress hydrique et thermique, susceptibles de s'accroître avec le changement climatique, mais aussi et surtout car elles subissent une grande diversité de maladies, ravageurs, d'adventices concurrentes, réduisant fortement les rendements ou rendant leur production instable entre années. Ces bioagresseurs nécessitent l'usage, parfois important, de pesticides, peu compatibles avec le respect de la santé humaine et de l'environnement, et leur conférant finalement et paradoxalement un caractère peu « écologique » (cas des légumineuses à graines).

Au-delà du progrès génétique généralement mis en avant, il convient de raisonner de façon plus holistique leur insertion dans les systèmes de culture, aussi bien pour diversifier les systèmes actuels dans le temps (rotation, culture intermédiaire multi-services en interculture) que dans l'espace (cultures associées, agroforesterie). Ainsi, le changement de paradigme de l'agriculture intensive vers l'agroécologie devrait naturellement voir un accroissement des surfaces emblavées en légumineuses, malheureusement on ne perçoit pas de signal tangible et important dans la production. Pourtant, des travaux indiquent, par exemple qu'en agriculture biologique ou en système à bas niveaux d'intrants, qu'il est possible d'augmenter de façon importante la production de graines lorsqu'on cultive des légumineuses en association avec des céréales, illustrant une vraie intensification écologique et donc une amélioration de la quantité produite, de la marge économique et in fine de la valeur ajoutée pour les agriculteurs et les acteurs des filières agricoles. Nous pensons que les cultures associées serait un moyen efficace d'accroître la production de légumineuses à graines. Le défi est dorénavant d'adapter la logistique des collecteurs pour pouvoir trier et valoriser les graines en alimentation humaine, et aussi d'adapter la contractualisation de la production sur le long terme, source potentielle de meilleure « résilience économique ». Un autre enjeu concerne l'adaptation du matériel agricole (semis, récolte, post-récolte) pour maximiser les bénéfices potentiels agronomiques de ces cultures associées. Les légumineuses pourraient également être utilisées plus largement comme cultures intermédiaires multi-services (CIMS) en interculture ou comme « plantes de services », ceci afin d'accroître la fixation symbiotique de la rotation, permettant d'une part de réduire la dépendance aux fertilisants de synthèse (et donc réduire les émissions indirectes de gaz à effet de serre de l'agriculture), et d'autre part, d'améliorer la fertilité chimique et la quantité de carbone (via les résidus restitués au sol) et d'azote

organique des sols. Or ces CIMS sont encore trop peu développées en France, l'engrais azoté restant finalement « peu cher » face à son efficacité. La culture des légumineuses à graines, en particulier des espèces utilisées en alimentation humaine mérite aussi une attention renouvelée pour améliorer notamment les itinéraires techniques car trop peu de travaux s'y intéressent. Face à la demande des citoyens, il convient d'accompagner les agriculteurs pour qu'ils produisent plus de légumes secs et les aider à ce que ce soit suffisamment rémunérateur, par exemple via des productions locales appréciées par les consommateurs.

Il existe des solutions pour accroître efficacement, agronomiquement et économiquement, la part des légumineuses dans les systèmes français car c'est incontestablement un moyen pertinent de diversification des espèces, qui est un pilier essentiel de l'agroécologie. Legumes great again !

## **Nouvelles places des légumineuses dans les systèmes de culture : une comparaison Europe-Afrique Cas des Pays Maghrébins de l'Afrique du Nord**

*KHARRAT, Mohamed, INRAT, Tunisie*

Les légumineuses alimentaires (LA) continuent d'être bien présentes dans les systèmes agraires et les habitudes culinaires des pays de l'Afrique du Nord (Algérie, Maroc, Tunisie) et leurs bienfaits sur la santé humaine sont bien reconnus. Le niveau moyen actuel de consommation de ces pays se situe autour de 9,43 kg/an/capita et les besoins sont croissants engendrant des importations croissantes (335 975 T en 2013). Les haricots, le pois chiche et la lentille représentent la plus grosse part des importations. Les plus grandes limitations à l'atteinte d'un niveau satisfaisant des besoins sont la régression des superficies, la faible productivité, la croissance démographique et les défaillances au niveau des politiques de développement. En 2013, les superficies des LA étaient seulement de 574 000 ha enregistrant une diminution de 42,6% par rapport aux années 1970s. La production moyenne était de 456 000 T en diminution de 38,2% avec un rendement moyen de 8,8 q/ha en accroissement de 14,1%.

A cause de l'accroissement vertigineux des importations des blés, les décideurs de ces pays ont accordé beaucoup d'avantages aux céréales durant les 40 dernières années. Ces politiques n'ont pas aidé le développement des LA ainsi que les autres cultures dans les systèmes de production céréaliers. En effet, la présence des LA n'a guère atteint les 4% des superficies réservées aux grandes cultures malgré l'existence de 4,5 millions ha de terre en jachère (37,3% de la SAU des trois pays). Une tendance vers la monoculture des blés s'est développée avec l'utilisation massive des engrais chimiques, coûteux et pas très valorisant de la fertilité des sols. Une autre considération agronomique a été la prolifération de plusieurs agents pathogènes et parasites nuisibles (maladies racinaires fongiques, nématodes et autres nuisibles). De plus la reconversion en arboriculture des parcours, dans le temps comportant une diversité considérable de légumineuses fourragères, et la surexploitation en pâturage de ce qui restent a réduit leur présence territoriale. Les décideurs politiques, conscients de la situation, ont essayé ces dernières années de renforcer la présence des LA en organisant quelques programmes de réhabilitation. Ainsi, ils ont lancé des stratégies favorables et des incitations pour renforcer le regain d'intérêt sur les LA, motivées par les actions de sensibilisation engagées par la FAO qui a décrété l'année 2016 comme Année Internationale des Légumineuses (AIL 2016). A ce titre, le Maroc, premier producteur de la région Maghrébine, a concentré ses actions, dans le cadre du Plan Maroc Vert, à organiser la chaîne de valeur. L'Algérie s'est engagée dans un programme sur cinq ans (2017-2021) d'autosuffisance en lentille et en pois chiche et la Tunisie a initié un programme d'intégration de la production de la féverole avec l'industrie de l'alimentation du bétail et s'est engagée pour le développement ultérieurement de la culture du pois chiche et éventuellement de la lentille pour doubler les superficies en LA au cours des 5 prochaines années, en s'appuyant sur les progrès réalisés par les programmes d'améliorations génétiques.

Par ailleurs, des actions visant à montrer les bienfaits des méteils sur la régénération de la fertilité des sols et leur contribution dans l'amélioration de l'alimentation du bétail sont à étendre et à généraliser particulièrement sur les sols dégradés. De plus, le développement de l'agriculture de conservation en s'appuyant sur l'intégration des légumineuses dans les rotations est en mesure de développer ces cultures.

La durabilité de ces actions reste toutefois tributaire de l'amélioration de la conduite de ces cultures pour atteindre des niveaux de rendement supérieur et améliorer ainsi leur rentabilité en s'appuyant sur les



résultats de la recherche, en assurant le bon encadrement des agriculteurs et en établissant une chaîne de valeur solide.

## **Quelles solutions pour accroître les légumineuses dans les systèmes de culture au Sénégal et en Afrique de l'Ouest?**

*Alpha Bocar Balde, Laure Tall*

Les légumineuses-grains constituent une source importante de protéines pour les populations pauvre d'Afrique Subsaharienne. Ces légumineuses sont reconnues comme une culture de subsistance pratiquée par les femmes au sein de petites exploitations familiales. Malgré sa prépondérance dans les systèmes de culture, la productivité des légumineuses reste faible en Afrique où elle représente moins de 20% de la production mondiale.

Au Sénégal, l'arachide et le niébé sont les principales légumineuses cultivées en monoculture, en rotation ou en association avec des céréales. La capacité de fixer l'azote atmosphérique et leurs différentes utilisations confèrent aux légumineuses la possibilité de procurer plusieurs services écosystémiques avérés tels que : 1) La restauration de la fertilité dans une agriculture à faibles intrants; 2) l'intégration agriculture-élevage grâce à la production de fourrage de qualité ; 3) la sécurité alimentaire et nutritionnelle par l'apport de protéine et la diversification alimentaire. De plus, la variabilité climatique et la diminution des précipitations favorisent l'expansion de la culture du niébé qui survit grâce à sa bonne résistance à la sécheresse et à la vulgarisation de certaines variétés à cycle court (<60j) adaptées à ces conditions. Pourtant, les légumineuses occupent toujours une faible part des surfaces dans le contexte agricole en Afrique de l'Ouest.

Les rendements demeurent inférieurs au potentiel des variétés homologuées, avec par exemple, 1 tonne par hectare pour l'arachide contre 3 à 4 tonnes en potentiel au Sénégal. Ceci est lié à plusieurs contraintes : 1) la pauvreté du sol. En effet, les pailles des céréales et les fanes des légumineuses à forte valeur économique étant systématiquement exportées, il n'y a que très peu de restitutions de nutriments dans ces systèmes de culture, 2) les pertes importantes liées aux maladies (pourriture du collet ou le macrophauma chez le niébé) ; 3) le manque de semences certifiées de qualité particulièrement pour l'arachide causé par une désorganisation de la filière.

Le principal levier pour un accroissement de la production de légumineuses dans ces systèmes de culture réside principalement dans la structuration de filières dédiées aux légumineuses, aussi bien les agriculteurs en premier mais aussi les décideurs publics et les autres acteurs de la chaîne de valeur sont interpellés. L'augmentation de la productivité passe par une offre variétale répondant mieux aux contraintes des producteurs, une optimisation de l'intégration agriculture-élevage avec une meilleure efficacité d'utilisation des matières et l'adaptation des associations avec des légumineuses.



## **Conférence Plénière 4**

### **Symbioses entre légumineuses et microorganismes: aspects fondamentaux et appliqués.**

---

#### **Des micro-organismes pour les légumineuses et le sol: quelles synergies ?**

*Dieqane Diouf*

Les légumineuses forment la troisième famille par ordre d'importance chez les Angiospermes avec près de 20000 espèces. C'est l'une des familles les plus diversifiées du groupe des plantes supérieures dans leur morphologie, leur habitat et leur écologie. Elles comprennent des espèces ligneuses et des herbacées (cultivées ou non) et qui présentent un fort potentiel en termes de services éco-systémiques. Les légumineuses d'Amérique du Sud et d'Afrique présentent des proximités génétiques et écologiques qui pourraient être expliquées par une dispersion qui se serait faite par voie d'eau sur de grandes distances, éventuellement d'une île à une autre ou par des phénomènes météorologiques extrêmes tels que des cyclones tropicaux. Cependant, une des particularités de la plupart des légumineuses réside dans leur capacité à s'associer avec des microorganismes symbiotiques tels que des bactéries symbiotiques fixatrices d'azote et des champignons mycorrhiziens. Dans cet exposé, nous présenterons les synergies potentielles entre ces microorganismes symbiotiques et quelques légumineuses d'importance en d'Afrique de l'Ouest comme les légumineuses ligneuses à usages multiples ou cultivées, pour notamment améliorer la fertilité des sols, l'alimentation ou la production de services. Nous discuterons également des perspectives sur les objets de recherche intégrant la sélection de génotype de la plante et le génotype microbien afin d'optimiser les services éco-systémiques de légumineuses.

#### **Mécanismes d'établissement des symbioses entre légumineuses et microorganismes : aspects fondamentaux et appliqués**

*Jean-Michel Ané*

Les microbes associés aux plantes cultivées jouent un rôle important dans la productivité et la durabilité de notre agriculture. Les rhizobiums sont des bactéries du sol qui s'associent principalement à des plantes de la famille des légumineuses. Ces rhizobiums induisent le développement de nodules racinaires et fournissent une quantité importante d'azote à leurs plantes hôtes via leur capacité à fixer l'azote de l'air. Notre laboratoire étudie les mécanismes moléculaires qui permettent la reconnaissance mutuelle entre les légumineuses et les rhizobiums. Nous présenterons nos derniers résultats sur (1) la dissection de ces mécanismes moléculaires, (2) l'origine et l'évolution de ces mécanismes et (3) l'utilisation de ces informations pour essayer de développer des associations entre rhizobiums et des plantes non-légumineuses.



## Session Parallèle 1

### Les légumineuses en alimentation animale

---

#### **Les légumineuses à graines pour l'alimentation animale**

Corinne Peyronnet

Les légumineuses utilisées pour l'alimentation animale sont représentées par les légumineuses fourragères et les légumineuses à graines (LAG). Parmi ces dernières, le soja domine très largement avec près de 335 Mt représentant 83% de la production mondiale des LAG. En France, alors que le pois était historiquement produit en grande quantité, avec plus de 3.5 Mt en 1993, il représentait moins de 0.7Mt en 2017. Quant aux productions européennes de pois, féverole et soja, elles représentaient en 2017 respectivement 2.7, 2.1 et 2.6 Mt de graines. Ces graines sont des matières premières sources de protéines pour l'alimentation animale, intermédiaires entre céréales et tourteaux, avec des teneurs en protéines allant de 20 à 35% et des concentrations en lysine élevées. Les féveroles et pois sont également riches en amidon (38 à 45%) alors que le soja dépourvu d'amidon contient 18% de lipides. Les pois et féverole sont valorisés en alimentation humaine sous forme de graines entières et d'ingrédients et en alimentation animale ils sont incorporés dans des aliments composés industriels ou fabriqués à la ferme. Moins de 400 000 tonnes de pois et féverole sont actuellement valorisées en alimentation animale en France (alors que plus de 2.3Mt étaient incorporées dans les années 90). Le premier débouché était alors l'aliment porc. Le pois a donc largement contribué à l'autonomie protéique du secteur de l'alimentation animale dans le passé permettant à la France d'afficher un déficit en matières premières riches en protéines (MPRP) contenant plus de 15% de protéines, qui était limité à 30% quand l'Europe approchait des 70%. La contribution des LAG aux MPRP des élevages était alors de 15% contre 2% seulement actuellement. Plus que les prix de marché, ce sont les ratios de prix par rapport aux céréales et aux tourteaux de soja et colza auxquels ils se substituent, qui déterminent l'intérêt potentiel du pois et de la féverole dans les différents aliments du bétail. Pour renforcer cet intérêt et être ainsi plus facilement incorporés dans les formules, en substitution au tourteau de soja plus concentré en protéines (45%), les LAG peuvent faire l'objet d'un décorticage qui augmente les teneurs en protéines (tout en réduisant les fractions fibres) ou de procédés technologiques tels que broyage fin, granulation, extrusion... qui améliorent la digestibilité des nutriments et réduisent par conséquent les rejets des élevages. Enfin, la prise en compte des atouts environnementaux spécifiques des légumineuses, leurs caractères non OGM et local seront-ils mis en avant pour répondre aux attentes des consommateurs ?



## **PRODIVAL® : une solution nouvelle et innovante pour développer l'usage des graines oléo-protéagineuses dans les filières d'élevages afin de répondre aux défis sociétaux de notre Agriculture**

*Guillaume Chesneau, Hervé Juin*

Sur le modèle initié il y a près de 20 ans pour la culture du lin oléagineux et de son intégration dans la filière agricole française au travers sa marque TRADILIN®, VALOREX a entrepris de relancer les cultures de légumineuses à graines (féverole, lupin, pois) au moyen du programme de recherche PROLEVAL soutenu par la Banque Publique d'Investissement, dans le cadre des Investissements d'Avenir.

La finalité de ce programme de recherche vise à apporter des réponses pérennes aux défis soulevés tant par la filière agricole française, en recherche de solutions innovantes ; que par les consommateurs, en quête de réassurance et de traçabilité.

Après 3 années de recherche collaborative avec l'INRA, Ce programme de recherche délivre ses premières solutions nutritionnelles à destination des filières d'élevages. PRODIVAL®, la marque portant ces innovations produits, repose sur un savoir-faire combinant deux leviers d'actions :

Levier végétal pour optimiser le potentiel nutritionnel naturel des graines

- Organisation de la filière de production de graines protéagineuses : échanges structurels entre sélectionneurs, cultivateurs et utilisateurs autour d'objectifs communs (qualité, productivité) et d'économie circulaire ;
- Sélection qualitative des graines : Teneur élevée en nutriments d'intérêts (protéines, amidon, ...) et faibles en facteurs antinutritionnels (facteurs anti-trypsiques, tanins, vicine - convicine,...) ;
- Contractualisation des approvisionnements : engagement en volume et en prix, et dans la durée, avec les cultivateurs, organismes stockeurs et négociants ;

Levier technologique pour libérer le potentiel nutritionnel des graines

- Technologies existantes améliorées : Mise au point de procédés de cuisson adaptés et spécifiques aux usages de ces graines par les différentes espèces animales ;
- Technologies de rupture : Mise au point de procédés mécaniques, thermomécaniques, fermentaires et enzymatiques afin d'optimiser davantage la valeur nutritionnelle des graines.

VALOREX, au travers de PRODIVAL® propose aujourd'hui des produits rassemblant de multiples intérêts (techniques, économiques, environnementaux et sociétaux) :

- Avantages nutritionnels : par rapport aux graines broyées, augmentation jusqu'à 8 et 12% de la digestibilité de la protéine et jusqu'à 32% et 25% de la digestibilité de l'énergie, respectivement chez le poulet et le poisson ; augmentation de la protection ruminale de la protéine à hauteur d'au moins 20 à 30 points de dégradabilité théorique en moins, chez les ruminants ;
- Autonomie protéique : substitution des tourteaux importés, notamment de soja OGM, rendant l'éleveur moins dépendant des cours fluctuants de la protéine ; tout en répondant aux demandes de filières ;



- Agroécologie : préservation de la biodiversité cultivée ; réduction des émissions de gaz à effet de serre (moins de déforestation importée, moins d'utilisation d'engrais azotés) ; allongement des rotations ; diminution des intrants (pesticides, herbicides) ; amélioration de la santé du sol ;

- Economie : hausse de la marge brute à l'hectare ; montée en gamme des produits d'élevages (viande, lait, œuf) et hausse du prix de vente potentiel car mieux reconnus par les consommateurs, les citoyens et les distributeurs.

En conclusion, la solution PRODIVAL® consiste en de nouvelles sources de protéines végétales d'origine locale, aux performances inégalées, à destination des animaux d'élevage, pour permettre à l'agriculture française d'aller vers une autonomie protéique durable et rentable, grâce à des résultats technico-économiques performants en élevage d'une part, et à une montée en gamme et en valeur des produits de leur exploitation d'autre part.

## **Diversité des formes d'échanges entre céréaliers et éleveurs en France : des dynamiques collectives pour l'autonomie en légumineuses**

*Marc Moraine, Sonia Ramoneteu, Marie-Benoit Magrini, Jean-Philippe Choisis*

Les complémentarités culture – élevage entre exploitations correspondent à des modèles d'agroécologie, dans lesquels céréaliers et éleveurs échangent pour atteindre l'autonomie en groupe. Ces échanges concernent majoritairement des légumineuses, qu'elles soient fourragères ou à graines, car à travers eux, c'est le bouclage du cycle de l'azote qui est en jeu.

L'étude présentée est fondée sur plusieurs cas d'études de collectifs d'agriculteurs, montrant une grande diversité de situations : à plus ou moins grande échelle, d'intensité variable en volume de produits échangés, en régularité des échanges, en stabilité de la relation partenariale. L'enjeu est de proposer un panorama des expériences de terrain pour aider les organisations professionnelles, filières, décideurs publics, à mettre en œuvre un soutien adapté aux différents modèles d'organisation observés.

Cet article propose une typologie d'initiatives collectives d'intégration culture – élevage à l'échelle du territoire, à partir de l'étude de 56 projets de collectifs d'agriculteurs identifiés via des canaux institutionnels (projets Casdar MCAE, GIEE, etc.). Douze cas ont fait l'objet d'enquêtes d'approfondissement pour mieux comprendre les motivations et modalités de mise en œuvre de ces projets.

Huit types d'initiatives ont été identifiés : trois portent sur une mise en commun de matériel et/ou connaissances favorisant des changements techniques pour viser l'autonomie à l'échelle exploitation. Les cinq autres relèvent d'échanges entre exploitations spécialisées, avec des finalités variées : recherche d'autonomie à l'échelle du collectif, commercialisation en circuits courts, mise à disposition de parcelles, méthanisation en collectif.

La typologie construite montre également une diversité de leviers techniques et organisationnels, de modes de coordination et de coopérations avec les autres acteurs du territoire. De cette typologie, nous déduisons des pistes d'accompagnement par des acteurs des territoires et du développement agricole, en appui aux politiques publiques : soutien à l'investissement, communication, formation. Ces formes de soutien peuvent permettre de constituer des modèles organisationnels autour des échanges de légumineuses entre céréaliers et éleveurs, adaptables dans différents territoires selon les caractéristiques de ceux-ci.



## **FLASH.**

### **Quels itinéraires techniques dans quels systèmes de cultures pour sécuriser et augmenter la production de protéagineux grains destinés à l'alimentation animale**

Caroline Cocoual

Le projet de recherche et de développement Prograilive vise à sécuriser et augmenter la production de protéagineux grains destinés à l'alimentation animale dans l'ouest de la France (Bretagne et Pays De la Loire) via l'étude des cultures de pois, lupins et féveroles en pure et surtout en mélange, en agriculture biologique et en agriculture conventionnelle.

Un des axes du projet a pour objectif d'observer les pratiques « innovantes » d'agriculteurs de Bretagne et des Pays de la Loire, afin d'identifier des itinéraires techniques performants permettant une certaine régularité des rendements pour sécuriser la production de protéines sur l'exploitation.

En effet, de nombreux questionnements demeurent, notamment sur les rendements aléatoires des protéagineux. Ainsi, les expériences de certains producteurs peuvent nous aider à identifier des éléments de réponse, notamment dans la conduite de ces cultures et la sécurisation des rendements. Ce sous projet a pour ambition de s'inspirer de ce savoir-faire terrain pour capitaliser et diffuser des solutions ou des itinéraires techniques efficaces mais aussi de permettre aux équipes de recherche d'adapter leurs travaux.

Menée depuis 2016 et jusqu'en 2019, cette étude a déjà apporté des éléments de réponse qui pourront être partagés lors de ces rencontres francophones des légumineuses.

Sur 3 années, 39 parcelles agriculteurs ont été suivies. A partir de ces suivis, sont recensées les solutions techniques favorables à la réussite de la culture de protéagineux à l'échelle du système de culture. Elles sont ensuite caractérisées sur différents aspects, en particulier, agronomique, environnemental et économique en tenant compte également des aspects temps de travail pour les agriculteurs.

Par exemple, les protéagineux sont plus souvent cultivés en association en agriculture biologique, et en pur en agriculture conventionnelle. La féverole est la culture la plus représentée, alors que le lupin d'hiver est très peu présent en Bretagne et en agriculture biologique.



## **FLASH.**

### **Utilisation digestive des graines protéagineuses traitées et leur valorisation par les vaches laitières**

*Solveiq Mendowski, Patrick Chapoutot, Anne Ferlay, Guillaume Chesneau, Francis Enjalbert, Antoine Germain, Vincent Largeau, Lucette Genestoux, Sylvie Rudel, Pierre Nozière*

Utilisation digestive des graines protéagineuses traitées et leur valorisation par les vaches laitières", "La France produit insuffisamment de matières premières riches en protéines pour l'alimentation animale, ce qui se traduit par un import massif de tourteau de soja (2,8 millions de tonnes sur la campagne 2016/2017, Terres Univia, communication personnelle). En effet, les protéines dans l'alimentation des vaches laitières sont principalement apportées par du tourteau de soja ( $52,6 \pm 1,1$  % de protéines, Tables INRA-CIRAD-AFZ, 2017). Les protéagineux, comme le lupin, le pois ou la féverole cultivés en France pourraient être une solution alternative pour nourrir les vaches laitières. Les protéines contenues dans ces graines sont en revanche hautement dégradables dans le rumen (dégradabilité théorique de 79 % et 81 % pour la féverole et le lupin respectivement, Tables INRA-CIRAD-AFZ, 2017). L'extrusion peut être une solution pour réduire cette dégradabilité des protéines, tout en maintenant la digestibilité intestinale (Bayourthe et al., 1998).

Nos hypothèses sont que (1) les protéines contenues dans la féverole et le lupin extrudés sont moins dégradables dans le rumen que les protéines de ces mêmes graines crues ; et (2) l'extrusion à haute température permet une moindre dégradation des protéines dans le rumen que l'extrusion à basse température, ce qui permettrait une sécrétion de protéines plus importante dans le lait et une moindre excrétion d'azote dans les urines.

Pour répondre à ces interrogations, un essai in vivo a été réalisé sur huit vaches Holstein en lactation équipées d'une canule ruminale. Le schéma expérimental était un double carré latin  $4 \times 4$ , dans lequel les régimes étaient formulés pour être iso-protéines brutes (MAT) et iso-énergie nette, et comprenaient 40 % de concentré sur la base de la matière sèche. Le concentré expérimental consistait en un mélange de maïs broyé et de tourteau de soja pour le régime témoin dans les deux carrés latins, substitué par un mélange de 10 % de graine de lin et 90 % de féverole (*Vicia faba*) ou de lupin (*Lupinus albus*). La graine de lin est ajoutée pour faciliter le passage de la féverole et du lupin en extrudeur et pour sa composition en acides gras intéressante pour les vaches laitières. Dans chaque carré latin, ces mélanges étaient sous forme crue, extrudée à basse (140°C) ou à haute (160°C) température. Les mélanges ou le tourteau de soja apportait 40 % de la MAT totale de la ration. Les réponses des animaux (ingestion, production et composition du lait, partition de l'azote), ainsi que l'ammoniaque ruminale et les composés de Maillard dans les aliments et les fèces ont été mesurés.

L'ingestion a été similaire entre les régimes contenant du tourteau de soja et les régimes à base de graines protéagineuses et la partition de l'azote n'a pas été significativement modifiée. Les teneurs en ammoniaque ruminale confirment toutefois l'hypothèse que l'azote des graines protéagineuses crues est plus dégradable dans le rumen que l'azote du tourteau de soja et que les protéines des produits extrudés apparaissent plus protégées de la dégradation ruminale que celles des mélanges crus, cette dégradation étant réduite presque au niveau de celle du tourteau de soja. En revanche, les composés de Maillard dans les fèces indiquent que l'extrusion à 160°C a surprotégé les protéines qui échappent non seulement à la digestion ruminale mais aussi à la digestion intestinale. L'ensemble de ces résultats donnent des perspectives intéressantes pour

remplacer le tourteau de soja par des graines protéagineuses extrudées à basse température dans des conditions similaires à celles que nous avons utilisées.

## **FLASH.**

### **Distribution d'enrubannage de luzerne à des porcs en croissance pour gagner en autonomie protéique**

*Stéphane Ferchaud, Antoine Roinsard, Tony Terrasson, Franck Guiraud, Cécile Bonnefont*

Distribution d'enrubannage de luzerne à des porcs en croissance pour gagner en autonomie protéique", "La recherche d'autonomie protéique est un enjeu majeur pour les filières animales, en particulier pour les filières biologiques. En production porcine, le cahier des charges pour le Label Agriculture Biologique impose la distribution de fourrages grossiers. Le challenge présenté ici consiste à réunir ces deux objectifs en proposant à des porcs en croissance un fourrage grossier riche en protéines : de l'enrubannage de luzerne.

Ainsi 2 lots de 60 porcs charcutiers en croissance ont reçu des régimes variés avec un apport supplémentaire en enrubannage de luzerne (MS 67,2% ; MAT 18,4% en % de MS) de 96 à 160 jours d'âge. Les porcs du lot témoin (T) ont reçu un aliment standard (EN 9,71 MJ/kg ; MAT 16,6%) avec un rationnement à 4% de leur poids vif. Les porcs des quatre autres lots ont reçu de l'enrubannage de luzerne ad libitum, en plus de l'aliment. Les porcs des lots C100 et C85 ont reçu le même aliment que celui des porcs du lot témoin. Les porcs des lots F100 et F85 ont reçu un aliment F moins riche en énergie et en protéines (EN 9,00 MJ/kg ; MAT 15,4%). Les quantités d'aliment distribuées aux porcs des lots C100 et F100 étaient équivalentes à celles du lot témoin T ; elles étaient diminuées à 85% dans les lots C85 et F85. Avec ces régimes, les déficits protéiques étaient respectivement de 10%, 15% et 22% dans les lots F100, C85 et F85 par rapport au lot témoin T.

La consommation d'enrubannage de luzerne a augmenté en fonction du déficit protéique (310 g/j pour le lot C100, 380 g/j pour le lot F100, 550 g/j pour le lot C85 et 670 g/j pour le lot F85). En revanche, la consommation d'aliment était équivalente dans les lots T, C100 et F100 autour 181 kg d'aliment entre 96 et 160 jours et plus faibles dans les lots C85 et F85 (149 kg sur la même période ;  $p=0,11$ ). Le GMQ sur la période était équivalent entre les lots T, C100 et F100 (autour de 1047 g/j), celui des lots C85 et F85 étaient plus faibles avec 948 g/j et 879 g/j ( $p<0,001$ ). Ainsi les indices de consommation de l'aliment étaient équivalents dans les lots T et F100 avec respectivement 2,73 et 2,75, légèrement améliorés dans les lots C100 et CF85 avec respectivement 2,62 et 2,63 et plus fortement améliorés dans le lot C85 ( $p=0,097$ ). Le rendement carcasse était dégradé par rapport au témoin uniquement dans le lot C85 ; alors que le taux de muscles des pièces était équivalent dans les cinq lots.

Ainsi ce premier essai montre que les porcs charcutiers ont un réel appétit pour de l'enrubannage de luzerne avec une consommation qui a atteint des valeurs de 670 g/j. Les apports nutritionnels par ce fourrage ont permis de compenser les déficits protéiques de la ration jusqu'à 10%. Lorsque les déficits protéiques étaient supérieurs, des pénalisations sur les performances ont été mises en évidence. L'économie alimentaire par porc et par jour est de 1,4€, le coût de l'enrubannage consommé est estimé à 0,9€ par jour soit un solde 50 centimes par jour de croissance.

avec la collaboration de L.Chaumonnot, L Cathala, E Dubarry, C Bécel, M Bouvier , université de Toulouse, Ensat, Auzeville, France





## Session Parallèle 2

### Utiliser les légumineuses et leurs symbioses

---

#### **Comparaison de l'effet de la fertilisation azotée sur la croissance et la fixation symbiotique de dix espèces de légumineuses**

*Maé Guinet, Bernard Nicolardot, Vincent Durey, Cécile Revellin, Frédéric Lombard, Eric Pimet, Florian Bizouard, Anne-Sophie Voisin*

Les légumineuses ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique grâce à une symbiose avec des bactéries du sol. Ainsi, les légumineuses reposent leur nutrition azotée à la fois sur la fixation symbiotique et sur le prélèvement d'azote minéral par leurs racines. Une diversité d'espèces de légumineuses adaptées à de nombreuses conditions pédoclimatiques existent et pourraient contribuer à la durabilité des agrosystèmes, notamment en réduisant le recours aux intrants azotés. Cependant, peu de références sont disponibles et leur comparaison reste difficile sur la base des études existantes compte tenu des différences entre les conditions expérimentées. L'objectif de l'étude consiste à i) comparer l'effet de l'azote minéral sur la croissance de dix espèces de légumineuses et ii) comprendre les différences d'inhibition de la fixation symbiotique par l'azote minéral entre les espèces.

Un essai au champ a été mis en place en 2014 (Dijon). Dix espèces de légumineuses ont été semées en mars (féverole, lentille, lupin, pois et vesce commune) ou en mai (fenugrec, haricot, pois chiche, soja et vesce de Narbonne) et inoculées au semis avec une souche de rhizobium spécifique à chaque espèce. Différents niveaux de fertilisation azotée (0, 50, 150 et 300 kg N ha<sup>-1</sup>) ont été appliqués au semis sous forme de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> ; un marquage au 15N a été réalisé afin de mesurer la fixation symbiotique. Les parties aériennes ont été récoltées à maturité pour des mesures de biomasse, de concentration en N et d'enrichissement en 15N.

La fertilisation azotée a engendré une diminution de la proportion d'azote issu de la fixation symbiotique pour les dix espèces mais de grandes différences d'intensité de cette réponse ont été mises en évidence. En l'absence de fertilisation azotée, la quantité de N totale accumulée dans les parties aériennes des légumineuses a varié entre 94 kg N.ha<sup>-1</sup> (vesce de Narbonne) et 360 kg N.ha<sup>-1</sup> (Soja). La fertilisation azotée n'a pas eu d'effet sur la quantité d'azote totale prélevée par la plante (lentille, lupin, vesce commune, fenugrec, soja et vesce de Narbonne) ou a engendré une faible augmentation pour le traitement 300N (féverole, haricot, pois), indiquant une complète substitution du prélèvement d'azote minéral du sol par la fixation symbiotique pour ces espèces. Seul le pois chiche a fortement répondu à la fertilisation azotée avec une augmentation de la quantité de N accumulée de 57 % pour le traitement 300N. Afin d'expliquer les différences de réponse de la fixation symbiotique à l'azote minéral du sol, un indicateur d'intensité d'inhibition a été calculé comme la quantité d'azote minéral présente au semis engendrant 50 % d'inhibition de la fixation symbiotique (N50). N50 a varié entre 82 et 285 kg N ha<sup>-1</sup> entre le haricot et la féverole, indiquant un maintien de la fixation symbiotique pour la féverole pour des niveaux d'azote minéral élevés. Les différences de N50 ont été associées à des différences de besoins azotés et de capacités de prélèvement

de N minéral du sol entre les espèces. La féverole, le fenugrec et la vesce de Narbonne présentaient les plus faibles capacités de prélèvement d'azote minéral du sol par rapport au haricot et au soja, dont les capacités de prélèvement étaient les plus élevées.

Une meilleure compréhension des traits de plantes associés à une meilleure capacité de prélèvement de N minéral du sol sont cruciales afin de limiter les risques de lixiviation souvent observés dans les systèmes de cultures à base des légumineuses. L'exploration racinaire en profondeur et en largeur ont été mesurées dans un essai en serre et une relation positive entre la vitesse d'élongation racinaire en largeur et la capacité de prélèvement d'azote minéral mesurée au champ a été mise en évidence.

## **Caractérisation et sélection de souches tolérantes au stress isolées des nodules de *Phaseolus vulgaris* L. possédant des caractéristiques intéressantes pour la croissance des plantes**

*Imane El Attar, Kaoutar Taha, Berraho El Bekkay, Mhamed El Khadir, Imane Thami-Alami, Jamal Auragh*

En tant que bactéries du sol, les rhizobia sont connus pour leur capacité à noduler et à fixer l'azote en symbiose avec les légumineuses, mais ils peuvent également posséder différentes caractéristiques qui favorisent la croissance des plantes (PGPR). Ainsi, ces rhizobiums peuvent être utilisés comme biofertilisants efficaces et une alternative durable aux fertilisants chimiques néfastes. *Phaseolus vulgaris* est une légumineuse connue pour sa faible capacité de fixation d'azote en symbiose avec les rhizobia. Dans ce contexte plusieurs expériences de criblage ont été conçues dans le but de sélectionner des rhizobia efficaces, tolérants certains stress abiotiques et possédant des activités biologiques bénéfiques pour la promotion de la croissance du haricot vert. Une prospection générale des champs du haricot vert au Maroc a permis de constituer une collection de 113 isolats de nodules. Les expériences de criblage ont montré que 45 isolats présentaient la capacité à solubiliser le phosphate inorganique ainsi que la production d'auxine et de sidérophores, en plus d'une tolérance élevée au sel et au pH. Parmi ces isolats, 18 étaient également capables de re-noduler le haricot vert mais seulement 3 ont montré une forte efficacité relative (jusqu'à 89%). L'analyse factorielle de correspondance a montré que la tolérance au sel et la solubilisation du phosphate étaient liées aux sites de prélèvement. L'analyse des séquences du gène de l'ARNr 16s a montré que les souches nodulantes appartenaient au genre *Rhizobium* mais seulement trois ont été identifiées au niveau de l'espèce. Nos résultats ont confirmé la large gamme d'espèces de *Rhizobium* capables de noduler le haricot vert et ont révélé leur coexistence à l'intérieur des nodules avec plusieurs bactéries endophytes tolérantes au stress et possédant des caractères potentiellement bénéfiques pour la croissance des plantes.



## **Maintenir l'intégrité des nodosités fixatrices d'azote ? Des facteurs végétaux, bactériens et abiotiques nécessaires pour la robustesse d'un équilibre symbiotique**

*Jean-Malo Couzigou, Raphael Ledermann, Kevin Magne, Pascal Ratet, Julia Vorholt, Fischer Hans-Martin*

Les légumineuses sont capables d'interagir de façon symbiotique avec des bactéries du sol communément appelées rhizobia. Cette interaction se déroule au sein d'organes spécifiquement dédiés à la symbiose et formés le plus souvent au niveau racinaire: les nodosités fixatrices d'azote, un type d'organe nouveau apparu au cours de l'évolution de la lignée verte. Alors les acteurs moléculaires végétaux (e.g. récepteurs des Facteurs de Nodulation, voie de signalisation symbiotique) et bactériens (e.g. Facteurs de Nodulation, Nitrogenase) ont été particulièrement bien décrits au cours des dernières décennies, l'origine de ce programme morphogénétique nouveau et les mécanismes associés au maintien de son intégrité demeurent relativement incompris. Nous avons récemment montré que les gènes *NOOT BOP COCH LIKE (NBCL)* étaient nécessaires pour le développement et fonctionnement harmonieux des nodosités chez *Medicago truncatula* et *Pisum sativum* [1]. En particulier, les gènes *NBCL* codent des régulateurs polyvalents du développement végétal qui exercent des fonctions conservées chez nombre d'espèces végétales [1-3]. Chez *M. truncatula* et *P. sativum*, ils maintiennent notamment une activité méristématique harmonieuse et répriment la formation de racines ectopiques au niveau des nodosités fixatrices d'azote [1]. Ce type de phénotype où un organe est converti en un autre (i.e. homéose) chez les mutants végétaux *nbcl* est particulièrement ressemblant à celui observé sur des nodosités de *Glycine max* (soja) induites par des mutants bactériens dépourvus du système général de réponse au stress (GSR) chez *Bradyrhizobium diazoefficiens* (ex *B. japonicum* USDA110). En effet, les mutants de *B. diazoefficiens* mutés pour les régulateurs centraux du GSR, *EcfG* ou *PhyR*, induisent également la formation de racines homéotiques à partir de nodosités chez le soja [4]. Ceci suggère l'existence d'un système de communication réciproque plante-rhizobium qui serait crucial pour la persistance d'un état symbiotique et le maintien d'une nodosité fonctionnelle. En combinant approches avec, et sans à priori, nous avons récemment initié la caractérisation des acteurs moléculaires nécessaires pour le maintien d'une nodosité déterminée en utilisant le couple symbiotique *B. diazoefficiens* - *G. max*. En particulier, la caractérisation fonctionnelle des gènes *NBCL* chez le soja semble indiquer des rôles symbiotiques conservés pour cette famille de gènes, indépendamment du type d'organogénèse de nodosité (indéterminé vs. déterminé) et du couple légumineuse-rhizobium considérés. En combinant des approches tant à l'échelle des réseaux moléculaires que cellulaire, nous cherchons à identifier à quels niveaux et par quels mécanismes l'absence du GSR chez *B. diazoefficiens* se traduit par une conversion homéotique des nodosités de soja. Finalement, seront discutés d'une part, différents exemples de phénotypes homéotiques de nodosités, ainsi que l'implication du GSR au cours d'autres interactions symbiotiques impliquant des *Bradyrhizobium* sp.. De façon générale, l'identification des acteurs moléculaires sous-jacents aux phénotypes de conversion homéotique pourrait nous permettre de révéler des mécanismes originaux nécessaires au développement harmonieux des nodosités fixatrices.

[1] Couzigou JM et al. (2012) *Plant Cell* 24:4498-4510

[2] Couzigou JM et al. (2016) *New Phytologist* 209:228-40

[3] Magne et al. (2018) *The Plant Journal* 94:880-894

[4] Gourion B et al. (2009) *Mol. Microbiol.* 73:291-305

Ce travail a bénéficié du soutien du programme no. 31003A/153446 de la Fondation Nationale Suisse pour la Recherche Scientifique attribué à HMF et du financement no. 749088 de l'Union Européenne via l'action individuelle Marie Curie

## **FLASH.**

### **Effet combiné des souches de *Rhizobium laguerreae* et de PGPRs sur la croissance de la lentille (*Lens culinaris* Medik.) dans des conditions de déficit hydrique**

*Kaoutar Taha, Imane El Attar, Amina Raif, Imane Thami Alami, Jamal Aurag, Gilles Bena, El Bekkay Berahho*

La sécheresse est l'une des contraintes abiotiques qui affecte profondément la croissance, la nodulation et le rendement des légumineuses. Au Maroc, la production des légumineuses alimentaires repose essentiellement sur des cultures non-irriguées sous climat généralement semi-aride où les précipitations sont faibles et éparses et les plantes sont souvent soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique. L'insuffisance des légumineuses notée à l'échelle du marché national a conduit à une importation moyenne de 290.000 qtx / an, essentiellement les lentilles.

Afin de contribuer à l'amélioration du rendement de la lentille, trois souches de *Rhizobium laguerreae* (LMR575, LMR597 et LMR655) symbiotiquement performantes et originaires de trois régions bioclimatiques différentes, et de deux PGPRs isolées de la rhizosphère de la lentille et sélectionnées pour leurs bonnes activités PGP (*Bacillus* sp. P4S9 et *Enterobacter aerogenes* P1S6), ont été choisis dans le but d'examiner leurs effets bénéfiques sur le développement de la lentille dans les conditions de déficit hydrique.

In vitro, ces isolats ont montré différents niveaux de tolérance au stress osmotique induit par différentes concentrations du PEG6000, les rhizobiums LMR655, LMR597 et *Bacillus* sp. P4S9 sont les souches les plus tolérantes avec une bonne croissance bactérienne en présence de 30% de PEG6000, et exclusivement *R. laguerreae* LMR655 a montré une forte capacité à croître même à 35% de PEG6000. La tolérance de la lentille au stress osmotique a aussi été testée, les plantes ont réussi à supporter jusqu'à 30 % de PEG6000, avec une augmentation de la biomasse racinaire au dépend de la partie aérienne, une voie empruntée par la plante afin de mieux utiliser les ressources en eau disponibles. Cette tolérance est accompagnée d'une diminution de la teneur en chlorophylle qui serait la conséquence de la réduction de l'ouverture stomatique, en plus de l'accumulation prononcée des osmo-protecteurs (proline et de sucres solubles).

A l'instar des résultats obtenus in vitro, un essai d'inoculation a été mis en place avec une variété locale de lentille « Bakria » cultivée sous serre dans des pots contenant un sol naturel et sous deux régimes hydriques : une irrigation normale (50% de CRE : Capacité de Rétention en Eau) et une irrigation stressante (30% de CRE). Les souches de *R. laguerreae* et de PGPRs sont utilisées seules et en co-inoculation afin d'évaluer et de comparer le comportement de nos bactéries sous les 2 régimes hydriques et de choisir la meilleure combinaison qui pourrait être intéressante à tester au champ. Nous avons constaté qu'en condition normale d'irrigation, la co-inoculation améliore considérablement le rendement par rapport à la simple inoculation et aux témoins positif (azoté) et négatif (non azoté). Les meilleurs couples identifiés sont *R. laguerreae* LMR655 / *Enterobacter aerogenes* P1S6 avec une efficacité symbiotique (ES) dépassant de loin le témoin positif et une nodulation très abondante, suivi par LMR655 / *Bacillus* sp. P4S9. Cependant en condition de déficit hydrique, le meilleur rendement a été obtenu par la combinaison *R. laguerreae* LMR597 / *Enterobacter aerogenes* P1S6 et vient ensuite LMR655 / P1S6 avec respectivement une ES de 108 et de 103%, sachant que le 100% est donné par le témoin positif. L'essai sous serre a donc confirmé les résultats obtenus in vitro, vu que ces trois souches étaient les plus tolérantes au stress osmotique provoqué par 30% de PEG6000.





## **FLASH.**

### **Evaluation de l'effet, et de l'arrière-effet, des légumineuses sur le fonctionnement biologique du sol par l'étude d'un bioindicateur : la nématofaune du sol**

*Camille Chauvin, Anne Schneider, Cécile Villenave*

Avec leur capacité à fixer l'azote atmosphérique, les légumineuses représentent une source alternative d'azote pour gérer des systèmes de cultures permettant de réduire les apports d'engrais azotés. Au-delà de cette propriété qui inscrit les légumineuses dans le cadre de la transition agro-écologique, leur effet sur le fonctionnement biologique des sols est peu connu. Au travers d'une étude bibliographique et du suivi de deux essais au champ, nous avons adressé la question en étudiant un bio-indicateur de l'état biologique du sol : la nématofaune.

Les nématodes, organismes pluricellulaires vermiformes très abondants dans les sols, présentent une forte diversité fonctionnelle et sont des acteurs majeurs du fonctionnement biologique des sols. Depuis plus de 20 ans, l'étude des communautés de nématodes du sol sert à caractériser l'impact de pratiques agricoles ou de systèmes de culture sur l'activité et le fonctionnement biologique des sols.

Nous avons réalisé une méta-analyse sur les articles scientifiques évaluant les effets de légumineuses sur les communautés de nématodes du sol. Cette méta-analyse, incluant 19 publications, met en avant des tendances significatives des légumineuses à augmenter le niveau d'activité biologique des sols en stimulant notamment les nématodes indicateurs d'enrichissement ; cette étude montre que les légumineuses ont tendance à stimuler l'activité bactérienne et les flux de nutriments (azote) dans les sols.

En 2015 et 2016, l'Institut Technique Terres Inovia a mis en place des essais qui visent à étudier l'effet des légumineuses sur les flux azotés dans le système et les caractéristiques des cultures suivantes ainsi que sur la qualité physique et biologique des sols. Le même essai a été mis en place sur deux sites («Berry» dans l'Indre en 2015 et «Grignon » dans les Yvelines en 2016). La nématofaune a été analysée dans ces deux essais en 2016 /2017/ 2018. L'essai du Berry est caractérisé par un sol argilo-calcaire superficiel et une forte teneur en matière organique (3,1%) tandis que l'essai Grignon présente un sol limoneux profond avec un niveau organique moyen (entre 1,3 et 1,9%).

L'étude des communautés de nématodes dans les sols de ces essais permet de tester les effets des légumineuses sur le fonctionnement biologique des sols au champ et de les comparer aux effets mis en avant par la méta-analyse en prenant compte un effet annuel et un effet site.

Au cours de cette présentation, nous présenterons les principaux résultats de la méta-analyse ainsi que les premiers résultats des analyses de la nématofaune réalisés sur les sites de « Berry » et de « Grignon ». Il s'agira d'une part de caractériser le fonctionnement biologique du sol sous les différentes cultures (légumineuses et non légumineuse) à l'aide de ce bioindicateur et d'autre part d'évaluer les modifications de la biologie du sol lors de la culture suivante.

Dans le site du Berry (récolte 2017), sous le blé, le pois et la féverole, les abondances de nématodes sont satisfaisantes et les indices d'enrichissement élevés, qui montrent des conditions du sol enrichies sous les légumineuses, conditions comparables à celles sous un blé fertilisé. L'influence du colza diffère

particulièrement des autres cultures avec des abondances de nématodes plus importantes et des indices de maturité plus élevés.

Le site de Grignon présente des indices de structure, de maturité et de diversité faibles sous la majorité des cultures ce qui reflète des conditions du sol perturbées. Les valeurs des abondances de nématodes sont de moyennes à faibles, par rapport aux valeurs usuelles de grandes cultures, qui montrent des niveaux d'activité biologiques limités dans ces sols, ce qu'on peut rapprocher de l'historique en grandes cultures et du faible taux de MO mesuré sur ces sols.

## **FLASH.**

### **Analyse écophysiological de la récupération après un stress hydrique chez la légumineuse à graines *Pisum sativum***

*Mégane Couchoud, Marion Prudent, Sylvie Girodet, Vanessa Vernoud, Christophe Salon*

Le pois (*Pisum sativum*) possède la capacité de fixer l'azote atmosphérique via une symbiose avec des bactéries du sol, au sein de structures racinaires appelées nodosités, permettant ainsi de s'affranchir de l'apport d'engrais azotés pour sa culture. Cependant, la fixation symbiotique de l'azote est un processus très sensible au stress hydrique qui l'impacte négativement au niveau structural et fonctionnel, et elle peut rester affectée même lorsque les conditions hydriques redeviennent optimales. Or, la capacité d'une plante à récupérer après un stress hydrique peut être déterminante pour sa survie et l'élaboration de son rendement. Pourtant, les mécanismes enclenchés lors de la phase de récupération, notamment en termes de reprise de croissance et d'acquisition en azote, restent peu connus. Afin d'évaluer la capacité du pois à récupérer après un stress hydrique et d'identifier les processus écophysiologicals sous-jacents à cette récupération, deux géotypes contrastés pour leur architecture racinaire et pour leur capacité à récupérer après un stress hydrique ont été sélectionnés. Ils ont été cultivés au sein de la plateforme de phénotypage à haut-débit 4PMI de Dijon et ont subi un stress hydrique de deux semaines suivi d'une période de ré-arrosage de deux semaines durant lesquelles une cinétique de prélèvements a été réalisée. Les processus écophysiologicals impliqués dans la récupération après le stress ont été analysés en utilisant un cadre d'analyse de type structure-fonction. L'efficacité des deux stratégies de récupération ainsi que les mécanismes associés ont ainsi pu être caractérisés et seront présentés. La poursuite de ces travaux consiste à étudier les processus moléculaires sous-jacents à ces mécanismes via des analyses transcriptomiques et métabolomiques afin d'identifier respectivement les gènes clés et les principales voies métaboliques impliqués. Cette analyse sera complétée par une étude des flux de carbone et d'azote au sein du continuum sol-plante-atmosphère. A plus long terme, cette combinaison d'approches pourrait permettre de contribuer à la conception d'idéotypes de pois mieux adaptés à des conditions hydriques fluctuantes.



## **FLASH.**

### **Mesure de la concentration et de la distribution de la leghémoglobine au sein de nodosités de pois protéagineux par imagerie hyperspectrale proche infrarouge**

*Damien Eylenbosch, Vincent Baeten, Pierre Delaplace, Benjamin Dumont, Juan Antonio Fernández Pierna, Bernard Bodsonne proche infrarouge.*

Les légumineuses ont la formidable capacité de fixer l'azote atmosphérique grâce à une symbiose avec des bactéries spécifiques au sein de leurs nodosités. Cette fixation d'azote atmosphérique est entre autres rendue possible grâce à une protéine, la leghémoglobine. Cette protéine est synthétisée au sein des nodosités et préserve de l'oxydation la nitrogénase, l'enzyme responsable de la transformation de l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>) en ammoniac (NH<sub>3</sub>), une forme d'azote assimilable par la plante.

La concentration en leghémoglobine au sein des nodosités permet d'estimer l'activité fixatrice d'azote des légumineuses. La quantification de cette protéine est donc importante au niveau de la recherche agronomique. La méthode couramment utilisée nécessite l'extraction de la protéine et sa transformation en cyanmethémoglobine avant de pouvoir la quantifier par spectrophotométrie avec l'hémoglobine humaine ou animale comme référence. Cette méthode prend du temps, est sujette aux erreurs de manipulation, nécessite l'emploi de réactifs toxiques et de plusieurs nodosités pour pouvoir réaliser la mesure.

Une méthode plus simple, plus rapide, ne nécessitant pas la destruction des nodosités ni l'emploi de réactifs a été mise au point avec l'imagerie hyperspectrale proche infrarouge. Cette technique d'analyse est la combinaison de la spectroscopie proche infrarouge et de l'imagerie. Elle permet l'acquisition d'un spectre proche infrarouge par pixel d'une image. La régression construite sur base de la méthode de référence de quantification de la leghémoglobine et de spectres proches infrarouges acquis sur des nodosités séchées a montré une bonne corrélation ( $R^2 = 0.9$ ).

L'imagerie hyperspectrale permettant d'acquérir un spectre proche infrarouge par pixel de l'image, il est donc possible, grâce à la régression développée, de connaître la concentration en leghémoglobine de chaque pixel d'une image hyperspectrale acquise sur des nodosités. Un traitement supplémentaire permet de connaître la concentration moyenne en leghémoglobine de chaque nodosité prise séparément. Des plus, lorsque cette nouvelle méthode de quantification est couplée à une méthode de classification permettant de discriminer les racines de pois et les nodosités sur base de leur spectres proches infrarouges, il est également possible d'étudier la répartition des concentrations en leghémoglobine au sein des nodosités d'une plante sans devoir détacher les nodosités des racines.

Au cours d'une étude réalisée sur des pois protéagineux d'hiver et de printemps, cette méthode a été utilisée pour suivre l'évolution des teneurs en leghémoglobine au sein des nodosités et la répartition de ces teneurs sur des systèmes racinaires prélevés en conditions réelles de culture. Les effets de la variété de pois, de fertilisations et de l'association culturale avec des céréales sur ces concentrations en leghémoglobine ont également été étudiés.



## **Session Parallèle 3**

### **Les systèmes agricoles avec les légumineuses : le cas des associations de cultures**

---

#### **Faciliter la production de légumineuses à graines en y associant une céréale : cas de la lentille et du lupin blanc d'hiver**

*Nicolas Carton, Loïc Viguier, Laurent Bedoussac, Etienne-Pascal Journet, Christophe Naudin, Guillaume Piva, Guénaëlle Corre-Hellou, Eric Justes*

L'Europe importe une très grande partie de ses besoins en protéines végétales, que ce soit pour l'alimentation humaine ou animale. Par exemple, la dépendance aux importations est de 74% pour la lentille et de 70% pour les aliments riches en protéines destinés à l'alimentation animale. Une plus grande intégration des légumes secs et de protéagineux dans les systèmes agricoles permettrait de réduire la dépendance aux importations, de diversifier les assolements et ainsi d'accompagner la transition vers des systèmes alimentaires plus durables.

Le faible attrait des légumineuses à graines pour les agriculteurs en Europe et en France s'explique en partie par des rendements faibles et instables. Des verrous agronomiques majeurs en sont responsables : adventices, verse ou encore divers ravageurs. Les cultures associées apparaissent comme une réponse pertinente à ces problèmes. En effet, elles sont reconnues entre autres pour leurs capacités à : i) augmenter et stabiliser les rendements, ii) réduire le développement des adventices par rapport aux cultures pures de légumineuses, et donc iii) accroître les marges brutes en situations à bas niveaux d'intrants. Deux thèses ont été réalisées sur le lupin blanc d'hiver (N. Carton) et la lentille (L. Viguier), afin d'étudier l'intérêt des cultures associées pour lever certains verrous agronomiques de ces légumineuses. Des essais en réseau de parcelles et en station d'expérimentation en mini-parcelles ont été menés en région Pays-de-Loire (lupin-triticales et lupin-blé) et sur le site de l'INRA-Auzeville (lentille-blé de printemps, en partenariat avec la coopérative Qualisol).

Ces travaux ont montré que les rendements en grain des associations étaient presque systématiquement plus élevés que ceux des légumineuses pures, en moyenne de 36% pour le lupin et de 19% pour la lentille. Dans les deux cas, l'ajout d'une faible quantité de céréale, entre 17% et 30% de la densité recommandée en culture pure, a permis de diminuer très significativement la biomasse des adventices par rapport aux cultures pures de légumineuses (40 à 70%).

La lentille et le lupin présentent une croissance et une acquisition des ressources lentes dans la première partie de leur cycle, alors que les céréales se développent plus rapidement. Ainsi, dans le cas du lupin associé, le taux de couverture du sol a été multiplié par trois en entrée d'hiver et l'acquisition de l'azote du sol par dix en sortie d'hiver par rapport au lupin pur. Dans le cas du cycle court de la lentille, la légumineuse est fortement concurrencée par la céréale pour l'acquisition des ressources, comme en témoigne la réduction de 33% du rendement de la lentille en association par rapport à la lentille pure et ce malgré une faible densité de céréale. Le lupin effectue sa phase de croissance maximale plus tardivement que les



céréales, l'association lupin-céréale offre ainsi une complémentarité temporelle n'induisant qu'une perte modérée de rendement du lupin (-13% dans les essais en station).

La céréale associée a permis : i) de réduire la verse de la lentille par rapport à la culture pure (15% vs 40%), ii) d'augmenter la proportion de lentille récoltée (75% en association contre 50% en culture pure) et iii) d'améliorer la marge brute par rapport à la culture pure de lentille (974 vs 713 €/ha-1) malgré les surcoûts liés au tri des graines. Chez le lupin, la culture associée s'avère particulièrement pertinente pour réduire ou supprimer le recours au désherbage tout en maintenant le rendement en protéines.

L'approche développée ici pourrait être utilisée pour faciliter la production d'autres cultures comme le pois chiche ou le haricot encore relativement peu attractives du fait de l'instabilité du rendement et du faible contrôle des adventices, offrant ainsi aux agriculteurs de nouveaux leviers de diversification des assolements.

## Potentiel du Haricot mungo à augmenter les Rendements de Mil au Sénégal

*André Diatta, Wade Thomason, Ozzie Abaye*

La production agricole au Sénégal est limitée par la variabilité des précipitations, les sécheresses persistantes et la faible fertilité des sols. Ces contraintes ont contribué à la baisse des rendements du mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] au Sénégal. Le haricot mungo [*Vigna radiata* (L.) Wilczek], une légumineuse à cycle court et relativement tolérante à la sécheresse, est capable d'améliorer la fertilité du sol grâce à sa fixation biologique de l'azote atmosphérique. Pour étudier le potentiel du haricot mungo à augmenter le rendement du mil et la fertilité du sol en associations, des expériences de terrain ont été menées pendant la saison hivernale de 2017 à Bambey (14°43'12"N, 16°36'41" O) et Nioro du Rip (13°45'0"N, 15 ° 48'0" O). Les associations (mil seul, haricot mungo seul et 33%, 43%, 50%, 56%, 67% et 75% de haricot mungo en mil seul) ont été disposées en blocs complets randomisés et répliqués quatre fois. Les paramètres étudiés comprenaient les paramètres de rendement du mil et du haricot mungo et les rendements en grain combinés, l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI), le taux de couverture, la fertilité du sol, le LER, l'agressivité et l'indice d'avantage monétaire. Les associations (mil + haricot mungo) n'ont pas significativement augmenté la biomasse ou le rendement en grains du mil intercalé par rapport au mil seul. Cependant, les rendements combinés en grains étaient significativement ( $P \leq 0,05$ ) plus élevés (jusqu'à 56%) en associations. De même, l'association du mil et du mungbean a augmenté significativement ( $P \leq 0,05$ ) les valeurs de NDVI (17%), le taux de couverture de la canopée (62%) et les avantages agronomiques et économiques par rapport au mil seul. Des différences significatives n'ont pas été observées entre le mil seul et le mil en association pour les propriétés étudiées du sol telles que le pH, le carbone total et l'azote total, le nitrate et l'ammonium et les concentrations en nutriments (Mehlich I). Les résultats de cette première année suggèrent que l'association avec le haricot mungo pourrait soutenir la production de mil grâce à la diversification des systèmes agricoles. Toutefois, ces résultats de terrain doivent être confirmés par des essais supplémentaires.



## **L'association de plantes compagnes aux protéagineux grains pour sécuriser la production en agriculture conventionnelle et biologique.**

*Céline Bourlet, Aline Vandewalle, Gwilherm Jobic, Solen Leherissey*

Pois, lupin et féverole sont trois cultures d'avenir et qui pourraient contribuer à l'autonomie protéique des élevages de l'Ouest dans un contexte d'augmentation et de fluctuation des prix mondiaux du soja. Elles doivent cependant faire face à de nombreux freins techniques, dont la maîtrise des adventices et l'irrégularité des rendements. Pour lever ces freins, le projet PROGRAILIVE (plan SOS Protein) a permis la mise en place d'un réseau d'expérimentation en Bretagne et Pays de la Loire, à la fois en agriculture conventionnelle et biologique. Le levier choisi est l'association des protéagineux avec une plante compagne, principalement des céréales, pour gérer le salissement et sécuriser le rendement. Les trois protéagineux, pois, féverole et lupin, sont testés en hiver et en printemps. Le protéagineux est semé à des densités équivalentes à la culture pure et la céréale entre 30 et 165 gr/m<sup>2</sup> (soit 10 à 30% des doses de semis en pur). Le projet arrive au terme de 3 années d'essais (2016-2018).

Malgré une variabilité importante des résultats due aux différents contextes pédo-climatiques d'expérimentation, des premières tendances se dégagent en termes de maîtrise des adventices et de rendement, en fonction du type de protéagineux et de la céréale associée.

Concernant la gestion du salissement, les résultats sont prometteurs, notamment en agriculture biologique. Les parcelles associées présentent des biomasses adventices à floraison inférieures aux parcelles en protéagineux pur dans au moins 60% des cas. Ces tendances sont bien sûr à nuancer en fonction du contexte de la parcelle (dont le potentiel de salissement).

L'avoine se montre la plus intéressante pour une meilleure gestion des adventices, quel que soit le protéagineux auquel elle est associée. Avec une avoine semée à 99 gr/m<sup>2</sup> (30% de la densité pure), la diminution de la biomasse adventices est de -27% à -83% en fonction des années et, des sites d'essais.

De façon générale, l'effet positif de la plante compagne sur le salissement est plus visible avec les protéagineux de printemps qu'avec les protéagineux d'hiver, ces derniers étant plus couvrants et moins sensibles à la compétition.

L'impact de l'association a également été analysé sur le rendement du protéagineux, la production de protéines et sur le rendement total (protéagineux + céréale). Plusieurs tendances sont observables. La féverole d'hiver est par exemple moins impactée négativement sur l'élaboration de son rendement que la féverole de printemps. La céréale joue un rôle de tuteur pour le pois protéagineux et l'association verse moins que le pois pur, facilitant ainsi la récolte et améliorant le rendement en situation de risque.

L'espèce associée a aussi son importance : l'avoine est trop compétitive alors que le blé peine à se développer sous couvert d'un protéagineux. En revanche, le rendement total est souvent supérieur en association, grâce à la production supplémentaire de céréales. L'ajout d'une plante compagne a aussi permis d'assurer une récolte dans les cas d'accident sur le protéagineux.

Pour finir, l'impact économique d'une association par rapport à un protéagineux pur a été analysé. Pour cela, deux indicateurs ont principalement été étudiés : la marge semi-nette et le coût de l'itinéraire technique par unité de MAT. Ils varient essentiellement avec le rendement du protéagineux. L'ajout d'une

céréale permet de compenser économiquement la perte de rendement en protéagineux, dans les cas de faible baisse de rendement en protéagineux.

La construction de l'association se fera donc en fonction des objectifs et sera le résultat d'un compromis entre la maîtrise du salissement et le niveau de rendement en grains.

## **FLASH.**

### **Effet de l'association Céréales - légumineuses et de la Fertilisation Organo-minérale sur le Rendement du Mil dans le Bassin Arachidier, Sénégal**

*Fatou Tine, Alpha Bocar Balde, Sekouna Diattta, Alfred Kouly Tine, Doohong Min, Ousmane Sy*

Au Sénégal, La production agricole est essentiellement basée sur les cultures vivrières comme Mil, Sorgho, Maïs, Riz et les cultures de rente comme l'arachide et le coton. Les systèmes de production reposent essentiellement sur la monoculture de céréales dans les champs de case et sur la rotation annuelle céréales-légumineuses. Les associations des cultures comme celles du Mil et du niébé ou de l'arachide sont aussi utilisées dans certaine partie du pays comme le bassin arachidier. Depuis plusieurs décennies, la recherche au Sénégal s'est focaliser sur l'étude du fonctionnement des systèmes de production en monoculture. Pour contribuer L'évaluer de l'effet de l'association des cultures et de la fertilisation organo-mineral sur le rendement du mil et les caractéristiques physico-chimiques du sol, cette étude a été réalisé durant l'hivernage 2017 à Bambey et à Nioro. Dans note étude nous avons quatre niveau de fertilisation (sans fertilisation, NPK dose recommande pour le mil, Compost dose recommande pour le mil, NPK+ compost avec demie dose recommande de chaque). Nos résultats montrent que les parcelles ayant reçu le NPK dose recommandé et demi-dose en combinaison avec le compost ont obtenu les rendements grain et en biomasse les plus élevées et ceci dans les deux sites. Pour les systèmes de culture dans les deux sites, nos résultats montrent qu'en ajoutant une ligne d'arachide ou de niébé dans les interligne de mil, sont rendement en grain et en biomasse reste comparable au rendement du mil seul. Néanmoins, les LER sont supérieur à 1 par ailleurs l'association de l'arachide ou du niébé avec le mil est bénéfique. Pour ce qui est du NDVI, de la couverture végétale et du nombre de nodules, la fertilisation n'a pas un effet signification mais les systems de cultures avec arachide ont un nombre de nodules, une couverture végétale et un NDVI statistiquement différent des autres systèmes.



## **FLASH.**

### **La culture en association de blé et de pois d'hiver : une technique culturale pour sécuriser et optimiser la production de protéines en climat tempéré.**

*Jérôme Pierreux, Pierre Delaplace, Bernard Bodson, Benjamin Dumont*

Les cultures en association céréales-légumineuses s'intègrent dans les démarches d'agriculture écologiquement intensive. Depuis 2012, l'Unité de Phytotechnie des Régions Tempérées de Gembloux Agro-bio Tech (Université de Liège, Belgique) étudie l'optimisation de la conduite de la culture associée de pois protéagineux d'hiver et de blé d'hiver récoltée en grain sec. L'objectif est d'assurer et de sécuriser la production d'une quantité de matière sèche au moins équivalente à celle produite par les deux cultures pures, tout en améliorant le rendement en protéines et en réduisant les apports d'engrais azoté de synthèse.

Malgré les avancées apportées par la sélection et le développement des variétés de pois à vrilles, la verse reste un problème majeur pour la culture de pois sous les latitudes du nord de la France et de la Belgique. Cette dernière constitue encore un frein au développement de ces cultures dans ces régions. Cependant, l'incorporation du blé dans la culture de pois offre des perspectives intéressantes pour la gestion efficace de ces problèmes. Bien que l'association de blé et de pois protéagineux donne lieu à un développement végétatif important, supérieur même à celui observé au sein de cultures pures, une gestion appropriée de ces deux espèces permet de limiter les accidents culturaux propres à la culture du pois.

Grâce à l'activité symbiotique du rhizobium, les légumineuses possèdent l'avantage de pouvoir s'affranchir des apports d'engrais azotés. Dans des systèmes à faible niveau d'intrants, l'association des légumineuses et des céréales permet une exploitation directe par la céréale des quantités d'azote piégées par la culture du pois. Cet échange, surtout présent en fin de culture lorsque les premières nodosités arrivent à un stade de sénescences, permet une nutrition de la céréale à des stades végétatifs particulièrement importants pour la qualité du grain. Grâce à cet apport "naturel" d'azote, des productions supérieures de protéines sont observées dans une association ne recevant pas de fertilisation minérale, par rapport à des cultures pures de blé ayant reçu une fertilisation minérale adéquate, voire même excessive. L'association culturale permet d'obtenir pour le grain de blé récolté des taux de protéines significativement supérieurs. En moyenne sur les 5 années de projet, la conduite en association a permis d'obtenir une bonification de 3,46% du taux de protéines, passant d'un taux de 9.48% de protéines en culture pure sans application d'azote de synthèse à 12.94% en association. Cette technique culturale constitue donc un réel atout pour optimiser la qualité du grain de blé naturellement.

Cependant les résultats obtenus révèlent que l'application d'une fumure azotée représente un levier additionnel pour l'optimisation de cette bonification. Les résultats obtenus à ce jour montrent que l'application de faibles quantités d'azote, de l'ordre de 40 et 60 kg d'azote par hectare appliqués respectivement aux stades tallage-redressement – Zadoks 28 – et dernière feuille du blé – Zadoks 39 – permet d'obtenir des taux de protéines moyens de l'ordre de 13.94% en association (fertilisé) alors que la conduite traditionnelle en culture pure n'offre que 11.48% de protéines sous le même niveau de fertilisation.

Lors de nos expérimentations, l'association a montré un intérêt par rapport à la gestion naturelle des adventices (plus forte couverture du sol et compétition à la lumière par rapport à une culture pure de



froment), maladies et ravageurs (attraction d'auxiliaires). Par ailleurs, les performances en terme de quantité récoltés sont réellement appréciables, l'association offrant systématiquement un LER (Land Equivalent Ratio) toujours supérieur à une valeur de 1. En conclusion, l'association blé-pois d'hiver permet de garantir une récolte de qualité, associée à un haut niveau de production et offrant un attrait écologique important dans des systèmes agro-écologiques tempérés.

## **FLASH.**

### **Les légumineuses, un si bon précédent azoté ?**

*Guénaëlle Hellou, Elise Pelzer, Etienne Pascal-Journet*

Les légumineuses sont connues pour leur richesse en protéines et pour leur effet précédent azoté pour les cultures suivantes. Mais qu'en est-il vraiment en conditions agricoles et pour différentes espèces ? Des observatoires de parcelles ont été suivies sur deux couples d'années (légumineuse et la céréale suivante) chez le lupin en Pays de la Loire, le pois en Bourgogne et la lentille et le soja en Midi-Pyrénées. La quantité d'azote gratuit rentré dans le système via la fixation d'azote de l'air varie beaucoup selon les espèces en fonction de leur potentiel de croissance et d'éventuels facteurs limitants qui l'affectent. La part d'azote venant de l'air a varié de 41% (lentille) à 76% (lupin de printemps). Le soja s'est distingué par une forte exportation d'azote dans les grains mais une restitution très faible via les pailles. Le lupin d'hiver a présenté quant à lui une forte quantité d'azote dans les grains mais aussi la plus forte restitution via les pailles. La lentille a accumulé moins d'N que les autres espèces mais a laissé une proportion assez importante dans les pailles. Les reliquats azotés à la récolte, atteignaient 40kg/ha en moyenne dans la profondeur explorée par les racines et jusqu'à 81 pour le lupin d'hiver. Après 3 à 4 mois d'interculture (chez le pois et le lupin), ils ont augmenté de façon importante et ont dépassé 110 kg/ha au semis du suivant.

Cependant entre le semis du suivant et la sortie de l'hiver, des pertes importantes sont intervenus chez le pois (en particulier lors de précipitations hivernales importantes observées en Bourgogne en 2015-2016) mais elles sont apparues négligeables chez le lupin d'hiver en Pays de la Loire où les valeurs sont restées très fortes au moment où les besoins du blé étaient élevés. Même si d'autres facteurs ont pu limiter les performances du blé suivant, les rendements du blé suivant (sans N) apparaissent très corrélés à la quantité d'N accumulé. Celle-ci était très variable selon les précédents (soja-pois-lentille bio < pois et soja conventionnel < lupin). Dans beaucoup de situations, les niveaux de rendement et de teneur en protéines de la céréale sans azote étaient proches de ceux de la situation fertilisée. Des économies d'azote importantes auraient pu être faites dans beaucoup de parcelles. En conclusion, ce travail montre l'importance de bien connaître les comportements différents entre les espèces de légumineuses avant de les insérer dans un système de culture. On montre aussi que favoriser la fixation de N<sub>2</sub> c'est d'abord éviter les facteurs limitant la croissance, autres que l'azote. Nous montrons que l'effet précédent est favorisé par la capacité de la légumineuse à reposer beaucoup sur la fixation de N<sub>2</sub> et à restituer suffisamment d'azote dans les pailles. Mettre la légumineuse dans de bonnes conditions pour fixer (culture précédente laissant peu d'azote) surtout pour les espèces ayant un fort taux d'exportation vers les grains. Il faut aussi éviter les pertes : utiliser des cultures intermédiaires à forte capacité de capture ou avoir une culture principale à fort besoin rapidement après la récolte de la légumineuse. Des économies d'azote sont possibles plus importantes que les pratiques actuelles Utiliser des OAD pour s'adapter à la variabilité de l'effet précédent est essentiel.



## Session Parallèle 4

### **Les légumineuses en alimentation humaine : les produits fermentés**

---

#### **Fermentation : nouveaux avenir pour les légumineuses ?**

*Isabelle Souchon, Françoise Irlinger, Anne Saint-Eve, Sandra Helinck, Pascal Bonnarme, Sophie Landaud*

Les consommateurs et citoyens ont aujourd'hui pris conscience que leur alimentation est un facteur clé de leur bien-être, de leur santé et qu'elle impacte l'environnement et le futur de nos sociétés à travers des pratiques plus ou moins durables. Les produits industriels transformés sont pointés du doigt pour être pour partie responsables de diabète de type 2, d'obésité, de maladies cardio-vasculaires ou encore de certains cancers (Foliet et al., 2018). Ainsi, les consommateurs recherchent des produits « naturels », à la fois sains, bons et faciles à consommer. Les produits végétaux sont associés à des produits sains mais ne sont pas toujours appréciés. En effet, si de nombreuses études scientifiques ont démontré les bénéfices nutritionnels des légumineuses ainsi que leurs bénéfices environnementaux dans de nombreux systèmes de culture, elles peinent parfois à trouver leur place dans les régimes occidentaux. En France, les consommateurs de légumineuses ne représentent que 14% de la population (Etude INCA 3, 2017). Elles sont souvent associées à des temps longs de préparation, à des inconforts digestifs, ou encore à des notes sensorielles très végétales appelées « beany » pas toujours appréciées des consommateurs. Afin d'augmenter la part des légumineuses dans l'alimentation, la fermentation peut lever certains de ces verrous et offrir de nombreux atouts pour revisiter des produits traditionnels ou encore pour la conception de nouveaux produits. La fermentation est un procédé très ancien de transformation et de conservation des aliments qui offre de nombreux bénéfices: i) des bénéfices nutritionnels (comme la production de vitamines B ou de peptides bioactifs, l'amélioration de la digestibilité des produits, en particulier l'hydrolyse de facteurs antinutritionnels ou l'élimination ou la réduction de la présence d'allergènes), ii) des bénéfices sanitaires (avec, par exemple, des activités antimicrobiennes et/ou des effets barrières contre des micro-organismes d'altération ou pathogènes), iii) des bénéfices sensoriels (avec une diversité de couleurs, textures, saveurs et arômes sans faire appel à des ingrédients ou additifs), iv) des bénéfices environnementaux (traitement moins énergivore à basse température des produits, conservation rallongée et parfois à température ambiante), v) des bénéfices culturels et sociaux (mise en valeur du terroir, d'une identité culturelle, préservation de la biodiversité, transformations des matières premières agricoles à petites échelles connectées aux productions agricoles).

S'il existe une très grande diversité de produits fermentés qu'ils soient d'origine animale comme végétale, on dénombre peu de produits fermentés à base de légumineuses. Tamang et al., 2016 ont recensé, principalement en Asie, 35 produits traditionnels fermentés à base de légumineuses (soja et caroube). Ces fermentations mettent généralement en œuvre des communautés microbiennes de trois à plusieurs dizaines d'espèces. Des travaux récents ont été conduits par exemple sur le pois et ont permis de montrer les bénéfices sensoriels de communautés microbiennes issues de produits fermentés «classiques» (fromage) ou formulées de manière raisonnée) (Ben Harb et al., 2018). Les règles d'assemblages des communautés microbiennes pour des fonctionnalités cibles sont complexes, mais de nouveaux outils sont aujourd'hui

disponibles et permettront une rationalisation de ces règles d'assemblage ouvrant sur de nombreuses innovations.

Ainsi, le développement de nouveaux produits fermentés inspirés de procédés traditionnels offre de nouvelles voies d'innovation dans le domaine des légumineuses pour la formulation de produits finis comme pour la préparation d'ingrédients fonctionnels.

#### Références :

Foliet et al., 2018, British Medical Journal

Etude INCA 3, ANSES, Juin 2017

Tamang et al., 2016 , Frontiers in Microbiology

Ben Harb et al. 2018, International Journal of Food Microbiology (soumis)

## **Design de communautés bactériennes pour fermenter un nouvel aliment associant lait et légumineuse**

*Valérie Gagnaire, Fanny Canon, Mahendra Mariadassou, Hélène Falentin, Sandrine Parayre, Marie-Bernadette Maillard, Gwénaële Henry, Marie-Noëlle Madec, Florence Valence-Bertel, Olivia Ménard, Valérie Laroute, Marie-Line Daveran-Mingot, Muriel Cocaïgn-Bousquet, Anne Thierry*

Diversifier les sources alimentaires devient crucial dans un contexte de systèmes alimentaires durables. La part des légumineuses, malgré leur fort taux protéique, a fortement décliné dans notre diète depuis 50 ans. Un moyen de les réintroduire est de les utiliser sous d'autres formes. Associer des protéines animales et végétales et les fermenter peut ainsi apporter des bénéfices supplémentaires, organoleptiques et nutritionnels aux légumineuses. Cependant, n'ayant aucun aliment fermenté de référence, rassembler dans des communautés bactériennes, des souches qui ne colonisent pas les mêmes habitats et dont on ne sait pas a priori si elles vont coopérer ou non, nécessite de revoir les concepts conduisant à former de nouvelles communautés.

Pour ce faire, nous avons utilisé des espèces de bactéries lactiques largement utilisées pour fermenter des ressources alimentaires variées. Nous avons choisi de concevoir ces communautés bactériennes sur la base de leur complémentarité métabolique, sur deux critères : la capacité des souches à fermenter les sucres et à hydrolyser les protéines des différentes ressources, dans le cas présent du lait bovin et de la farine de lupin. Notre stratégie a consisté à : i) sélectionner in silico des espèces de bactéries lactiques possédant les gènes impliqués dans le métabolisme des sucres ; ii) cribler in vitro un ensemble de souches capables d'utiliser les protéines et les sucres du lait et/ou du lupin et iii) concevoir des communautés composées de souches aux fonctions complémentaires.

L'étude in silico a permis via les données génomiques disponibles pour les souches de bactéries lactiques mésophiles homofermentaires, de rechercher trois enzymes,  $\beta$ -galactosidase, alpha-galactosidase et alpha-glucosidase, impliquées respectivement dans l'hydrolyse du lactose (lait), du raffinose et/ou du stachyose et du saccharose (lupin). Une fois les espèces bactériennes d'intérêt sélectionnées, le criblage in vitro a permis de confirmer pour chaque souche l'utilisation des sucres et de tester les activités protéolytiques globales sur les caséines et les protéines de lupin. Un « clustering » des souches a permis ensuite de regrouper les souches considérées comme « métaboliquement équivalentes » sur les critères choisis et de concevoir les communautés afin qu'elles expriment tous les critères, i.e. hydrolyse des sucres et des protéines. Les mixtes lait-lupin ont été fermentés par différentes souches de bactéries lactiques, lactocoques et lactobacilles, associées sous forme de communautés ou en culture pure afin d'estimer la plus-value des communautés. Les niveaux de populations bactériennes ont été évalués avant et après fermentation ainsi que le pH, la protéolyse globale, et les teneurs en sucres résiduels, en acides organiques, en acides aminés libres et en composés volatils.

Nos résultats montrent que les populations bactériennes dans les communautés étaient en général plus élevées que dans les cultures pures. De façon cohérente, les milieux fermentés par les communautés avaient également un pH plus faible et une teneur plus élevée en acide lactique produit. De plus, les teneurs en sucres du lupin étaient diminuées, notamment celles du raffinose, du stachyose et du verbascose, sucres impliqués dans certains troubles digestifs. De même, la teneur en hexanal généralement associé à une

flaveur indésirable était fortement réduite après fermentation. Il est apparu que les souches coopéraient entre elles. Ainsi, les souches hydrolysant les protéines favorisaient la croissance des souches non protéolytiques, en leur fournissant peptides et acides aminés libres. Enfin, la fermentation des matrices mixtes a permis de moduler les cinétiques d'hydrolyse des protéines lors de la phase de digestion gastrique in vitro. Ces travaux illustrent une démarche de conception de communauté bactérienne qui peut être transférable à d'autres matrices, mixtes ou non pour aider à diversifier les aliments fermentés à base de légumineuses.

## **Projet CoLeg : fermentation de trois légumineuses par différentes communautés microbiennes, en vue de développer de nouveaux aliments fermentés**

*Anne Thierry, Françoise Rul, Valérie Gagnaire, Fiona Lauraire, Marie Valmori, Marie-Bernadette Maillard, Anne Saint Eve, Vincent Juillard, Marie-Line Daveran, Muriel Cocaign-Bousquet, Valérie Laroute, Françoise Irlinger*

Les légumineuses, qui contiennent des protéines de bonne qualité et peu coûteuses en plus d'autres atouts nutritionnels, sont de bonnes candidates pour augmenter la part des protéines végétales dans notre diète et contribuer au développement de systèmes alimentaires durables. Cependant, des freins à leur utilisation (préparation longue, digestibilité difficile, ...) ont conduit à une forte baisse de leur consommation. La fermentation est un moyen de diversifier l'offre d'aliments issus des légumineuses en augmentant leur digestibilité, voire leur valeur nutritionnelle. L'objectif du projet CoLeg était d'explorer la fermentescibilité de farines de différentes légumineuses par des communautés microbiennes voisines de celles rencontrées dans les produits laitiers fermentés : bactéries lactiques et bactéries et levures d'affinage du fromage.

Trois légumineuses, pois jaune, soja et lupin blanc, ont été retenues pour ce projet. Des milieux de culture ont été développés à partir de suspensions de farines de ces 3 légumineuses à 10% dans l'eau, centrifugées et stérilisées pour répondre au mieux aux contraintes de chaque légumineuse. Les milieux ont ensuite été fermentés par cinq communautés microbiennes composées soit de bactéries lactiques mésophiles, soit de bactéries lactiques thermophiles, soit de microorganismes d'affinage du fromage, soit d'associations de ces différents groupes. Les milieux ont été caractérisés au cours de la fermentation par des analyses microbiologiques, biochimiques (pH, teneur en sucres résiduels, en acides organiques produits, en acides aminés libres, en protéines et en composés volatils) et par évaluation sensorielle (profil d'odeurs par la méthode Check-All-That-Apply).

Les milieux préparés contenaient 22 à 30 g protéines par kg et 7 à 14 g de sucres fermentescibles par kg. Les deux principaux sucres sont le stachyose, un des oligosaccharides typiques de ces légumineuses, et le saccharose. Les communautés microbiennesensemencées se sont toutes bien développées et atteignaient des populations finales de 10<sup>8</sup> à 10<sup>9</sup> unités formant colonies (UFC) par g pour les bactéries lactiques, de 10<sup>8</sup> UFC/g pour la bactérie d'affinage et de 10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup> UFC/g pour les levures. Dans les milieux fermentés par des bactéries lactiques, la consommation des sucres était concomitante avec la production d'acide lactique et le pH final était inférieur à 4.5, alors que le pH final était proche de 6 dans les milieux fermentés par des microorganismes d'affinage. Une protéolyse forte a été observée dans tous les milieux fermentés. De plus, au cours de la fermentation, les profils des sucres, des acides aminés libres et des composés volatils variaient significativement et étaient plus impactés par la communauté microbienne que par la légumineuse. Des différences sensorielles marquées ont été observées et dépendaient également principalement des communautés microbiennes. Par exemple, les milieux fermentés avec les bactéries lactiques étaient caractérisés par la présence de diacétyle et associés à des odeurs lactiques, alors que ceux fermentés avec les communautés d'affinage se distinguaient par des profils de composés volatils riches en esters, acides, et alcools et par des odeurs fruitées, piquantes et alcoolisées. Enfin, une diminution significative de composés tels que l'hexanal, associés aux notes « verte », « terreuse » indésirables des légumineuses a été observée dans tous les milieux fermentés.



Ces premiers résultats montrent qu'il est possible d'implanter différentes communautés microbiennes sur des milieux préparés à partir de légumineuses et de générer des profils aromatiques très variés, offrant des perspectives de développement de nouveaux aliments fermentés à partir de légumineuses.

## **FLASH.**

### **S. thermophilus et jus de soja : des atouts pour le développement de nouveaux aliments fermentés.**

*Mylène Boulay, Maher Al Haddad, Marie-louise Noordine, Muriel Thomas, Françoise Rul*

A l'horizon 2030, la population mondiale atteindra plus de 8 milliards et la capacité à nourrir l'ensemble des individus est un réel challenge. Aussi, la réduction de la consommation de protéines d'origine animale (PA) et le ré-équilibrage vers les protéines d'origine végétale (PV) s'avère nécessaire. En France, une tendance apparaît avec le souhait des consommateurs, de plus en plus nombreux, de limiter leur consommation de viande au profit de produits riches en PV - qui bénéficient d'une image positive (durabilité, naturalité). Un nombre grandissant d'aliments enrichis en PV sont désormais sur le marché et, en France, les débouchés pour le soja en alimentation humaine sont en pleine expansion. En effet, le soja représente une ressource intéressante de par ses propriétés nutritionnelles, la graine de soja étant riche en protéines et en acides gras insaturés. Les "sogurts" (yaourts à base de jus de soja) émergent ainsi comme une alternative aux yaourts traditionnels laitiers en raison de leur taux de cholestérol réduit ainsi que leur absence de lactose. Cependant, les connaissances sur la physiologie bactérienne, les métabolites produits par les bactéries utilisées comme levain et impliquées dans leurs propriétés techno-fonctionnelles et probiotiques sont limitées dans le cas des matrices végétales malgré leur essentialité pour le développement d'aliments végétaux fermentés.

Notre projet repose sur l'étude de la bactérie lactique *S. thermophilus*, une des deux bactéries starter du yaourt laitier traditionnel, et pour laquelle nous avons une très bonne connaissance de la physiologie en milieux laitiers. Nous avons comparé les capacités fermentaires de la souche LMD-9 en jus de soja ainsi que son potentiel probiotique, à ceux que cette souche développe en lait.

Nous avons montré que la souche LMD-9 était capable de se développer en jus de soja, de l'acidifier rapidement et avec des cinétiques d'acidification et de croissance proches de celles du lait. La croissance de cette bactérie repose en particulier sur la consommation de saccharose et conduit à la production de lactate, lactate qui est responsable de l'acidification et qui est d'intérêt pour la physiologie intestinale puisqu'il constitue un substrat énergétique pour les cellules épithéliales. La croissance de la souche LMD-9 est plus faible en jus de soja qu'en lait : le taux de croissance est réduit d'un facteur 2 et les populations bactériennes finales d'un facteur 5 (2  $10^8$  UFC/ml en soja vs.  $10^9$  en lait, après 4h de fermentation). L'identification des facteurs limitant la croissance de *S. thermophilus* en jus de soja est en cours. Des analyses protéomiques préliminaires suggèrent que les voies de biosynthèse de certains acides aminés (branchés et soufrés) ainsi que la voie d'utilisation du saccharose de *S. thermophilus* sont actives pendant la fermentation du jus de soja, résultat confirmé par la consommation de saccharose.

Pour ce qui est des aspects pro-biotiques, explorés in vitro sur des cultures cellulaires épithéliales productrices de mucus (HT29MTX), les surnageants de lait et de jus de soja non fermentés induisent une légère réponse inflammatoire : augmentation de la production de la cytokine pro-inflammatoire IL-8 qui diminue un peu lorsque le jus de soja est fermenté par la souche LMD-9. Aussi ces résultats soulignent l'importance de la matrice alimentaire ainsi que la fermentation.

La poursuite de ces études va permettre d'identifier les métabolites des aliments fermentés, potentiellement impliqués dans leurs propriétés organoleptiques et/ou probiotiques. Cette connaissance

permettra de développer et de diversifier l'offre alimentaire, de cibler des populations particulières (jeunes enfants - personnes âgées, patients souffrant de troubles fonctionnels intestinaux, inflammation, dysbiose...), en exploitant et valorisant les flores positives alimentaires.

## **FLASH.**

### **Les légumineuses germées, un super aliment**

Laurent Spanghero

Les légumineuses comme les pois chiches ou les lentilles sont largement utilisées dans les régimes végétariens pour fournir l'apport nécessaire en protéines. Cependant, les légumineuses ont une faible digestibilité. En effet, elles contiennent un certain nombre de facteurs antinutritionnels qui provoquent des inconforts gastriques ou réduisent la biodisponibilité de certains nutriments.

Nutrinat a mis a point un procédé de germination des légumineuses pour remédier à cela. Ce processus tient en 6 étapes : trempage des graines puis une courte germination à une température et un temps qui varient pour chaque sorte de graines. Ensuite, vient une cuisson à plus de 65°C, un séchage, et enfin, un dépelliculage suivi de la transformation des graines en farine.

Les légumineuses ayant subi un tel procédé voient leurs valeurs nutritives augmenter singulièrement :

- Certaines vitamines sont synthétisées en quantité importantes par la graine durant la germination, de manière importante pour les vitamines C et B2 et significative pour les vitamines B5 et B6.
- Le taux de protéines augmente durant la germination et le taux d'inhibiteurs trypsiques diminue. Ces inhibiteurs sont des peptides qui bloquent l'action de la trypsine, l'enzyme permettant la digestion des protéines. De même, les tanins qui se lient avec les protéines et empêchent leur assimilation voient leur concentration diminuer jusqu'à devenir non détectables. Les protéines sont donc bien plus biodisponibles.
- Les macro-nutriments sont hydrolysés en plus petites unités. Les protéines sont réduites en acides aminés, augmentant ainsi la capacité d'assimilation. Les sucres complexes (galacto-oligosides comme le raffinose et le stachyose à l'origine des ballonnements et flatulences) sont réduits en sucres simples, leur digestibilité est donc fortement améliorée.
- La germination active la phytase, une enzyme qui clive les phytates, ces derniers affectent la biodisponibilité des minéraux comme le calcium, le zinc, le fer ou le magnésium.

L'association des légumineuses germées avec des céréales permet d'avoir un apport équilibré en acides aminés essentiels, notamment de compenser le faible taux de lysine des céréales.

Nos analyses nutritionnelles ont montrées que « 100 g de Pastagerm' (pâtes au blé dur et aux légumineuses germées) = 100 g de viande rouge » d'un point de vue protéique, et apportent 7/8% de fibres.

Par ailleurs, les pâtes Pastagerm' gardent un index glycémique bas et ont un ratio en acides gras polyinsaturés de 1/15.

En résumé, nous commercialisons un produit sain, simple d'utilisation et très riche d'un point de vue nutritionnel. Ces farines peuvent être utilisées dans de nombreux produits comme les pâtes, produits infantiles, produits pour sportifs, personnes âgées et boulangeries pâtisseries.

Références :

Etude INSA Toulouse (2015). Facteurs antinutritionnels et impact de traitements technologiques

Malunga L N, Zinal E, Shoubi I, Barel-Dadon S, Berkovich Z Abbo S and Reifen R (2012). Effect of combined germination, dehulling and boiling on mineral, sucrose, stachyose, fibrulose, and phytic acid content of different chickpea cultivars. African journal of food, agriculture, Nutrition and development, 44 (7) : 6853 – 6867.

## Session Parallèle 5

### Les agriculteurs face aux légumineuses

---

#### **Déterminants économiques du développement des légumineuses dans les systèmes de production agricole : approche par les coûts d'opportunité et les coûts de transaction**

*Julia Jouan, Aude Ridier, Matthieu Carof*

La diversification des cultures est un des principaux leviers identifiés pour développer une agriculture plus durable. Les légumineuses font partie des cultures intéressantes à insérer dans les rotations, grâce notamment à l'effet précédent. Néanmoins, les légumineuses restent encore des productions minoritaires en Europe et en France. Plusieurs facteurs socio-économiques peuvent expliquer cette situation. Tout d'abord, à l'échelle des exploitations agricoles, en termes de coût d'opportunité, les légumineuses sont vues par les agriculteurs comme des cultures moins rentables que d'autres cultures majoritaires dans les assolements, même si à l'échelle de la rotation, la rentabilité peut être améliorée. De plus, à l'échelle des filières, des coûts indirects assimilés à des coûts de transaction, peuvent apparaître lors des échanges de légumineuses. La contractualisation est un des leviers pour limiter ces coûts de transactions (Meynard et al., 2013). De nombreuses études ont été menées sur les contrats dans le secteur agricole (Bouamra-Mechemache et al., 2015; Cholez et al., 2017), mais peu de travaux se sont intéressés en particulier à la contractualisation dans les filières de légumineuses.

L'objectif de cette communication est d'analyser en quoi l'attractivité économique des légumineuses pour les agriculteurs peut être influencée par deux types de facteurs : les coûts d'opportunités des cultures déterminés en partie par les coûts directs, et les coûts de transaction induits par les coûts indirects. Notre première hypothèse est que ce sont avant tout les coûts indirects qui limitent l'attractivité économique des légumineuses. Notre seconde hypothèse est que la contractualisation permet de limiter les coûts indirects, assimilés à des coûts de transaction, et peut donc favoriser le développement de la production de légumineuses.

Pour vérifier ces hypothèses, nous avons réalisé une synthèse bibliographique afin de déterminer les coûts d'opportunités des légumineuses dans les systèmes de cultures actuels en France. Puis nous avons caractériser les coûts de transaction associés aux échanges de légumineuses. Enfin, à partir de la théorie de l'agence, nous analysé quelques contrats de légumineuses actuellement proposés dans le Grand Ouest de la France afin de savoir dans quelle mesure ils limitent les coûts de transaction.

Nos résultats montrent que l'intérêt économique des légumineuses est étroitement associé à l'effet précédent : ces cultures ont un coût d'opportunité nul ou positifs seulement si on l'étudie à l'échelle de la rotation. De plus, lors des échanges, les coûts de transactions de légumineuses sont élevés du fait d'incertitudes environnementales et économiques élevées pour les producteurs, ainsi que d'actifs spécifiques importants engagés par les collecteurs. Enfin, concernant les contrats de légumineuses étudiés, seulement la moitié d'entre eux assurent un prix de vente (ou une marge) au producteur à la signature du

contrat, transférant ainsi les risques économiques vers les collecteurs. Mais les risques environnementaux liés à des rendements moindres sont toujours supportés par les producteurs. Les contrats apparaissent ainsi comme un moyen efficace pour inciter les producteurs à cultiver des légumineuses à condition que les prix soient fixés à l'avance. Ce partage élevé du risque-prix est possible lorsque le collecteur valorise les légumineuses en aval créant, par exemple, des filières différenciées.

#### Références :

Bouamra-Mechemache, Z., Duvaleix-Tréguer, S., Ridier, A., 2015. Contrats et modes de coordination en agriculture. *Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires* 7–28. <https://doi.org/10.4000/economierurale.4545>

Cholez, C., Magrini, M.-B., Galliano, D., 2017. Les contrats de production en grandes cultures. *Coordination et incitations par les coopératives. Économie rurale* 65–83.

Meynard, J.M., Messéan, A., Charlier, A., Charrier, F., Fares, M., Le Bail, M., Magrini, M.-B., 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures, Délégation à l'Expertise Scientifique, à la Prospective et aux Etudes. INRA.

## Trajectoires d'insertion de légumineuses dans les exploitations agricoles de deux territoires (Bourgogne et Pays de la Loire)

*Marie Mawois, Andréa Vidal, Eva Revoyron, Marion Casagrande, Marie-Hélène Jeuffroy, Marianne Le Bail*

La part des légumineuses dans les exploitations agricoles est en déclin depuis plusieurs dizaines d'années en France et en Europe. Ce phénomène résulte d'un verrouillage du secteur agri-alimentaire autour des espèces majeures, se traduisant par la simplification forte des systèmes et la spécialisation des territoires, marginalisant ainsi les légumineuses. Néanmoins, dans un contexte où l'instabilité économique et la variabilité des conditions climatiques augmentent, et où les enjeux environnementaux n'ont jamais été aussi élevés, les atouts agronomiques, environnementaux et alimentaires des légumineuses conduisent à rechercher des leviers pour réinsérer ces cultures dans les exploitations agricoles.

Dans cette étude nous nous intéressons aux trajectoires de changement technique dans les exploitations agricoles afin de comprendre le processus de changement relatif à l'insertion des légumineuses dans les exploitations. Pour cela, nous avons mobilisé un cadre conceptuel conçu pour décrire les trajectoires de changement à partir de (1) phases de cohérence agronomique au cours desquelles les pratiques sont stables et de (2) phases de transition marquant le changement d'une phase de cohérence à une autre. Des entretiens auprès de 27 exploitations agricoles cultivant des légumineuses ont été réalisés au sein de deux territoires (Bourgogne et Pays de la Loire).

A partir de l'évolution de la place des légumineuses dans ces exploitations de 1990 à 2016 nous avons d'une part identifié différents types de trajectoires de changement techniques incluant plus ou moins de légumineuses et d'autre part proposé des leviers pour accroître l'insertion de ces cultures dans les exploitations agricoles. Nous avons montré que certaines évolutions ne peuvent avoir lieu qu'en présence de certains moteurs et processus d'apprentissage des agriculteurs. Ainsi, trois leviers paraissent structurants de l'intégration croissante de légumineuses dans les systèmes : la recherche d'une autosuffisance alimentaire de l'atelier d'élevage pour les légumineuses fourragères ou la construction de filières de débouchés locaux pour les légumineuses à graines ou fourrage, le référencement et la prise en compte de l'effet précédent (nutrition azotée et gestion des bioagresseurs) de ces cultures dans la succession de culture, l'implication de l'agriculteur dans des réseaux d'échange entre pairs comparant leurs expériences sur ces cultures. Finalement, ceci nous amène à formuler des propositions concernant l'accompagnement au changement des agriculteurs, à la fois individuel et collectif, pour favoriser l'insertion des légumineuses.





## **Les collectifs comme levier d'innovations : retour d'expériences sur la production de légumineuses en Bourgogne-Franche-Comté**

*Corinne Tanquy, Marie-Hélène Vergote*

La communication proposée s'intègre dans le cadre du projet de recherche PROSYS, projet PSDR (Pour et Sur le Développement Régional) démarré fin 2016. Ce projet, associé au plan protéines régional de Bourgogne Franche-Comté, vise à promouvoir l'autonomie protéique en agriculture, notamment en favorisant l'insertion des légumineuses dans les assolements. La communication propose de présenter de premiers résultats du volet socio-économique dédié à l'analyse des déterminants et leviers à la production de légumineuses, à l'échelle du territoire régional.

Si l'évolution des pratiques et stratégies dans les exploitations agricoles revêt un aspect technique, elle comporte aussi une dimension sociale déterminante. Et il semble réducteur d'étudier le processus d'adoption de nouvelles pratiques, en considérant que l'action des exploitants agricoles serait basée sur le seul calcul rationnel d'optimisation du profit. Les croyances et attitudes, l'appréciation des risques, les effets de verrouillage socio-technique (Meynard et coll., 2013), les savoirs des agriculteurs, sont des éléments clés dans la compréhension de l'adoption de pratiques agroécologiques au sein des exploitations. L'intégration des agriculteurs dans des réseaux et collectifs semble également un facteur qui, en facilitant les échanges de savoirs, de pratiques et d'informations, est propice à la diffusion de nouvelles pratiques en agriculture (Nguyen G et al., 2013).

L'objectif de la communication est d'illustrer le rôle de l'intégration des agriculteurs dans des collectifs de pairs, et leur adhésion à des stratégies collectives (Astley et Fombrun, 1983 ; Yami, 2006), dans l'adoption de pratiques agroécologiques, et de façon plus générale dans les démarches d'innovations en agriculture. Les questions auxquelles nous cherchons à répondre, dans le contexte de la Bourgogne Franche-Comté, sont les suivantes : les agriculteurs pionniers dans la mise en œuvre de changements sont-ils davantage intégrés dans des collectifs locaux ? Comment fonctionnent ces collectifs et que génèrent-ils en termes de connaissances, savoir-faire, échanges d'expériences (...) ? Comment les agriculteurs gèrent-ils la tension qui peut exister entre leur stratégie individuelle, traduisant un modèle de production de l'exploitation et leur adhésion à une stratégie collective innovante ? Certains collectifs sont-ils plus générateurs d'innovations que d'autres ? Quelles caractéristiques particulières expliqueraient cette propriété ? Quelles formes d'innovations (techniques, visant à structurer le marché, organisationnelles...) émergent plus particulièrement ?

Notre méthodologie repose sur deux séries d'enquêtes. D'une part auprès d'experts professionnels (chambres d'agriculture, coopératives, DRAAF, associations professionnelles, scientifiques) en Bourgogne-Franche-Comté, pour un premier état des lieux des collectifs à l'œuvre et des innovations en agriculture, en particulier concernant l'insertion des légumineuses dans les assolements ; d'autre part auprès d'agriculteurs, impliqués ou non dans des collectifs (GIEE, GEDA, groupe DEPHY, coopérative,...). Il s'agit de comprendre, à travers l'étude de la genèse et du fonctionnement de différents collectifs, la manière dont les agriculteurs, innovent et font évoluer leurs pratiques.

Références :

Astley W.G., Fombrun C.J. (1983), Collective strategy: social ecology of organizational environments, *Academy of Management review*, 8 (4), 576-587.

Meynard J.M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., Farès M., Le Bail M., Magrini M.B., Savini I., 2013. « Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières. » Synthèse du rapport d'étude, INRA, 52 p.

Nguyen G., Corso J. P. D., Kephaliacos C., Tavernier H. (2013). Pratiques agricoles pour la réduction des produits phytosanitaires. le rôle de l'apprentissage collectif. *Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires*, (333), 105-121.

Yami S. (2006), Fondements et perspectives des stratégies collectives, *Revue Française de Gestion*, n° 167, 91-104.

## **FLASH.**

### **Le rôle du conseil agricole dans l'introduction du pois chiche en agriculture conventionnelle dans le Sud-Ouest de la France**

*Pierre Triboulet, Matthieu Ansaloni, Soungalo Ouattara, Marie-Benoit Magrini, Pierre Labarthe*

Le développement des légumineuses à graines en agriculture conventionnelle apparaît comme une voie de diversification permettant de répondre aux enjeux sociétaux de la construction de systèmes alimentaires durables. Leur double intérêt agronomique et nutritionnel peut être valorisé tout au long de la chaîne de valeur. Cependant, peu de travaux se sont intéressés aux facteurs orientant le choix des agriculteurs vers une diversification des systèmes de culture par les légumineuses. Se pose notamment la question des besoins en connaissances pour développer ces nouvelles cultures. Si certaines recherches pointent la nécessité d'investissements spécifiques en R&D pour faciliter la diversification (Magrini et al. 2016), peu de recherches interrogent directement les effets des transformations de l'offre du conseil sur la production de connaissances pour les agriculteurs. C'est un des objectifs du projet européen Agrilink dans lequel s'inscrit cette étude.

Le conseil peut jouer différents rôles pour les agriculteurs : les sensibiliser aux potentialités des légumineuses, produire avec eux des connaissances sur les effets positifs (ou négatifs) que pourraient avoir l'introduction de ces cultures dans leurs systèmes de production, et enfin les accompagner dans la mise en œuvre pratique. Mais dans le même temps, le conseil se transforme. Il est caractérisé par une tendance à la commercialisation et un pluralisme accru des acteurs (Knierim et al. 2017).

Partant de la perspective des agriculteurs, l'objectif de cette étude est d'analyser les déterminants du choix des agriculteurs pour introduire du pois chiche dans leur système de culture. Il s'agit d'une part de mieux comprendre leurs motivations et d'autre part d'analyser les sources et modalités de conseil qu'ils mobilisent pour introduire cette nouvelle culture. L'originalité de l'approche est de s'intéresser au rôle du conseil depuis la phase de sensibilisation jusqu'à la mise en œuvre de la culture et de s'intéresser également aux agriculteurs n'ayant pas introduit cette nouvelle culture, voir à ceux qui l'ont introduit puis abandonné.

La méthodologie repose sur une enquête auprès d'agriculteurs (innovants, innovants ayant abandonné, non innovants) à partir d'entretiens en face à face mobilisant un questionnaire semi-directif. La zone d'étude est un département rural et agricole du Sud de la France dans laquelle le développement du pois chiche en conventionnel s'est accéléré au cours des 3 dernières années, avec notamment aujourd'hui une demi-douzaine d'organismes collecteurs concernés. Environ 40 enquêtes sont réalisées auprès d'exploitations familiales de polyculture présentant des caractéristiques similaires et livrant à un des organismes collecteurs.

Les premiers résultats mettent en avant en premier lieu une combinaison des motivations qui reste relativement stable parmi les exploitants agricoles. C'est la dimension économique qui prime c'est-à-dire qu'il faut que la nouvelle culture puisse faire aussi bien que celle à laquelle elle vient se substituer, dans un contexte où les exploitations sont à la recherche de cultures à haute valeur ajoutée. Ensuite, c'est la dimension agronomique car le pois chiche apparaît comme une alternative face aux impasses agronomiques rencontrées sur l'exploitation. L'allongement de la rotation est alors souvent cité comme premier facteur. La dimension intérêt pour la société et/ou le consommateur n'apparaît que de manière marginale. En second

lieu, l'analyse du besoin en conseil pour le pois chiche révèle quelques pistes intéressantes à approfondir pour mieux comprendre l'articulation entre diffusion d'une innovation et besoin en connaissances au niveau des exploitations agricoles. Sont notamment en question la perception des innovations par les agriculteurs et les modalités de relation à leurs sources de conseil, ce qui interpelle sur les formes des dispositifs organisationnels pouvant favoriser les échanges de connaissance, notamment la place de la contractualisation.

## **FLASH.**

### **Analyse socio-économique des chaînes de valeur légumineuses en Europe : quels premiers enseignements ?**

*Tiana Smadja, Frédéric Muel, Nathalie Blosseville, Marie-Benoît Magrini*

Il est généralement admis que la réduction des superficies de production de légumineuses à grains à partir du début des années 90 en Europe s'explique par l'écart grandissant entre les marges annuelles des agriculteurs produisant les cultures céréalières et celles des agriculteurs cultivant les légumineuses (Magrini et al., 2015, 2016). La conception organisationnelle des chaînes d'approvisionnement à base de légumineuses détermine également la manière dont la valeur ajoutée est partagée (Fares et al., 2012). De même, le cadre institutionnel (règles collectives, normes et standards) a une forte influence sur la capacité d'innovation des acteurs du secteur des légumineuses à créer de nouvelles sources de valeur (provenant d'innovations de processus ou de produits).

Afin de renverser cette tendance à la baisse et augmenter la culture des légumineuses en Europe, il est indispensable d'identifier de nouveaux débouchés à plus forte valeur ajoutée basés sur ces cultures. Il est également nécessaire de mieux partager la valeur ajoutée dans les chaînes de valeur légumineuses et de promouvoir des changements institutionnels pour optimiser l'accès de l'Europe à l'approvisionnement en protéines végétales à base de légumineuses et favoriser les innovations dans ces chaînes de valeur.

Pour ce faire, un diagnostic préalable des chaînes de valeur légumineuses en Europe aide à identifier précisément les obstacles - d'ordres technologique, organisationnel et institutionnel - au développement de ces chaînes de valeur, tout comme les leviers de développement à promouvoir.

Initiée dans le cadre du projet européen H2020 LegValue, une enquête sur une trentaine de chaînes de valeur légumineuses réparties dans 10 pays européens a été menée pour établir ce diagnostic. Une centaine d'acteurs de ces chaînes de valeur – des agriculteurs, des collecteurs, des transformateurs, des conseillers techniques, des producteurs de semences – ont été interrogés. Une analyse socio-économique des données collectées permet de présenter ici les premiers enseignements à tirer sur les grands principes de fonctionnement actuels des chaînes de valeur en Europe, lesquels mèneraient dans un second temps à la mise en évidence des obstacles et leviers de développement de celles-ci.



## **FLASH.**

### **Conception et évaluation de scénarios agronomiques de réintroduction de légumineuses dans un territoire de Bourgogne**

*Marion Soulié, Mathilde Bonifazi, Laurence Guichard, Maude Quinio, Rémy Ballot, Marie-Hélène Jeuffroy, Elise Pelzer*

Les légumineuses peuvent contribuer à relever les défis environnementaux et alimentaires actuels. Cependant, leurs surfaces cultivées ont sérieusement diminué depuis plusieurs décennies (Voisin et al, 2014). Les objectifs de notre étude étaient (i) de concevoir, avec les acteurs locaux du Plateau Langrois (89 800 ha en Bourgogne), des scénarios agronomiques de réintroduction de légumineuses, (ii) d'évaluer ex ante ces scénarios, et (iii) de discuter les conditions de leur mise en œuvre sur ce territoire. Les acteurs ayant participé étaient issus du monde agricole (agriculteurs, conseillers techniques de coopératives locales ou de Chambre d'Agriculture), du monde de l'environnement (syndicat d'eau et du Parc National des Forêts de Champagne-Bourgogne) et du monde de la recherche.

La première étape a consisté à décrire et évaluer les itinéraires techniques actuels et envisagés en prospectif à partir de données statistiques et de résultats d'enquêtes individuelles.

Ces premières données ont permis dans un second temps de co-construire avec les acteurs une représentation du territoire actuel correspondant à un assolement de cultures et de façons de cultiver. Ce scénario a été mobilisé comme point de référence pour l'évaluation des scénarios prospectifs.

Les acteurs ont ensuite exprimé leurs attendus pour ce territoire, à moyen et long termes en fonction de leurs motivations individuelles ou de celles portées par leur structure. Parmi les huit pistes de scénarios ayant émergé, trois ont été retenues et ont fait l'objet d'une simulation avec l'outil d'optimisation Coclick'eau (Chantre et al, 2016 ; <http://coclickeau.webistem.com/bac/>) : (i) développer le blé bio valorisé dans les moulins locaux, (ii) augmenter l'autonomie protéique des élevages, (iii) réduire l'impact de la gestion des cultures sur la qualité de l'eau. Un quatrième scénario combinant les objectifs des trois précédents a également été simulé. L'outil d'optimisation propose pour chacun de ces scénarios un assolement alternatif et ses performances : agronomiques (rendements, protéines produites pour les bovins), socio-économiques (marge, charges, temps de travail) et environnementales (utilisation de pesticides, risque de lessivage d'azote, consommation en fuel etc.).

Finalement, ces résultats ont été présentés et discutés avec les acteurs. Les discussions ont porté (i) sur les manières de différencier les productions sur ce territoire de zone intermédiaire peu compétitif sur les marchés mondiaux, et les conditions pour y arriver, et (ii) sur les possibilités d'échanges entre systèmes de production (céréaliier-élevage) à des fins de fertilité et d'autonomie alimentaire du territoire.

En conclusion de ces ateliers, les acteurs ont exprimé leur intérêt pour continuer la dynamique lancée autour de la valorisation des territoires intermédiaires de plateau. Plus largement, la méthode Coclick'eau est une méthode transposable dans différents contextes et pour différents objectifs : initialement mise au point pour co-construire un plan d'actions pour la préservation de la ressource en eau potable à l'échelle d'une aire d'alimentation de captage, et utilisé par des partenaires recherche ou professionnel agricoles, elle a été adaptée (en y ajoutant des indicateurs de performances lié à l'élevage par exemple) et utilisée ici à une



échelle régionale pour discuter des conséquences économiques et environnementales du développement de certaines filières.

Références :

Chantre E et al. 2016. *Land Use Policy* 59, 260–271.

Voisin AS et al. 2014. *Agron. Sustain. Dev.* 34, 361–380.

## **Session Parallèle 6**

### **Les procédés technologiques de transformation des légumineuses**

---

#### **Composition et structure d'isolats commerciaux de protéines de pois en comparaison aux protéines natives**

*Véronique Sole-Jamault, Adeline Boire*

Dans un contexte de croissance démographique, d'une demande croissante en protéines végétales et leur intérêt environnemental vis-à-vis aux protéines animales, de nombreuses opportunités de développement des sources végétales existent. Les légumineuses comme le pois présentent de nombreux atouts pour répondre à ces enjeux. Afin d'augmenter la consommation de protéines végétales, les protéines de pois peuvent être incorporées dans des produits alimentaires sous forme d'ingrédients. Cependant, l'un des freins actuels à l'utilisation des isolats commerciaux est leur faible solubilité. La préparation d'isolats protéiques à l'échelle industrielle implique la mise en œuvre de techniques séparatives. Dans les procédés de séparation chimique, la solubilité des protéines est une propriété essentielle car elle gouverne la préparation mais selon le procédé appliqué la solubilité peut être altérée et influencer l'usage de ces protéines.

Nous avons évalué la solubilité de protéines de pois en fonction du type d'isolats protéiques issus de procédés industriel ou de protocoles de laboratoire. La composition et la structure des protéines de deux isolats industriels en comparaison avec des protéines de pois natives ont été déterminées.

Les isolats commerciaux sont riches en protéines (70% poids sec). Leur solubilité atteint son maximum au bout de 6h mais elle reste très faible (inférieure à 20%) indépendamment de la concentration initiale en protéines. La solubilité des protéines purifiées au laboratoire est proche de 85 %. Les profils chromatographiques de la fraction soluble des isolats commerciaux sont très différents de ceux des protéines natives, et montrent que les protéines industrielles sont fortement dénaturées. Nous avons caractérisé la composition protéique de la fraction soluble et insoluble, en conditions dénaturantes, par électrophorèse. Celles-ci se sont avérées très similaires, suggérant que les protéines insolubles et solubles sont de même nature, et qu'il s'agit bien de légumineuses et vicilines, dénaturées.

Le procédé de préparation des isolats de protéines de pois a ainsi un effet important sur la structure des protéines ce qui affecte leurs performances fonctionnelles notamment leur solubilité. Il serait intéressant d'explorer quels paramètres du procédé induisent cette dénaturation et modifient leur solubilité.



## **Des protéines au service de l'extraction de contaminants hydrophobes dans des matrices végétales**

*Géraldine Giacinti, Valérie Simon, Christine Raynaud*

Les enjeux économiques, la productivité et l'accroissement constant de la population mondiale ont suscité un développement hors norme de la chimie des phytosanitaires sur la dernière moitié du XXe siècle. L'utilisation excessive des produits de traitement phytosanitaire a révélé récemment de nombreux impacts négatifs environnementaux et sanitaires. Aujourd'hui, dans le monde et particulièrement en Europe, la quantité de phytosanitaires utilisés tend à diminuer : interdictions régulières de molécules, meilleure efficacité des nouveaux produits, prise de conscience des impacts... En France, les cultures fruitières, et en particulier les vergers de pommiers, sont parmi les plus traitées. Les niveaux de contamination sont variables et dépendent de nombreux facteurs. Ils sont scrupuleusement contrôlés et doivent impérativement respecter les limites maximales de résidus imposées par la Communauté Européenne (LMR). La demande en produits agricoles exempts de résidus s'est considérablement accrue ces dix dernières années, faisant écho au plan ECOPHYTO 2018 issu du Grenelle de l'Environnement, et qui vise à diminuer de moitié le recours aux produits de traitements phytosanitaires.

Les protéines de deux espèces de légumineuses (pois et soja) ont été sélectionnées dans le cadre d'une évaluation d'agents de décontamination (adsorbants solides, filmogènes, plastifiants) d'une matrice végétale complexe telle que la pomme. L'extraction de contaminants hydrophobes nécessite la mise en œuvre d'un agent pénétrant la cuticule, diffusant au travers selon une tortuosité intrinsèque à l'espèce végétale et séquestrant les molécules de contaminants. Les protéines, de par leur structure et leurs propriétés physico-chimiques (charges, fonctions COOH, fonctions NH<sub>2</sub>), sont des molécules d'intérêt pour l'extraction de phytosanitaires présentant des groupes fonctionnels à caractère basique. Elles ont été intégrées dans une étude de modélisation des interactions phytosanitaire – adsorbant afin d'évaluer leur efficacité et de la comparer à celle d'autres supports (polysaccharides, charbons activés, argile, résines). Cette étude a conduit à un classement des différents supports adsorbants en fonction de différents paramètres physico-chimiques.



## FLASH.

### **Modélisation du comportement des alpha-galactosides au cours du trempage-cuisson du niébé en vue d'une réduction de son pouvoir antinutritionnel**

*Fanny Coffigniez, Aurélien Briffaz, Christian Mestres, Philippe Bohuon*

Les graines de Niébé sont des légumineuses d'Afrique de l'Ouest riches en alpha-galactosides (verbascose, stachyose et raffinose). Ces facteurs antinutritionnels sont à l'origine de troubles digestifs chez l'homme. Une optimisation de l'opération de trempage-cuisson par une démarche de modélisation permettrait de réduire de manière importante leur concentration.

En considérant la variété brune Wankoun et en utilisant un ratio graine/eau de 4 :1 (m/m), les cinétiques d'évolution des teneurs en alpha-galactosides ont été établies (dosages par HPLC) à la fois dans la graine et l'eau de trempage à 30°C, 60°C et 95°C, à différents pH et avec présence ou non d'inhibiteurs.

Un bilan massique a permis d'identifier les parts diffusées, dégradées et inertes en alpha-galactosides en fonction des conditions de trempage-cuisson. Un modèle 2D considérant à la fois les compartiments graine et eau de trempage et décrivant les processus de diffusion couplés à la dégradation enzymatique endogène (par l'alpha-galactosidase) des alpha-galactosides a été développé (logiciels Matlab et COMSOL Multiphysics) et ajusté aux données expérimentales.

À 30°C et après un trempage de 24h, la fraction diffusée représente seulement 1 à 5% du contenu initial dans la graine, alors que 30% du stachyose initial était dégradé. Un trempage de 4h à 60°C résulte en une importante fraction diffusée (jusqu'à 50-70%), mais aucune dégradation significative n'apparaît. À une température de cuisson de 95°C, la diffusion est deux fois plus intense qu'à 60°C (environ 60% de chaque  $\alpha$ -galactosides diffuse après 90 minutes de temps de cuisson), sans dégradation. Ces résultats confirment la stabilité thermique des  $\alpha$ -galactosides.

L'activité enzymatique de l'alpha-galactosidase endogène de Niébé a été caractérisée en utilisant une approche de Michaelis-Menten. L'activité optimale de l'enzyme a été identifiée à 35 °C et à un pH=5.8. L'énergie d'activation de l'enzyme est de  $49.9 \pm 2.9$  kJ.mol<sup>-1</sup> et l'énergie d'inactivation est de  $102.6 \pm 8.8$  kJ.mol<sup>-1</sup>. L'incubation de l'extrait enzymatique avec les alpha-galactosides a montré une première phase de latence de 10 h. Cette phase de latence est due à la basicité du pH, combiné à l'action d'enzymes anabolisant les alpha-galactosides, et à la présence d'inhibiteurs, tels que le galactose. La constante d'inhibition  $K_i$  du galactose a été estimée à  $0.28 \pm 0.03$  mM. La fin de la phase de latence correspondait au début de la germination des graines, avec l'apparition de la dégradation enzymatique des alpha-galactosides. La dégradation enzymatique du raffinose est plus rapide que celle du stachyose, qui est elle-même plus rapide que celle du verbascose. Ceci est dû à une diminution de l'affinité de l'enzyme lorsque la masse moléculaire du substrat augmente. En effet, l'ajustement du modèle Michaelien a abouti à des constantes Michaeliennes  $K_m$  de  $2.37 \pm 0.10$  mM pour le raffinose, de  $3.63 \pm 1.84$  mM pour le stachyose et de  $15.9 \pm 0.01$  mM pour le verbascose.

Le simulateur ainsi obtenu à partir de cette étude peut désormais être utilisé pour identifier des itinéraires optimaux de trempage-cuisson (en termes de temps, température, pH) permettant de minimiser le contenu en  $\alpha$ -galactosides de la graine à consommer. Cette approche générique pourrait également être utilisée sur d'autres légumineuses riches en  $\alpha$ -galactosides.



## **FLASH.**

### **Optimisation des procédés de séchage du couscous des variétés du niébé (Béroua)**

*Issoufou Amadou, Hassane Mounkaila Adamou, Mahamadou Elhadji Gounga, Abdoul-Aziz Saidou*

Le niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., est une plante proche du haricot, et appartient à la famille des fabacées. En Afrique le niébé joue un rôle important dans l'économie et l'alimentation. Au Niger, la transformation du niébé reste artisanale et souvent les produits transformés tels que le Béroua ou couscous du niébé présente des problèmes de séchage, et peut aussi entraîner des problèmes au niveau de stockage. Pourtant, il existe des techniques de transformation à fort potentiel pour la fabrication de produits à longue durée de vie. L'objectif de cette étude est de tester ces techniques à fort potentiel pour permettre de prolonger la durée de conservation du Béroua. Au Niger, la transformation du niébé en Béroua diffère selon les localités. Selon le travail, dix (10) étapes ont été retenues pour la transformation du niébé en Béroua : le vannage, le décorticage, le séchage, la première mouture, le tamisage, la deuxième mouture, la mise en forme des granules du Béroua, deuxième séchage, la cuisson et le conditionnement. La technique de sorption isotherme a été utilisée pour déterminer les conditions de séchage de Béroua à la température ambiante et le modèle isotherme de Brunauer, Emmett et Teller (BET) et le modèle isotherme de Guggenheim, Aderson et Boer (GAB) ont été utilisés pour calculer les valeurs de la monocouche. Lors de la désorption et de l'adsorption, les échantillons ont adsorbé l'humidité à l'activité de l'eau donnée. Les valeurs de la monocouche ont été très utiles pour évaluer les stabilités au stockage de Béroua.

## **FLASH.**

### **Propriétés rhéologiques de mousses de génoises enrichies en protéines de pois**

*Mélissa Assad-Bustillos, Camille Jonchere, Catherine Garnier, Guy Della Valle*

L'enrichissement de produits de boulangerie par des protéines végétales, telles que les légumineuses, permet d'améliorer leurs propriétés nutritionnelles, mais va affecter négativement leurs propriétés sensorielles, notamment la texture. La génoise est un aliment populaire, base de nombreuses spécialités pâtisseries, et sa texture dépend principalement de sa densité, et donc de la capacité de la pâte à retenir les bulles de gaz avant cuisson. Afin de déterminer l'effet de l'addition de protéines de légumineuses, nous avons étudié les propriétés rhéologiques et la stabilité de ces pâtes considérées comme des mousses liquides, ainsi que celles de leur phase liquide, sous forme de mousse dégazée.

Des mousses fabriquées à partir d'oeufs entiers et de sucre ont été préparées dans un mélangeur planétaire selon une recette conventionnelle de génoise. Des isolats de farine de blé (WF) et de protéines de pois (PP) ont été ajoutés, un rapport PP / WF de 0 à 2/3, après la formation de mousse. La fraction du volume d'air de la mousse ( $\Phi_a$ ) diminue de 0,71 à 0,61, lorsque le rapport PP / WF augmente, ce qui entraîne une augmentation de la masse volumique ( $\rho$ ) de la génoise de 0,21 à 0,34 g · cm<sup>-3</sup>. Toutes les mousses et leurs phases liquides ont un comportement en cisaillement rhéofluidifiant dans un intervalle de vitesse de cisaillement de 0,01-600s<sup>-1</sup>, modélisé par une loi puissance. Les propriétés viscoélastiques, déterminées par des balayages de fréquence (10-2-102 rad · s<sup>-1</sup> pour une déformation de 0,6%) révèlent un comportement



typique de mousse liquide, avec prédominance élastique ( $G' > G''$ ) aux fréquences intermédiaires, et un point de croisement ( $G'' > G'$ ) aux hautes fréquences. Les valeurs des modules et de viscosité croissent d'un facteur de l'ordre de 10 lorsque le rapport PP / WF croit de 0 à 2/3. Pour les mousses,  $G'$  et  $G''$  prennent des valeurs plus élevées que celles de leur phase liquide correspondante. Cependant, pour les valeurs PP / WF intermédiaires, les indices de consistance de loi puissance des mousses deviennent inférieures à celles des phases liquides. En outre, des expériences de drainage montrent que la stabilité de mousse croit avec le rapport PP / WF. Les mesures en granulométrie laser montrent la présence de particules de plus grande taille pour PP que pour WF ( $dv_{50} = 77 \mu\text{m}$  et  $45 \mu\text{m}$  respectivement). De plus la capacité de liaison à l'eau (WBC) de PP est plus élevée que celle de WF, sans différence significative de solubilité.

Ces résultats suggèrent que le facteur principal de l'augmentation des valeurs des propriétés rhéologiques est la capacité de liaison à l'eau plus élevée et la présence de grands agrégats, des protéines de pois, qui connecteraient les bulles de gaz. Ces hypothèses sont actuellement testées avec des mousses de même  $\Phi_a$  pour différentes valeurs PP / WF, afin de revisiter le procédé d'élaboration des mousses et d'améliorer les propriétés sensorielles des génoises enrichies en protéines de pois.

Ce travail se déroule dans le cadre du projet AlimaSSenS (ANR-14-CE20-0003).

## **FLASH.**

### **Fabrication de microgels de protéines de pois : impact de la structure sur les cinétiques de digestion.**

*Léa Salelles, Steven Le Feuten, Giana Almeida-Perré, Véronique Bosc, Véronique Solé-Jamault, Adeline Boire, Paul Menut*

Les protéines de légumineuses constituent l'une des principales alternatives aux protéines animales dans la transition protéique à venir. La voie de valorisation que nous explorons dans cette étude est l'utilisation des protéines de pois pour la texturation des aliments grâce à la fabrication de microgels. Les microgels peuvent être dispersés à hautes concentrations et donner lieu à des textures similaires à celles des purées de légumes et de fruits, de yaourts brassés ou de crèmes desserts. Ces suspensions se comportent comme des solides sous faible déformation, mais s'écoulent à forte déformation. Facile à consommer, ce type de produit est particulièrement adapté à des publics « fragiles », comme des enfants ou des personnes âgées atteintes de dysphagie.

L'objectif de cette étude est d'élaborer, à partir d'un extrait de protéines de pois solubles, des microgels sphériques dont la taille et la concentration interne sont maîtrisées de façon indépendante. Les microgels sont fabriqués par émulsification d'une dispersion protéique dans une huile alimentaire pour former une émulsion eau-dans-huile, suivie de la gélification des gouttelettes par acidification. Les microgels sont ensuite obtenus par centrifugations et lavages successifs. La taille des microgels obtenus est contrôlée par le procédé d'émulsification et est comprise entre 1 à 500  $\mu\text{m}$ . La concentration en protéines de la phase dispersée permet de moduler les propriétés élastiques des microparticules. Le module élastique des gels protéiques varie de 400 à environ 5000 Pa pour des concentrations en protéines de 3.4 à 7.6 % m/m. Les propriétés structurales des particules ainsi que leur digestibilité *in vitro* sont étudiées afin d'évaluer l'éventuelle modulation de la digestibilité des protéines de pois par la structure des microgels.



## **Session Parallèle 7**

### **La génétique au service des légumineuses**

---

#### **Caractérisation fonctionnelle des partenaires de l'association pois/blé pour l'optimisation d'agro-écosystèmes durables via le levier génétique**

*Thibault Guegan, Anthony Klein, Juliette Martin, Luc Sondenecker, Hervé Houtin, Barbara Pivato, Christophe Lecomte, Judith Burstin*

L'amélioration de la durabilité des agro-écosystèmes est un enjeu essentiel pour répondre aux défis alimentaires et environnementaux actuels. Les légumineuses constituent une source de protéines végétales intéressante face à la demande mondiale croissante, tant pour l'alimentation animale qu'humaine. Par ailleurs, ces espèces apportent d'autres services écosystémiques aux systèmes de cultures durables par leur capacité à établir une relation symbiotique avec des bactéries (rhizobiums) fixatrices d'azote ce qui permet de diminuer les apports d'engrais azoté, s'accompagnant d'une réduction des émissions de gaz à effet de serre, d'un effet précédent positif, et de l'amélioration de la structure du sol. En France, les légumineuses ne représentent pourtant qu'un faible pourcentage des assolements de grandes cultures car les cultures de légumineuses à graines demeurent fortement impactées par de multiples stress biotiques et abiotiques se traduisant par une irrégularité des rendements. Nos travaux visent à développer des systèmes agro-écologiques innovants intégrant les atouts multiples de ces espèces. Dans ce contexte, la culture en association avec des légumineuses permettrait de stabiliser la qualité et la productivité globale de la parcelle, de préserver l'environnement par une meilleure gestion des adventices et pathogènes, d'avoir un impact positif sur la biodiversité et la fertilité du sol, et de maîtriser les coûts de production.

Les différents types variétaux disponibles chez le pois ont été sélectionnés en culture pure. Ces variétés présentent-elles des capacités d'adaptation différentes à la culture associée avec une céréale, comme le blé ? Et quels sont les déterminants phénotypiques de l'aptitude à l'association avec le blé chez le pois ? Peu d'études ont porté sur l'aptitude génétique à s'associer avec d'autres espèces. Nos travaux ont pour objectif de répondre à ces questions par une approche de caractérisation de la diversité des traits fonctionnels des deux partenaires en interaction avec le milieu et in fine de proposer des idéotypes de pois optimisant le rendement et la qualité globale d'une parcelle associée pois-blé en condition de bas intrants. Pour ce faire, une gamme de 11 géotypes de pois, contrastés pour leur architecture ainsi que leur phénologie, a été évalué au champ, en culture pure et associée avec deux blés contrastés (hauteur, précocité). Cette expérimentation menée en 2017-2018 au domaine expérimental d'Epoisses a été doublée d'une expérimentation en conditions contrôlées sur la même gamme de géotypes, afin de caractériser plus finement certains traits difficilement accessibles au champ. Des indicateurs des interactions de compétition entre les deux partenaires pour les ressources lumineuses ont été mesurés : des données d'interception du rayonnement incident en continu sur les différents couverts et des mesures périodiques de hauteurs, de vitesse de fermeture de couvert fournissent une cinétique du développement aérien des peuplements. Des indicateurs des interactions de compétition pour les ressources telluriques ont aussi été évalués : des notes de profils et des biomasses racinaires ainsi que des bilans azotés ont été réalisés. Enfin, la réussite de l'association a été évaluée par la productivité de la parcelle et de ces composantes, par des mesures de

biomasse, d'indices colorimétriques, et de composantes de rendement, mais aussi par des notes de verses, de biomasse d'adventices et d'impact sur la diversité microbienne. Les traits les plus discriminants de l'aptitude à l'association entre géotypes de pois seront présentés.

## **Evaluation participative multilocale du compromis grains-fourrage de variétés de niébé dans les zones Centre-sud et Ouest du Niger**

*Abdoul-Aziz Saidou, Hassane Bil-Assanou Issoufou, Nouhou Salifou Jangorzo, Aminou Ali, Sanoussi Hassane, Mahamane Nourou Saadou Souley, Mahamane Saadou*

Le niébé est la deuxième espèce la plus cultivée au Niger après le mil. Cette légumineuse est présente dans tous les pays sahéliens où elle est cultivée en culture pure ou, le plus souvent, en association avec les céréales (mil, sorgho). La diversification de la production, impulsée par les dynamiques locales d'intégration agriculture-élevage et les dynamiques de marché du grain et des fourrage de niébé, renforcent le besoin de variétés adaptées localement et performantes pour une production à une fin double visant à la fois le grain et les fourrage (coques, fanes). Il existe une large diversité variétale du niébé en zone sahélienne, incluant des variétés traditionnelles et des variétés améliorées. Nous avons caractérisé la variabilité du rendement grains et du rendement fourrager d'une quarantaine de variétés de niébé, au sein d'un dispositif d'essai participatif avec les paysans, reparti sur 10 villages du Centre-sud et de l'Ouest du Niger (réplication sur deux années). Notre dispositif couvre diverses conditions agro-écologiques et divers contextes sociaux paysans, afin d'évaluer l'adaptation locale des variétés et la variabilité des optimums en matière de production double usage, tout en prenant en compte les préférences paysannes. Les résultats montrent que le compromis ""rendement grain"" versus ""rendement fourrage"" varie en fonction de la variété et de la localité. Les données permettent de mieux cibler les optimums et de choisir les meilleures variétés à diffuser dans chaque localité en prenant en compte les critères d'évaluation locale et les préférences paysannes.

## **Adapter la composition protéique des graines de légumineuses en fonction des usages**

*Karine Gallardo, Christine Le Signor, Kévin Cartelier, Vanessa Vernoud, Richard Thompson, Judith Burstin*

Les légumineuses ont la particularité d'accumuler des quantités importantes de protéines dans leurs graines même sans apport d'engrais azotés, leur nutrition azotée pouvant reposer sur la fixation symbiotique de l'azote de l'air. Ainsi, les légumineuses sont des acteurs incontournables de la transition alimentaire et du développement de systèmes agroécologiques à bas niveau d'intrants. Leurs atouts nutritionnels et santé stimulent les recherches fondamentales et appliquées pour optimiser la teneur en protéines et la composition protéique, notamment pour davantage d'équilibre en acides aminés. Les régions du génome contrôlant la composition protéique des graines et les gènes impliqués ont été identifiés par une approche translationnelle entre le pois et la légumineuse modèle *Medicago truncatula*. Parmi les gènes identifiés, certains contrôlent la transcription des gènes codant les protéines de réserve au sein des graines. Des études transcriptomiques ont par ailleurs permis de mettre en évidence des gènes susceptibles de retarder la senescence foliaire et d'augmenter la teneur en protéines des graines. Des lignées de pois porteuses de polymorphismes dans ces gènes sont obtenues comme outil de validation fonctionnelle mais aussi comme source de variabilité pour obtenir des profils protéiques de meilleure valeur nutritionnelle.

## Références :

Le Signor C, Aimé D, Bordat A, Belghazi M, Labas V, Gouzy J, Young ND, Prosperi JM, Leprince O, Thompson RD, Buitink J, Burstin J, Gallardo K (2017) Genome-wide association studies with proteomics data reveal genes important for synthesis, transport and packaging of globulins in legume seeds. *New Phytologist* 214: 1597-1613.

Gallardo K, Le Signor C, Duc G, Thompson R, Burstin J (2017) Quels leviers génétiques mobilisables afin d'améliorer l'équilibre en acides aminés des graines de légumineuses ? *Innovations Agronomiques* 60, 43-57.

## **FLASH.**

### **Séquençage du génome du lupin blanc, un modèle pour étudier les adaptations du système racinaire**

*Bárbara Hufnagel, André Marques, William Marande, Erika Sallet, Alexandre Sorriano, Sébastien Carrere, Sandrine Arribat, Hélène Bergès, Jérôme Gouzy, Benjamin Péret*

Le lupin blanc (*Lupinus albus*;  $2n=50$ ) est une légumineuse d'origine méditerranéenne. Cette espèce se caractérise par une forte capacité d'acquisition du phosphate du sol. Outre l'établissement de symbioses fixatrices d'azote, le lupin produit des racines protéoïdes. Ces structures racinaires sont constituées de nombreuses racines latérales courtes et sont capables de récupérer efficacement le phosphate du sol. Il en résulte des exigences en acide phosphorique très faibles de cette culture. Notre équipe s'intéresse au développement racinaire du lupin blanc, seule espèce cultivée capable de produire ces racines protéoïdes. Afin d'utiliser cette plante dans nos programmes de recherche, nous avons développé différentes ressources génétiques et génomiques. Nous avons réalisé le séquençage complet du génome du lupin et généré un assemblage de très bonne qualité (taille finale 451Mb avec une N50 de 17Mb), plus de 98% des séquences sont assemblées en 25 pseudo-chromosomes. Le génome du lupin présente un fort niveau de duplication. L'annotation structurale et fonctionnelle a identifié 38 258 gènes et 3 129 ARN non-codants. Nous avons également généré de nombreuses données transcriptomiques (différents organes, différents stades de développement des racines protéoïdes). Notre équipe a identifié des mutants affectés dans la formation des racines protéoïdes et les gènes mis en cause sont en cours d'identification. En parallèle, nous générons une petite population de TILLING ( $n=600$ ) afin de pouvoir mener des approches de génétique inverse. Tous ces outils devraient permettre de favoriser la compréhension des mécanismes développementaux du système racinaire du lupin et de manière plus large de favoriser l'émergence de sa culture.

## **FLASH.**

### **EcovAB, comment conduire l'évaluation variétale en Agriculture Biologique ?**

*Laurence Fontaine, Cécile Le Gall, Philippe Du Cheyron, Marie-Hélène Bernicot, Mathieu Floriot, Bernard Rolland, Moutier Nathalie, Enguerand Eburel, François Boissinot, Mathieu Conseil, Pierre Thévenon, Patrice Côte, Jean Champion*

L'adaptation variétale au contexte de production représente le premier levier pour réussir la conduite d'une culture en AB. Pour produire une variété « adaptée », la première question est : comment décrire et évaluer une variété « adaptée » (quels critères examiner, dans quelles conditions et avec quelles méthodes) ? Pour répondre à cette question, deux cas d'études ont été travaillés: la conduite en association et la tolérance à un stress abiotique (stress azoté sur blé tendre d'hiver et stress hydrique sur soja). Par ailleurs, une analyse comparative des critères et performances obtenues dans les essais conventionnels et biologiques menés sur les mêmes variétés en blé et également en soja a été conduite, afin d'évaluer l'influence du contexte de production sur le classement variétal.

La communication s'attachera à présenter la démarche globale du projet, ses partenaires, un résultat marquant et les perspectives.





## FLASH.

### Relation entre les caractères morphologiques observés sur des plantes espacées et les indices de compétition intra et inter-spécifiques chez la luzerne

*Bernadette Julier, Gaëtan Louarn*

Les plantes fourragères sont souvent cultivées sous forme d'un mélange d'au moins une graminée et une légumineuse. Pourtant, pour des raisons de facilité, la sélection et l'évaluation variétale sont généralement effectuées en monoculture. Il a été montré que la performance en monoculture n'était pas forcément bien corrélée à la performance en mélange. Dans ce contexte, 45 génotypes de luzerne ont été cultivés en monoculture (1 plante centrale entourée de 6 plantes de luzerne d'une variété commerciale), en mélange avec une graminée (1 plante centrale entourée de 4 plantes de fétuque élevée et 2 plantes de luzerne de même génotype que la plante centrale), et en plantes espacées. Des caractères morphologiques et fonctionnels ont été enregistrés sur les plantes espacées (longueur des entre-nœuds, nombre de tiges, diamètre des tiges, surface foliaire, port, surface foliaire spécifique, teneur en eau des feuilles). A partir des productions de biomasse de la luzerne en plantes espacées ( $B_e$ ), en monoculture ( $B_{mo}$ ) et en mélange ( $B_{me}$ ), des indices de compétition relatifs (RCI) ont été calculés pour chaque génotype :

$RCI_{(e-mo)} = (B_e - B_{mo}) / B_e$  pour les monocultures

$RCI_{(e-me)} = (B_e - B_{me}) / B_e$  pour les mélanges

La corrélation entre les indices de compétition et les caractères morphologiques et fonctionnels a été calculée en monoculture et en mélange.

En moyenne, les indices de compétition étaient plus élevés en monoculture ( $RCI_{(e-mo)}$  0.65–0.98) qu'en mélange ( $RCI_{(e-me)}$  0.43–0.73), ce qui montre que la compétition exercée sur la plante centrale par des plantes de luzerne est plus importante que la compétition exercée par un mélange de luzerne et de fétuque. L'analyse des corrélations entre les caractères mesurés sur les plantes espacées et l'indice de compétition  $RCI_{(e-me)}$  indique que les génotypes de luzerne avec des longs entre-nœuds, de nombreuses tiges, des tiges épaisses et un port prostré étaient soumis à une compétition plus élevée en mélange que les autres génotypes. D'après les corrélations entre les caractères et l'indice de compétition  $RCI_{(e-mo)}$ , les génotypes de luzerne qui ont de longs entre-nœuds, des tiges épaisses et une surface foliaire importante ont moins souffert de la compétition en monoculture (avec une variété commerciale de luzerne) que les autres génotypes. Les traits fonctionnels foliaires (surface foliaire spécifique, teneur en eau des feuilles) ne sont pas corrélés aux indices de compétition.

Le calcul de ces indices de compétition a permis de montrer que les différents environnements compétitifs tendent à favoriser différents phénotypes. Pour la monoculture, on retrouve un phénotype (plantes hautes, feuillues, tiges érigées) qui est couramment sélectionné, puisqu'il permet aux plantes d'être efficaces pour l'interception de la lumière. En mélange, des résultats opposés ont été observés, puisque les plantes hautes, feuillues, érigées et avec beaucoup de tiges sont celles qui ont généré le plus de compétition. Ces génotypes ont aussi affecté la croissance de la graminée compagne qui était plus grande en hauteur mais tallait moins que si elle poussait aux côtés de luzernes plus courtes. Ces résultats indiquent que l'idéotype de luzerne pour la culture en mélange est sensiblement différent que l'idéotype pour la monoculture : il faudrait des

plantes plus courtes avec des feuilles plus petites et/ou un port moins dressé pour limiter la compétition entre plantes de luzerne et permettre la survie de la graminée.

Ces travaux ont reçu le soutien de la Région Poitou-Charentes (projet ExpoLeg-AV, 2011-2015)

Référence :

Maamouri A, Louarn G, Béguier V, Julier B (2017) Performance of lucerne genotypes for biomass production and nitrogen content differs in monoculture and in mixture with grasses and is partly predicted from traits recorded on isolated plants. *Crop & Pasture Science* 68, 942-951 <http://dx.doi.org/10.1071/CP17052>

## **Session Parallèle 8**

### **Les systèmes agricoles avec les légumineuses**

---

#### **Les légumineuses pour des systèmes agricoles durables dans les régions de savane du nord de la Côte d'Ivoire: cas des régions du Poro, du Tchologo et de la Bagoué**

*Kouassi Guy Brou, Nafan Diarrassouba, Souleymane Silue, Konan Charles Kouakou, Gboko Konan Gatién Brou, Jean Baptiste Akadie, Koffi Il Nazaire Kouassi, Abdourahamane Sangare, Denezon Odette Dogbo*

Les systèmes agricoles traditionnels des régions du nord de la Côte d'Ivoire sont essentiellement caractérisés par une monoculture extensive et itinérante. Afin d'évaluer l'importance de l'utilisation des légumineuses à travers la diversité et la durabilité des systèmes agricoles, une prospection couplée à des essais pilotes a été réalisée dans les régions du nord de la Côte d'Ivoire. A cette fin, des recherches ont été menées auprès de 360 producteurs des régions du Poro, du Tchologo et de la Bagoué. En outre, deux (2) types d'essais de polyculture et de rotation culturale ont été réalisés ; la culture associée de maïs, niébé, gombo et la rotation culturale de maïs et coton sur un antécédent cultural d'arachide. Chaque essai a été réalisé sur 30 sites. Les résultats de ces recherches démontrent clairement l'importance de l'utilisation des espèces de légumineuses à travers des systèmes agricoles intensifs et diversifiés.

Cinq (5) principales légumineuses ont été identifiées ; l'arachide (*Arachis hypogaea*), le niébé (*Vigna unguiculata*), le soja (*Glycine max*), le haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) et le pois cajan (*Cajanus cajan*). 100 % des producteurs ont connaissance de l'arachide (*Arachis hypogaea*), du niébé (*Vigna unguiculata*), du soja (*Glycine max*) et du haricot commun (*Phaseolus vulgaris*). 55 % d'entre eux cultivent régulièrement l'arachide dont 70 % dans la région du Poro, 55 % dans le Tchologo et 40 % dans la Bagoué. 65 % des producteurs cultivent au moins une légumineuse chaque année. Trois (3) principaux systèmes agricoles sont développés ; la rotation des cultures (30 %), les cultures intercalaires/associations culturales (45 %) et les cultures de couverture (25 %) sont les principales alternatives que développent les producteurs pour pallier aux problèmes de santé et de fertilité des sols, de l'itinérance et de l'insuffisance d'aires cultivables. 18 % des systèmes agricoles sont développés avec une malvacée (coton, gombo), 55 % avec une céréale (maïs, riz, mil, sorgho), 15 % avec une solanacée (aubergine, tomate) et 12 % avec une racine tubéreuse (patate douce). Les essais de maïs, niébé, gombo ont réalisé une nette amélioration de la production de niébé de 17 %, de gombo de 25 % et de 31 % de maïs. La rotation culturale de maïs et coton sur un antécédent cultural d'arachide a obtenu une amélioration de 32 % la quantité de coton et de 36 % de maïs. Au niveau de l'association culturale, il a été noté une baisse moyenne du taux d'attaque de nuisibles de 29 % maïs, 25 % pour le gombo et 18 % pour le niébé. Concernant la rotation culturale, les agressions des nuisibles a connu une baisse moyenne du taux d'attaque de 17 % chez le coton et de 25 % chez le maïs. 100 % des producteurs des 60 sites pilotes multifocaux pour l'évaluation des rendements et de réduction des risques de facteurs biotique et abiotique ont approuvé l'intensification agricole à base des légumineuses.

Une dynamique d'utilisation des systèmes agricoles intensifs à base de légumineuses est avérée dans les régions du nord de la Côte d'Ivoire.



## **Traque aux innovations pour aider à la conception d'associations de culture incluant des légumineuses**

*Valentin Verret, Elise Pelzer, Laurent Bedoussac, Marie-Hélène Jeuffroy*

Les agriculteurs sont source d'innovations et adaptent continuellement leurs systèmes de culture pour améliorer leurs performances (économique, environnementale...), pour accroître leur résilience face aux changements (climatique, réglementation, prix) et en tenant compte de nouveaux objectifs (réduction des pesticides, perte de biodiversité...). Aujourd'hui plus que jamais, la re-conception des systèmes de culture apparaît comme un enjeu majeur pour répondre aux questions de société.

Les associations d'espèces (i.e. la culture simultanée d'au moins deux espèces) sont des innovations développées par les agriculteurs pour valoriser au mieux les processus de régulations biologiques et les ressources naturelles et ainsi réduire l'utilisation des intrants tout en améliorant les performances des systèmes.

Cette étude visait à recueillir des connaissances empiriques auprès d'agriculteurs cultivant des associations d'espèces afin d'aider d'autres agriculteurs à mettre en œuvre cette pratique en l'adaptant à leur propre contexte.

Pour cela, nous avons conduit des entretiens auprès de 46 agriculteurs des régions Pays de Loire et Occitanie pratiquant des associations de cultures annuelles en agriculture biologique ou non. Ces entretiens avaient pour objectif de caractériser : 1) les objectifs visés, 2) les éléments techniques mis en œuvre pour atteindre ces objectifs (espèces, densité de semis, récolte...) et 3) les critères de satisfaction utilisés par ces agriculteurs.

Il apparaît que les associations de cultures pratiquées à ce jour sont très diverses avec au total 52 mélanges différents composés majoritairement de 2 espèces, et jusqu'à 6 espèces associées au maximum. Au total, 29 espèces sont recensées et 95% des associations comportaient au moins une légumineuse.

Les associations référencées, qu'elles soient destinées à la production de graines ou de fourrage, visaient globalement à améliorer la rentabilité et les performances économiques des systèmes via : 1) l'amélioration du rendement ou de sa stabilité, 2) la recherche d'une meilleure autonomie azotée/protéique des systèmes et 3) la gestion des facteurs biotiques (enherbement, insectes et maladies).

Les agriculteurs rencontrés cultivent en moyenne 2,5 associations différentes (entre 1 et 9 associations selon les fermes). Certaines associations sont cultivées chez un seul agriculteur alors que d'autres sont présentes sur plusieurs fermes telles que blé tendre d'hiver-féverole d'hiver, colza-plantes compagnes gélives, et lentille-caméline. Pour une même association d'espèces, les itinéraires techniques varient fortement d'une ferme à l'autre en termes de variété, densité de semis, profondeur de semis, agencement, désherbage, traitement phytosanitaire... En effet, les choix techniques sont faits en cohérence entre les objectifs visés (produire du blé de qualité, produire des légumineuses, gérer l'enherbement, bénéficier de l'azote fixé par les légumineuses...) et le contexte de la ferme plus généralement (enherbement des parcelles, matériel disponible, débouchés visés...). Notons que 23 autres associations ne sont plus cultivées par les agriculteurs du fait qu'elles ne répondaient pas totalement aux objectifs visés.

Sur la base des résultats de ces enquêtes, différentes ressources ont été construites pour être diffusées afin d'aider les agriculteurs à concevoir des associations répondant à leurs objectifs et contexte propres. C'est le cas, par exemple, de fiches techniques présentant le témoignage d'agriculteurs sur une association donnée précisant le contexte pédoclimatique, les objectifs visés par l'agriculteur, les points clés de l'itinéraire technique, les conditions de réussite ou d'échec. Ces fiches n'ont pas vocation à proposer une association clé en main mais visent à favoriser les apprentissages en explicitant le raisonnement mis en œuvre. Par ailleurs, un tableau synthétise les liens entre les services attendus des associations, précisant les fonctions mobilisables et les pratiques à mettre en œuvre et compatibles. In fine, ces outils serviront dans des démarches de co-conception, mises en œuvre notamment dans le cadre du projet Européen ReMIX, ce qui permettra de discuter de leur intérêt pratique.

## **FLASH.**

### **Evaluation de l'adaptation et de la production du *Sulla coronaria* dans les conditions agro-écologiques du Sahara algérien en irrigué (cas de la région du M'Zab)**

*Bakir Moussaouali, Baelhadj Hamdi-Aïssa*

Le changement climatique rapide auquel nous assistons actuellement est déjà en train de modifier la physiologie et la répartition des espèces dans le monde entier. Certaines espèces végétales herbacées (d'intérêt fourrager) peuvent s'adapter à des conditions naturelles extrêmes et pourraient avantageusement être développées dans le cadre de la mise en valeur dans les zones arides et hyperarides (sahariennes), où l'intégration d'un système d'irrigation est très indispensable. Ces zones agro-écologiques, suite à leurs conditions climatiques difficiles, souffrent d'un manque terrible en matière d'espèces fourragères destinées à l'alimentation du cheptel local. La distribution florale du *Sulla* (*Hedysarum coronarium* L.) selon un spectre bioclimatique très étendu prouve sa rusticité et sa souplesse d'adaptation. Cette caractéristique est considérée un outil important pour l'amélioration des programmes des ressources phytogénétiques, car cette espèce est nommée comme un fourrage de qualité des régions méditerranéennes.

Le but de cette étude est d'évaluer l'adaptation d'une espèce légumineuse fourragère: le *Sulla* (*Hedysarum coronarium* L.) dans un nouvel endroit. Nous avons essayé d'introduire cette espèce dans la wilaya de Ghardaïa (nord du Sahara algérien à 600 km au sud de la capitale, pluviométrie annuelle inférieure à 60 mm) en irrigué et sans aucun apport d'engrais minéraux, et suivre la réaction de la plante dans ce nouveau milieu vis-à-vis les conditions édapho-climatiques, en vérifiant un ensemble de paramètres fonctionnels, agronomiques et biométriques: la hauteur de la plante, biomasse sèche, rapport feuilles sur tige, surface foliaire spécifique (SLA), nombre d'inflorescences par plante. Les résultats obtenus dans cette étude sont comparés par d'autres issus d'une culture du *sulla* dans sa zone native (El-Tarf, Nord-Est de l'Algérie).

Le *sulla* qui a développé dans le nouveau milieu a manifesté, significativement, un rapport feuilles sur tiges et un nombre d'inflorescences par plante les plus élevés. En ce qui concerne les traits fonctionnels qui prouvent l'adaptation d'une telle ou telle espèce dans un endroit donné, la SLA, a présenté des valeurs similaires entre les deux essais ( $p=0.033$ ). Ainsi, le rapport feuilles/tiges obtenu à Ghardaïa a montré une valeur très importante: 1,279 (soit une différence de 84,72%).

À l'issus de ce travail, nous avons constaté que le *Sulla* a présenté des aptitudes importantes à la croissance et à la production fourragères dans cette nouvelle zone, la chose qui nous a encourager à investir dans la culture de cette espèce fourragère à double fins.





## **FLASH.**

### **Classification de la diversité spécifique des légumineuses pour la fourniture de trois services écosystémiques : Fixation biologique de l'azote, suppression des adventices et stabilité de la production dans les conditions méditerranéennes.**

*Julie Pitchers, Hélène Marrou, Michel Ghanem, Jacques Wery*

Les légumineuses constituent la 3ème plus vaste famille parmi les plantes à fleurs avec pas moins de 18 000 espèces (Edwards, 2007). Cette diversité offre un large panel de résistances et module également la quantité et la qualité des services écosystémiques attendus : réduction de la consommation d'énergie par apport d'azote, production d'une ressource alimentaire, diversification des systèmes de culture pour une meilleure gestion des adventices.

Ce potentiel est pourtant très mal exploité. Les légumineuses sont dans la plupart des cas, des cultures orphelines. Alors que plus de 80 espèces de légumineuses à graines sont effectivement consommées à travers le monde, la base de données de la FAO ne couvre que 11 de ces espèces (Tiwari, Gowen and McKenna, 2011). Le nombre de cultivars mis en circulation est également très faible : en France, par exemple, seuls 7 cultivars de pois chiche sont disponibles sur le marché, alors que plus de 90 000 accessions sont enregistrées dans les ressources génétiques mondiales (Varshney, Thudi and Muehlbauer, 2017).

La faible disponibilité en variétés inscrites et distribuées, le manque de références et d'accompagnement sont autant de freins à l'expansion des légumineuses à graines dans le Sud de la France et plus généralement en méditerranée. Pour un développement durable des légumineuses, il est indispensable de produire des connaissances permettant d'associer des espèces et des variétés à des situations agronomiques et des objectifs de production et de services rendus déterminés.

En agronomie, la comparaison des espèces sur la base de leurs fonctions (caractéristiques d'un couvert) ou de traits liés à ces fonctions (caractéristiques morphologique, physiologique, phénologique ou chimique mesurée à l'échelle de la plante), permettrait l'évaluation de la diversité via une description fonctionnelle d'espèces et de variétés.

L'objectif de cette étude, réalisé en partenariat avec la société de semences « Epi de Gascogne », est de caractériser la diversité génétique d'un large éventail d'espèces et de variétés de légumineuses par une approche fonctionnelle qui relie les traits agro-morphologiques, les fonctions physiologiques pour prédire des services écosystémiques. Trois services écosystémiques ont été identifiés comme cruciaux pour les systèmes de culture méditerranéens : 1) production de rendement et stabilité dans des conditions sèches (c.-à-d. résistance à la sécheresse), 2) fixation et accumulation d'azote dans la plante pour un retour futur dans le sol, et 3) compétitivité vis-à-vis des adventices. Une analyse documentaire approfondie (120 réf.) nous a permis d'identifier et de documenter 41 espèces concernant un ensemble de 12 caractères (ex. hauteur maximale de la plante, taille des feuilles, jours jusqu'à maturité...). Les services écosystémiques fournis par chaque espèce ont été estimés par une combinaison de fonctions du couvert. Les données ont ensuite été analysées à l'aide des régressions CART. Les résultats montrent par exemple que les espèces de grande taille sont plutôt sensibles au stress hydrique sauf si elles fleurissent très tôt. Les espèces de petite taille sont à l'inverse résistants ou tolérants. De plus, si ces espèces ont tendance à fleurir tard, elles seront d'autant plus résistantes qu'elles ont des graines plus grosses et des petites feuilles. En parallèle de ce travail bibliographique, une expérience au champ (Lecture, 32) est conduite pour évaluer la production de graines,

la couverture du sol, et l'utilisation de la ressource azotée par 15 espèces de légumineuses correspondant à différentes catégories de la classification CART. Les résultats observés au champ seront par la suite confrontés à ceux fournis par l'analyse statistique sur base de revue bibliographique.

Ces résultats permettent de mieux comprendre comment la diversité spécifique des légumineuses à grains est organisée et peut être utilisée pour cibler les services écosystémiques.

## **FLASH.**

### **Paramètres du sol déterminant l'infestation au *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke**

*Abou Soufianou Sadda, Salifou Nouhou Janqorzo, Maliki Sani Maman, Mahaman Nourou Saadou Souley, Abdoul-Aziz Saidou, Abdoulaye Diouf, Oumarou malan Issa*

Le *Striga gesnerioides* constitue une des contraintes biotiques majeures à laquelle la culture de niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp), fait face et qui contraint sa production. La sensibilité de variétés de niébé au striga peut être expliquée par la génétique des plantes, les conditions environnementales ainsi que les interactions qu'il y a entre elles. Parmi les paramètres du milieu, le sol a une influence certaine. En effet, il est prouvé que la sensibilité au striga est plus sévère dans les sols à faible niveau de fertilité.

L'objectif visé à travers cette étude est d'identifier les paramètres du sol qui déterminent l'infestation au striga de niébé.

Pour ce faire, nous avons mis en place un dispositif expérimental en bloc augmenté dans 15 villages des régions de Maradi, Dosso et Tillabéry au Niger. Dans chaque village 15 variétés de niébé ont été semées avec deux répétitions dans deux blocs entièrement randomisés. Des échantillons de sol composites ont été prélevés dans chaque parcelle sur lesquels des analyses de pH, Carbone et Phosphore ont été réalisées.

Les résultats montrent que le phosphore a un effet sur l'apparition du striga (ANOVA,  $P=0.028$ ). Par contre les autres éléments à savoir le pH, et la matière organique n'ont montré aucun effet significatif sur le taux d'infestation du striga (ANOVA,  $P=0.087$  ;  $P=0.50$ ) respectivement.



## Session Parallèle 9

### **Les apports nutritionnels des légumineuses**

---

#### **Une substitution de 70% des protéines de Lactosérum par des protéines de Soja permet de maintenir l'effet anabolique du repas dans le muscle squelettique du rat âgé**

*Marianne Jarzaguet, Gwénaele Joubrel, Théo Efstathiou, Didier Remond, Dominique Dardevet*

Contexte : La sarcopénie, diminution de la masse et de la fonctionnalité musculaire avec l'âge, peut en partie être expliquée par une résistance anabolique du muscle aux protéines alimentaires. On préconise aujourd'hui non seulement une augmentation de l'apport protéique de 0.8 à 1.2g/kg/j) mais aussi l'ingestion de protéines de bonne qualité à digestion rapide et riches en leucine. Pour répondre à ces critères, le lactosérum a été proposé et testé avec des résultats positifs. Cependant, la fourniture en protéines animales risque d'être insuffisante pour l'ensemble de la population mondiale avec l'augmentation simultanée de la demande en protéines animales et de la démographie mondiale. Les plantes pourraient représenter une source alternative de protéines pour couvrir les besoins en acides aminés chez l'Homme. Ces protéines ne sont toutefois pas suffisamment riches en certains acides aminés essentiels. Cependant, en combinaison avec des protéines animales, elles pourraient être plus largement valorisées en alimentation humaine. L'intérêt de telles stratégies nutritionnelles est de faire coïncider au mieux les besoins quantitatifs et qualitatifs en protéines chez l'Homme à toutes les étapes de sa vie, tout en tenant compte des contraintes socio-économiques et environnementales actuelles et futures. Ceci est d'autant plus important dans des situations où le besoin protéique est accru, comme chez la personne âgée.

Objectif : Elaborer une formulation protéique à forte proportion en protéines végétales et ajuster la teneur protéique du régime de manière à mimer au mieux l'ingestion qualitative et quantitative d'un régime « lactosérum » ayant déjà montré des effets anaboliques positifs chez les personnes âgées.

Protocole : La formulation a été réalisée avec des protéines de soja (70%) et des protéines de lactosérum (30%). Le taux protéique du régime a été augmenté à 16.5% (Soja/Lac16) de manière à avoir la même quantité de leucine ingérée qu'avec un régime 100% Lactosérum à 13% (Lac13). Ces deux régimes ont été comparés à un régime composé d'une protéine à digestion lente (i.e caséine à 13% (Cas13)), d'un régime Soja/Lactosérum (70/30) mais à 13% (Soja/Lac13) et d'un régime Soja à 13% (Soja13). Une mesure de la synthèse protéique musculaire a été réalisée à jeun (0) et en cinétique post prandiale soit 90, 180 et 240 min après l'ingestion des régimes.

Résultats : Nos résultats montrent que Cas13 ne permet pas de stimuler la synthèse protéique musculaire chez l'âge et confirme ainsi la résistance anabolique à l'effet du repas, déjà observée par nous et d'autres laboratoires. Le régime Lac 13 et Soja/Lac16 ont permis de contrecarrer la résistance anabolique en permettant une stimulation de la synthèse protéique musculaire. Cependant, même si l'intensité de la réponse semble identique, elle se produit à des temps différents et, de façon surprenante, plus rapidement

pour le régime à base de soja (90 min) qu'avec le régime Lactosérum (180min). Quand le taux protéique est abaissé à 13% pour le Soja/Lac ou ne contient que du Soja, l'effet anabolique n'est plus maximal dans le muscle des organismes âgés. Contrairement au régime Lac13, l'effet anabolique de Soja/Lac16 ne peut pas être mis en relation avec une stimulation de la voie de signalisation mTOR.

De plus, malgré une ingestion identique de leucine entre les régimes Lac13 et Soja/Lac16, l'augmentation de la leucinémie reste très inférieure pour le régime végétal et à des niveaux identiques à celle observée avec la caséine.

Conclusions : En substituant 70% des protéines animales par des protéines végétales mais en augmentant le taux protéique de 25%, on peut maintenir l'effet anabolique du repas chez les personnes âgées comme le ferait le lactosérum. L'effet anabolique du régime végétal semble cependant passer par un médiateur autre que la leucine et que notre étude n'a pas pu encore identifier.

## **La génétique au service du goût : caractérisation de mutants pour l'accumulation de saponines et l'activité lipoxygénase dans les graines de pois (*Pisum sativum*).**

*Vanessa Vernoud, Julie Marais, Ludivine Lebeigle, Christine Le Signor, Brigitte Darchy, Bonastre Oliete, Anthony Klein, Saurel Rémi, Gérard Duc, Marie-Aleth Lacaille-Dubois, Richard Thompson*

L'utilisation des légumineuses à graines en tant qu'ingrédients pour la fabrication de produits alimentaires riches en protéines végétales est en plein essor. Cependant les farines ou fractions protéiques préparées à partir de graines de pois présentent un goût désagréable qui restreint leur utilisation en tant qu'ingrédients dans les produits de seconde transformation. Ce goût désagréable est dû à l'accumulation dans les graines de plusieurs composés indésirables notamment des saponines, des triterpènes de glycosides qui peuvent conférer un goût d'amertume (Price and Fenwick, 1984 ; Heng et al., 2006) et des composés organiques volatiles provenant de l'oxydation enzymatique des acides gras par des lipoxygénases responsables du goût vert (Davies et al., 1987 ; Casey et al., 1996). Dans cette étude nous avons identifié et caractérisé un gène clé de la biosynthèse des saponines nommé PsPSY qui code une  $\beta$ -amyrine synthase, ainsi que les gènes codant les deux lipoxygénases majeures de la graine de pois, PsLOX2 et PsLOX3. Des mutants TILLING (Targetting Induced Local Lesions In Genomes) pour ces trois gènes ont été isolés. En particulier, une mutation affectant un site d'épissage dans le gène PsPSY a été identifiée et l'analyse de la teneur en saponines des graines du mutant par HPLC a montré une très forte réduction des teneurs en soyasaponines et saponines DDMP comparées aux graines sauvages. Le mutant présente en outre une réduction de l'accumulation des ARNm correspondants, probablement dû à une diminution de la stabilité du transcrit. De plus, l'étude de mutations non-sens dans les gènes LOX2 et LOX3 a montré un fort effet sur l'activité lipoxygénase totale des graines matures, entraînant jusqu'à 80% de réduction de l'activité enzymatique. Ces résultats prometteurs ouvrent des perspectives quant à l'utilisation de ces lignées pour améliorer le goût du pois lors de son utilisation dans des produits de seconde transformation.

Cette étude est financée dans le cadre du projet FUI LEG'UP (AAP no. 18).

### Références :

Price and Fenwick (1984) Soyasaponin I, a compound possessing undesirable taste characteristics isolated from the dried pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 35: 887-892.

Heng et al. (2006) Bitterness of saponins and their content in dry peas. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 1225-1231.

Davies et al. (1987) Flavor improvement of soybean preparations by genetic removal of lipoxygenase-2. *The Journal of the American Oil Chemists' Society* 64: 1428-1433.

Casey R et al. (1996) The significance of plant lipoxygenases to the agrifood industry. In "Agrifood quality: an interdisciplinary approach", edited by G.R. Fenwick, The Royal Society of Chemistry, p. 127-30.





## **Evaluation de la déstructuration orale de protéagineux extrudés**

*Magdalena Kristiawan, Thomas Megarademy, Christine Al Chamieh, Anne-Laure Reguerre, Azad Emin, Valérie Micard, Christian Salles, Guy Della Valle*

La formulation de snacks expansés sans gluten et riches en protéines, fabriqués entièrement à partir de protéagineux, est un moyen intéressant pour diversifier l'offre d'aliments à base de protéagineux. L'extrusion est un procédé souple et adapté pour fabriquer de tels aliments. Lors du traitement thermomécanique, la dépolymérisation de l'amidon, et donc sa solubilité, augmentent, alors que la solubilité des protéines diminue à cause des phénomènes d'agrégation. En conséquence, l'extrusion produit des mousses solides avec une grande variété de textures et de morphologies du matériel constitutif, autant de caractéristiques qui vont affecter les performances de mastication et l'acceptabilité du consommateur. Afin de déterminer ces performances, notre objectif est de proposer un modèle simple de la mastication des extrudés à base de farine de pois, en mettant en relation la viscosité des bols (aliments mastiqués), avec leur fragmentation et leur teneur en eau.

Dans ce but, quelques produits extrudés (9) à base de farine de pois sont sélectionnés en fonction de leur densité, leur texture (module d'Young) et la solubilité de leurs protéines. Ils sont transformés sur un masticateur artificiel en faisant varier le débit de salive artificielle (2-4 mL/min) et le temps de mastication (3 temps de 7 à 25 s). La viscosité des bols est déterminée par un rhéomètre capillaire et l'absorption de la salive par une méthode gravimétrique. La distribution de la taille des fragments est déterminée par analyse d'images (granulométrie) prises à l'aide d'un scanner.

Les résultats montrent que la viscosité des bols suit un comportement rhéo-fluidifiant, selon une loi puissance dont l'indice de consistance est corrélé négativement à l'absorption de la salive par un coefficient de plastification. L'interaction entre la salive et les snacks riches en protéines est faible, comparée à celle de l'eau avec les amidons et produits céréaliers extrudés. L'évolution des propriétés physiques des bols pendant la mastication (consistance, fragmentation, absorption salivaire) est exprimée en fonction du module de Young et de la solubilité des protéines des extrudés. Ceci permet de proposer un premier modèle simple du processus de déstructuration orale subi par ces aliments, et donc, d'envisager de modifier leur structure pour en favoriser l'acceptabilité.



## **FLASH.**

### **Effet de la consommation des pâtes alimentaires mixtes blé-légumineuses sur le métabolisme protéique du rat âgé**

*Insaf Berrazaga, Claire Bourlieu-Lacanal, Karima Laleg, Jérôme Salles, Christelle Guillet, Véronique Patrac, Christophe Giraudet, Olivier Le Bacquer, Yves Boirie, Stéphane Walrand, Valérie Micard*

En dehors des aspects écologiques, l'augmentation de la part des produits végétaux dans notre alimentation peut contribuer à prévenir les risques pour la santé associés à une consommation excessive d'aliments d'origine animale. De plus, les produits végétaux notamment les légumineuses sont riches en protéines (24-28%), en fibres alimentaires (12-31%) et en micro-constituants et pauvres en lipides (2%), et présentent, de ce fait, un réel intérêt pour l'alimentation humaine, en particulier celle des séniors. En effet, au cours du vieillissement, il est nécessaire de contrôler la consommation de graisses saturées, d'améliorer l'apport en micro-constituants et en fibres et d'optimiser la qualité des apports protéiques. Cependant, les légumineuses comme la plupart des sources végétales sont composées de protéines déficientes en certains acides aminés essentiels, notamment les acides aminés soufrés. Les protéines de légumineuses présentent un profil en acides aminés essentiels complémentaire à celui du blé. L'association blé-légumineuses permet ainsi d'améliorer l'équilibre en acides aminés essentiels. Il a été démontré dans la littérature que l'incorporation de la farine de fèverole à hauteur de 35 à 70% dans les pâtes alimentaires permet d'obtenir un profil équilibré en acides aminés essentiels par rapport aux besoins de l'organisme mais aussi d'augmenter la teneur en protéines des pâtes sèches (de 13 à 17-20%). Le premier objectif de notre travail était de produire des pâtes alimentaires caractérisées par une composition optimale en acides aminés essentiels en associant de la semoule de blé avec des farines de légumineuses (soit de la fèverole, de la lentille ou du pois) à un ratio blé/légumineuse d'environ (30/70). La composition en acides aminés essentiels de ces pâtes alimentaires a été étudiée et comparée au profil recommandé par l'Anses (2007).

Outre la composition en acides aminés essentiels, la digestibilité des protéines est un paramètre déterminant de sa valeur nutritionnelle. Ce paramètre peut varier en fonction de la structure du réseau protéique. Le second objectif de notre travail était d'évaluer les modifications structurales du réseau protéique à l'échelle moléculaire induites par l'incorporation des différentes farines de légumineuses dans les pâtes alimentaires et leurs répercussions sur la digestibilité in vitro des protéines. Enfin, l'effet de la consommation de ces pâtes alimentaires mixtes sur le métabolisme protéique des rats âgés a été étudié en comparaison avec des protéines animales de référence (caséine et lactosérum).

Les résultats montrent que toutes les pâtes alimentaires mixtes produites répondent aux besoins en acides aminés essentiels tels que définis pour le sujet adulte sain. De plus, nous avons montré que la différence de la structure protéique des pâtes produites pourrait influencer leurs digestibilités in vitro et in vivo. En effet, la pâte mixte blé/fèverole plus riche en protéines liées par des interactions faibles (électrostatiques, hydrophobes et hydrophiles) présentait une meilleure digestibilité protéique in vitro et in vivo que la pâte mixte blé/lentille plus riche en ponts covalents de type disulfure. Chez le rat âgé, l'utilisation nette des protéines ainsi que la synthèse protéique musculaire suite à la consommation des pâtes aux légumineuses étaient équivalentes à celles de la caséine. Cependant, la consommation de lactosérum était caractérisée par une utilisation nette des protéines et une synthèse protéique musculaire 43 et 50% plus élevées que les

pâtes aux légumineuses en relation avec l'effet anabolique important du lactosérum, notamment sa richesse en leucine et la rapidité de son assimilation.

Ces pâtes alimentaires mixtes blé-légumineuses, riches en protéines et équilibrées en acides aminés essentiels permettent d'optimiser l'apport protéique chez les rats âgés. Elles pourraient être proposées comme une alternative possible à des protéines animales destinées aux personnes âgées.

## **FLASH.**

### **Effet des pois chiches et des composés antinutritionnels naturellement présents dans les légumineuses sur la lipolyse intestinale et la biodisponibilité de la vitamine K**

*Marielle Margier, Giulia Scorano, Tiffany Antoine, Yacine Ba, Marion Nowicki, Charlotte Halimi, Matthieu Maillot, Stéphane Georgé, Emmanuelle Reboul*

Introduction et but de l'étude : La consommation des légumineuses est actuellement encouragée car elles constituent une bonne source de protéines végétales à faible impact environnemental. Par ailleurs, un plus grand apport de légumineuses est associé à une diminution du taux de cholestérol et de triglycérides circulants. Cependant, nous avons montré que la présence de légumineuses dans un repas diminue la bioaccessibilité et l'absorption intestinale des vitamines liposolubles (A, D, E, K). Ces effets pourraient s'expliquer par la présence de certains composés naturellement présents dans les légumineuses. Le but de cette étude est donc d'évaluer d'une part, l'impact de la présence de pois chiche dans un repas et d'autre part l'effet des fibres, phytates, saponines et tanins, seuls ou combinés sur la digestion et l'absorption intestinale de la vitamine K (prise comme molécule modèle). L'impact de ces composés a également été évalué sur la lipolyse intestinale.

Matériel et méthodes : Des digestions in vitro ont permis de comparer la bioaccessibilité de la vitamine K (% de vitamines du repas retrouvées dans les micelles mixtes) et la lipolyse intestinale, lorsque celle-ci est ingérée dans un repas type en présence de pommes de terre (condition contrôle) ou de pois chiche, et en présence de pommes de terre supplémentées ou non en fibres et autres composés « antinutritionnels ». Enfin, la capacité des cellules intestinales humaines Caco-2 TC7 à absorber la vitamine K a été évaluée en présence ou non des composés « antinutritionnels » seuls ou combinés.

Résultat et analyse statistique : Dans un premier temps, nous avons montré que la bioaccessibilité de la vitamine K et la lipolyse intestinale diminuaient en présence de pois chiches par rapport au repas contrôle (respectivement -68% et -60%;  $p < 0.05$ ).

Dans un second temps, nous avons montré que c'était la présence isolée de phytates, fibres, tanins et saponines qui diminuait la bioaccessibilité de la vitamine K par rapport au repas sans composés antinutritionnels (de 2% à 61%,  $p < 0.05$ ). Nous avons expliqué cette différence en montrant que l'activité de la lipase pancréatique était inhibée de 20% à 50% après l'ajout de tanins, saponines et phytates ( $p < 0.05$ ).

Enfin, l'absorption de la vitamine K par les Caco-2 diminuait en présence de saponines, fibres et phytates seuls ou combinés (de -23% à -12%)  $p < 0.05$ .

Conclusion : Ces résultats montrent que la présence de pois chiches dans un repas diminue la bioaccessibilité de la vitamine K. Cette inhibition peut en partie être expliquée par la présence de fibres ou de certains composés « antinutritionnels » (phytates, tanins et saponines) qui, en inhibant la lipolyse intestinale, diminue la bioaccessibilité de la vitamine K. L'absorption intestinale de la vitamine K est également inhibée en présence fibres, phytates, tanins et saponines isolés, mais des interactions entre ces composés peuvent moduler ces effets inhibiteurs.

Ces travaux pourraient à l'avenir permettre de proposer des recettes adaptées, dans l'objectif de mieux formuler des produits à base de légumineuses sans dégrader la qualité nutritionnelle du repas.

## **Session Parallèle 10**

### **La structuration de filières légumineuses**

---

#### **Les filières des légumineuses à graines biologiques**

*Charlotte Canale, Céline Le Guillou, Timothy François, Françoise Labalette*

Les surfaces de légumineuses à graines biologiques (soja, pois, féverole, lentille, pois-chiche) progressent rapidement en France. Avec près de 65 000 hectares en 2017, les surfaces ont plus que doublé en 5 ans. Cette progression s'explique notamment du fait de leurs atouts agronomiques, et en particulier leur contribution à l'alimentation azotée des cultures, qui rendent les légumineuses essentielles dans les rotations en agriculture biologique. Utilisées aussi bien en alimentation humaine (soja, lentille, pois chiche) qu'en alimentation animale (soja, féverole, pois), les légumineuses à graines sont appréciées pour leurs qualités nutritionnelles.

Un diagnostic a été mené par Terres Univia, l'Interprofession des huiles et protéines végétales, en 2016 et 2017 sur les filières des oléoprotéagineux biologiques en France. Les éléments présentés sont issus du travail d'enquêtes réalisées auprès des collecteurs de graines et des premiers utilisateurs (huiliers, tritrateurs, fabricants d'aliments du bétail et fabricants de soyfoods).

La filière du soja biologique français est bien organisée. L'itinéraire technique est maîtrisé au niveau des agriculteurs qui sont en mesure de livrer des graines pour l'alimentation animale et pour l'alimentation humaine (malgré un cahier des charges exigeant). Les collecteurs sont satisfaits de la qualité des graines de soja, même si les taux d'impureté restent une problématique récurrente. 60% de la collecte française de soja est destinée à la fabrication de produits alimentaires au soja (majoritairement en France mais aussi à l'export). Les 40% restant sont destinés aux ateliers de trituration français pour la fabrication de tourteaux gras à destination de l'alimentation du bétail. Les tourteaux français sont de bonne qualité mais la production est très en deçà de la demande, engendrant d'importants imports (UE et pays tiers). L'un des plus grands défis de cette filière consiste à augmenter la production de soja local (conversions à l'agriculture biologique et extension de la zone de culture du soja) pour réduire la dépendance de l'alimentation animale aux imports (et proposer aux consommateurs une offre en produits français).

La filière des protéagineux biologiques français (pois et féverole) fait face à des problématiques différentes. L'itinéraire technique est moins bien maîtrisé et les rendements (autours de 20 q/ha) sont insuffisants et irréguliers. Les associations céréales – légumineuses constituent une réelle opportunité pour le développement des protéagineux (sécurité production pour les agriculteurs). Les collecteurs rencontrent des difficultés à la collecte et au stockage des protéagineux, notamment dues au manque de solutions pour lutter contre la bruche et à des outils de triage peu adaptés à la diversité des associations de culture. Les protéagineux sont destinés à l'alimentation animale française et ils représentent environ 8% des matières premières utilisées par les fabricants d'aliment du bétail. Le rapport qualité / prix des protéagineux en bio justifie cette forte utilisation qui reste cependant limitée par l'irrégularité des volumes disponibles sur le marché et une qualité des graines demandant à être mieux maîtrisée (variété, procédés, etc). Les défis de



cette filière sont agronomiques (développement / utilisation de variétés adaptées, accompagnement / maîtrise technique des cultures) et organisationnels (coordination de filière pour mieux adapter des modes de production aux débouchés visés).

Quant aux filières de légumes secs, leur développement est à la fois récent et rapide. Ce qui explique le manque actuel de référence technique sur la conduite agronomique en agriculture biologique des cultures de lentille et de pois chiche. Au niveau de la collecte, les taux d'impuretés très élevés engendrent des frais de triage importants pour les collecteurs. La mise en marché est tournée vers l'alimentation humaine (ensachage, conserves) et les impasses pour lutter contre la bruche au stockage constituent un réel problème pour ce débouché.

## **Diversification des systèmes de culture avec le soja, études de cas dans de nouveaux bassins de production**

Vincent Lecomte

Dans les systèmes de culture où il était (quasi-)absent jusqu'à peu, le soja apparaît comme une culture de diversification d'intérêt. Pour mieux appréhender les contextes pédoclimatiques les plus favorables à une insertion économiquement rentable de la culture, Terres Inovia a réalisé depuis 2012 des études spécifiques dans différents nouveaux bassins potentiels à soja dans le Sud-Ouest (Occitanie, sud de la Nouvelle Aquitaine), en Poitou-Charentes et en région Centre Val de Loire (étude en cours dans cette région).

Dans ce cadre, l'approche agroéconomique chez Terres Inovia vise à répondre aux principales questions suivantes : (1) L'intégration du soja dans les systèmes de production est-elle rentable (en intégrant les bénéfices attendus du soja sur la rotation) ? (2) Si oui, dans quels contextes ? Avec quels prix de vente ? (3) Si non, quel écart de rendement ou de prix nécessaire pour que le soja devienne rentable à l'échelle du système de culture ? (4) Quel est l'effet de l'introduction du soja sur la multi-performance des exploitations agricoles ?

La méthode d'étude mise en œuvre repose sur différents outils complémentaires :

- Des analyses de bassins afin d'identifier des contextes pédoclimatiques et agricoles (systèmes de production, filières) cohérents en vue de réaliser un diagnostic approfondi,
- Des suivis agronomiques de parcelles de soja chez des agriculteurs producteurs de soja dans des nouveaux bassins (exemple : en Poitou-Charentes des suivis de parcelles de soja dans différents contextes de production ont été réalisés de 2014 à 2016),
- Des simulations à l'aide de l'outil d'évaluation multicritères Systerre® à l'échelle du système d'exploitation agricole (fermes réelles, fermothèque) sur l'effet de l'insertion du soja, en particulier sur le volet économique,
- Des entretiens d'acteurs de la filière, en particulier agriculteurs et organismes de conseils, d'approvisionnement, de collecte et de stockage, pour conforter les hypothèses des simulations et échanger sur les sorties,
- Des essais de comparaison multicultures (exemple : dans le Sud-Ouest, des essais de comparaison d'espèces soja, tournesol, sorgho et maïs grain en conduite pluviale ont été mis en place de 2014 à 2016 sur deux sites).

Les études réalisées ont permis d'obtenir des éléments de réponse sur les sujets suivants : (1) identifier les situations où l'introduction du soja est opportune et celles où elle ne l'est pas ainsi que des complémentarités de positionnement avec d'autres espèces comme le tournesol, (2) quantifier les marges de progrès techniques et économiques (prix d'équivalence de marge, prix d'intérêt) et (3) aider les acteurs, en particulier agriculteurs et organismes économiques et de développement, à développer la culture de façon opportune et pérenne dans de nouveaux bassins de production.



**Pionnier dans le secteur des protéines végétales de spécialité destinées aux marchés de l'Alimentation, de la Nutrition et de la Santé, Roquette déploie une stratégie d'approvisionnement unique pour sécuriser une filière pois français durable et responsable.**

Pierangelo Marconi

Avec bientôt deux usines l'une en France (Vic-sur-Aisne) et l'autre au Canada (Portage, Manitoba), Roquette va devenir acheteur de plus de 250 000 tonnes de pois pour servir ses clients du monde entier avec des produits d'origine végétale de haute qualité. En France, il s'agit de sécuriser les approvisionnements du site de Vic /Aisne avec du pois français répondant aux exigences grandissantes des consommateurs.

Un protocole unique : Le marché des protéines de pois se développe avec la volonté des consommateurs de prendre soin de leur santé tout en préservant la planète. Pour encore mieux répondre à leurs attentes Roquette a récemment adapté sa stratégie d'approvisionnement pour être livré avec un pois ayant une qualité tracée et respectueux des principes essentiels du développement durable.

En collaboration avec ses fournisseurs de pois, Roquette a initié lors de la campagne 2017/18 un parcours cultural innovant. Ce parcours sera étendu lors des campagnes à venir.

>Réduire l'impact environnemental

Les meilleures pratiques ont été définies, pour favoriser l'utilisation raisonnée des produits phytosanitaires avec pour objectif de réduire l'impact environnemental.

>Garantir la traçabilité

Une procédure de traçabilité a été mise en place de l'amont agricole à l'aval de la filière. Des démarches de progrès sont d'ores et déjà initiées et d'autres vont être développées.

>Mettre en place une nouvelle charte agronomique, utiliser de nouvelles technologies

Le pois est une légumineuse et ses vertus sont nombreuses. La création d'une filière durable, française et respectueuse de l'environnement est une priorité pour Roquette. Pour approvisionner son site à Vic-sur-Aisne Roquette travaille avec plus de 2500 agriculteurs qui représentent environ 25 000 hectares cultivés.

Ce cahier des charges agronomique responsable, l'adoption de technologies agronomiques modernes et un projet de digitalisation de la ferme pour la suivie intelligente des cultures constituent les fondements de la nouvelle filière du pois de Roquette.

Durant cette session, Pierangelo Marconi, Global Category Manager – Roquette présentera le nouveau parcours cultural mis en place par Roquette pour assurer l'approvisionnement total de son site de Vic-sur-Aisne en pois français, durables et tracés.



## **FLASH.**

### **Charte Soja de France - la garantie d'un soja français, non OGM, tracé et durable à chaque étape de la filière.**

*Charlotte Canale, Françoise Labalette*

Le contexte actuel est favorable au développement de la filière du soja français : augmentation des surfaces ; demande croissante des consommateurs pour du soja non OGM (en alimentation humaine comme en alimentation animale) ; société à la recherche de sens dans son alimentation au travers de filières alimentaires locales, tracées et responsables... Le soja français a les capacités de répondre à ces demandes grâce à ses qualités agronomiques (économie d'azote dans les rotations, souplesse d'irrigation, rendements stables) et environnementales (peu d'applications de produits phytosanitaires, bien adapté à la conduite en agriculture biologique).

C'est dans ce contexte et dans le but de mieux faire connaître, reconnaître et mettre en valeur auprès des utilisateurs et des consommateurs les graines de soja produites en France et les produits de première transformation qui en sont issus que Terres Univia, l'Interprofession des huiles et protéines végétales, a lancé en 2018 la Charte Soja de France. Construite avec les représentants des organisations professionnelles et les opérateurs engagés dans la production et la transformation du soja français, cette charte de filière apporte la garantie d'un soja français (cultivé, collecté et transformé en France), non OGM (assurance de l'absence d'OGM de la graine jusqu'au produit de première transformation), tracé (toutes les étapes, depuis le champ jusqu'aux produits de première transformation, sont connues et enregistrées) et durable (produit dans le respect des bonnes pratiques techniques, sanitaires et environnementales en parfaite conformité avec la réglementation).

Afin de s'assurer du respect de ces exigences, la Charte Soja de France s'accompagne d'une véritable démarche de certification et permettra ainsi aux utilisateurs et aux consommateurs d'accéder à une nouvelle offre en produits certifiés : graines de soja, huiles de soja, tourteaux de soja, graines extrudées ou toastées (ou assimilées), produits alimentaires au soja, ingrédients alimentaires à base de soja. Dès l'automne 2018 les premiers lots de graines de soja seront certifiés suivi des produits de premières transformations.

Pour atteindre les objectifs du plan de filière, qui vise 250 000 hectares de soja en France d'ici 5 ans dont 50% sous certification Charte Soja de France, cette démarche s'articulera avec le schéma de développement du soja français choisi et conçu par l'Interprofession et ses membres. En particulier, il s'agira de coordonner progrès techniques, innovations (notamment améliorations variétales) et diffusion en s'adossant aux acteurs de la filière. Enfin, il est essentiel de reconnaître la création de valeur induite par la démarche de certification Charte Soja de France, et ce dans un environnement concurrentiel fort, afin d'assurer sa pérennité.



## **FLASH.**

### **La délibération collective autour de la qualité : un vecteur possible de transition agroécologique. Le cas de la mise en place d'une filière légumes secs par une coopérative d'Occitanie**

*Catherine Milou, Jean-Pierre Del Corso, Charilaos Kephaliacos*

Dans cette communication, nous nous intéressons à la question de l'introduction de légumes secs dans les systèmes agricoles des adhérents d'une coopérative d'Occitanie, Qualisol.

Cette coopérative vise à développer une filière légumes secs, pois-chiches, haricots, lentilles. Ces légumineuses destinées à l'alimentation humaine, apparaissent en effet comme un levier significatif de la transition agroécologique en raison de leurs intérêts sur les plans agronomique, environnemental, sociétal et alimentaire (Schneider, Huyghe, 2015).

Toutefois, l'introduction durable de ces cultures dans les rotations suppose que les agriculteurs parviennent à se saisir de l'ensemble de leurs bénéfices. Une appropriation qui leur demande non seulement de maîtriser les aspects techniques de ces nouvelles productions, mais également, et plus fondamentalement, de reconsidérer les finalités mêmes qu'ils confèrent à leur métier. De fait, pour intégrer des préoccupations environnementales, sociétales et alimentaires, ces finalités ne peuvent plus être réduites à la seule production de matières premières. Le nouveau modèle agricole que sous-tend cette approche, qui relève de la transition agroécologique, impose une profonde modification des façons de penser et d'agir des agriculteurs, autrement dit un changement institutionnel (Hodgson, 2006).

Parvenir à impulser un tel changement requiert des apprentissages individuels et collectifs (Mantzavinos et al., 2009), dont l'un des vecteurs principaux est la délibération entre acteurs (Del Corso et al., 2015, 2017). De fait, c'est par le biais d'une telle délibération que leurs points de vue peuvent être confrontés (Sen, 1993). De nouvelles valeurs, connaissances, peuvent émerger de ce processus dynamique, et conduire ainsi les acteurs à reconsidérer "leur manière de penser et d'agir" (Bromley, 2008).

Dans le cas d'étude, nous focalisons notre attention sur un objet de délibération spécifique : la qualité. En effet, ce concept, porteur de valeurs et de significations multiples, nous apparaît comme central dans ce processus de réinterrogation des pratiques.

Nous avons mis ce concept de qualité en débat au sein de trois groupes de discussion qui réunissaient des producteurs et des consommateurs du territoire de l'étude. D'abord débattue sous un angle général, comme un idéal à atteindre pour les produits d'origine agricole, la "qualité" a ensuite été mise en regard des bénéfices attribués aux légumineuses. Puis elle a été abordée sous l'angle des conduites collectives et individuelles nécessaires pour la soutenir sur le territoire.

Le matériau recueilli, en cours d'exploitation, montre que cette activité délibérative permet d'engager un processus de transformation des raisons d'agir autant chez les agriculteurs que chez les consommateurs. En confrontant leurs connaissances et leurs positions respectives, elle participe également à élargir leur vision des dimensions qualitatives des légumes secs. À ce titre, nous mettons en évidence que la qualité peut être envisagée comme « une institution articulatrice de valeurs » (Vatn, 2015), c'est-à-dire comme un artefact



social mobilisable pour raisonner la gouvernance et la conduite d'une démarche de transition agroécologique.

#### Références :

BROMLEY DW, 2008. Volitional pragmatism. In : *Ecological Economics*. 1 décembre 2008. Vol. 68, n° 1–2, p. 1–13.

DEL CORSO JP, KEPHALIACOS C et PLUMECOCQ G, 2015. Legitimizing farmers' new knowledge, learning and practices through communicative action: Application of an agro-environmental policy. In : *Ecological Economics*. 2015. Vol. 117, p. 86–96.

DEL CORSO J-P, NGUYEN G et KEPHALIACOS C, 2017. Acceptance of a Payment for Ecosystem Services Scheme: The Decisive Influence of Collective Action. In : *Environmental Values*. 1 avril 2017. Vol. 26, n° 2, p. 177–202.

HODGSON GM, 2006. What are institutions ? In : *JOURNAL OF ECONOMIC ISSUES*. 2006. Vol. 40, n° 1.

MANTZAVINOS C, NORTH DC et SHARIQ S, 2009. Apprentissage, institutions et performance économique. In : *L'Année sociologique*. 2009. Vol. 59, n°2, p. 469.

SEN A, 2005. *Rationalité et liberté en économie*. Paris : O. Jacob.

SCHNEIDER A et HUYGHE C, 2015. *Les légumineuses : pour des systèmes agricoles et alimentaires durables*. Versailles : Quae.

VATN A, 2005. *Institutions and the environment*. Cheltenham, UK ; Northampton, MA : Edward Elgar Pub.

## Conférence Plénière 5

### **Entre passé et futur, réinventer les usages de consommation des légumineuses**

*Muriel Gineste, CISALI (France)*

---

Le mot *légume* désigne historiquement *les plantes dont le fruit est une cosse et dont on consomme les graines*. Présents dès la préhistoire, [les légumineuses] sont à la fois chronologiquement les premiers légumes et étymologiquement les véritables légumes (D.Michel – 2003). Jusqu’au début de XXème siècle, les légumineuses sont essentielles et centrales au régime alimentaire du peuple. Les français en consomment en moyenne plus de 7kg par an et par personne. L’histoire de la gastronomie creuse le fossé entre cuisines populaire et aristocratique et oppose les plats composés de lentilles au lard, de haricots ou de fèves à la finesse des plats de gibiers et de viandes. Dans la hiérarchie sociale, la viande prime sur le végétal, et parmi les végétaux, les légumes secs sont longtemps considérés comme le « plat du pauvre ». En moins d’un siècle, le taux de consommation s’écroule à 1,4kg par personne et par an au profit des produits carnés, marqueurs de réussite sociale. D’autres éléments vont contribuer à altérer l’image des légumineuses. Classer parmi les glucides dans le discours nutritionnel, elles sont accusées de faire grossir. Grossières et indigestes, indignes des estomacs sensibles, sources de vents gênants. Difficile d’imaginer en 2016, que les légumineuses sont de vrais aliments du futur ! Pourtant depuis trois ans, les légumineuses se réinventent et regagnent leurs lettres de noblesse dans nos assiettes. Plusieurs événements sont à l’origine de ce changement : la légumineuse est une clé de voûte du défi agroécologique, nos territoires en produisent, près de chez nous (1). Les consommateurs sont de plus en plus sensibles à la cause environnementale et au local. Parallèlement leur regard change sur l’aliment. Pour deux raisons : le discours des professionnels de santé évolue (2). Une catégorie « légumineuses » à part entière est créée dans le plan national nutrition et santé. A présent identifiées comme source de protéines végétales, de fibres, de vitamines, elles regagnent une place centrale dans l’équilibre alimentaire préconisé. Les experts conseillent d’en consommer au moins deux fois par semaine. Reste à savoir les cuisiner... Les tendances (3) - végétan, gluten free, flexitarisme - dépoussièrent et réinventent les légumineuses en puisant leur créativité dans le métissage (bouddha bowl, Homous, dahl, etc.). Les procédés de transformation et de conservation nous apportent de la praticité d’usage (4) (farines, flocons, surgelés, en purée, sous-vide, etc.). A présent les légumineuses peuvent se penser tout au long de la journée, salées et sucrées ! Des opportunités s’ouvrent pour nos filières, pour qui saura s’en saisir, sous condition de créer des outils de production et de transformation ancrés dans une qualité durable et responsable très attendue par les consommateurs.



## **Lauréats PROT'EAT 2018**

### **Communication Flash des lauréats du Concours PROT'EAT 2018**

---

#### **Tartimouss!: une nouvelle pâte à tartiner à base de féveroles**

*Béatrice Maire, Aymeric Dezobry*

La féverole, présente dans le tartimouss ! en ingrédient principal (42 à 48%) permet d'assurer l'onctuosité et la stabilité de la pâte à tartiner sans ajout de matières grasses. Cette pâte à tartiner contient également moins de sucre qu'une pâte à tartiner classique. Cette pâte à tartiner se décline en 9 saveurs, dont 7 sont végétaliennes. Seuls 3 ingrédients sont indispensables pour réaliser cette pâte à tartiner : Des féveroles, du sucre et du chocolat (noir ou au lait), ainsi qu'un éventuel parfum

#### **Aliments végétaliens riches en protéines végétales**

*Hani Zeid*

L'avenir de l'alimentation humaine et animale nous pose plusieurs défis et surtout sur le plan de la sécurité, la qualité, la disponibilité et la distribution.

Nous allons adresser en degrés variable ces quatre thèmes qui concerne notre activité principale en développement et commercialisation des produits riches en protéines destinée au consommateur humain.

Au niveau de la sécurité il est important de veiller à la traçabilité des matières premières pour qu'ils soient conforme à multiples critères allons de la qualité de la grainé jusqu'à au procédée de transformation industriel en tenant compte de l'aspect nutritionnel, environnementale et surtout de modifications génétiques directes ou indirectes.

Il faut assurés une qualité minimale constante ou améliorer au niveau du produit transformer pour assurer un résultat consistant pour les consommateurs. Le consommateur est de plus en plus exigeant du fait de la disponibilité des choix sur le marché et proposer des produits avec un goût et une texture dont il a pris l'habitude aidera à fidéliser les consommateurs surtout quand il s'agit des produits novateurs comme des substitue des produits d'origine animale traditionnelles.

La disponibilité alimentaire est probablement l'élément le plus urgent à traiter car plusieurs facteurs sont en train de converger vers une réduction importante de la production alimentaire traditionnelle quelle soit végétale ou animale. Les effets climatiques, la pollution de la mer et de la terre sont que quelques-unes des facteurs directs alors que les guerres et le déséquilibre économique a l'échelle mondiale contribue indirectement à réduire la capacite de production. Ceci fait en sorte que l'adoption d'une alimentation d'origine végétale devient de plus en plus urgente a cause de la soutenabilité, la rapidité et le rapport nutrition /cout et temps beaucoup plus réduit et d'autres.

Sur le plan de la distribution l'alimentation végétale a l'avantage de pouvoir être conservée et transportée à l'état sec. Ceci lui donne un volume réduit et permet d'économiser de l'énergie à la conservation, des emballages complexes et coûteux ainsi qu'une longue durée de vie. Ceci favorise la distribution et la mise à disposition constante des produits.

Notre innovation réside principalement dans le fait d'associer et assimiler tous ces éléments de valeur ajoutée dans des produits de consommation courante. Dans cette perspective nous essayons de développer des produits faciles et rapides à préparer et à consommer qui visent à être des versions des produits très populaires comme des grillades, boulettes, steak hachés, cookies, crème dessert et autres tout en maintenant un niveau nutritionnel riche en protéines. Ceci permet au consommateur de pouvoir se sentir rassasié et surtout de pouvoir choisir une autre source de protéine que celle qui est traditionnellement d'origine animale et à un prix égal ou même inférieure.

Nous pensons que reproduire un goût et une texture que les consommateurs apprécient avec l'association de tous ces éléments additionnels de valeur ajoutée permettront d'augmenter l'intérêt du consommateur vers les produits végétaux tout en présentant des arguments solides au niveau nutritionnel, de bien-être et environnemental.

## Conférence Plénière 6

### **Des légumineuses dans nos assiettes : que nous dit la science ?**

---

*Daniel Tomé*

AgroParisTech (France)

Les légumineuses correspondent à diverses plantes cultivées qui sont des sources alimentaires traditionnelles et sont plus récemment pour la production de divers ingrédients. Les graines de légumineuses sont riches en protéines, en glucides présentant un faible indice glycémique et une teneur élevée en fibres, ont des teneurs variables en lipides, et constituent une source de composants nutritionnels dont des acides gras polyinsaturés (AGPI), des vitamines et des minéraux. Les graines de légumineuses représentent une composante importante de l'alimentation humaine dans plusieurs régions du monde et pour les régimes végétariens. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) recommandait de consommer 30 g/j de légumineuses et de graines par habitant pour la prévention des maladies chroniques. En Europe, la consommation de légumineuses est en moyenne de 10 g/j par habitant. Parmi les pays européens, la consommation de légumineuses est plus élevée autour de la Méditerranée, entre 8 et 23 g/j, et est inférieure à 5 g/j en Europe du Nord. La consommation quotidienne de produits à base de légumineuses par habitant est d'environ 110 g/j en Asie et 9 g/j aux États-Unis.

Dans certaines régions du monde, et pour certains régimes types végétariens, les protéines végétales constituent la principale source de protéines de l'alimentation et les graines de légumineuses sont une source économique de protéines de qualité nutritionnelle relativement intéressante, susceptibles de compléter pour partie la qualité d'autres sources végétales (céréales, racines, tubercules, noix, algues). La teneur en protéines des graines de légumineuses varie selon les plantes et les variétés de 17% à 20% (poids sec) pour les pois et les haricots, et de 38% à 40% pour les graines de soja et les lupins. Les protéines des graines de légumineuses ont des teneurs relativement faibles en acides aminés soufrés (méthionine, cystéine) et en tryptophane, et assez élevées en lysine (environ 64 mg/g de protéines) et en thréonine (environ 38 mg/g de protéines). Ces compositions en acides aminés sont complémentaires de la qualité de protéines provenant des céréales qui présentent des teneurs faibles en lysine et thréonine, et élevées en acide aminés soufrés (méthionine, cystéine). La digestibilité et la biodisponibilité de protéines et des acides aminés issus de ces protéines des sources végétales, dont les graines de légumineuses, notamment consommées sous forme de graines entières ou de farines complexes, sont généralement inférieures à celles des sources animales, du fait d'une résistance à la protéolyse digestive liée à la structure compacte des protéines des graines natives, et à la présence de fibres et de divers composés végétaux (inhibiteurs de trypsine, phytates, saponines, tanins).

Les légumineuses contiennent une teneur élevée en glucides complexes (22-45% du poids des graines), composés d'amidons, dont une forte proportion d'amidon résistant ayant un faible indice glycémique, et de fibres alimentaires, associés à une réponse glycémique réduite et des profils lipidiques sériques abaissés. Ces graines contiennent de 2% à 21% de lipides avec une teneur pouvant être élevée en acides gras insaturés comme l'acide  $\alpha$ -linoléique (18:2) (21% -53%) et  $\alpha$ -linoléique (18:3) (ALA) (4% -22%). Les légumineuses peuvent aussi apporter des micronutriments tels que le sélénium, la thiamine, la niacine, l'acide folique, la

riboflavine, la pyridoxine, le potassium, le zinc, la vitamine E, la vitamine A et le magnésium. Certaines légumineuses peuvent également constituer une source de fer, qui étant lié aux phytates a cependant une biodisponibilité réduite. Les légumineuses sont une source de potassium. Les légumineuses contiennent enfin divers composés « phytochimiques » (inhibiteurs d'enzymes, lectines, phytoestrogènes, oligosaccharides, saponines, tanins et composés phénoliques, alcaloïdes, phytates) qui peuvent perturber certains processus physiologiques, mais sont aussi plus récemment étudiés pour des propriétés potentielles de bio-activités.

« Légumineuse » est un terme issu de la botanique 'leguminosae', famille de plantes cosmopolites plus communément désignée maintenant sous le nom 'fabaceae', dont les fruits se présentent sous forme de gousse pouvant contenir une à plusieurs graines. Sur les plans de l'alimentation et de la nutrition, le terme « légumineuse » est parfois source de confusion, et l'expression « légumes secs » lui est préférée, désignant les légumineuses dont les graines sèches sont utilisées pour la préparation de différents plats, excluant les graines vertes immatures, telles que petits pois et haricots verts ainsi que le soja et l'arachide, riches en lipides et dont les usages alimentaires sont parfois différents. Ainsi, pour le calcul des scores de diversité alimentaire, le groupe alimentaire des légumes secs inclut les haricots secs, pois chiches, pois secs et lentilles, tandis que soja et arachide rejoignent le groupe des oléagineux, et les petits pois et haricots verts celui des légumes.

Les légumineuses –au sens restreint aux légumes secs ici- entrent dans la composition de nombreux plats traditionnels de par le monde, se présentant sous deux formes principales : des plats complets en association avec de la viande (feijoada, chili con carne ou cassoulet) ou en association avec des céréales (dhal de lentilles-riz, couscous-pois chiche ou fèves, haricots rouges-mâis).

La consommation des légumineuses a connu un important déclin dans le monde au cours du XX<sup>ème</sup> siècle et jusqu'aux années 90s, période à partir de laquelle elle s'est stabilisée autour de 7 kg/pers/an jusqu'à nos jours, avec moins de 3 kg/pers/an en Europe et une consommation maximum d'environ 13 kg/pers/an en Afrique subsaharienne. La promotion de la consommation des légumineuses, déjà ancienne, connaît son apogée en 2016, désignée année internationale des légumineuses par la FAO. Cette promotion correspond en effet à deux enjeux majeurs. Le premier est environnemental, tenant compte des effets positifs de fixation de l'azote et de régénération du sol liés à la culture des légumineuses d'une part, et d'autre part d'une possible substitution partielle de la viande, dont la production est très couteuse pour l'environnement, par des légumineuses dans les régimes alimentaires, grâce à leurs apports en protéines conséquents. Le second enjeu, qui sera développé plus longuement lors de l'exposé concerne les aspects nutritionnels et de santé. Ici, il faut distinguer l'intérêt de l'apport nutritionnel des légumineuses dans les contextes à risque élevé de carences nutritionnelles (faible disponibilité ou éviction des produits carnés), ou dans les contextes de suralimentation, à hautes prévalences de maladies chroniques liées à l'alimentation. Dans les deux cas, mais pour des raisons différentes, la consommation de légumineuses est un atout indéniable, et qui ne doit pas masquer certains risques ou freins potentiels.

Alors, pourquoi sont-elles si peu consommées ? Quels sont les freins à la consommation ?

Nous détaillerons lors de l'exposé les avantages nutritionnels (nutriments d'intérêt) et pour la santé (composés bioactifs) des légumineuses, mais nous verrons également leurs côtés sombres, qui contribuent à ce que l'on s'en détourne. Divers procédés de transformation peuvent permettre de remédier aux inconvénients liés à leur consommation : des stratégies variées et ancestrales en vue de réduire les troubles digestifs qu'elles occasionnent.... Et plus récemment, des procédés innovants mis au point par les industries alimentaires qui rivalisent d'ingéniosité pour stimuler leur consommation. La question se pose alors de savoir si certaines transformations drastiques ne vont pas compromettre leur intérêt nutrition-santé.





## **Conférence Plénière 7**

# **Innovations technologiques dans la transformation des protéines végétales : quels atouts pour les légumineuses ?**

*Michel Lopez d'IMPROVE (France)*

---

Les verrous à lever pour l'extraction des protéines de légumineuses sont de nature très diverses e.g. diversité vs processabilité, organoleptique, nutritionnel, fonctionnel...

La maîtrise et la combinaison des technologies actuelles de fractionnement par voie sèche et par voie humide permettent dès aujourd'hui la production de concentrats et d'isolats de protéines de légumineuses mieux adaptés aux différents marchés visés.

L'amélioration génétique des légumineuses associée aux innovations technologiques devraient contribuer à la création d'ingrédients présentant des propriétés encore mieux adaptées aux exigences des consommateurs.

Toutefois, la production d'ingrédients innovants issus des légumineuses ne sera possible que si leurs coûts de revient sont adaptés aux prix et aux demandes des marchés.



## **Session Parallèle 11**

### **Le consommateur face aux légumineuses**

---

#### **Nouveaux aliments à base de légumineuses: les consommateurs sont-ils prêts ?**

*Sandrine Monnery-Patris*

Comment ferons-nous pour nourrir les 9,8 milliards de mangeurs d'ici 2050 ? L'une des solutions envisagées réside dans la modification de nos habitudes alimentaires, modifications impliquant notamment le rééquilibrage entre protéines animales et végétales. En somme : manger moins de viande mais davantage de protéines d'origine végétale. De ce point de vue, les légumineuses pourraient constituer un « super-aliment » en raison de leurs nombreux intérêts environnementaux, sanitaires, nutritionnels et économiques. Une année leur a même été dédiée puisque la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) a déclaré 2016 « année internationale des légumineuses » avec le slogan « des graines pour nourrir l'avenir ». Pour autant, la consommation de légumineuses ne cesse de décroître. Dans ce contexte, comment envisager les conditions favorables à un rééquilibrage entre protéines animales et protéines végétales ? Notre objectif est double. En premier lieu, comprendre les freins à la consommation de protéines végétales chez le mangeur français non végétarien ; en second lieu, identifier différents leviers susceptibles de stimuler leur réappropriation.

Une première étude a été conduite auprès d'un échantillon de mères de famille en charge de la préparation des repas. La méthodologie reposait sur une approche déclarative, consistant en la conduite d'entretiens semi-directifs. Ces entretiens ont eu pour objet de sonder les représentations sociales des participants envers les légumineuses. Le postulat retenu est que les représentations sociales, formes de connaissances naïves, guident et influencent les comportements alimentaires des individus. L'analyse thématique des verbatim a ainsi permis de révéler des freins à la réduction de la consommation de produits carnés, ainsi que des freins à la substitution des protéines animales par des protéines végétales, freins en partie expliqués par le coût hédonique qui serait associé à une telle réduction/substitution. Une seconde étude a été conduite de façon inédite chez le mangeur adulte et parallèlement chez l'enfant de 6 à 11ans. Reposant sur un paradigme expérimental inspiré des sciences cognitives (test d'évocation, test de catégorisation) et sur un questionnaire, les résultats ont permis de mettre en évidence des biais cognitives tant chez l'adulte que chez l'enfant qui conceptualisent les légumineuses en tant qu'accompagnement au même titre que les féculents ou les légumes, mais au aucun cas en tant que catégorie alimentaire nutritionnellement vertueuse. Or, « pour qu'un aliment soit choisi, il ne suffit pas qu'il soit bon à manger, encore faut-il qu'il soit bon à penser » (C. Levi-Strauss, 1962).

Modifier son comportement, c'est s'écarter d'un processus validé par l'expérience qui nous permet d'agir en mode routine, efficacement et sans réfléchir. Les leviers identifiés ici pour envisager un rééquilibrage animal/végétal sont à rechercher soit dans des solutions paternalistes de réduction de la taille de la portion et non dans la substitution d'un aliment carné par un aliment végétalisé, soit dans une réflexion plus globale

à conduire sur les représentations associées aux protéines végétales. Une clé du changement réside sans doute également dans l'implication : impliquer pour provoquer le changement au niveau de l'approvisionnement, du stockage, de la préparation et in fine de la consommation, et dans la coparticipation parent-enfant.

Référence :

Poquet, D., Chambaron-Ginhac, S., Issanchou, S., & Monnery-Patris, S. (2017). Interroger les représentations sociales afin d'identifier des leviers en faveur d'un rééquilibrage entre protéines animales et végétales: approche psychosociale. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 52(4), 193-201.

## **« Ce que je dis n'est pas nécessairement ce que je fais » : consommation des légumes secs par les adultes français**

*Juliana Melendrez Ruiz, Stéphanie Chambaron, Quentin Buatois, Sandrine Monnery-Patris, Gaëlle Arvisenet*

La consommation de légumes secs présente plusieurs avantages dans le régime alimentaire : d'un point de vue nutritionnel, les légumes secs sont riches en fibres alimentaires, en glucides complexes, en minéraux/vitamines et sont une source importante de protéines végétales. Ils sont considérés comme des produits essentiels à la sécurité alimentaire et à la promotion/au soutien d'une alimentation durable et respectueuse de l'environnement. Malgré ces bénéfices évidents, la consommation des légumes secs en France a diminué au cours des dernières décennies, passant de 7,2 kg en 1920 à 1,7 kg par personne et par an en 2016. Malgré une communication importante sur les bénéfices des légumes secs et la mise sur le marché de produits innovants, la majorité des consommateurs reste réticente à changer ses habitudes alimentaires. L'acceptabilité des légumes secs par les consommateurs représente donc un verrou majeur à lever. Le but de cette étude est de comprendre la représentation des légumes secs chez des consommateurs français non-végétariens, en utilisant une approche indirecte basée sur des mises en situations et un questionnaire réalisé sur internet.

Six scénarii différents de la vie quotidienne (ex : restaurant, cantine, repas entre amis, ...) ont été proposés à 120 participants. Un pool de 20 photos d'aliments (viande, œufs, poisson, légumes secs, féculents, légumes) était présenté à chaque participant. Il avait pour consigne de composer des plats principaux en choisissant trois images d'aliment parmi les vingt proposées. Ensuite, les participants devaient compléter un questionnaire en ligne sur leur perception des propriétés de différents aliments dont des légumes secs (impact sur la santé, durabilité, propriétés sensorielles ...). Différents groupes de participants ont été étudiés, et comparés selon leur sexe, âge, le niveau d'études et la composition du ménage.

Les résultats ont mis en évidence une très faible utilisation des légumes secs dans la composition des plats (10%). Le premier choix des participants s'est principalement porté sur les produits carnés et ils ont choisi les légumes secs plutôt comme accompagnement. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les légumes secs ont été déclarés comme étant les produits les moins consommés et les moins aimés, à l'exception des lentilles.

Les réponses à l'enquête ont montré que les participants ont des connaissances par rapport aux légumes secs. Ils les considèrent comme des produits plutôt riches en protéines derrière les produits carnés, plutôt bons pour l'environnement et pour la santé derrière les légumes, et comme le groupe d'aliments le plus adapté à un régime végétarien. Néanmoins, lors de la composition d'un repas au travers des différents scénarii, les participants ont très peu associé les légumes secs aux céréales et ont privilégié leur utilisation dans les scénarii où ils n'avaient pas besoin de cuisiner (ex : cantine et restaurant). Ces choix vont dans le même sens que les réponses au questionnaire, où les légumes secs ont été notés comme étant le groupe alimentaire le plus difficile à cuisiner, à part les lentilles.

Des différences interindividuelles entre les participants ont également été observées en utilisant l'approche indirecte des scénarii. Les légumes secs (pois chiche et haricot rouge) étaient plus souvent choisis par des participants de moins de 40 ans et le haricot blanc était plus choisi par les hommes plus jeunes et les femmes plus âgées. Au contraire, le questionnaire (approche directe) n'a pas fait apparaître de différences interindividuelles.

Ces résultats fournissent des nouvelles pistes aux leviers qui pourraient faciliter l'inclusion des légumes secs dans les habitudes alimentaires des français.

## **FLASH.**

### **Fréquence et formes de consommation du niébé en milieu urbain au Bénin et freins potentiels à cette consommation**

*F. Lorène Akissoe, M. Youna Hemery, Christèle Icard-Verniere, Yann Madode, Anaïs Roger, D. Joseph Hounhouigan, Claire Mouquet-Rivier*

Lors de la transition alimentaire, on observe un délaissement des plats traditionnels au profit d'une consommation élevée de produits transformés, souvent accompagné d'un déclin de la consommation des légumineuses, pourtant largement recommandée. Le niébé est une légumineuse présentant un fort potentiel nutritionnel de par sa composition en protéines, vitamines, minéraux et fibres. Mais les contraintes liées à sa préparation et la présence de facteurs antinutritionnels peuvent conduire à une diminution voire à l'abandon de sa consommation au profit d'autres produits alimentaires plus pratiques et n'entraînant pas de problèmes digestifs. Le but de l'enquête de consommation réalisée à Cotonou (Bénin) dans le cadre du projet ICOWPEA (financé par la fondation Agropolis) était de réaliser un diagnostic de la consommation actuelle des différentes formes de transformation du niébé en milieu urbain.

Une enquête transversale a été réalisée auprès d'un échantillon de 641 adultes de 19-65 ans (317 femmes, 324 hommes) dans la ville de Cotonou. Un échantillonnage probabiliste à deux degrés a été réalisé, en considérant les quartiers comme des grappes. Au premier degré, pour chacun des 13 arrondissements, 3 quartiers ont été tirés au sort aléatoirement. Au deuxième degré, dans chaque quartier tiré au sort, les enquêtés ont été sélectionnés de manière aléatoire. Le questionnaire d'enquête visait à recueillir des informations sur le niveau socio-économique du ménage, la fréquence de consommation des légumineuses et des plats à base de niébé, les raisons de cette consommation ou non-consommation, et les quantités consommées pour chaque type de plat (estimation faite à l'aide d'un « catalogue photo » représentant des portions de différentes tailles). La collecte des données a été réalisée à l'aide de formulaires électroniques sur tablettes tactiles et du logiciel Survey-CTO. Le traitement statistique a été réalisé à l'aide du logiciel R avec l'utilisation d'un plan d'échantillonnage permettant de pondérer les données.

Le niébé est largement consommé à Cotonou car seuls 5% des enquêtés se sont déclarés non-consommateurs. Chez les consommateurs de niébé, 87% en consomment au moins une fois par semaine. Neuf plats à base de niébé ont été recensés, avec des fréquences de consommation variables: 88% et 73% des consommateurs de niébé le consomment sous forme de ragoût (variante Abobo et Vèyi) et de beignets (Variante Ata et Ata-doco) respectivement. Le lieu de restauration influence le type de plat consommé : 74% des consommateurs d'Abobo(ragout) le consomment à domicile, tandis que 79% de la consommation de Ata (beignets) et 83% de consommation de Ata-doco (beignets) se font hors domicile, chez des restauratrices de rue. La quantité hebdomadaire de niébé consommée sous forme de beignets et de ragout est significativement plus élevée chez les hommes que chez les femmes (en moyenne 514,5g en équivalent graines de niébé en base sèche pour les hommes et 386,6g en équivalent graines de niébé en base sèche pour les femmes), mais le niveau de revenu ne semble pas impacter cette consommation globale. Les freins à la consommation les plus fréquemment cités par les non-consommateurs sont le manque d'attrait de ces plats sur le plan organoleptique, et les problèmes d'inconfort digestif qu'ils occasionnent.

Le niébé est une légumineuse très fréquemment consommée en milieu urbain au Bénin. Il serait intéressant d'étudier la valeur nutritionnelle des plats en fonction de la sévérité des différents procédés de



transformation traditionnelle, afin d'évaluer la contribution de ces plats à la couverture des besoins nutritionnels de la population.

Ce projet est soutenu financièrement par Agropolis Fondation sous la référence ID1507---031 dans le cadre du ""Programme investissements d'avenir"" (label Agro : ANR-10-LABX-0001-01).

## **FLASH.**

### **Débats et controverses autour de la place des légumineuses dans la construction des politiques publiques alimentation-nutrition-santé**

*Hugo Fernandez-Inigo, Antoine Doré*

2016 Année internationale des légumineuses, renouvellement du Programme national nutrition santé (PNNS), projet de loi Agriculture et Alimentation (EGalim), etc., les légumineuses sont plus que jamais à la une des politiques publiques alimentation-nutrition-santé. Nourrir davantage et mieux tout en respectant notre environnement : telle est la triple injonction à laquelle elles sont appelées à répondre via un ensemble d'acteurs qui participent à une véritable requalification nutritionnelle et alimentaire de ces produits. Dans ses recommandations nutritionnelles 2.0 de 2015, le Groupe d'étude des marchés Restauration collective et nutrition (GEM-RCN) définit pour la première fois le "plat protidique végétarien". En 2016, dans ses derniers avis et rapports relatifs au PNNS 4, l'Anses sort les légumineuses du groupe des féculents en leur consacrant une catégorie à part qui met notamment à l'honneur leur teneur en protéines. Et récemment, les débats relatifs à la loi EGalim ont mis en lumière la question de la diversification des sources de protéines et des plats végétariens en restauration collective. Ainsi, les légumineuses sont aujourd'hui au coeur des débats qui accompagnent l'évolution des manières de penser et de conduire les pratiques alimentaires en lien notamment avec les dynamiques contemporaines de "végétarisation" de l'alimentation.

Partant de ce constat, cette communication rend compte des résultats d'une recherche sociologique visant à décrire et analyser les débats et les controverses relatifs à la place des légumineuses au sein de la construction des recommandations nutritionnelles en France.

Croisant les cadres de la sociologie de l'action publique et de la sociologie des sciences et des techniques, elle met au jour le processus social complexe et mouvant qui concourt à la définition et à l'institutionnalisation des prescriptions et recommandations nutritionnelles mettant en jeu la (re)qualification des légumineuses dans les politiques publiques alimentation-nutrition-santé. Les résultats présentés sont le fruit d'une enquête menée auprès des principaux acteurs de la construction et de la mise en oeuvre des recommandations nutritionnelles considérées : en amont, les experts et instances qui en sont à l'origine mais également, plus en aval, les acteurs en charge de leur application (médecin, restauration, etc.). Ce travail d'enquête a été complété par la constitution d'un corpus documentaire qui donne à voir la traçabilité institutionnelle et le socle scientifique des politiques publiques considérées (avis et rapports de l'Anses et du Haut Conseil de la santé publique, archives parlementaires, etc.).

Sur la base de l'analyse de ces données, cette communication s'articulera autour de la présentation de trois grands types de résultats.

Dans une première partie, il s'agira d'établir la cartographie du processus de construction des recommandations nutritionnelles en caractérisant les acteurs en présence et leurs interactions afin de rendre compte des conditions sociales, techniques et institutionnelles de la (re)qualification des légumineuses dans les politiques publiques. Nous nous focaliserons ici sur la forte présence des experts en nutrition-santé au sein des instances, ce qui influence l'orientation des résultats.

Dans une deuxième partie, il s'agira de rendre compte de la construction parfois controversée des métriques, standards et expertises à travers lesquelles les experts en nutrition-santé établissent une vision

plus ou moins partagée de la “bonne” place des légumineuses et des protéines végétales dans les pratiques alimentaires. Nous évoquerons ici la manière dont des éléments qui semblaient relativement consensuels autour de la qualité des protéines végétales ou encore de la complémentarité légumineuses/céréales sont sujets à discussion.

Et enfin, troisièmement, l'analyse des débats et des argumentaires au sein des instances permettra de caractériser la diversité des rapports plus ou moins conflictuels, plus ou moins complémentaires, plus ou moins conciliables, etc. entre différentes manières de penser la place de ces produits dans les pratiques alimentaires. Nous verrons qu'au sein des instances les aspects nutritionnels et sanitaires sont remis en question par d'autres enjeux telles que la tradition, le plaisir ou encore les facteurs environnementaux

## **Adoption par les consommateurs de produits innovants : le cas des 'yaourts' au soja**

*Zohra Bouamra, Vincent Requillart, Louis Sirugue*

La question générale abordée dans cette contribution est celle de l'adoption par les consommateurs de produits alimentaires 'innovants'. Dans un contexte où les messages nutritionnels incitent les consommateurs à se tourner vers des substituts végétaux aux produits animaux, il est important de comprendre les mécanismes d'adoption par les consommateurs de ces produits. Ceci est d'autant plus important que de nombreuses analyses à moyen terme tablent sur une évolution des régimes alimentaires comprenant moins de produits animaux et plus de produits végétaux.

Pour éclairer cette question nous analysons le cas des 'yaourts' au soja qui constituent une alternative végétale aux produits laitiers. Introduit à la fin des années 80, les ventes de 'yaourt' au soja représentaient 1,6% du marché total des yaourts en 2015 (d'après nos calculs à partir des données Kantar Worldpanel) consommés à domicile. Après 30 ans de présence sur les rayons des supermarchés, force est de constater que les ventes sont encore très faibles.

Le travail que nous présentons repose sur l'exploitation des données d'un panel de 20 000 ménages environ. Nous disposons des données d'achats individuels sur la période 2001-2015. Cette base de données fournit des informations précises relatives aux produits achetés (marque, prix, quantité achetée à chaque achat, ...) et aux consommateurs (catégories socio-professionnelle, composition du ménage, classe de revenu, éducation, .....). La richesse de cette base de données permet donc de documenter de façon précise le développement d'un nouveau produit, de retracer les stratégies des différents acteurs (entrées de certaines marques, développement des marques de distributeurs, évolution des prix, ...) et de caractériser les consommateurs qui adoptent ces produits.

Les analyses en cours rendent compte :

- d'un développement lent de ce type de produits avec une part de marché qui demeure faible
- de niveaux de prix élevés qui n'ont certainement pas facilité l'adoption des yaourts au soja par les consommateurs (notamment dans les années 2000)
- de lancements de produits sur le marché qui se sont révélés être des échecs, traduisant donc la difficulté de s'implanter (même pour des grands groupes)
- de la présence d'une marque leader qui domine le marché
- du développement plus récent des marques de distributeurs qui ont contribué à une baisse des prix
- de la présence de produits biologiques en proportion limitée mais généralement vendus en magasins spécialisés et à des prix très supérieurs au produit non biologiques.

La contribution proposera une analyse descriptive de ce marché et une interprétation des principaux faits au regard de la littérature économique sur les stratégies d'introduction de produits par les firmes (voir par ex. Dubé et al. 2010) et sur les comportements des consommateurs (voir par ex. Arts et al, 2011). Nous analyserons également les caractéristiques des consommateurs ayant adopté ces produits.

Références :

Dubé, J.P., Hitsch, G.J. and Rossi, P.E., 2010. State dependence and alternative explanations for consumer inertia. *The RAND Journal of Economics*, 41(3), pp.417-445.

Arts, J.W., Frambach, R.T. and Bijmolt, T.H., 2011. Generalizations on consumer innovation adoption: A meta-analysis on drivers of intention and behavior. *International Journal of Research in Marketing*, 28(2), pp.134-144.

## **FLASH.**

### **Présentation du Baromètre 2018 sur la consommation de produits au soja en France**

*Alix Ceard, Corinne Perrin, Gwenaëlle Le Garrec, Valérie Morin*

Sojaxa est une association regroupant les principaux fabricants d'aliments au soja en France. Elle a pour vocation d'informer les consommateurs sur les produits au soja, ainsi que sur les atouts nutritionnels et environnementaux du soja.

Les membres de la Sojaxa (Alpro, LSDH, Sojasun, Soy et St Hubert) mettent en commun leurs expériences et leur savoir-faire pour garantir l'origine, la traçabilité, la fabrication et la qualité des produits au soja.

En 2014, nous avons réalisé notre premier observatoire sur les perceptions et comportements de consommation du soja en France. Depuis, les attentes consommateurs ont évolué, il nous paraît donc essentiel de mesurer ces évolutions pour mieux les appréhender. Qui consomme des produits au soja aujourd'hui ? Sous quelles formes ?

Réalisé par Sojaxa grâce au soutien de Terres Univia, interprofession des huiles et des protéines végétales, le baromètre permet de suivre l'image des produits au soja en France et les comportements alimentaires des Français vis-à-vis de ces produits.



## **FLASH.**

### **Quand les cantines prennent de la graine et font la part belle aux légumineuses**

Stéphane Veyrat

L'alimentation permet de prendre en compte de nombreux enjeux de développement durable : mode de production agricole, santé et nutrition, aménagement du territoire et foncier, éducation, cohésion sociale et mieux vivre ensemble.

L'Association nationale Un Plus Bio, qui œuvre depuis quinze ans pour une restauration collective de qualité, bio, locale, saine et juste, partage totalement ces enjeux qui touchent à la fois des dimensions d'ordre économiques, environnementales, sanitaires et sociales.

Nos objectifs sont de promouvoir les politiques favorables au développement d'une alimentation biologique qui privilégie la proximité et la saisonnalité dans une démarche de développement territorial durable et de préservation des terres pour sa dimension nourricière.

#### **Manger bio et local est possible ?**

En matière de santé, d'environnement, il existe des domaines où nous avons peu de prise et d'autres où, inversement, il nous est plus facile d'agir. Pour la pollution de l'air par exemple, il est difficile à un petit collectif de citoyens de modifier la donne vu le nombre de paramètres et les enjeux économiques qui en découlent. En matière d'alimentation, c'est différent. Il suffit d'une poignée de personnes et/ou d'une volonté politique portée par une collectivité pour amener un début de changement assez rapide, notamment via la restauration collective.

Toutes les collectivités et les institutions ont un lien avec ce secteur, qu'elles en gèrent la compétence ou qu'elles influent sur les stratégies alimentaires par leurs choix d'investissement.

C'est une des motivations qui ont amené l'association Un plus Bio à créer le Club des Territoires, premier réseau national des cantines bio et rebelles qui regroupe les élus des collectivités souhaitant agir dans ce domaine. Manger bio, manger local, manger mieux est éminemment politique. Nous en avons d'ailleurs fait tout un chapitre dans notre livre-manifeste « Quand les cantines se rebellent », paru fin 2015 pour la COP 21.

Mettre une certaine qualité dans les assiettes, sanctuariser des terres pour qu'elles échappent à l'urbanisation et servent à nourrir les territoires relève de choix dont nous maîtrisons les cartes. Agir sur la santé de sa population en œuvrant pour une politique éducative qui donne à chacun la chance d'avoir accès à une alimentation saine, par le biais de la cantine, est un acte qui s'inscrit dans un vrai projet de société.

Manger bio et local est également un challenge au quotidien. D'abord pour dépasser certaines idées tenaces : le bio serait cher, inadapté au secteur de restauration collective qui se définit d'abord par son caractère social, et dont la ressource serait peu disponible localement.

Pour battre en brèche les idées reçues, nous avons créé l'Observatoire national de la restauration collective bio et durable. Sur un échantillon de plus de 1200 sites de restauration adhérents à notre Club ou étant labellisés « En Cuisine » par le groupe Ecocert France, nous avons réussi à identifier trois éléments clefs qui changent la donne de ce dossier :



- . un repas composé de 20 % de bio coûte 1,80€ et se situe dans la fourchette moyenne du coût moyen d'un repas en France (source Agores).
- . quand on introduit du bio, il est majoritairement d'origine locale à 57 %.
- . il n'existe pas de lien objectif entre l'augmentation progressive du bio dans les menus et l'impact sur les dépenses des collectivités.

Et l'autre donnée qui est apparue dans la plus part des programmes étaient la diversification des protéines dans les repas en proposant de façon hebdomadaire des protéines végétales et notamment des légumineuses.

### **« Pourquoi les cantines prennent de la graine ? »**

Nous constatons dans notre collectif d'adhérents de plus de 280 communes que manger moins de viande n'est plus un tabou voir que c'est même pour un grand nombre d'entre eux une nécessité de santé publique.

Agir au quotidien par l'acte du « Mangeur responsable » semble une solution concrète. La restauration collective qui, par l'importance du volume de ses commandes et de son poids économique, permet d'initier d'autres pratiques culinaires.

En offrant d'autres choix, elle invite les jeunes convives à varier leurs sources de protéines, notamment en leur proposant des légumineuses qu'ils consomment peu chez eux.

Toutefois l'alimentation dans nos cantines n'échappe pas aux habitudes familiales : il se consomme beaucoup plus de protéines animales que nécessaire et l'image du bon repas équilibré reste une viande ou un poisson avec une garniture.

Nous avons donc décidé dans l'observatoire de la restauration Bio et durable en 2018 de repérer les évolutions en matière de diversification des protéines.

Sur plus de 3400 sites de restauration, 86 % des collectivités travaillent sur les protéines végétales. Et 36 % d'entre elles réalisent des repas sans viande ni poisson plusieurs fois par semaines.

Le plus intéressant est que le rééquilibrage en diversifiant conduit à éliminer la viande de « mauvaise qualité » au profit de viandes bio et locales.

Nous pensons que nous sommes au tout début d'un beau processus qui mérite d'être soutenue.

Pour permettre plus de succès dans ces initiatives, Un Plus Bio a ouvert le chantier « les cantines prennent de la graine » en vue d'accompagner le mouvement des villes et territoires qui diversifient leurs menus avec plus de protéines végétales.

Pour concrétiser cela nous allons consolider les actions suivantes :

- Analyser et diffuser les expériences réussies qui introduisent une plus grande part de céréales et légumineuses,
- collecter des informations spécifiques par l'observatoire restauration collective bio et durable via des questions très ciblées sur les initiatives en cours,
- constituer un collectif pilote de « cantines qui prennent de la graine »,
- organiser de nouveaux modules de formation permettant une prise de compétences,
- s'associer à la recherche pour amener des compréhensions et argumentaires sur la problématique,
- diffuser les exemples et nos travaux.

Conscient que modifier nos réflexes culinaires passe par les travaux pratiques, nous avons édité en septembre 2018 un livre de recettes « Je veux manger comme à la cantine bio »\*. Ce petit manuel en 48 recettes invite le lecteur à tester des recettes gouteuses avec plus de céréales et de légumineuses.

\* Edition Circuit Court

\*\* Edition Terre Vivante



## **Session Parallèle 12**

### **Gouvernance des Ressources Génétiques de Légumineuses**

---

Proposée par la Chaire AgroSYS ([www.agrosys.fr](http://www.agrosys.fr)) et organisée par Helene Marrou (Montpellier SupAgro) et Jacques Wery (ICARDA)

#### Objectifs

Le développement des légumineuses alimentaires en France (notamment pois chiche, lentille et haricot), ainsi que l'innovation dans les filières en construction ou à inventer, se heurtent à un déficit structurel de progrès génétique et de disponibilité en semences de qualité (sanitaire notamment). La recherche privée et publique est encore très timide dans ce domaine mais certains acteurs ont commencé à s'impliquer. Paradoxalement ces espèces, contrairement à ce qui est souvent dit par les acteurs des filières, ont fait et font l'objet d'un travail de recherche, de sélection et valorisation des ressources génétiques très important au niveau mondial. Cette recherche est cependant réalisée principalement par les centres de recherche internationaux du CGIAR (notamment ICARDA, ICRISAT et CIAT) dont la vocation est de produire des biens publics pour les pays du Sud et pas d'accompagner le développement de ces cultures en Europe. Et pourtant on peut supposer, notamment pour le pois chiche que la majorité des variétés inscrites dans les catalogues français et européens sont en fait issues des ressources génétiques et des programmes de sélection de ces instituts (notamment de l'ICARDA pour le pois chiche Kabuli) souvent au mépris des conventions internationales et sans aucun retour financier ni scientifique pour les pays du Sud. On cumule donc actuellement une situation de frein à l'innovation et de manque de solidarité Nord-Sud.

L'objectif de cette session est de réunir tous les acteurs concernés pour approfondir l'analyse de cette situation et dégager des perspectives et des mécanismes permettant de remettre en synergie recherche et innovation dans une collaboration Nord-Sud renouvelée.



## **FLASH.**

### **Mise en place et caractérisation de la diversité d'une collection de niébé (*Vigna unguiculata*) cultivé du Sénégal**

*Awa Sarr, Amy Bodian, Mame Codou Gueye, Ndiaga Cisse*

Le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) est une légumineuse ayant une grande importance dans toute l'Afrique de l'Ouest. Il constitue une denrée de base importante présentant des avantages économiques, nutritionnels, thérapeutique, et agronomiques considérables. Sa culture contribue fortement à la sécurité alimentaire pour les personnes vivant dans les régions les plus marginales. Ses graines représentent une source précieuse de protéines végétales (23 à 32%) et sont riches en lysine et en tryptophane. Il constitue une capitale source de minéraux et de vitamines utiles pour la prévention des malformations congénitales. Sa capacité de fixation de l'azote atmosphérique fertilise les sols et contribue à réduire la demande en engrais chimique. Depuis sa domestication, le niébé cultivé n'a cessé d'évoluer et de s'adapter progressivement à des environnements très variés, conduisant à la formation et à l'expression d'une importante diversité génétique. Cette dernière a grandement évolué au cours du temps du fait des pressions de sélection naturelle, mais aussi de l'action exercée par les communautés humaines dans les différentes régions du monde. Cette dynamique évolutive est encore présente dans les agro-systèmes familiaux, où les agriculteurs utilisent une partie de leur récolte comme semence et dans les agro-écosystèmes où les apparentées sauvages sont présents et contribuent aux flux de gènes. Plus récemment, l'intensification de l'agriculture s'est traduite par une uniformisation des productions végétales par l'introduction de variétés élites. Ceci conduit à la disparition des variétés locales détenteurs de gènes d'intérêt agronomiques. Il est donc important de les sauvegarder pour les programmes d'amélioration. Dans cette optique, cette activité, vise à contribuer à une meilleure gestion des ressources génétiques du niébé par la mise en place et la caractérisation d'une collection nationale de niébé cultivé au Sénégal. Pour ce faire, l'inventaire du germoplasme local a été faite dans toutes les zones productrices du Sénégal. En effet, des enquêtes ethnobotaniques et des collectes de niébé cultivés locaux traditionnels ou améliorés ont été réalisées. Une collection de 702 accessions a été obtenue dans 37 villages. Ces accessions présentent une diversité morphologique importante suivant la couleur et la grosseur de la graine. Les résultats montrent que le Nord et le Centre-Nord du Sénégal constituent à 62% la principale zone de production du niébé au Sénégal et que 81% des variétés sont nouvellement introduites (-25ans) contre seulement 11,5% traditionnellement cultivées (+25ans). Une diversité importante de nom vernaculaire (6 pour l'espèce et 58 pour les accessions) a été notée. Les accessions précoces (81%), intermédiaires (4%) et tardives (15%) ont été définies suivant les dates de semis et de récolte des paysans. Quelque soit les cycles des accessions, le niébé est cultivé dans le pays en hivernage (96%) sauf dans une partie de Saint-Louis où la culture se fait en décrue (4%).



## **FLASH.**

### **Utilisation des ressources génétiques et principales activités des programmes d'amélioration de la lentille et du pois chiche type Kabuli à l'ICARDA**

*Ahmed Amri, Aladdin Hamwiah, Niane Abdoul Aziz, Shiv Kumar Agrawal*

Les légumineuses alimentaires, notamment le pois chiche et la lentille, sont des cultures stratégiques pour l'alimentation et la santé humaine ainsi que pour la durabilité des systèmes agricoles dans plusieurs régions du monde. Elles contribuent à la préservation de la fertilité des sols, à l'adaptation au changement climatique et à la réduction de l'émission des gaz à effet de serre. Leur consommation, notamment dans la région méditerranéenne, est en forte croissance. Dans cette région, les potentiels d'accroissement des surfaces et des rendements sont importants et méritent d'être plus explorés pour contribuer significativement à la satisfaction des besoins, à la réduction des importations et à la limitation de la tendance à la monoculture. Le développement de matériel génétique à haut potentiel de rendement, résistant aux principales contraintes biotique (Anthracnose, Fusariose, pourriture racinaire, plantes parasites et insectes) et abiotique (stress hydrique, haute température) et de bonne qualité technologique et nutritionnelle sont les objectifs majeurs des programmes d'amélioration génétiques de la lentille et du pois chiche type Kabuli à ICARDA. Dans le cadre de sa mission mondiale de production de biens publics sur ces espèces au sein du CGIAR et en collaboration avec les partenaires nationaux de recherche (NARS), 91 variétés (42 de pois chiche et 49 de lentille) ont été inscrites au cours des dix dernières années pas uniquement dans les pays de la zone dans laquelle travaille l'ICARDA (zones sèches entre le Maroc et l'Inde) mais aussi dans beaucoup d'autres pays comme certains pays européens, le Canada et l'Australie. Ces variétés ont largement contribué à l'amélioration de la productivité, l'accroissement des superficies et l'augmentation de la production au bénéfice des petits agriculteurs des zones sèches. Par ailleurs, l'ICARDA dispose, dans la banque de gènes, d'une large collection de ressources génétiques de légumineuses alimentaires de 48,000 accessions dont 12,463 de lentille et 15,316 de pois chiche avec respectivement 605 et 547 accessions d'espèces sauvages. Ces ressources sont caractérisées par une diversité génétique importante pour différents caractères et sont largement diffusées et exploitées par les programmes d'amélioration génétique à l'ICARDA et dans le monde.





## **Session Parallèle 13**

### **Les systèmes de culture avec légumineuses**

---

#### **Quels nouveaux leviers pour protéger les légumineuses à graines contre les bioagresseurs ?**

*Anne Moussart, Alain Baranger, Segolene Plessix, Bruno Jaloux*

L'insertion des légumineuses à graines dans les systèmes de culture présente de nombreux intérêts agronomiques, environnementaux et économiques. Le développement de ces cultures est toutefois confronté à plusieurs verrous, parmi lesquels l'irrégularité des rendements, qui résulte en grande partie de l'impact des bioagresseurs (maladies et ravageurs). Protéger efficacement et durablement les légumineuses à graines contre ces bioagresseurs nécessite tout d'abord de mieux apprécier les risques phytosanitaires actuels et à venir, afin de définir des stratégies de prévention et de contrôle adaptées. Plusieurs leviers alternatifs ou complémentaires à la lutte chimique, essentiellement cultureaux (utilisation de semences certifiées saines, choix de dates et densités de semis, gestion des résidus de récolte, travail du sol) ou génétiques, existent déjà, mais leur efficacité est souvent insuffisante, notamment en cas de forte pression épidémique ou parasitaire. D'autres approches, réactualisées ou novatrices, souvent basées sur la gestion de la biodiversité dans les systèmes, sont toutefois susceptibles d'améliorer la lutte contre les bioagresseurs des légumineuses à graines.

Dans le contexte actuel de diversification par l'introduction de nouvelles espèces dont des légumineuses à graines dans les systèmes de culture, la gestion des espèces dans le temps, via notamment la réduction de la fréquence de retour d'espèces ou de variétés sensibles, et dans l'espace, via des arrangements spatiaux à différentes échelles (parcelle, exploitation, bassin de production), peut par exemple permettre de mieux contrôler la taille des populations initiales de bioagresseurs. Les associations végétales, qui se développent à nouveau depuis plusieurs années, peuvent également, selon les combinaisons (choix d'espèces et de variétés associées) et modes d'association (doses et modalités de semis), constituer un levier efficace, en jouant sur la taille des populations initiales et sur la limitation des conditions favorables à l'installation, au développement et à la dispersion des bioagresseurs. Le levier génétique, classique en protection des cultures, a par ailleurs permis dans le cas des légumineuses à graines, via un accès facilité aux ressources génétiques, le développement des ressources génomiques et l'émergence de nouvelles méthodes de sélection, des avancées significatives dans le domaine de la variabilité génétique pour la résistance. En complément, il est désormais envisagé d'exploiter la variabilité pour des caractères morphologiques, phénologiques ou physiologiques, susceptibles d'agir sur différentes phases du cycle des bioagresseurs. Enfin, le contexte actuel de réduction des intrants chimiques impose désormais d'explorer les solutions de biocontrôle, jusqu'à présent peu développées pour les légumineuses à graines, qu'il s'agisse de favoriser le développement d'organismes régulateurs des populations de pathogènes ou de ravageurs, ou de l'usage de stimulateurs de défense de la plante.

Les leviers disponibles ou émergents pour lutter contre les bioagresseurs des légumineuses à graines, qu'ils soient préventifs ou curatifs, présentent généralement une efficacité partielle souvent dépendante des

conditions environnementales, et seule leur combinaison raisonnée, par effets complémentaires ou additifs, peut assurer une protection efficace et durable. Il convient donc de reconcevoir progressivement les systèmes afin d'intégrer de façon cohérente l'ensemble de ces leviers, en tenant compte des cortèges de bioagresseurs auxquels les cultures sont confrontées et des contraintes du contexte global de production.

## **Analyse comparée de certains services écosystémiques directement ou indirectement aux flux azotés des systèmes avec légumineuses à graines**

*Anne Schneider, Elise Pelzer, Marie-Hélène Jeuffroy, Maé Guinet, Anne-Sophie Voisin, Guénaëlle Corre-Hellou*

Les différents services écosystémiques (SE) liés aux différentes espèces de légumineuses sont peu caractérisés selon leurs différents modes d'exploitation dans les systèmes de culture. Par exemple, les effets d'une culture de légumineuse sur les performances de la culture suivante ne sont connus qu'à travers des données fragmentaires (valeurs moyennes et quelques cas de couple d'espèces cultivées "précédent-suivant"). De plus, élargir la gamme de cas et mieux instruire la variabilité de ces services permettrait de construire le conseil stratégique de l'insertion des légumineuses à graines en monospécifique ou en culture associées. Il s'agit d'adapter, de façon pertinente dans une situation donnée, la succession de culture et le suivi technique pour obtenir l'expression de tout le potentiel des SE (notamment plus forte productivité avec de moindres charges) pour le bénéfice d'un grand nombre de producteurs.

Des essais et observatoires complémentaires ont été menés par les partenaires de l'UMT Alter'N (notamment via ANR-LEGITIMES et PSDR-IdF-PROLEG) en ce sens. Pour compléter l'étude INRA sur une série de services de 10 légumineuses dans un lieu donné (Guinet 2016), 4 autres situations pédoclimatiques sont couvertes par le dispositif Terres Inovia. Des observatoires menés chez les agriculteurs dans 3 régions différentes ont permis une mise en regard avec des situations agricoles, avec notamment en Bourgogne pendant 2 ans dans 3 séries entre 2015 et 2018 avec 5-7 parcelles chaque année pour le pois et pour la luzerne.

Le dispositif de Terres Inovia vise à étudier, en comparatif de témoins blé et colza, les SE de légumineuses à graines sur les performances des cultures suivantes (colza et blé) ou sur le blé associé, avec 2 sites aux conditions pédoclimatiques contrastées (« Berry », Indre; « Grignon », Yvelines), avec 4 répétitions et des plusieurs couples d'années successives depuis 2016. Les espèces de légumineuses étudiées en tant que précédent cultural en année n sont : pour le Berry, le pois d'hiver, la féverole d'hiver, la lentille, l'association pois d'hiver-blé, et, pour Grignon, le pois d'hiver, la féverole de printemps, le pois de printemps, l'association pois d'hiver-blé. En année n+1, la parcelle de chacun des précédents culturaux est divisée en 4 sous-parcelles qui sont cultivées en blé non fertilisé (0N), blé fertilisé en suboptimal (dose N1), colza 0N et colza avec dose N1.

La communication résumera les faits marquants de l'analyse à ce stade, notamment les trois séries de « précédents » et une série de couples « précédent-suivant » de l'expérimentation Terres Inovia, en étudiant plusieurs variables alimentant les services écosystémiques avec leurs facteurs explicatifs si possible : taux de fixation symbiotique (%Ndfa), quantité d'azote absorbé par la culture suivante, rendements des suivants en fonction des précédents, reliquats azotés à 3 dates, émissions de N<sub>2</sub>O, activité biologique des sols, etc.

Par exemple, en compliant la première série de "suivants" (2016-2017) avec des données antérieures (2009-10), on constate que le service directement imputable à un précédent pois permet à la culture de blé d'absorber 45 à 70 % d'azote en plus par rapport à un blé qui suit un blé (contre 33 à 42 % pour un précédent colza) et il induit 30 à 60 % d'azote absorbé en plus par le colza. Pour le rendement du blé non fertilisé, le précédent pois se différencie positivement par rapport à la lentille et à l'association pois-blé. Pour le colza non fertilisé, c'est l'association qui entraîne des rendements plus élevés que féverole, lentille et blé ;

les effets des autres précédents ne sont pas significativement différents. On observe une relation linéaire entre le rendement du blé ON et la quantité d'azote (QN) présente dans les résidus des précédents mais pas pour le colza ON.

## **Inoculation des légumineuses en France: des inoculants de qualité promus par la recherche publique (INRA) et de l'institut technique chargé des légumineuses (Terres Inovia)**

*Xavier Pinochet, Cecile Revellin, Brigitte Brunel, Jean Claude Cleyet-Marel*

Depuis plus de 40 ans sont proposés aux agriculteurs des inocula de Rhizobium pour le Soja, la luzerne et le Lupin. Ils sont issus de travaux menés par l'INRA depuis les années 60 avec l'appui du CETIOM pour ce qui concerne le soja. Ces travaux ont abouti à la sélection de souches bactériennes adaptées et sélectionnées sur différents critères. Ces produits répondent également à des critères de qualité qui sont autant de garanties pour l'utilisateur. Ils sont contrôlés chaque année par l'INRA, le CETIOM puis Terres Inovia apportant son concours pour les essais d'évaluation de plein champ.

Aujourd'hui, les autorisations de mise sur le marché relèvent de l'ANSES. Les innovations en matière d'inoculation des légumineuses viennent de sources plus diversifiées. Certaines sont liées à des innovations technologiques, comme la possibilité de pré-enrobage des semences. De nouveaux produits visent à introduire d'autres souches bactériennes que celles initialement recommandées par l'INRA. Ceci est permis par la réglementation et par les évolutions des procédures de mise sur le marché, mais peuvent poser dans certains cas des difficultés.

Certaines légumineuses, comme le pois chiche et la lentille, se développent et voient leurs surfaces fortement augmenter depuis quelques années. Avec l'extension des zones de culture, l'inoculation avec le symbiote approprié peut, dans certains cas, se révéler nécessaire, sans pour autant qu'il existe un produit commercialisé disposant d'une autorisation de mise sur le marché.

Nous dresserons un état des lieux de l'offre, rappellerons en quoi consistent les contrôles effectués et ce qu'ils apportent comme garanties offertes aux agriculteurs. Nous identifierons également les progrès restant à accomplir, afin que les agriculteurs restent satisfaits des solutions qui leurs sont proposées.

### **FLASH.**

#### **Influence de la variabilité génétique du niébé dans l'amélioration de la fertilité des sols.**

*Salifou Nouhou Janqorzo, Rabiou Ousmane Ibrahim, Mahaman Nourou Saadou Souley, Abdoul-Aziz Saidou*

Les légumineuses sont reconnues par leurs capacités à fixer l'azote dans le sol. Mais cette fixation est favorisée par certains facteurs comme les microorganismes, le pH du sol. En dehors de fixation d'azote les légumineuses améliorent la disponibilité des éléments minéraux comme le phosphore. La quantité des éléments minéraux du sol affectent la fixation d'azote par les légumineuses. La recherche a développé plusieurs variétés de niébé pouvant être groupées selon leur caractéristiques principales, reflet parfois de l'objectif de sélection. Il y a des variétés graines, fourragères, précoces, tardives, rampantes, érigées, résistantes et sensibles aux bioagresseurs.

L'objectif de cette étude est de connaître la contribution de chaque groupe de génotypes de niébé dans l'amélioration de plus la fertilité du sol. Dans une approche de recherche d'Option par contexte, ceci va permettre de connaître les variétés qu'on peut utiliser comme bio-engrais pour des producteurs ne pouvant pas acquérir des fertilisants minéraux.

Pour ce faire, nous avons mis en place un dispositif expérimental en bloc augmenté dans 15 villages des régions de Maradi, Dosso et Tillabéry au Niger. Dans chaque village 15 variétés de niébé ont été semées avec deux répétitions dans deux blocs entièrement randomisés. Un premier travail a permis de classer les variétés en fonction des groupes sur la base de leur comportement phénologique et leur performance agronomique. Des échantillons de sol composites ont été prélevés dans chaque parcelle sur lesquels des analyses de pH, Carbone et Phosphore ont été réalisées.

Les résultats montrent que le pH du sol varie significativement en fonction des génotypes du niébé (ANOVA,  $P=0.041$ ). En conséquence, les variétés double usage augmentent l'acidité du sol et que les variétés résistantes maintiennent le pH près de la neutralité. Les génotypes du niébé ne montrent pas des effets significatifs sur les teneurs en phosphore et en carbone.

## **FLASH.**

### **Proposition d'une démarche intégrée de contrôle d'*Ascochyta Rabiei* pour la filière pois chiche en France.**

Laure Palau

La culture du pois chiche connaît une expansion sans précédent notamment tirée par une demande des consommateurs pour les protéines végétales (+7% par an) et les productions locales. De part ses propriétés nutritionnelles et ses caractéristiques agronomiques, cette culture est en phase avec la double transition alimentaire et agro-écologique. Néanmoins, l'extension des surfaces en pois chiche dans le Sud de la France et en Europe pourrait aboutir à des systèmes de culture extrêmement fragiles et à des pratiques phytosanitaires intensives, si aucune mesure draconienne n'est prise pour le contrôle de l'Ascochytose causée par le champignon *Ascochyta Rabiei*.

Des épisodes d'infestation régionale par l'Ascochytose ont déjà été observés par le passé en France.

La production de pois chiche en France et dans le sud-ouest particulièrement avait ainsi presque disparu dans les années 80, puis 2000. La nuisibilité de *Ascochyta Rabiei* peut aller de la perte de quelques pieds à la destruction totale de la récolte dans des zones à forte pression.

La société EPI DE GASCOGNE, notamment via son activité DEFI LEGUMINEUSES a fait le choix pragmatique d'une lutte contre l'Ascochytose combinant sélection variétale, qualité des semences, bonnes pratiques et réglementation technique.

EPI DE GASCOGNE est le premier acteur du secteur à développer en France un programme de de sélection variétale, dont la résistance à l'ascochytose est une composante forte. La tolérance à l'Ascochytose étant fragile (pas de résistance), ceci impose un renouvellement variétal intense, d'où la nécessité d'investir dans la sélection.

Ce travail est réalisé à partir de matériel génétique issu de partenariats étroits avec les principaux acteurs internationaux (USA, Canada, Australie, Inde, Pays du Maghreb) dont un partenaire majeur est l'ICARDA.

Un site de sélection et d'expérimentation en zone sensible a été implanté en 2018 pour trier le matériel génétique en vue de son utilisation comme lignée commerciale ou géniteur.

En plus d'un travail de recherche et de développement de variétés résistantes à l'ascochytose, EPI DE GASCOGNE travaille à la création d'un process industriel de conditionnement des semences de pois chiche en situation « ascochytose free »

Un Plan de Gestion du Risque Phytosanitaire (PGRP) dédié à l'Ascochytose du pois chiche, permet de déployer tous les moyens utiles pour combattre, tant en préventif qu'en curatif le risque d'Ascochytose. Dès le printemps 2018, DFI LEGUMINEUSES commercialisait des semences de pois chiches labellisées « GARANTIE SANS ASCOCHYTOSE » (Photographie N°1).

Par ailleurs, la société est motrice d'une action collective des semenciers et établissements producteurs de semences en partenariat étroit avec le GNIS et la FNAMS pour obtenir la révision du règlement technique et la prise en considération d'éléments sanitaires dans la certification officielle des semences de pois chiche.



Un cahier des charges de production de semences de pois chiches a ainsi été mis en place pour les semis 2018, les établissements producteurs de semences s'engageant de manière volontaire à évaluer la présence d'Ascochytose sur la totalité des parcelles de multiplication, à relever les données climatiques et à détecter la présence de maladie sur les graines à la récolte. Les techniciens des Services Officiels de Contrôle et des établissements multiplicateurs ont d'ores et déjà été formés au printemps 2018 à l'identification et à l'évaluation de la maladie.

Cette démarche globale et inédite produit déjà ses effets positifs : un engagement collectif et volontaire des acteurs du secteur, un cahier des charges de production et de bonnes pratiques, la révision du règlement technique et de nouvelles règles de certification avec des seuils d'acceptation en cours d'évaluation.

Elle se veut faire la démonstration de la nécessité d'adopter une approche collaborative pour permettre une réelle intégration durable des légumineuses dans les systèmes de culture français.

## **Conférence Plénière 8**

# **Voies de progrès génétique pour les légumineuses en Europe et en Afrique du Nord**

*Nadim Tayeh de l'INRA (France)*  
*et Lamiae Ghaouti de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (Maroc)*

---

Comme source de protéines, tant pour l'alimentation humaine qu'animale, les variétés de légumineuses à graines et fourragères qui ont la capacité d'utiliser la ressource azotée de l'air, constituent des leviers importants pour la construction d'une agriculture durable. Que ce soit en Europe ou en Afrique du Nord, une forte demande variétale se développe pour les légumineuses, afin de répondre au besoin d'une diversité d'espèces et de systèmes de culture pourvoyeurs de services alimentaires, environnementaux et écologiques. Un progrès génétique a été fait au cours des dernières décennies mais reste limité à cause de verrous biotechniques, financiers et parfois organisationnels au sein des filières.

Le marché des semences de légumineuses se caractérise par une forte proportion de semences de ferme (souvent > 50%). Ceci affaiblit la filière semencière, les investissements en sélection et recherche, et par conséquent le renouvellement variétal. Nous décrivons plus en détail cette situation par des données du marché des semences et des variétés illustrant des différences entre les espèces de légumineuses et des divergences-convergences entre les contextes France-Afrique du Nord. La dynamique insufflée par le Catalogue des Espèces et variétés constitue un pilier fondamental du secteur semencier formel prépondérant en France alors qu'en Afrique du Nord, un secteur informel peu régulé prédomine.

Une grande diversité de légumineuses est conservée en ex-situ dans d'importantes collections nationales et internationales qui seront présentées. En Afrique du Nord, les dispositifs de gestion à la ferme des ressources génétiques sont aussi une composante déterminante de la gestion de la diversité. Les actions de préservation et de caractérisation phénotypique des ressources génétiques ont un coût important, mais sont essentielles pour la construction et l'adaptation d'une diversité variétale composée de formes améliorées, traditionnelles ou de mélanges, comme facteur de résilience.

Pour les systèmes agricoles marginaux mobilisant peu d'intrants dans les conduites agricoles, le levier variétal est une composante clé du progrès agronomique. Des actions d'amélioration génétique participative sont souvent mises en place pour permettre l'exploitation des spécificités des variétés locales tout en diversifiant les objectifs d'utilisation (qualité nutritionnelle, résistance aux stress biotiques et abiotiques ...). Nous évoquerons quelques exemples.

La mobilisation des avancées scientifiques pour des fins de sélection, notamment par l'utilisation des outils moléculaires, est divergente entre la France et l'Afrique du Nord. Le programme collaboratif français sur les pois d'hiver à semis précoce (pois Hr) est un exemple d'une action très intégrée filière-sélectionneur-recherche. D'autres programmes de recherche nationaux et internationaux ont permis aussi un gain de temps et d'efficacité par l'introduction d'une sélection multi-caractérielle, assistée par marqueurs et le déploiement d'une approche translationnelle qui vise à transférer les connaissances acquises sur une espèce

vers une autre. L'utilisation des résultats de recherche est plus modeste en Afrique du Nord où la sélection reste essentiellement phénotypique.

Les 50 dernières années de recherche et de sélection ont apporté un progrès génétique certain mais encore insuffisant. Si l'amélioration des rendements reste un objectif important, des attentes plus précises sont exprimées et font l'objet de travaux de génétique et d'amélioration. On enregistre, à titre d'exemple, des attentes montantes sur les résistances aux stress hydriques et thermiques et aux bio-agresseurs dans un contexte de changement climatique, de réduction de l'usage des pesticides et de développement de l'agroécologie. De multiples questions sont transversales entre les espèces et sont communes à la France et à l'Afrique du Nord. Nous en parlerons.

Nous concluons en discutant les opportunités pour débloquent les verrous actuels qui limitent le développement variétal des légumineuses tout en mettant l'accent sur l'importance de la recherche. Le rôle des politiques et des mesures incitatives, essentielles pour développer des appuis durables à la recherche et la sélection, sera souligné.

## **FLASH.**

### **Des protéines à gogo pour tous les animaux grâce à la récolte fractionnée avec une machine spéciale puis la conservation en ensilage particulier**

Eric Juncker

Mots-clés : luzerne, trèfle violet, feuilles, porcs, volailles, poules

#### Les avantages de la luzerne et du trèfle violet

Pour les l'élevage et les animaux

- + d'autonomie alimentaire
- + de protéines que le soja (rendement protéique en moyenne 2,6 fois supérieur)
- + de lysine et de méthionine et meilleur équilibre que le soja

De la culture en soi

- + de tolérance à la sécheresse
- + d'économies en intrants que les cultures à graines

Dans la rotation

- + d'économie sur le désherbage et la fertilisation des cultures suivantes (180€/ha en moyenne en Région Grand Est)
- + de rendement sur les cultures suivantes conduites en agriculture biologique
- + de protéines dans les grains de blé bio qui suit

Pour l'environnement

- + de biodiversité et meilleure qualité des eaux
- + de préservation des espaces terrestres intertropicaux

Pour le lait, les œufs, les viandes donc pour les humains

- + d'acides gras poly-insaturés de type oméga-3
- + de pigments jaunes naturels
- de cholestérol

#### Comment fonctionne la récolte fractionnée ? Très bien, très simplement...

... comme pour les cultures à graines où une moissonneuse-batteuse est utilisée. Ici, une autre machine spéciale de récolte, dénommée PremAlfa sépare une partie aérienne riche en protéines ou parèp,

essentiellement composée de feuilles d'une fraction riche en fibres, appelée alfib, principalement constituée de tiges.

La première fraction représente en moyenne sur l'année 50% de la matière sèche (MS) récoltée et contient de l'ordre de 27% de Matière Azotée Totale (/MS). Grâce à sa teneur réduite en fibres, la parèp permet d'alimenter des monogastriques tels que poudeuses, volailles et porcs.

L'alfib, quant à lui, titre entre 9 et 14% de MAT/MS. En zone d'élevage, grâce à son équilibre en Protéines Digestibles dans l'Intestin, il constitue un fourrage à ne pas négliger pour les animaux à faibles besoins.

### Les bénéfiques

+ 1 hectare, une coupe, c'est autant de protéines qu'une tonne de tourteau de soja gras à 42% de MAT (en moyenne, pour une parcelle à 12 tonnes de MS par hectare)

+ Une qualité supérieure assurée, grâce à la parèp,

indépendamment du stade de la culture

indépendamment du numéro de coupe

+ La totalité de la récolte sécurisée en un seul jour (parèp + alfib enrubanné)

= au final, plus de VALEUR en toute SERENITE

### Comment conserver la précieuse parèp ?

Par déshydratation ou séchage. C'est accessible à certains.

En ensilage spécial après assemblage avec un autre aliment apportant la MS complémentaire voire l'énergie facilitant la bonne conservation sans perte de jus de ce qui est alors un massaï (clin d'oeil à l'éthnie d'éleveurs Massaïs de l'est africain). Cette voie est possible pour le plus grand nombre.

### Pour quels niveaux d'ingestion des massaïs?

Chez les poudeuses : de l'ordre de 20% de la MS

Chez les poulets : de 10 à 30% environ de la MS (taux croissant avec l'âge des animaux)

Chez les porcs : 20% de la MS en post sevrage, 40% en croissance et 50% en finition.

### Avec quels autres avantages?

Des animaux plus calmes (moins de piquage et cannibalisme chez les volailles et moins de caudophagie chez les porcs)

Exprimant mieux leurs comportements naturels et physiologie de base

En meilleure santé (diminution des pododermatites chez les volailles, réduction des ulcères.

## **FLASH.**

### **L'Institut Carnot Plant2Pro<sup>®</sup>, une offre de recherche et d'innovation intégrative sur les légumineuses à graines, au service du partenariat public – privé**

*Rémy Cailliatte, Carole Caranta*

Au-delà des déterminants politico-économiques, le développement des productions de légumineuses à graines en France et en Europe repose à la fois sur des avancées scientifiques et techniques ainsi que sur leur appropriation par les acteurs socio-économiques des filières. L'intégration d'espèces de légumineuses à graines dans les systèmes de culture nécessite de prendre en compte un large nombre de paramètres qu'il convient de mobiliser de manière systémique pour maximiser la fourniture des services attendus (notamment les services de production et de régulation) .

L'Institut Carnot Plant2Pro<sup>®</sup> constitue le creuset de la recherche et du développement, au service des partenaires socio-économiques, sur les espèces de légumineuses à graines à l'échelle européenne. Constitué de 14 unités mixtes de recherche et de 3 instituts techniques agricoles (dont l'Institut Technique Terres Inovia dont la mission est d'améliorer la compétitivité des cultures protéagineuses), il concentre les équipes et les ressources les plus performantes sur l'ensemble des problématiques associées à la production des légumineuses à graines. C'est ainsi que l'institut Carnot Plant2Pro<sup>®</sup> met en système les compétences de ses composantes dans les domaines suivants : (i) génétique, biotechnologies vertes et amélioration des plantes, en capitalisant notamment sur les avancées du programme Investissement d'Avenir PEAMUST, (ii) santé des cultures et nutrition des plantes en mobilisant notamment des outils de phénotypage haut-débit des plantes et des couverts cultivés, (iii) agronomie systémique et évaluation multicritère des systèmes de production innovants et (iv) agriculture numérique.

L'originalité de Plant2Pro<sup>®</sup> repose sur la combinaison originale de ses composantes et de ses disciplines pour proposer une offre de recherche et d'innovations au service de la diversité des attentes des acteurs socio-économiques des filières, depuis la caractérisation génétique de traits d'espèce d'intérêt pour l'amélioration des plantes, jusqu'à la conception d'outils d'aide à la décision pour le pilotage de systèmes de cultures multiperformants.

Notre mission est de permettre à nos partenaires d'avoir accès aux équipes les plus compétentes pour construire et mettre en œuvre des projets de recherche sur mesure qui répondent à leurs attentes. Notre plus-value repose sur le professionnalisme de la gestion de la relation partenariale garanti par label Carnot. Nous assurons le lien entre la demande des filières et les travaux de recherche amont, conçus en anticipation de la demande des partenaires, dans le but de mettre les innovations le plus rapidement à disposition des partenaires industriels afin de soutenir leur compétitivité.

Au cours de notre présentation nous illustrerons la diversité des compétences que nous intégrons et la gamme des projets que nous accompagnons.



## **POSTERS**



# **Agronomie, systèmes de culture, services agro-environnementaux, changement climatique, ...**

---

**118.**

## **Etude morphologique et physiologique, lutte chimique, polymorphisme iso-enzymatique par l'analyse électrophorétique chez trois différents espèces d'*Ascochyta* (pisi , rabiei , fabae)**

*Djelilate, Mohammed (1), Kheloufi, Abdenour (2)*

1: Centre universitaire de Relizane, Algérie ; 2: Université de Batna 2, Algérie

Parmi les champignons causant la maladie d'antracnose la plus redoutable chez les légumineuses (les végétaux) , le genre *Ascochyta* est l'un des plus fréquents et les plus dommageables pour les cultures (Messiaen et Cassini,1968).

L'espèce *Ascochyta* comporte un ensemble de formes morphologiquement dénommées formes spécialisées , qui s'attaquent à une foule de végétaux comme le pois chiche, le petit pois et la fève.(Peever et al, 2007).

L'objectif de ce travail mène sur l'étude et la comparaison des trois espèces d'*Ascochyta* (pisi, rabiei, fabae) par la méthodologie suivante :

\_ L'isolement et l'identification de six isolats de chaque espèces d'*Ascochyta* à partir des plantes malades (pois chiche, fève, petit pois).

\_ L'étude physiologique qui représente une croissance mycélienne meilleure sur milieu Mathur à pH 5 pour les trois espèces, avec une température optimale de 22°C pour *Ascochyta rabiei* et *Ascochyta pisi* et de 15°C pour *Ascochyta fabae* sous une photopériode de 12 heures pour *Ascochyta pisi* et un éclairage continu pour les autres espèces.

\_ Le teste de l'effet des substances chimiques sur la croissance mycélienne dans le but de choisir le composé le plus efficace, à fin de l'utiliser comme un moyen de lutte chimique intéressante contre la maladie d'antracnose.

\_ L'étude du polymorphisme iso-enzymatique par l'analyse électrophorétique en utilisant le système PAGE et les protéines totales en utilisant le système (SDS – PAGE).

**179.**

## **Associer le soja avec des plantes de services récoltées : levier agronomique pour faciliter l'introduction du soja dans les systèmes de culture et améliorer la maîtrise des adventices ?**

*Cheriere, Timothée, Lorin, Mathieu; Corre-Hellou, Guénaëlle*

USC LEVA, INRA, Ecole Supérieure d'Agricultures, SFR 4207 QUASAV

Par sa forte richesse en protéines, sa composition en acides aminés et la bonne digestibilité de ses protéines, le soja possède des atouts indéniables pour les exploitations en polyculture-élevage de l'Ouest de la France. Cependant, sa culture reste peu pratiquée alors que la consommation de soja importé est très forte dans cette région. Les rendements aléatoires, le manque de références techniques pour les agriculteurs et la présence de certaines espèces d'adventices estivales agressives sont des freins techniques au développement du soja, qui rendent sa culture peu attrayante et difficile, tout particulièrement en systèmes biologiques. L'utilisation de « plantes de services récoltées » pour la maîtrise des adventices a déjà fait l'objet d'études, notamment pour accompagner le lupin blanc et les résultats sont prometteurs. Ainsi, de manière à favoriser l'accroissement des surfaces de soja cultivées dans l'Ouest de la France, l'introduction de plantes de services récoltées associées au soja, pourrait être un moyen de sécuriser une production en cas de mauvaise croissance du soja et de faciliter la maîtrise du développement des adventices.

Le choix des plantes de service récoltées à associer au soja repose sur l'équilibre entre les relations de compétition/facilitation vis-à-vis des ressources du milieu et dépend de la complémentarité de leurs traits fonctionnels. L'objectif consiste à maximiser la compétitivité de l'association vis-à-vis des adventices et la complémentarité entre les espèces associées. Quatre espèces, le sorgho, le sarrasin, le tournesol et la lentille, ont donc été associées au soja et choisies de manière à maximiser la diversité de leurs traits (architecture aérienne, traits fonctionnels foliaires, etc) et à permettre une récolte simultanée de l'association.

En plus du choix de la plante de service, le mode d'arrangement spatial des deux espèces peut constituer un levier de gestion de ces relations de compétition/facilitation interspécifiques.

A partir d'une expérimentation analytique conduite en station, nous avons donc comparé quatre associations binaires à base de soja : soja-lentille, soja-sorgho, soja-sarrasin et soja-tournesol suivant deux modalités d'arrangement spatial (en association avec mélange dans le rang (AMR) ou en association en rangs alternés (ARA)) par rapport à un témoin soja pur. Dans chaque modalité associée, le soja et la plante de service associée ont été semés à 50% de la dose recommandée en culture pure.

Quatre modalités lentille, sorgho, sarrasin et tournesol, cultivées en pur, ont également été implantées afin de servir de témoins.

Les biomasses des différentes espèces (soja, plante de service et adventices) ont été mesurées cinq fois au cours du cycle : au stade deux feuilles vraies du soja, développement végétatif, à floraison du soja, à floraison du sorgho puis à maturité).

Les premiers résultats montrent que l'association à base de sarrasin permet une réduction significative de la biomasse des adventices par rapport aux autres associations et au soja pur. Cependant, on observe que

l'association à base de sarrasin réduit la quantité de matière sèche du soja significativement par rapport à toutes les autres modalités. La biomasse de soja de l'association soja-lentille n'est pas significativement différente du soja pur alors que dans toutes les autres associations elle est inférieure au témoin pur. L'arrangement spatial n'a pas d'impact significatif sur l'accumulation de matière sèche du soja, des plantes de services récoltées ni des adventices. Les rendements en grains sont attendus pour corroborer ces premiers résultats et apporter plus de précisions.

**155.**

### **Emissions de N<sub>2</sub>O pendant et après la culture de légumineuses**

*Nicolardot, Bernard (1); Bizouard, Florian (1); Coffin, Arnaud (1); Guinet, Maé (1); Hénault, Catherine (2); Lombard, Frédéric (1); Pauthenet, Gauthier (1); Pimet, Eric (1); Voisin, Anne-Sophie (1)*

1: UMR Agroécologie, AgroSup Dijon, CNRS, INRA, Université Bourgogne Franche Comté, France;

2: Unité Science du Sol INRA, Orléans, France

La capacité des légumineuses à fixer l'azote atmosphérique, au travers de la symbiose avec les bactéries fixatrices, permet de rendre un certain nombre de services écologiques dans les agrosystèmes. Leur culture permet de produire des protéines (graines, fourrages) sans apport de fertilisants azotés ; leurs résidus riches en azote enfouis dans le sol contribuent à l'alimentation azotée de la culture suivante. Leur culture permet également de réduire l'utilisation d'énergie et l'émission de gaz à effet de serre associées à l'utilisation de fertilisants de synthèse. Dans le cadre du programme ANR Legitimes, des expérimentations ont été mises en place pour mieux caractériser et quantifier les services liés aux flux d'azote, et ce pour 10 espèces légumineuses. Les résultats présentés concernent les émissions de N<sub>2</sub>O pendant une rotation bisannuelle légumineuse-céréale : i) 1<sup>ère</sup> année avec différentes légumineuses comparées à des céréales fertilisées et ii) 2<sup>ème</sup> année avec un blé non fertilisé valorisant l'azote provenant de la minéralisation des résidus de culture de la 1<sup>ère</sup> année (légumineuses ou céréales).

Deux essais ont été mis en place en 2014 et 2016 sur le site expérimental de l'INRA à Bretenière (21). Chaque essai a considéré une rotation de 2 ans (1<sup>ère</sup> année avec culture de légumineuse suivie en 2<sup>ème</sup> année par une culture de blé non fertilisée). Les légumineuses ont été semées en mars ou mai et ont été comparées à une céréale fertilisée : orge (135 et 70 kg N ha<sup>-1</sup> en 2014 et 2016) ou sorgho (100 kg N ha<sup>-1</sup> pour les 2 essais) semés respectivement en mars et mai. Le blé a été semé en octobre et était non fertilisé. Les émissions de N<sub>2</sub>O ont été mesurées en continu au moyen de la méthode des chambres automatisées pendant la totalité de la rotation (3 chambres par culture). Les légumineuses considérées la 1<sup>ère</sup> année étaient le lupin, le pois, la féverole, le haricot, le soja et le pois chiche.

La plupart du temps, les émissions journalières de N<sub>2</sub>O ont été inférieures à 10 g N-N<sub>2</sub>O j<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>. De plus fortes valeurs (10 à 90 g N-N<sub>2</sub>O j<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>) ont été mesurées durant l'été 2014 et le printemps 2016, ces valeurs étant reliées à la pluviométrie exceptionnelle enregistrée pendant ces 2 périodes. Par conséquent pour l'essai 2014, les émissions cumulées de N<sub>2</sub>O pendant la culture de légumineuse (96 à 411 g N-N<sub>2</sub>O an<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>) ont été plus faibles que pendant l'interculture et la culture du blé suivant (92 à 487 g N-N<sub>2</sub>O an<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>). Pour l'essai 2016, le contraire a été observé avec des émissions plus fortes mesurées pendant la 1<sup>ère</sup> année et plus faibles en 2<sup>ème</sup> année. Pour les 2 essais, de plus fortes émissions ont été mesurées pour les cultures fertilisées (orge, sorgho) que pour les légumineuses, particulièrement après les apports de fertilisants azotés. En conséquence pour les 2 essais, les émissions cumulées pour ces cultures fertilisées ont été plus fortes que les cultures légumineuses correspondantes semées en mars et mai, confirmant l'intérêt des légumineuses pour réduire les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle du système de culture.

**258.**

## **Effets précédent des légumineuses: variabilité de la fourniture en azote pour la culture suivante, analyse des essais-système SIC et LACAGE**

*Modotti, Martina; Jeuffroy, Marie-Hélène; Pelzer, Elise*

INRA, France

L'« effet précédent » est défini comme l'impact d'une culture sur le milieu laissé à la culture suivante.

Les légumineuses sont connues pour leurs effets précédent, parmi lesquels on peut citer :

- les effets directs sur la fertilité (amélioration de la structure du sol, restitution d'azote au système, amélioration de la mobilisation du phosphore dans les sols, meilleure gestion de l'enherbement sur la rotation, diminution des maladies sur la culture suivante, ...)
- et les effets indirects sur les performances du suivant et du système dans son ensemble (meilleurs rendements et qualité des récoltes, augmentation des marges de la culture suivante et du système, augmentation de la biodiversité planifiée et sauvage, réduction des émissions GES, ...).

Parmi tous les effets précédents fournis par les légumineuses nous nous sommes focalisés sur la fourniture d'azote aux cultures suivantes.

L'analyse de pratiques agricoles montre que les agriculteurs valorisent mal l'effet précédent « azote » dans l'ajustement de la fertilisation de la culture suivante. Une des raisons est que cette fourniture est très variable et que l'agriculteur ne dispose pas d'indicateur pour la prévoir: elle dépend de nombreux facteurs, tels que les performances de la légumineuse, la quantité d'azote dans les résidus laissés au sol, la gestion de la rotation et de l'itinéraire technique, les caractéristiques pédoclimatiques, les conditions météorologiques pendant le cycle légumineuse-suivante qui influencent de façon significative les processus de minéralisation et lixiviation, ...

Par ailleurs, il faut aussi préciser que l'azote disponible après une légumineuse n'est pas automatiquement utilisé par la culture suivante: la capacité / l'efficacité de celle-ci d'utiliser le surplus d'azote disponible varie aussi en fonction des conditions et de sa « performance » et notamment de la qualité sanitaire du système racinaire des plantes.

L'objectif de notre travail est d'analyser la variabilité interannuelle de la fourniture de N des légumineuses à la culture suivante et essayer d'en identifier les causes.

En nous basant sur l'analyse des données issues de deux essais systèmes coordonnés par l'INRA de Versailles-Grignon (SIC et LACAGE), nous avons pu tester et confirmer les hypothèses suivantes :

- Pour des conditions de sol (parcelle identique) et de climat peu variables, la quantité d'azote disponible pour la culture suivante après une légumineuse est corrélée à la quantité d'azote (QN) laissée par les résidus de la légumineuse même ;
- A leur tour, la QN dans les résidus de la légumineuse est corrélée à celle des pailles, et celle des pailles est corrélée à la QN totale de la légumineuse à maturité ;

- Nous avons enfin pu démontrer qu'il y a une relation positive entre la QN accumulée par la légumineuse et son rendement et sa biomasse totale à récolte, ce qui nous permettra de déterminer un indicateur de prévision de la fourniture « potentielle » d'N par la légumineuse (« potentielle » = avant éventuelle perte par lixiviation à l'automne).

Nous montrons donc comment la fourniture d'azote pour la culture suivante est positivement corrélée à la quantité d'azote des pailles de la légumineuse et à sa biomasse totale, mais – grâce à la disponibilité de données météorologiques sur le site de Versailles-Grignon qui nous a permis d'analyser également le rôle du climat – nous avons aussi pu déterminer l'influence que celui-ci a à la fois sur le fonctionnement des plantes (sur la QN accumulée par les légumineuses ainsi que sur la QN absorbée par le suivant) et les processus du cycle de l'azote (N perdu); notamment nous avons calculé le lessivage pendant l'hiver et quantifié les pertes, ce qui nous a permis d'élaborer des prévisions d'écart entre fourniture d'azote « potentielle » et « réelle » .

**259.**

## **Valoriser les services écosystémiques produits par les légumineuses en adaptant leur conduite**

*Modotti, Martina; Jeuffroy, Marie-Hélène; Pelzer, Elise*

INRA, France

Les surfaces de légumineuses ont drastiquement chuté en France et en Europe depuis les années 1960 pour les légumineuses fourragères et depuis les années 1990 pour les légumineuses à graines. Pourtant, certains agriculteurs cultivent encore des légumineuses, et en sont satisfaits.

Nous faisons l'hypothèse que ces agriculteurs ont des objectifs spécifiques pour ces cultures (performance, services attendus), et adaptent leur conduite à ces cibles. La rentabilité économique de ces espèces étant toujours plus faible que de nombreuses autres espèces cultivées par les agriculteurs, nous faisons l'hypothèse que les agriculteurs en attendent, avant tout, des services écosystémiques pour leur système de culture.

Dans le cadre du projet européen LegValue, nous avons organisé une enquête auprès d'agriculteurs situés dans les réseaux de fermes des pays européens partenaires du projet. Les légumineuses cultivées et les systèmes de culture dans lesquelles elles étaient insérées étaient très variables. Ce questionnaire visait à comprendre les objectifs visés par les agriculteurs pour la culture de ces espèces (quels services ciblés?) et la façon dont ils maximisent leurs chances de les obtenir (comment les agriculteurs adaptent-ils leurs pratiques?). Les entretiens ont été réalisés, par les correspondants locaux du projet, auprès de 10 agriculteurs environ par réseau de fermes. Le but n'était pas de choisir un échantillon d'agriculteurs représentatifs, mais plutôt d'enquêter des agriculteurs ayant des pratiques et des modes de valorisation des services rendus par les légumineuses le plus possible diversifiés. Les questions portaient sur la description du système de production, des systèmes de culture avec légumineuses, des itinéraires techniques des légumineuses, des performances, des changements observés par rapport à des systèmes de culture sans légumineuses, les problèmes non résolus à ce jour, et ....

Au total, une centaine d'entretiens ont été réalisés dans 10 Pays partenaires du projet (Allemagne, Danemark, France, Italie, Lettonie, Lituanie, Pays-Bas, Portugal, Royaume Uni, Suisse), permettant de récolter un grand nombre d'informations qualitatives et quantitatives sur les exploitations analysées.

Une description détaillée des exploitations a pu être réalisée, ainsi que des analyses comparatives entre différents réseaux d'agriculteurs.

Une grande diversité d'objectifs visés par les agriculteurs a pu être identifiée (prioritairement l'autonomie protéique pour les élevages, et la diminution des coûts de production sur l'ensemble du système). Les services attendus des légumineuses, les plus fréquents, étaient la fourniture d'azote dans le système afin de réduire les intrants, l'amélioration de la structure et de la fertilité des sols, la diversification de la rotation - permettant une meilleure gestion des mauvaises herbes et une rupture des cycles des maladies telluriques, des effets positifs sur la culture suivante (notamment en termes de rendement), ... Les agriculteurs ont mentionné des changements observés positifs dans leur système de culture, notamment une nette amélioration de la structure de fertilité des sols et des effets précédents significatifs sur les cultures suivantes (rendement et qualité des récoltes améliorés).

Les pratiques mises en œuvre par les agriculteurs étaient variables, à l'intérieur des réseaux et entre réseaux. Nous avons pu mettre en évidence des éléments de cohérence entre les pratiques mises en œuvre par les agriculteurs, et les objectifs et les services attendus et atteints.

Des éléments de changement des pratiques, mentionnés par les agriculteurs, ont permis d'identifier des apprentissages, qu'il serait utile de partager.

Ce travail nous laisse supposer que la compréhension des liens entre les services attendus et les pratiques devrait permettre de fournir aux autres agriculteurs les connaissances nécessaires pour favoriser le développement des légumineuses dans leur système de culture.



**230.**

### **Projet LeguTec: Désherbage mécanique dans la culture du soja bio au Luxembourg**

*Leimbrock, Laura (1); Rock, Gilles (2); Altmann, Gilles (1); Diederich, René (4); Kaiser, Andreas (2); Krier, Ronny (3); Reiland, Guy (3); Stoll, Evelyne (1); Zimmer, Stéphanie (1)*

1: Intitute for Organic Agriculture Luxembourg a.s.b.l. (IBLA); 2: GEOOPTIX GmbH;  
3: Lycée Technique Agricole (LTA) Ettelbrück; 4: Wolff-Weyland S.A.

A cause de sa teneur en protéine de 40% et de sa valence biologique très élevée, due à une composition idéale des acides aminés, le Soja (*Glycine max (L.) Merr.*) représente une des sources les plus importantes de protéine dans la nutrition animale. En tant que plante protéagineuse, le soja possède plusieurs avantages pour l'agriculture: sa cultivation élargit et détend la rotation des cultures, augmente la biodiversité agricole et augmente la fertilité du sol par sa capacité de fixation de l'azote, ce qui permet des économies d'engrais azotés.

Avec la signature de la déclaration européenne sur le soja en 2017, le Luxembourg vise à favoriser la culture régionale de soja et d'autres plantes protéagineuses. La motivation est la dépendance actuelle d'importations de soja de l'Amérique du Nord et Sud. Bien plus que 60 % du soja nécessaire sont importés en Europe, ce qui engendre divers problèmes écologiques et sociaux.

Grâce à de nouvelles variétés, la cultivation du soja ne se réduit plus aux régions chaudes – une chance pour rendre le Luxembourg moins dépendant d'importations de soja. Cependant, la cultivation de soja est exigeante et à côté des structures de traitement pour son usage ultérieur non garanties pour l'instant au Luxembourg, il existe des lacunes dans la lutte efficace et écologique contre les mauvaises herbes. Il se pose la question comment il est faisable de surmonter ces restrictions de cultivation et de réaliser des rendements satisfaisants dans la culture régionale de soja?

Dans le projet « LeguTec: Désherbage mécanique dans la culture du soja bio au Luxembourg », financé pendant trois ans, différentes méthodes de la régulation mécanique de mauvaises herbes dans le soja sont testées sur trois exploitations agricoles biologiques (ferme bio Mehlen à Manternach, ferme bio Emering à Sprinkange et ferme bio Francois à Hostert), et à l'aide d'un essai de démonstration sur le site d'essais du lycée technique agricole à Bettendorf. Les variantes employées sont entre autres une herse-étrille, une bineuse, une bineuse à doigts ainsi qu'une polyculture de soja et de caméline.

Les analyses sont complétées par des photographies aériennes à l'aide de drones. Le but du projet scientifique est de trouver le meilleur moyen de régulation mécanique des mauvaises herbes dans les cultures de soja afin de promouvoir une production de protéines durable au Luxembourg et d'ainsi augmenter l'autarcie en protéines des exploitations agricoles luxembourgeoises.

Le projet est financé par l'œuvre Nationale Grande-Duchesse Charlotte et par le Ministère d'Agriculture, de la Viticulture et de la Protection des Consommateurs et est soutenu par le sponsoring de Wolff-Weyland S.A..

Les premiers résultats seront disponibles avec la récolte en automne et seront publiés sur le poster.

**207.**

## **Mesure de l'activité biologique des sols et stimulation des micro-organismes par des catalyseurs spécifiques**

*Raths, Rachel (1); Géliot, Patrick (2)*

1: Agnition, USA; 2: Via Végétale, France

Thématique :

Activité microbiologique des sols, identification et quantification des communautés microbiennes, réponse de la communauté à des catalyseurs spécifiques

Mots clés :

Catalyseurs microbiens, nutriments disponibles, activité microbienne, biomarqueurs, index de diversité

Introduction :

La productivité des cultures est extrêmement dépendante de l'activité biologique du sol. En plus de la lumière, du soleil et de l'air, les plantes peuvent recevoir tout ce dont elles ont besoin à partir des éléments du sol. L'étude réalisée a fait appel à deux méthodes d'observation de l'activité des sols. Tout d'abord, le test Haney sert à examiner les composantes chimiques et biologiques du sol (nutriments extractibles et activité microbienne à l'aide du test Solvita). Ce test combine également cinq valeurs biochimiques différentes permettant de définir une valeur finale de la qualité du sol. Par ailleurs, l'analyse des phospholipides permet l'estimation de la biomasse microbienne vivante et peut être considérée comme biomarqueurs de la communauté microbienne. Les phospholipides facilitent ainsi l'identification et la quantification des groupes fonctionnels spécifiques (bactéries, champignons mycorhiziens, rhizobiums, protozoaires...).

Matériels et Méthodes :

Des cultures en pots de soja, luzerne, blé et maïs ont été conduites en conditions contrôlées pour les deux méthodes (Haney et PLFA). Les pots ont ensuite été séparés en deux modalités de traitement : témoin et application de catalyseurs microbiens. (appliqués au semis, ou en enrobage de semences ou en foliaire à 2 Feuilles trifoliées). Des échantillons de sol ont été prélevés en plaçant une sonde de 9 cm dans les pots, 2 semaines après application des catalyseurs.

Tous les échantillons ont été analysés au Laboratoire Ward, Inc. à Kearney, NE, USA. Des mesures de carbone et d'azote organique extraits à l'eau ont été effectuées ainsi qu'un test Solvita CO<sub>2</sub>-C 1-jour. Par ailleurs, différents paramètres de l'activité microbienne ont été calculés : index de diversité, biomasse totale et biomasses des différentes communautés microbiennes (bactéries, actinomycètes, rhizobiums, champignons, mycorhizes, saprophytes et protozoaires).

Résultats :

Le carbone et l'azote organique extraits à l'eau augmentent de 5,91% et 7,57% respectivement suite à l'application des catalyseurs microbiens. Le test Solvita CO<sub>2</sub>-C 1-jour montre que la quantité de CO<sub>2</sub> libérée en 24 heures par la population microbienne augmente de 21,92%.

De plus, les résultats observés sur les populations microbiennes sont très significatifs avec une augmentation de 18,46% de la biomasse totale et de 10,42% de l'index de diversité. Plus précisément, les biomasses de bactéries, d'actinomycètes, de rhizobiums, de champignons, de mycorhizes, de saprophytes et de protozoaires montrent une évolution positive de 18,26%, 19,85%, 201,29%, 56,55%, 50,07%, 60,15% et 86,9% respectivement. Il en résulte aussi une amélioration du ratio champignons/bactéries passant de 0,14 à 0,19.

## Conclusion

L'application des catalyseurs microbiens améliore favorablement les paramètres chimiques et biologiques du sol. Le carbone et l'azote disponibles pour les plantes augmentent significativement grâce aux catalyseurs. De plus, la biomasse microbienne totale, la diversité relative et les communautés microbiennes individuelles se développent mieux (Test Solvita). L'amélioration de cet ensemble de facteurs se traduit par un meilleur équilibre du sol et notamment du ratio bactéries/champignons. L'augmentation globale des paramètres microbiens bénéfiques, mesurés par le test PLFA, démontre que la rhizosphère est mieux équilibrée lorsque les catalyseurs spécifiques sont appliqués. Les conditions pédologiques obtenus sont donc très favorables aux cultures et en particulier pour les légumineuses.

**141.**

## **Désherbage mixte de la féverole**

*Vuillemin, Fanny; Lecomte, Vincent*

Terres Inovia, France

Le poster présentera les résultats de deux essais sur le désherbage mixte de la féverole.

L'objectif de ces essais est de fournir des références sur les performances techniques et économiques des itinéraires techniques substituant en partie ou totalement les herbicides par des alternatives mécaniques ou mixtes mettant en œuvre la herse étrille et la houe rotative, en comparaison avec un itinéraire plus classique de désherbage chimique sur la culture de féverole.

Ces essais en blocs de Fisher à 3 répétitions comparent 7 modalités de désherbage mixte, mécanique et chimique. Le matériel utilisé est une herse étrille, une houe rotative et les herbicides Challenge et Nirvana. Des témoins non dés herbés adjacents ont permis d'évaluer les efficacités des différents itinéraires sur la flore adventice, par comptage des adventices dans les témoins et comparaison visuelle selon la méthode classiquement utilisée. Les sélectivités des outils mécaniques sur la culture ont été évaluées par comptage du peuplement de la féverole sur placettes fixes avant et après les passages mécaniques.

Les résultats montrent que le désherbage chimique Challenge + Nirvana en prélevée à doses modulées (resp. 1,5 l/ha et 2 l/ha) complété par un ou deux passages mécaniques de herse étrille ou de houe rotative entre 2 et 7 feuilles présente une très bonne efficacité (qui approche les 100%). En année climatique normale, cette efficacité est comparable à celle du désherbage chimique de prélevée seul à pleine dose. En année sèche, le mécanique compense bien l'efficacité moyenne du désherbage chimique de prélevée. Ainsi, cette complémentarité chimique - mécanique est bénéfique et permet d'être moins dépendant des conditions climatiques.

Une analyse économique permet d'évaluer le coût des différents itinéraires de désherbage testés, en prenant en compte le coût des passages, le coût du matériel et des produits, ainsi que le temps de travail.

Ces résultats s'appuient sur 2 années climatiques très différentes, d'autres essais sont en cours et à venir pour renforcer ces références. Ce travail est assez innovant car peu d'agriculteurs à ce jour combinent les moyens chimiques et les moyens mécaniques dans le but de réduire l'utilisation des herbicides tout en garantissant à la fois une bonne efficacité et un coût raisonnable.

La féverole se prête également bien à la complémentarité désherbage chimique sur le rang en prélevée (herbisemis) puis binage.

**187.**

### **Enquête producteurs pois 2017**

*Biarnes, Véronique; Lecomte, Vincent; Wagner, Dominique*

Terres Inovia, France

Afin de mieux connaître les pratiques culturales des producteurs de pois, Terres inovia a organisé en 2017 une enquête au niveau national. Près de 900 réponses ont été reçues (environ 700 producteurs de pois de printemps et 200 producteurs de pois d'hiver). Cet échantillon a pu être scindé en plusieurs sous-échantillons correspondant à six bassins de production ayant un sens agro-climatique. Les résultats indiquent qu'une régionalisation des itinéraires techniques existe, liée aux conditions pédo climatiques rencontrées mais aussi en fonction du type de pois (hiver ou printemps). Cette enquête souligne en effet l'importance du choix de la parcelle (type de sol notamment), qui conditionne en grande partie le rendement. L'analyse des pratiques concernant le semis (date, densité, profondeur) fait apparaître des marges de progrès dans les pratiques des agriculteurs. L'enquête a aussi permis d'identifier les différents aléas climatiques qui ont limité le potentiel de rendement en 2017, entraînant une déception par rapport aux rendements. Enfin, cette enquête a permis de dégager des pistes d'amélioration à apporter pour améliorer la productivité du pois et va aider Terres Inovia à mieux orienter ses conseils auprès des agriculteurs. Ainsi, le choix d'une parcelle à sol profond, d'une date de semis précoce et d'une profondeur de semis satisfaisante en pois de printemps permettront de retarder l'arrivée de stress hydriques, qui peuvent fortement limiter le rendement en année sèche comme 2017. En pois d'hiver, éviter les surdensités peut permettre de mieux contrôler la verse et le développement de maladies aériennes comme l'ascochytose.

**116.**

### **Levée de l'inhibition tégumentaire chez les semences de six arbres forestiers de la famille des légumineuses**

*Kheloufi, Abdenour (1); Mansouri, Lahouaria Mounia (1); Djelilate, Mohamed (2); Aziz, Nada (1); Sahnoun, Meriem (1); Boukemiche, Sarra (1); Ababsa, Boutheina (1)*

1: Université de Batna 2, Algérie; 2: Centre universitaire de Relizane, Algérie

La germination tardive et irrégulière dans la pépinière constitue une contrainte sérieuse pour une gestion efficace des pépinières. C'est pour cela, la dormance avec ses deux types tégumentaire et embryonnaire présente certains inconvénients. Ainsi, lever la dormance tégumentaire de certaines semences forestières est un défi pour les scientifiques et les aménagements forestiers afin d'obtenir une germination homogène pour des lots de graines importants. La levée de cette dormance physique chez six arbres à grands intérêts dans le domaine de l'agroforesterie (*Robinia pseudoacacia*, *Leucaena leucocephala*, *Erythrostemon gilliesii*, *Styphnolobium japonicum*, *Acacia dealbata* et *Cercis siliquastrum*) a été testé par les effets du prétraitement et de sa durée sur la performance de la germination des graines, en considérant le pourcentage final de germination (FGP) et le temps moyen de germination (MGT). Ces paramètres sont estimés à différents moments d'incubation (5, 10 et 15 jours) dans des boîtes de Pétri mises à l'obscurité et à une température 25°C ( $\pm$  2°C). Le prétraitement consiste en une immersion des graines dans de l'acide sulfurique concentré pendant 30, 60 et 90 minutes.

Les semis sans prétraitement (témoin) n'ont révélé aucune induction de germination chez *A. dealbata*, alors que la germination n'a atteint que 12% pour *R. pseudoacacia*, *L. leucocephala* et *S. japonica* durant toute la durée de l'expérience. En revanche, les graines de *E. gilliesii* ont pu donner un bon pourcentage de germination finale de 82.5%. Généralement, les prétraitements ont été très utiles pour améliorer la germination des graines. Le temps d'immersion dans l'acide sulfurique a significativement ( $P < 0,0001$ ) affecté le FGP et le MGT chez toutes les espèces étudiées. Une durée de trempage de 30 minutes a pu suffir à donner un taux de germination très élevé pour les graines de *L. leucocephala*, *E. gilliesii*, *S. japonica* et *A. dealbata* avec des FGP respectifs de 100%, 95%, 100% et 82.5%. Cependant, une durée prolongée de prétraitement de 60 minutes a été nécessaire pour une germination maximale et considérable chez les graines de *R. pseudoacacia* avec un FGP de 85%. Une durée prolongée de 90 minutes était fatale pour *L. leucocephala* et *A. dealbata* et *B. populneus*. Les différents prétraitements n'ont eu aucun effet sur la germination des graines de *C. siliquastrum* durant toute la période de l'incubation, ce qui montrent que les semences de cette espèce possèdent un autre type de dormance qui est d'origine embryonnaire qui nécessitent d'autres types de prétraitements.

**134.**

## **Observatoire de parcelles agricoles pour évaluer les performances et les services de régulation de l'azote et des adventices rendus par les légumineuses**

*Médiène, Safia; Quinio, Maude; Butier, Arnaud; Bazot, Mathieu; Jeuffroy, Marie-Hélène; Pelzer, Elise*

INRA, France

Il existe une forte variabilité des performances des légumineuses observées dans les parcelles agricoles, du fait de leur sensibilité aux stress abiotiques et biotiques (dont les adventices), ce qui réduit les avantages que peuvent offrir les légumineuses sur les cultures suivantes dans la rotation, et peut limiter leur adoption par les agriculteurs.

L'objectif de notre étude était de (i) quantifier en conditions agricoles la variabilité des performances et des services rendus par les légumineuses, (ii) faire le lien entre les performances et les services rendus, et (iii) étudier en particulier l'impact des adventices.

Un observatoire de parcelles agricoles a été mis en place sur le plateau Langrois (Bourgogne). Le suivi était basé sur 2 années (légumineuses et culture suivante) et a été répété 3 fois (de 2015 à 2018). 5 à 7 parcelles par culture (pois de printemps et luzerne) \* conduite (biologique et conventionnelle) \* année ont été suivies : luzerne (dernière année) conventionnelle et biologique en 2015 et 2016, pois de printemps biologique en 2015, et pois de printemps conventionnel en 2015, 2016 et 2017. Les prélèvements concernaient les performances de la légumineuse et de la culture suivante (croissance, rendements, fixation symbiotique, reliquats d'azote minéral), et leur variabilité (qualité d'implantation, pressions biotiques et abiotiques, pratiques réalisées par les agriculteurs, climat). Pour les adventices, des mesures de biomasse ont été réalisées à différents stades, ainsi que des mesures d'abondance, selon l'échelle de Barralis. Ces mesures ont permis de (i) calculer différents indices (abondance, richesse spécifique, shannon, équitabilité), (ii) comparer les communautés adventices entre précédents et suivants, et (ii) caractériser des groupes fonctionnels d'avertices en les comparant en fonction des itinéraires techniques (pois de printemps).

Les adventices étaient le principal facteur explicatif du rendement des légumineuses et des blés suivants quelque soit la conduite (biologique et conventionnelle), ainsi que le potentiel de la parcelle (taux de cailloux et profondeur) pour le pois de printemps. Les rendements de la luzerne étaient équivalents en biologique et conventionnel, alors que du fait de facteurs limitants plus importants, le pois de printemps biologique a présenté des rendements et des taux de protéine plus faibles. Les rendements des blés suivants étaient plus faibles en biologique, et peu différents selon le précédent. Pour les parcelles avec un meilleur potentiel, le taux de fixation (et quantité d'azote fixé) et le rendement du pois étaient meilleurs. Plus le pois avait un bon rendement, plus le blé suivant avait un bon rendement (ce qui n'était pas observé pour la luzerne).

Concernant les adventices, on a observé peu de différences d'abondance et de diversité entre les luzernes biologiques et conventionnelles, la fauche étant un levier efficace de gestion des adventices. Les pois conventionnels présentaient des indices plus faibles, expliqués par l'usage d'herbicides. Les blés suivants avaient des niveaux d'abondance et de diversité qui dépendaient en partie des niveaux observés dans le précédent. Une nette distinction de la flore adventice entre les luzernes et les pois a été observée, sans effet de la conduite pour les luzernes. Pour les blés suivants, la conduite avait plus d'impact que la légumineuse précédente. La comparaison de la composition en adventices indique toutefois une certaine proximité entre

les flores des précédents et des suivants. Enfin, les résultats montrent une réponse de la diversité fonctionnelle des adventices du pois selon un gradient de pratiques (IFT et travail du sol).

L'observatoire de parcelles agricoles s'est avéré être un outil intéressant pour quantifier la variabilité des performances et des services rendus par les légumineuses, même si la mise en œuvre et l'analyse des résultats peut être difficile.



**204.**

**Effets précédents des légumineuses : fournitures et pertes d'azote liées à leurs résidus de culture : impacts sur le rendement du blé suivant**

*Guinet, Maé; Voisin, Anne-Sophie; Durey, Vincent; Pimet, Eric; Frédéric, Lombart; Bernard, Nicolardot*

Agroécologie, AgroSup Dijon, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France

Dans le contexte de la transition agroécologique, la réintroduction des légumineuses a un rôle majeur à jouer pour atteindre la durabilité de ces systèmes, en réduisant le recours aux intrants azotés. Peu de références sont actuellement disponibles sur l'impact agronomique des différentes espèces, notamment à l'échelle de la rotation. Notre travail expérimental a porté sur la caractérisation des flux d'azote induits dans le sol par les différentes cultures de légumineuses et leur valorisation par le blé qui a suivi, en parallèle de la mesure des déterminants de ces flux.

Dix espèces légumineuses ont été cultivées lors de 2 essais bisannuels comprenant des précédents légumineuses (et des précédents céréales faiblement fertilisés) en année N, suivis par une culture de blé, non fertilisée, en année N+1, après enfouissement des résidus des cultures précédentes. Ces essais ont été menés en 2014-2015 et 2016-2017 à Bretenière, sur le site expérimental de l'INRA de Dijon. Le fenu grec, le lupin, la féverole, le pois, la lentille et la vesce commune (et l'orge) ont été semés en mars tandis que le soja, le haricot, le pois chiche et la vesce de Narbonne (et le sorgho) ont été semés en mai.

Les différences de rendement et de quantité d'azote dans les parties aériennes du blé en fonction du précédent ont été évaluées en comparant les précédents légumineuse au précédent céréale, pour chacune des 2 dates de semis des précédents. Les "précédents légumineuses" ont globalement induit un rendement de blé et une quantité d'azote prélevée par le blé supérieur par rapport au "précédent céréale" de référence. L'effet précédent des légumineuses sur le rendement du blé suivant (similaire entre les 2 années) semble plus stable entre années que l'effet précédent des légumineuses sur l'accumulation d'azote par le blé (supérieur en 2017). Parmi les espèces semées en mars, les précédents lentille et féverole ont été meilleurs que les précédents pois et lupin.

Une partie de l'effet précédent des légumineuses est probablement liée à leurs résidus riches en azote. Du fait de leur forte teneur en azote, les résidus de légumineuses se minéralisent plus vite que des pailles de céréales et fournissent par conséquent une quantité d'azote supérieure à la culture de blé suivante. Cette hypothèse a été confirmée par les différences de potentiel de minéralisation de l'azote, mesuré par incubation en conditions contrôlées des résidus des différentes cultures légumineuses.

Des relations positives ont été observées entre rendement ou quantité d'azote du blé et potentiel de minéralisation de l'azote des résidus des cultures précédentes, avec des différences de réponse entre années. Sur l'essai 2014-2015, il semble que le blé n'ait pas valorisé la totalité de l'azote des résidus potentiellement disponible (minéralisation potentielle des résidus de + 9 à 42 kg N ha<sup>-1</sup> associée à un gain d'azote du blé de 0 à 17 kg N, pour les précédents légumineuses, par rapport aux précédents céréales). Ceci peut être en partie imputable aux fortes pertes par lixiviation pendant l'interculture et à l'automne, accentuées en 2014 par les fortes pluies estivales et automnales.

Les pertes d'azote minéral en dehors du système sol-plante (lixiviation) ont été estimées par modélisation pour les différentes espèces et les différentes années. Ces pertes ont été variables pendant la période d'interculture (importantes en situation pluvieuse) et non négligeables pendant la croissance hivernale du blé.

Ces résultats soulignent l'importance d'adapter le système de culture afin de valoriser au mieux la quantité d'azote potentiellement minéralisée par les résidus de culture des légumineuses, et de limiter les pertes, en utilisant des couverts pièges à nitrate en interculture, et/ou en choisissant des cultures qui valorisent bien l'azote à l'automne comme par exemple le colza.

**243.**

**Étude des performances agronomiques de certaines variétés de Vesces (*Vicia sp*) d'origines Maghrébines sous conditions semi aride de Setif**

*Mebarkia, Amar*

Université Setif, Algérie

La présente étude rentre dans le cadre d'un réseau Maghrébin d'amélioration des vesces d'origines maghrébines, durant quatre années d'étude (2009/2010 – 2012/2013) au niveau de la région semi aride de Sétif. En effet, les essais pluriannuels pour l'évaluation et l'adaptation des différentes variétés de vesces est une étape très importante en amélioration des plantes. Cette étude porte sur les performances agronomiques de certaines variétés de vesces (*Vicia sp*) à travers les paramètres de production en matière sèche et en grains. Les résultats obtenus indiquent des différences significatives de rendements en matière sèche et en grains entre les différentes variétés de vesce qui s'explique par la présence d'une interaction génotype x année. Les variétés Algériennes se sont montrées plus performantes en rendement grains durant les quatre années d'étude avec des moyennes de 14 qx/ha, en revanche pour le rendement en matière sèche, la variété Marocaine en l'occurrence Yamama s'est montrée la plus importante avec des moyennes de rendement de 18 qx/ha. Les corrélations positives entre les rendements en matière sèche ( $r=0.57$ ) et en grains ( $r=0.76$ ) avec la floraison montrent que les variétés tardives sont les plus productives en fourrage et en grains.

**201.**

## **Optimisation de la culture biologique de la lentille en Suède**

*Carton, Nicolas; Carlsson, Georg*

SLU, Suède

La lentille est un légume sec perçu par les consommateurs·trices comme bon pour la santé, savoureux et facile à cuisiner. La transition vers des régimes alimentaires basés majoritairement sur des produits végétaux produits localement et moins sur des produits importés et des produits animaux est nécessaire pour réduire les émissions de gaz à effets de serre liés à l'alimentation et augmenter l'efficacité d'utilisation des ressources des systèmes alimentaires. De plus, la culture de la lentille peut participer à la diversification des assolements. Cependant en Suède comme dans de nombreux pays européens la quasi-totalité de la consommation de lentilles est importée, alors que les conditions pédoclimatiques sont favorables à sa culture sur d'importantes surfaces.

La lentille verse facilement et est peu compétitive vis-à-vis des adventices. L'association avec une autre culture est donc vue comme un moyen de contourner les problèmes d'envahissement par les adventices (en particulier en Agriculture Biologique) et de pertes de graines à la récolte. Deux projets suédois démarrés en 2017 visent à acquérir des connaissances pour améliorer la stabilité du rendement de la lentille. Nos résultats mettront en avant les pratiques culturales optimisant les performances de rentabilité économique, de compétitivité vis-à-vis des adventices et d'effet précédent.

Nous conduisons des expérimentations en microparcelles répétées trois années sur deux sites pour évaluer l'association de la lentille avec des cultures compagnes (avoine et lupin), l'effet de la densité de semis de l'avoine, du choix de la variété et des techniques de désherbage mécanique.

Les résultats de la première année du projet confirment que la culture associée lentille-avoine réduit la biomasse des adventices, de 70% dans des conditions de forte pression des adventices. Les rendements de la lentille ont été relativement faibles, autour de 3 à 4 q/ha. L'association avec l'avoine n'a pas réduit le rendement de la lentille et a même eu un effet positif, jusqu'à le multiplier par deux sur un des deux sites. Cette augmentation serait principalement due à une augmentation de la proportion de grains récoltés grâce à l'effet tuteur de la céréale qui semble avoir limité la verse de la lentille. L'avoine a produit autour de 40 q/ha sur le site à forte pression d'adventices (sol riche et profond) et autour de 7 q/ha sur le deuxième site (sol plus sableux). Nous n'avons pas observé d'effet bénéfique d'un passage de herse étrille pour réduire la biomasse des adventices à maturité et ce désherbage mécanique a eu plutôt tendance à réduire le rendement de la lentille et de l'avoine. Sur un site, l'ajout de lupin en association avec la lentille a plus que doublé le rendement de la lentille par rapport à la culture pure. La culture associée lentille-lupin-avoine a eu tendance à produire plus de biomasse et à mieux contrôler les adventices que les cultures pures et les associations binaires.

Nous allons également quantifier la fixation symbiotique d'azote par la lentille, pour laquelle l'effet de la culture associée est jusqu'ici inconnu dans les conditions suédoises et évaluer l'effet précédent de la lentille pure et des associations. Nous évaluerons aussi la qualité nutritionnelle de la récolte (concentration en protéines, folate, fibres nutritives et éléments minéraux). Les résultats de ces travaux en cours vont augmenter la base de connaissances requises pour la production de lentilles biologiques suédoises, ce qui donnera l'opportunité à un plus grand nombre d'agriculteurs·trices de profiter de la demande croissante en

légumes secs biologiques et locaux. Les réponses trouvées pour faciliter la mise en œuvre et les performances des associations de cultures pourront également inspirer des producteurs·trices de légumes secs dans d'autres régions d'Europe.

**202.**

## **CA-SYS : Plateforme collaborative d'expérimentation multi-échelles en agroécologie**

*Deytieux, Violaine (2); Voisin, Anne-Sophie (1); Burstin, Judith (1); Marget, Pascal (2); Munier-Jolain, Nicolas (1); Cordeau, Stéphane (1)*

1: Agroécologie, AgroSup Dijon, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France;

2: INRA, UE115 Domaine Expérimental d'Epoisses, F-21000 Dijon, France

L'agroécologie propose de valoriser les services rendus par la biodiversité cultivée et sauvage au profit d'une agriculture multi-performante. Maximiser cette diversité biologique nécessite de reconcevoir en profondeur les systèmes de production en intégrant à la fois les systèmes de culture pour gérer les parcelles cultivées et leur voisinage (bandes enherbées, bandes fleuries, haies, ...).

La plateforme CA-SYS est une plateforme de recherche et d'expérimentation, collaborative, pour expérimenter l'agroécologie à différentes échelles, située sur le domaine expérimental INRA à Bretenière (21). CA-SYS propose de tester sur 125 ha de grandes cultures une diversité de systèmes agroécologiques, tous sans pesticides, afin d'éprouver la pertinence de la réduction d'usage des intrants de synthèse au profit d'une valorisation des interactions biotiques au sein d'un environnement parcellaire riche en infrastructures paysagères.

Les objectifs de la plateforme sont pluriels : (i) compréhension des processus biologiques inhérents à une conduite agroécologique ; (ii) conception et évaluation de systèmes agroécologiques ; (iii) étude de la transition vers ces systèmes depuis un état initial finement caractérisé ; (iv) sélection de variétés adaptées ; (v) développement et renouvellement des méthodes expérimentales.

Quatre systèmes de culture sont testés, relevant deux voies agricoles pertinentes pour adresser les enjeux de l'agroécologie : l'une fondée sur des stratégies mobilisant différentes opérations de travail du sol (labour occasionnel, faux-semis, désherbage mécanique) ; l'autre, fondée sur une stratégie par semis direct sous couvert. Ces deux options mobilisent la diversité cultivée de manière temporelle (à l'échelle de la succession culturale) et spatiale (mélanges d'espèces et/ou de variétés). Les légumineuses occupent un rôle central dans cette diversité cultivée : en acquérant l'azote grâce à une symbiose avec des bactéries du sol fixatrices d'azote atmosphérique, et en fournissant de l'azote au sol -par le biais de leurs résidus de culture riches en azote, elles permettent d'économiser l'usage des intrants azotés à différents moments du cycle de l'agroécosystème et de limiter les impacts négatifs qui y sont associés. En tant que culture rare dans les systèmes de culture actuels, elles contribuent à diversifier les familles botaniques cultivées et les périodes de semis. Ceci contribue à défavoriser le développement des bioagresseurs problématiques des systèmes de cultures peu diversifiés (maladies, adventices, etc). L'introduction des légumineuses est raisonnée pour valoriser les différentes propriétés de ces espèces soit en culture pure (féverole), soit en association avec des céréales (blé tendre/pois d'hiver, orge/pois de printemps), soit en tant que plante de service dans des cultures de rente ou dans des couverts d'interculture.

Une des originalités de la plateforme CA-SYS réside également dans la combinaison de deux approches expérimentales : une approche système pour concevoir et évaluer des systèmes agroécologiques, une approche factorielle pour acquérir une meilleure compréhension sur les processus en jeu dans des systèmes agroécologiques (interactions bénéfiques plante/microorganismes), sélectionner du matériel végétal adapté

à des conduites agroécologiques, comprendre l'effet de certaines pratiques (ex: essai modes de destruction de couverts végétaux). Ainsi chaque parcelle comprend une zone de suivi long terme et une zone dédiée à des expérimentations factorielles. Différents dispositifs factoriels dédiés aux légumineuses sont d'ores et déjà envisagés : des expérimentations support de programmes de sélection sur les légumineuses pour évaluer du matériel végétal dans différents contextes agroécologiques, des expérimentations de différents types d'associations céréales/légumineuses pour identifier les associations (espèces et variétés) les plus performantes.

La mise en œuvre des principes agroécologiques sera engagée à l'échelle du domaine expérimental dès l'automne 2018, via la modification des pratiques culturales mais aussi l'implantation d'infrastructures agroécologiques sur des surfaces dédiées, avec l'objectif à 10 ans d'atteindre une rentabilité et une productivité équivalentes aux systèmes pratiqués classiquement par les agriculteurs voisins.

**130.**

## **Diagnostic nodulaire pour l'ingénierie écologique de la fixation symbiotique de l'azote chez les légumineuses**

*Lazali, Mohamed (1); Brahimi, Samira (1); Drevon, Jean Jacques (2)*

1: Laboratoire de recherche ERP, Université de Khemis Miliana - Algérie; 2: Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), UMR Ecologie Fonctionnelle & Biogéochimie des Sols et Agroécosystèmes, INRA-IRD-CIRAD-SupAgro Montpellier, France

La capacité de fixation symbiotique du diazote atmosphérique (FSN) avec les rhizobia confère aux légumineuses des rôles essentiels dans l'agriculture sur la base de leur économie d'intrant azoté et de conservation de la fertilité des sols, tout en préservant la productivité des cultures. Mais dans les agro-écosystèmes, la FSN est généralement limitée par des contraintes environnementales, en particulier édaphiques (Drevon et al., 2011). Afin d'évaluer ces dernières in campo, le diagnostic nodulaire a été développé avec le haricot comme légumineuse à graine modèle et source majeure de protéines végétales pour la nutrition humaine mondiale. Il a révélé une grande variation spatio-temporelle de la nodulation de légumineuses en zones méditerranéennes et tropicales. Il interagit avec une ingénierie des microbes bénéfiques en agriculture par l'évaluation participative des lignées recombinantes de haricot contrastantes pour leur efficacité l'utilisation du phosphore (EUP) pour la FSN (Lazali et al., 2016). Il a ainsi été montré que la faible nodulation du haricot en sol déficient en P peut être partiellement compensée par l'augmentation de leur EUP pour FSN et leur subséquente efficacité l'utilisation de la symbiose rhizobienne (EUSR), estimée par la pente du modèle de régression de la biomasse aérienne en fonction de la biomasse nodulaire. Nous concluons que le diagnostic nodulaire représente une démarche innovante pour l'évaluation de la variabilité spatiale de la nodulation de légumineuses dans les agro-écosystèmes, et guider le choix des pratiques agronomiques pour améliorer la FSN des légumineuses, dont leur inoculation raisonnée localement, si possible avec précision sur la base de rhizobia locaux efficaces.

Mots clés : agroécosystèmes, contraintes abiotiques, fertilité du sol, légumineuses, symbiose.

Références :

Drevon et al. (2011) Proc Environ Sci 9 : 40–46

Lazali et al. (2016) Eur J Soil Biol 73:100–107



**159.**

**PROGRAILIVE : projet de recherche et d'expérimentation pour sécuriser et augmenter la production de protéagineux à graines pour les élevages de l'ouest de la France**

*Lehérissey, Solen; Cassagnes, Marie-Pierre*

Pôle Agronomique Ouest, France

SOS PROTEIN (Sustain Our Self sufficiency Protein Research to Overcome the Trend of European Import Needs) est un programme de recherche et d'expérimentation inter-régional (Bretagne - Pays de la Loire), porté par le Pôle Agronomique Ouest et articulé autour de 4 axes de recherche :

- > Sécuriser et augmenter la production de pois, lupin, féverole à graines : projet PROGRAILIVE
- > Produire des fourrages riches en protéines : projet 4AGEPROD
- > Optimiser l'utilisation digestive des aliments : projet DY+
- > Comprendre, à l'échelle de l'exploitation, du territoire et des filières, les enjeux et conséquences d'une augmentation de l'autonomie protéique des élevages : projet TERUnic

Le projet PROGRAILIVE, d'une durée de 48 mois, a démarré en janvier 2016 et présente un coût de 2,6 millions d'€. Les financeurs publics qui accompagnent ce projet sont le FEADER PEI – AGRI et le Conseil Régional de Bretagne.

L'objectif du projet PROGRAILIVE est de sécuriser et d'augmenter la production de protéagineux à graines pour les élevages de l'ouest de la France (Bretagne - Pays de la Loire). Les protéagineux ciblés sont le pois, le lupin et la féverole en agriculture biologique et conventionnelle.

Ce projet de recherche et d'expérimentation est centré sur les attentes des agriculteurs du territoire et à ce titre, une des clés d'entrée pour sécuriser la production des protéagineux est de travailler sur ces cultures en association avec une plante compagne. Pour répondre aux objectifs du projet, les partenaires du projet PROGRAILIVE ont décidé, collectivement, de l'organiser autour de 5 sous-projets (SP) :

- SP1 : Sérifier les déterminants au déploiement de ces cultures en suivant et observant les pratiques agricoles du territoire ;

Coordination : Caroline Cocoual (Chambre d'agriculture de Bretagne)

- SP2 : Déverrouiller le déploiement de ces cultures en expérimentant et testant plusieurs solutions en stations expérimentales, chez les agriculteurs et dans les lycées pour former les agriculteurs de demain ;

Coordination : Aline Vandewalle (Chambre d'agriculture des Pays de la Loire)

- SP3 : Diagnostiquer, comprendre et proposer des solutions face à la problématique des maladies spécifiques de ces cultures ;

Coordination : Anne Moussart (Terres Inovia)

- SP4 : Optimiser la culture du lupin en limitant le salissement de la parcelle par les adventices (étude des interactions induites par des associations lupin / autre plante) ;

Coordination : Guillaume Piva (Groupe ESA – LEVA)

- SP5 : Etudier et suivre les populations des ravageurs et auxiliaires des cultures de pois, lupins et féveroles dans un contexte de cultures en association.

Coordination : Bruno Jaloux (Agrocampus Ouest)

Chaque sous-projet va faire l'objet d'une proposition de communication aux RFL#2.

PROGRAILIVE, projet multi-partenarial coordonné par le Pôle Agronomique Ouest, implique :

- des ACTEURS ECONOMIQUES :

Terrena Innovation, SA Pinault Bio, Groupe d'Aucy, Caliance, CAVAC, Triskalia, Jouffray-Drillaud

- des ORGANISMES PROFESSIONNELS AGRICOLES :

Chambres d'agriculture de Bretagne et des Pays de la Loire, FRCUMA Ouest, Réseaux RAD-CIVAM, Réseaux CAB-GAB

- des ORGANISMES DE RECHERCHE ET DE FORMATION :

Agrocampus Ouest, Inra de Rennes, Groupe ESA-LEVA, UBO-LUBEM, Vegenov, Terres Inovia et 4 lycées agricoles : Bréhoulou, Saint-Aubin-du-Cormier, Laval et La-Roche-sur-Yon.

**122.**

## **La Culture du Mucuna comme herbifuge naturel.**

Gnikobou, Tanquy

Les Jardins de l'Espoir, Bénin

Au Bénin, comme dans la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest la question du désherbage est un problème récurrent chez nos paysans aujourd'hui. Avec le phénomène d'exode rural qui ne cesse de continuer, les champs se désertent. Face à cela, plusieurs paysans s'adonnent à l'utilisation des herbicides chimiques à base du glyphosate dont le plus connu est le Round Up de Monsanto qui est exposé sur les étalages de nos marchés comme des petits biscuits. Ces herbicides ont des conséquences sur la Santé : cancérigènes et troubles de la reproduction etc.

Quelle alternative naturelle bénéfique à ces herbicides chimiques ? C'est la question fondamentale de notre recherche alternative et participative. Au sein de AgroEcolab, notre Fab Lab 100 % Agroécologie, Nous avons expérimenté la culture du Mucuna pruriens connu plus localement sous le nom de Mucuna.

En effet, le mucuna est une légumineuse annuelle rampante et grimpante lorsqu'elle est mise à côté d'un tuteur, elle peut profiter d'un voisinage pour s'en servir comme tuteur. Sa longueur varie de 0,30 m à 0,80m, et est cultivé pour son fourrage de bonne qualité, ses graines.

Le premier axe de recherche a porté sur la capacité du Mucuna à éradiquer l'enherbement. Le second axe quant à lui a mis un accent sur les autres avantages du mucuna pour une réelle appropriation des populations.

Les résultats sont satisfaisant : au-delà de son effet protecteur contre l'érosion et les « mauvaises herbes », la culture du Mucuna influence directement les apports d'eau et la fertilité du sol et, ce faisant, cela favorise nettement la vie biologique.

Nous sommes en train de travailler désormais sur une meilleure consommation du Mucuna par les populations vu l'arrivée très bientôt du Niébé Bt sur nos marchés par les firmes comme Monsanto.

**127.**

## **Organisation de la chaîne de valeur de la culture associée de pois et de blé :**

### **Participation du projet DIVERIMPACTS**

*Roiseux, Olivier (1); Jamar, Daniel (2)*

1: Walagri, Belgique; 2: Centre wallon de Recherches Agronomiques

La diversification des cultures, et plus particulièrement l'intégration des légumineuses dans la rotation, passe par la création de valeur dans la filière de valorisation.

La culture associée du pois protéagineux et du blé a montré son potentiel au niveau agronomique. En Belgique, cette culture est la plus productive en terme de protéines végétales consommables en alimentation humaine.

Néanmoins, de nombreux obstacles existent dans la chaîne de valeur empêchant la montée en échelle de la culture.

Ces obstacles ont été identifiés à différents niveaux : agronomique, organisationnel, industries de transformation, consommateurs et législateur.

Au niveau agronomique, des questions subsistent à propos du positionnement de cette culture associée dans la rotation et en fonction du type d'agriculture (raisonnée, biologique, ...). Les conseillers et la recherche agronomique (variétés, intrants, ...) doivent également s'adapter.

Au niveau de l'organisation de la filière, les règles contractuelles, ainsi que les contraintes logistiques doivent être prises en compte. L'objectif étant de valoriser le pois et le blé dans 2 filières spécifiques, les opérations de triage - séparation doivent être optimisées, d'autant plus que certaines voies de valorisation du pois exigent une qualité gluten-free.

Les industries de transformation peuvent par exemple valoriser une meilleure qualité physique du pois ou une teneur plus élevée en protéines pour le blé.

Enfin, la valorisation des services éco-systémiques rendus par l'association d'une légumineuse et d'une céréale constitue le point central de notre analyse. Pour donner une valeur à ces services et ainsi à toute la filière, 3 possibilités doivent être envisagées : les consommateurs avertis prêts à payer plus cher leurs aliments, les avantages agronomiques directs ou indirects rendus à l'agriculteur et le législateur intervenant au titre de l'intérêt publique, par exemple dans le cas de MAEC.

**257.**

### **Traque et analyse de systèmes avec légumineuses en Bourgogne-Franche-Comté pour produire des références pour l'action**

*Laroche, Candice (1); Saint-Jalmes, Manon (4); Petit, Marie-Sophie (1); Queyrel, Wilfried (2); Jeuffroy, Marie-Hélène (3)*

1: Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne-Franche-Comté, France; 2: AgroSup Dijon; 3: INRA Grignon; 4: AgroParisTech

Les cultures de légumineuses sont peu cultivées en France alors qu'elles présentent de nombreux bénéfices agronomiques et peuvent permettre de diversifier les assolements agricoles et ainsi aboutir à la mise en place de systèmes agricoles durables. Cette étude s'intègre dans le projet Pour et Sur le Développement Régional ProSys de la région Bourgogne - Franche-Comté, dont la Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne - Franche-Comté est partenaire ainsi que dans le cadre du Réseau Mixte Technologique Systèmes de culture innovants, dont l'animation est portée par la Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne - Franche-Comté. Le but de cette étude est de repérer et d'analyser des systèmes intégrant des légumineuses en Bourgogne - Franche-Comté. Pour cela, la démarche suivie est celle de la traque à l'innovation. L'objectif est de trouver des agriculteurs satisfaits des cultures de légumineuses dans des systèmes de polyculture ou de polyculture-élevage, d'analyser les systèmes de ces agriculteurs pour produire des connaissances et des références qui peuvent être utiles pour des conseillers agricoles ou d'autres agriculteurs. Ainsi en contactant les conseillers agricoles des Chambres Départementales d'Agriculture de Bourgogne - Franche-Comté, 24 contacts d'agriculteurs ont été recueillis. 13 d'entre eux ont été enquêtés de manière à comprendre : leurs motivations à cultiver des légumineuses, leurs objectifs et critères de satisfactions qu'ils attendent de ces cultures, les pratiques qu'ils mettent en place pour répondre à ces objectifs et les adaptations réalisées à l'échelle de la succession de cultures et de l'exploitation agricole suite à l'intégration des cultures de légumineuses dans leur assolement. Les éléments avec légumineuses enquêtés ont été analysés en fonction des objectifs de l'agriculteur, les stratégies de maîtrise de la production et les services rendus par ces cultures ainsi que les résultats attendus par l'agriculteur. Une production de références a été réalisée pour certains éléments repérés dont les informations étaient précises et les systèmes des agriculteurs stabilisés.

293.

**FIELD FORECASTING TOOL® : une application web basée sur un modèle de culture mécaniste pour aider les cultivateurs de soja dans la prise de décision pro-activ**

*Pinet, Amélie (1); Bécel, Carole (1); Bezzou, Kamel (1); Bourget, Romain (1); Radoszycki, Julia (1); Zaka, Serge (1); Kinnard, John (2); Wipperfurth, Joel (2); Moreau, Pierre (1); Bsaibes, Aline (1)*

1: ITK; 2: Winfield United

ITK collabore avec Winfield United ® pour développer une application web, Field Forecasting Tool® (FFT), pour appuyer et améliorer la prise de décision dans les cultures de maïs, soja et blé pour les distributeurs et les cultivateurs. FFT fournit des informations aux cultivateurs pour les aider à optimiser leur retour sur investissement en adaptant leurs pratiques de manière pro-active tout au long de la saison. Concernant le modèle soja, il inclut la simulation des stades phénologiques, de la croissance des feuilles, de la production de biomasse, de l'absorption d'eau, de nitrogène et de potassium, et leur allocation entre les différents organes. Ce modèle plante est couplé avec un modèle météorologique et un modèle de sol qui prédit les quantités de nitrogène, potassium et eau disponibles dans la zone racinaire. Notre modèle est le premier à combiner les effets des stress azoté, potassé et hydrique sur la croissance du soja et son développement. La croissance de la plante est simulée de manière journalière sous conditions potentielles (sans aucun stress azoté, potassé ou hydrique), puis la perte de rendement (le rendement qui ne peut pas être retrouvé à cause des stress passés), et le rendement atteignable (qui peut être atteint si la culture ne subit plus aucun stress jusqu'à la récolte) sont calculés pour permettre aux cultivateurs d'ajuster leurs pratiques en saison. Au cours de la saison, le modèle est ajusté par des mesures de contenu foliaire en azote et potassium sur des échantillons de pétioles, et par les dates observées des stades phénologiques, dans le but d'améliorer les prédictions. Le principal challenge dans le développement d'un tel modèle de culture pour une utilisation opérationnelle est d'obtenir une bonne qualité de prédiction et un modèle robuste tout en demandant peu de données d'entrée aux utilisateurs. Notre modèle a été calibré et évalué sur 431 localisations aux Etats-Unis, couvrant les groupes de maturité 1 à 5. Dans les jeux de données de calibration et évaluation, la RRMSE est de l'ordre de 20%, prouvant la robustesse du modèle. Aujourd'hui, la variabilité génotypique est prise en compte dans le modèle via l'effet du groupe de maturité sur la phénologie, la croissance des feuilles et la production de biomasse. Nous aimerions améliorer la robustesse du modèle en affinant sa spécificité variétale avec les dernières avancées sur la cartographie QTL.

#### Références

- Setiyono, T.D., A. Weiss, J. Specht, A.M. Bastidas, K.G. Cassman, and A. Dobermann. 2007. "Understanding and Modeling the Effect of Temperature and Daylength on Soybean Phenology under High-Yield Conditions." *Field Crops Research* 100 (2–3): 257–71. doi:10.1016/j.fcr.2006.07.011.
- Sinclair, T.R., N. Neumaier, J.R.B. Farias, and A.L. Nepomuceno. 2005. "Comparison of Vegetative Development in Soybean Cultivars for Low-Latitude Environments." *Field Crops Research* 92 (1): 53–59. doi:10.1016/j.fcr.2004.08.008

- Brisson, N. et al. (2008). Conceptual basis, formalizations and parameterization of the STICS crop model. Editions Quae, 297pp
- Sinclair, TR, and CT d. Wit. 1976. "Analysis of the Carbon and Nitrogen Limitations to Soybean Yield." *Agronomy Journal* 68 (2): 319–24. doi:10.2134/agronj1976.00021962006800020021x.

**164.**

### **Produire des légumineuses biologiques à destination de l'alimentation humaine en Bretagne**

Cocoual, Caroline

Chambre d'Agriculture de Bretagne, France;

Traditionnellement, la Bretagne n'est pas une région productrice de légumineuses à graines mais la demande en protéine d'origine végétale est en pleine croissance. Les surfaces implantées sont faibles, voire inexistantes pour certaines et les connaissances techniques sont peu étoffées. Des références techniques existent pour ces légumineuses, mais elles sont adaptées à des territoires très différents d'un point de vue sol et climat. Un travail d'acquisition de références est nécessaire, pour ensuite diffuser l'information technique aux différents acteurs de la filière.

Le travail d'après récolte est également méconnu en Bretagne : les solutions de séchage, tri et surtout les opérations de casse (pois cassé) et décortilage (lentille corail) ne sont pas pratiquées sur le secteur. Un travail d'investigation important est à conduire sur ce volet.

Un groupe d'agriculteurs accompagné par la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne a décidé de développer cette filière, notamment sur les cultures de lentille corail, pois chiche, pois cassé et haricot rouge pour lesquels des débouchés en transformation existent localement. Ils ont plusieurs objectifs :

1. Découvrir en Bretagne les cultures de lentille corail, pois chiche, pois cassé et haricot rouge ainsi que leurs intérêts en termes de diversification des cultures
2. Etudier les itinéraires techniques de ces cultures en Bretagne Sud avec des pratiques agroécologiques et un collectif d'agriculteurs bio pionniers
3. Adapter des solutions de séchage, tri, calibrage, et conditionnement de ces légumineuses en lien avec les récoltes des producteurs
4. Evaluer la multi-performance de ces 4 cultures : intérêt économique, temps et répartition du travail, environnement
5. Structurer une filière autour de ce thème en fonction des résultats des 3 premiers objectifs : mise en relation des producteurs, transformateurs, acheteurs
6. Communiquer autour des légumineuses à graines (itinéraires techniques, résultats économiques pour le producteur, transformation, stockage, élaboration de produits finis, intérêts nutritionnels) auprès des agriculteurs, organismes stockeurs, transformateurs et consommateurs.



Nous souhaitons présenter ce projet de filière démarré au printemps 2017 lors des rencontres francophones des légumineuses.

**107.**

## **Place des légumineuses dans la conduite de l'alimentation dans les exploitations d'élevage bovin de la région de plaine du Cheliff (Algérie)**

Sadoud, Mohamed

Université H.Benbouali de Chlef, Algérie

L'élevage bovin en Algérie connaît des contraintes techniques et économiques qui entravent son développement et se manifeste surtout par la forte dépendance (importations d'aliments du bétail). L'échantillon étudié se compose d'exploitations et d'exploitants situées dans la plaine du moyen Cheliff, plus connus sous la dénomination "périmètre irrigué du moyen Cheliff"; ce qui offre la possibilité de pratiquer un élevage bovin de type intensif avec possibilité de cultiver des fourrages, l'existence d'un réseau routier dense facilite l'accès à ces exploitations; la proximité des principales structures d'appui à l'agriculture facilite l'approvisionnement en intrants (aliments du bétail) et la commercialisation des produits animaux (marchés à bestiaux). Nous nous sommes intéressés dans ce travail à la conduite alimentaire pratiquée par 17 élevages enquêtés, avec un effectif total de 208 têtes bovines, dont 117 VL et une moyenne de 6 vaches par exploitation. La totalité du cheptel est constitué de race Pie Rouge et Pie Noire. Les exploitations pratiquant l'élevage sont de petites et moyennes tailles, du fait que 82% d'entre elles détiennent un effectif allant de 1 à 5 VL et le reste ont plus de 17 VL.

L'étude de la conduite alimentaire nous amène surtout à apprécier des cultures fourragères, la part des légumineuses dans la ration alimentaire, ainsi que la part des aliments produits et achetés sur le marché.

Les calendriers alimentaires sont déduits à travers l'approche des systèmes fourragers des différentes exploitations. Les principales cultures fourragères pratiquées par les éleveurs sont : l'avoine, bersim, le sorgho, l'orge en vert et le maïs. En effet, la culture du bersim a fait ses preuves en Algérie et occupe une place importante dans l'alimentation animale, introduite depuis 1894 (Trabut, 1923). Les deux espèces fourragères qui sont cultivées en vert, le bersim et le sorgho. Ce sont les cultures fourragères les plus pratiquées par les éleveurs de la région. Le bersim est cultivé en sec et en irrigué. La mise en place de la culture est effectuée de la mi-août à la mi-septembre pour rentrer en production à partir du mois de novembre et être exploitée jusqu'au mois de juin. Par contre la culture en sec n'est mise en place que plus tard (mois de novembre) pour ne rentrer en production qu'à partir du mois de janvier et exploitée jusqu'au mois de juin. Quant au sorgho, il contribue à la ration du mois de juin à septembre, l'avoine est l'aliment grossier le plus utilisé par les éleveurs et il est distribué tout au long de l'année. A côté de l'avoine, la paille d'orge ou de blé est utilisée durant toute l'année par la majorité des éleveurs.

Cependant, l'avoine, le bersim, le sorgho et la vesce sont utilisées respectivement par 70%, 25%, 24% et 19% des éleveurs enquêtés.

**291.**

### **Digestibilité de la féverole entière ou dépelliculée chez le poulet de chair**

*Tormo, Elodie (1); Lessire, Michel (2); Carré, Patrick (3); Peyronnet, Corinne (1); Juin, Hervé (4)*

1: TERRES UNIVIA - Paris, France; 2: URA, INRA – 37380 Nouzilly, France; 3: OLEAD – 33600 Pessac, France; 4: EASM, INRA – 17700 Saint Pierre d'Amilly, France

La féverole est une matière première bien adaptée à l'alimentation des volailles, en raison de sa teneur et de la composition de sa protéine (26 à 30% MS, riche en lysine en particulier). Cependant, sa teneur élevée en fibres et la présence de facteurs antinutritionnels (tanins, vicine et convicine), lui confèrent une digestibilité moyenne chez le poulet. Le dépelliculage représente une voie d'amélioration possible. La digestibilité de 5 variétés de féveroles a été mesurée in vivo chez le poulet de chair : trois féveroles à faible teneur en vicine et convicine – Fabelle (récolte 2014), Tiffany (2015) et Lady (2015) - et deux féveroles classiques – Fanfare et Espresso (récolte 2015, deux lieux de culture). Deux séries de bilan digestifs ont été réalisées, avec 4 lots par série ; chaque lot de féverole a été divisé en deux sous-lots dont l'un a été dépelliculé à l'atelier pilote de transformation des oléoprotéagineux OLEAD. Le dépelliculage a entraîné une augmentation de la teneur en protéines de 1,4 à 3,9 points et 2,0 à 4,1 points dans les séries 1 et 2 respectivement, les variétés présentant des aptitudes au dépelliculage différentes. Les résultats de digestibilité font ressortir un effet positif du dépelliculage sur la teneur en EMAN de 95 à 368 kcal/kg MS et de 322 à 633 kcal/kg MS. La digestibilité des protéines a également augmenté de 0,8 à 5,6 points et de 4,5 à 5,3 points, pour les séries 1 et 2 respectivement. La présence de vicine et convicine n'affecte pas les valeurs de digestibilité des protéines mais diminue significativement l'EMAN des féveroles. Les valeurs de digestibilité de l'énergie et des protéines sont corrélées avec les teneurs en protéines et en NDF des graines avant et après dépelliculage. Les relations intra-lot les plus performantes ayant été obtenues avec le critère protéines, celui-ci semble être un indicateur cohérent de la qualité du dépelliculage. Une certaine variabilité intra et inter variété reste inexplicée et pourrait être reliée à la composition structurale des fibres ainsi qu'à la présence de vicine et convicine dans les graines de féveroles.

**292.**

## **Intérêt de féveroles entières et décortiquées à différentes teneurs en protéines dans les aliments composés**

*Tormo, Elodie (1); Le Cadre, Patricia (2); Pressenda, Frédéric (2); Peyronnet, Corinne (1)*

1: Terres Univia , 11 rue de Monceau, Paris; 2: CEREOPA, 16 rue Claude Bernard, Paris

La graine de féverole est une graine de légumineuse riche en protéines et en amidon lui permettant des usages multiples en alimentation animale. Sa richesse en fibres et en facteurs antinutritionnels (tanins et vicine/convicine) représente cependant un frein à son utilisation pour l'alimentation des monogastriques. Le dépelliculage est un traitement mécanique simple et peu coûteux qui, de par l'élimination des constituants pariétaux peu digestibles, concentre les teneurs en protéines et en amidon. De plus l'élimination des tanins présents dans les pellicules permet une meilleure digestibilité des protéines de l'amande. Afin de déterminer l'intérêt potentiel de cette matière première dans les aliments composés, 3 profils de féveroles entières et dépelliculées ont été testés dans le modèle Prospective Aliment du Céréopa (Centre d'Etude et de Recherche sur l'Economie et l'Organisation des Productions Animales). Les teneurs en protéines brutes considérées pour les 3 féveroles entières étaient de 24.2, 26 et 27.7% permettant d'obtenir respectivement des féveroles dépelliculées à 26.8, 28.5 et 30.3% de protéines. Deux contextes de prix ont également été testés avec des ratios tourteau de soja sur blé de 2.46 et 1.57. L'hypothèse de disponibilité de la matière première est de 50kt.

Dans le premier contexte de prix testé (soja/blé = 2.46), l'augmentation de la teneur en protéines des féveroles entières étudiées permet d'augmenter le prix d'intérêt de la matière première de près de 7€/t par point de protéines gagné, soit jusqu'à 24€/t. Le dépelliculage fait faire un bond au prix d'intérêt, celui-ci augmentant de 28,5% à 31,5% selon le taux de protéines initial, soit 77 à 89€/t supplémentaire. Le modèle met en évidence des usages différents selon la matière première. Les féveroles entières sont incorporées majoritairement (jusqu'à 83%) en formulation vaches laitières (standard) en substitution au maïs et au tourteau de colza. Notons que leur utilisation en volailles devient significative (26%), lorsque le taux de protéines atteint près de 28%. Après dépelliculage, les féveroles sont incorporées de 89% à 97% dans des formules volailles non OGM et en particulier dans des formules pondeuses. Dans ce cas, l'incorporation de féverole est accompagnée d'une augmentation de l'incorporation de blé, qui se substituent au maïs et au tourteau de soja non OGM. Le solde est utilisé en porc non OGM.

Dans le second contexte de prix (soja/blé = 1.57), la hausse de la teneur en protéines de la féverole se valorise moins (2.3 €/t par point de protéines). Le dépelliculage induit aussi une augmentation du prix d'intérêt de la féverole plus modérée, de 18% à 29%, soit 38 à 65€/t supplémentaires. Les féveroles dépelliculées sont alors valorisées à 70% dans des formules volailles non OGM et à 30% dans des formules porcs non OGM.

Le dépelliculage apparaît donc comme une opportunité intéressante de valorisation des féveroles en alimentation non OGM des monogastriques. L'intérêt de cette matière première pour les formules pondeuses requiert cependant de sélectionner des variétés en féveroles à faibles teneurs en vicine et convicine pour éviter de réduire le poids moyen des œufs sous l'effet de ce facteur antinutritionnel.

**176.**

## **Caractérisation des graines de soja dans les contrats commerciaux pour l'alimentation humaine**

*Quinsac, Alain (1); Blosserville, Nathalie (2); Jauvion, Vincent (1); Provot, Marc (3); de Saint Denis, Edward (4)*

1: Terres Inovia, France; 2: Terres Univia, France; 3: Laboragro, France; 4: Syndicat de Paris, France

La valorisation des graines de soja en alimentation humaine est conditionnée par certains critères de composition et de qualité visuelle. Pour la campagne 2018, le « Syndicat de Paris du Commerce et des Industries des Grains » a élaboré par consensus avec les opérateurs de la filière française de production de soja (producteurs, collecteurs, instituts techniques, laboratoires, industriels fabricants d'aliments, syndicats professionnels) un addendum pour compléter le contrat type (Formule Incograin) dont l'objectif est d'assurer un équilibre entre les intérêts des acheteurs et des vendeurs.

Ce texte dénommé « Addendum technique N° IX pour la vente des graines de soja crues cultivées dans l'UE », édité le 1er juillet 2018, spécifie les méthodes à utiliser pour les mesures et les contrôles de conformité et, en fonction des bases contractuelles, précise les spécifications pour l'acceptation des lots ainsi que les bonifications ou réfections à appliquer. Les méthodes préconisées sont reconnues par les opérateurs de la filière pour leur valeur technique et opérationnelle et leur adaptation aux besoins. Les normes NF, EN et ISO sont utilisées pour l'échantillonnage (EN ISO 21294) et les déterminations de l'humidité (EN ISO 665 et NF V03 909), de l'huile (EN ISO 659 et NF V03 908), des protéines (EN ISO 5983-2 et EN ISO 16634-1) et des impuretés (EN ISO 658), et font foi en cas de litige. En complément, les analyseurs NIRS qui sont étalonnés et vérifiés annuellement par un réseau de surveillance peuvent être utilisés pour la détermination rapide de l'huile et des protéines. L'intérêt de cet addendum pour le débouché de l'alimentation humaine réside notamment dans la prise en compte de critères sur l'intégrité et la qualité visuelle des graines, et dans la spécification d'une méthode de mesure. Cette méthode (BIPEA 208-1806) permet de distinguer les graines splittées, les graines brisées et pellicules et les graines endommagées, ces dernières comprenant les graines échaudées, tachées, vertes et chauffées.

Pour les campagnes futures, un dialogue entre les différents acteurs de la filière sera nécessaire pour évaluer, améliorer et adapter ces référentiels à la qualité des graines produites et aux besoins de l'industrie. L'intégration et l'harmonisation de ces méthodes dans des normes françaises et internationales devront être poursuivies pour disposer d'outils d'analyse validés et largement reconnus. Les opérateurs de la filière pourront alors valoriser au mieux la qualité des productions, et grâce à des échanges commerciaux facilités, développer les débouchés et sécuriser les approvisionnements des industriels.

Mots-clés : caractérisation, soja, alimentation humaine, contractualisation, normalisation

**262.**

## **Impact de la diversité génétique sur la construction des parois dans une collection de graines de légumineuses**

*Le Gall, Sophie (1); Lollier, Virginie (1); Klein, Anthony (2); Burstin, Judith (2); Duc, Gérard (2); Saulnier, Luc (1); Guillon, Fabienne (1)*

1: INRA, UR1268 BIA, Nantes, France; 2: INRA, UMR AgroEcologie, Dijon, France

Les parois cellulaires sont des structures dynamiques et complexes, localisées en périphérie des cellules végétales et constituées en grande majorité de polysaccharides mais aussi de protéines et, dans certains tissus, de composés phénoliques. Les propriétés physico-chimiques et mécaniques des parois cellulaires définissent de nombreuses fonctions biologiques végétales. Ainsi, les parois cellulaires jouent un rôle important dans le renforcement cellulaire, la communication intercellulaire, les interactions plante-microorganisme (défense cellulaire), etc. Outre ces fonctions biologiques, les parois peuvent fortement impacter les propriétés nutritionnelles et technologiques des aliments et produits transformés.

Dans le domaine de la nutrition/santé, les parois, dont les polysaccharides constituent la grande majorité des fibres alimentaires, sont une variable à prendre en compte pour améliorer la qualité nutritionnelle des matières premières et des produits transformés.

D'un point de vue technologique, les parois jouent un rôle important dans l'aptitude à la transformation des matières premières et notamment des graines. Il existe une variabilité interspécifique de l'aptitude au décorticage et au broyage.

Dans le contexte actuel de transition alimentaire, d'environnement et de santé, des efforts importants sont réalisés afin de développer l'utilisation et l'usage des légumineuses à graines. Ces dernières sont en effet de plus en plus considérées comme des aliments sains avec des effets bénéfiques sur la santé en raison de leur complémentarité nutritionnelle avec les céréales.

Le potentiel nutritionnel des graines de pois se base sur leur niveau élevé en protéines et en fibres. L'amélioration des variétés, des procédés de transformations ou encore la recherche de produits innovants pour satisfaire le consommateur sont autant de pistes actuellement explorées pour augmenter la production et la consommation des légumineuses.

Parallèlement à l'optimisation de la valeur d'usage des protéines et l'amélioration des valeurs gustatives des légumineuses, il y a également de véritables enjeux autour de la fraction parois des téguments et des parois des cotylédons pour améliorer leurs qualités technologiques et nutritionnelles.

Dans ce contexte, nous avons étudié l'impact de la diversité génétique sur la variabilité de composition des parois du tégument et des cotylédons en lien avec les autres constituants majoritaires de la graine de pois en couplant des données issues de caractérisations biochimiques des polymères et des données histologiques.

Nos résultats montrent un impact fort de la sélection de variétés zero-tanins sur l'épaisseur des téguments et l'architecture des parois. De plus, la sélection de variétés riches en protéines entraîne également des modifications architecturales dans les cotylédons avec notamment des modifications structurales de domaines pectiques.

Par la suite, nous étudierons l'impact de ces constructions pariétales sur les propriétés visco-élastiques des tissus et notamment la dureté des graines.

**290.**

**Pois, fève, lupin, soja pour l'alimentation humaine : quelle place dans la littérature scientifique mondiale ?**

*Simon, Noemie (1); Roudier, Nathalie (2); Bouley, Christine (2); Lascialfari, Matteo (3); Chardigny, Jean-Michel (3); Magrini, Marie-Benoît (3)*

1: Terres Univia, France; 2: Orchidali, France; 3: INRA, France

Malgré un élan positif mondial favorisant la consommation des légumineuses, le contexte français reste compliqué avec une crise de la production et une fermeture de marchés historiques, bien qu'opportunistes, en alimentation humaine. L'interprofession Terres Univia a souhaité mieux caractériser les connaissances scientifiques mondiales concernant le débouché alimentation humaine pour ces graines.

Terres Univia a donc mené le projet BIPROL en collaboration avec l'INRA et Orchidali dans le but d'évaluer les niveaux de connaissance et d'identifier les sujets investis et émergents sur le pois, le lupin, la fève et le soja, légumineuses les plus cultivées en France, pour une utilisation en alimentation humaine, de mieux appréhender les verrous et opportunités pour chacune d'entre elles, et in fine d'en dégager des pistes de recherche et thématiques à développer par la filière.

Une analyse bibliométrique de plus de 11000 articles scientifiques publiés au niveau mondial entre 2000 et 2016 a permis d'explorer la place de ces légumineuses en termes de nombre de publications, d'évolution temporelle et de répartition des espèces selon quatre domaines (procédés de transformation/technologies, nutrition/santé, allergénicité, propriétés sensorielles/ acceptabilité consommateur); et d'évaluer la place de la France et de l'Europe dans l'acquisition de connaissances sur ces thématiques, au regard de la production de ces graines et de leur consommation.



209.

## **L'introduction de graines oléo-protéagineuses locales dans l'alimentation des poules pondeuses améliorent la durabilité des élevages ainsi que la qualité de l'œuf**

*Guillevic, Mathieu (1); Juin, Hervé (2); Germain, Antoine (1); Chesneau, Guillaume (1); Lessire, Michel (3)*

1: Valorex, France; 2: INRA EASM, France; 3: INRA URA, France

Les filières avicoles cherchent à s'affranchir de l'importation de tourteau de soja, et d'autres formes de protéine importée, pour répondre aux attentes sociétales en termes de durabilité, de naturalité et de santé. Mais des interrogations relatives aux valeurs des matières premières alternatives locales émergent sur les volets zootechnique, nutritionnel, environnemental, et économique. Dans cet objectif, nous avons cherché à remplacer une partie du tourteau de soja par un mélange de graines oléo-protéagineuses, technologiquement traitées ou non, dans les rations des poules et nous avons évalué ces différents volets.

L'essai a été mené à l'INRA URA (37380) sur 3 lots de poules (Isa-Brown) pendant 3 mois, avec 44 poules/lot. Les principales sources protéiques étaient du soja d'importation (TEMOIN), un mélange féverole-lin 90-10 (GR-NT) et ce même mélange après un traitement thermomécanique adapté (GR-T). Ces mélanges étaient incorporés à 15% dans des rations iso-nutritionnelles (EM: 2800kcal/kg, MAT: 170g/kg, Lysdig: 6,9g/kg). Les performances zootechniques des poules ont été relevées ; les qualités technologique, sensorielle et nutritionnelle des œufs ont été caractérisés. Les impacts environnementaux (ECOALIM) et économique (conjuncture 2017) de ces productions ont été déterminés.

L'incorporation de 15% de graines oléo-protéagineuses en substitution du tourteau de soja a permis de réduire l'incorporation de ce dernier de 45% dans l'aliment. La proportion de protéines apportées par le soja passe de 55% (TEMOIN) à 31% (GR-T) et celle en Lysdig de 74% à 44%, respectivement. Les performances (poids d'œuf, indice de consommation) sont identiques entre les lots TEMOIN et GR-T, une légère dégradation numérique est relevée pour le lot GR-NT. La qualité des œufs (poids du jaune, couleur, résistance de la coquille) ne présente pas de différence significative.

La qualité nutritionnelle des œufs est améliorée par la hausse de 132% des AG n3 dans le lot GR-T par rapport au TEMOIN et de 27% par rapport à GR-T. Le rapport AG n6/n3 passe de 11,3 à 3,8, respectivement (GR-NT = 5,6). La qualité sensorielle des œufs n'est pas significativement différente.

Sur l'approche environnementale, GR-T a un impact positif sur le changement climatique (-32%), la consommation de phosphore (-25%), acidification (-9%) et sur la consommation d'énergie fossile (-11%) ; neutre sur l'eutrophisation (2%) et négatif sur l'occupation des sols (7%) du fait d'un plus faible rendement à l'hectare de ces cultures.

Sur l'approche économique, le surcout de production d'œuf GR-T représente 0,43€/100 œufs, soit +0,026€ sur une boîte de 6 œufs ; ce qui revient à un surcout par habitant de 0,94€ par an, toute forme d'œuf compris.

Ces travaux ont mis en évidence que l'alimentation animale pouvait être aux carrefours des attentes de la filière agricole du producteur aux consommateurs. Il apparait donc possible de limiter l'apport de tourteaux

de soja d'importation dans l'alimentation des poules par l'introduction d'un mélange d'oléo-protéagineux (féverole/lin), sourcés localement, sous réserve d'appliquer les traitements technologiques adaptés.

142.

## **Dynamiques des connaissances et des innovations dans les sciences alimentaires sur les légumineuses: une analyse mondiale des publications scientifiques et des brevets**

*Lascialfari, Matteo (1); Cabanac, Guillaume (3); Crespo, Joan (2); Leiser, Hugues (1); Magrini, Marie-Benoît (1); Plumecocq, Gael (1); Vicente, Jérôme (2)*

1: INRA, France; 2: Université Toulouse 1 Capitole; 3: Université Toulouse 3 Paul Sabatier

La transition vers la durabilité est aujourd'hui un des défis majeurs auxquels les systèmes agroalimentaires sont confrontés. Cette transition demande des changements importants dans les systèmes agroalimentaires. Les légumineuses à graines sont reconnues par les Nations Unies comme un des leviers de cette transition (FAO 2016). Néanmoins, ces espèces sont soumises à un fort verrouillage, leur consommation et production est faible, tout particulièrement en France ou dans d'autres pays (Magrini et al., 2016). Le régime agro-alimentaire dominant des pays occidentaux s'est construit sur le fort développement du soja et du blé comme principales sources de protéines végétales.

Ma thèse s'appuie sur l'idée que des nouvelles connaissances sur les légumineuses et des innovations de produit, sont les facteurs principaux de déverrouillage du système actuel: l'innovation et l'augmentation de la consommation de légumineuses encouragera les producteurs agricoles à les cultiver. Pour étudier les dynamiques des nouvelles connaissances et innovations dans le secteur agro-alimentaire, nous proposons d'analyser la littérature scientifique et les brevets au niveau mondial. L'objectif principal est de comprendre comment la dynamique de construction des connaissances, avec le lien aux brevets, contribue à l'innovation dans le domaine des légumineuses à graines pour l'alimentation humaine, en comparaison avec d'autres espèces comme le soja qui représente, dans les années 2000, 80% des publications scientifiques et des brevets de ce domaine.

Pour conduire l'analyse, on utilise le cadre théorique MLP (Multi-Level Perspective), des méthodes Scientométriques et d'Analyse de réseaux (Jackson, 2010) pour tester l'hypothèse que les connaissances scientifiques radicalement nouvelles se développent d'abord dans des réseaux de connaissance scientifique de niche, pour se diffuser après dans le système scientifique dominant. Leur développement et diffusion, et leur contribution aux brevets, dépend des liens entre ces réseaux et le réseau dominant.

On analysera deux bases de données (1960-2016) : une de publications scientifiques sur les légumineuses et soja extraites du Web of Knowledge, (plus de 100,000) identifiées grâce à des experts en sciences alimentaires, une autre de brevets sur les mêmes espèces (8,000 brevets). On mobilisera l'Analyse de Réseaux pour identifier les paradigmes de recherche dans les réseaux de connaissance (via la co-occurrence de termes scientifiques) et les relations entre les institutions de recherche (via les affiliations des co-auteurs). L'analyse des propriétés structurelles du réseaux permettra d'identifier les réseaux de recherche de niche sur les légumineuses et leurs liens avec le régime scientifique dominant sur le soja. On prendra aussi en compte la géographie de ces liens, pour comprendre la géographie de l'innovation de ces dynamiques de connaissance.

La nouveauté de cette thèse est double : 1) permettra d'enrichir les théories sur la transition vers la durabilité en combinant l'approche MLP, la Scientometrie, l'Analyse de Réseaux et la Géographie de

l'innovation, 2) contribuer à la compréhension des dynamiques de construction de la connaissance scientifique et de l'innovation dans ce domaine, cruciale pour aider les décideurs politiques dans la définition des priorités et des stratégies.

#### Références :

FAO (2016), "Pulses: Nutritious seeds for a sustainable future", FAO, 196 p.  
<http://www.fao.org/documents/card/en/c/3c37a47f-228c-4bdc-b8a5-593759464eb4/>

Magrini, M. B., Anton, M., Cholez, C., Corre-Hellou, G., Duc, G., Jeuffroy, M. H., ... & Walrand, S. (2016). Why are grain-legumes rarely present in cropping systems despite their environmental and nutritional benefits? Analyzing lock-in in the French agrifood system. *Ecological Economics*, 126(C), 152-162.

Geels, F. W. (2004). Understanding system innovations: a critical literature review and a conceptual synthesis. *System innovation and the transition to sustainability: Theory, evidence and policy*, 19-47.

Jackson, M. O. (2010). *Social and economic networks*. Princeton university press.

**188.**

## **La Luzerne : source pertinente et durable de protéines pour tous les animaux d'élevage**

*Baccar, Mariem; Labanca, Honoré; Juncker, Eric*

Trust'ing, France

Pour l'alimentation de ses animaux d'élevage, l'Europe est très dépendante du soja principalement sud-américain. Elle importe chaque année environ 35 millions de tonnes en équivalent tourteau de soja. Pour répondre à une demande constamment croissante, l'extension des surfaces de cette culture se fait au dépend des forêts intertropicales, puissants puits à carbone et réserves de biodiversité.

Pourtant, comparées au soja, les légumineuses fourragères, particulièrement la luzerne, sont beaucoup plus productives en protéines. Chaque hectare de luzerne produit, deux à trois fois plus de protéines que le soja. De plus, la luzerne présente un excellent profil en acides aminés essentiels (lysine, méthionine). Une nutrition à base de luzerne génère des produits animaux plus riches en acides gras polyinsaturés qui font aujourd'hui défaut dans la diète occidentale dominante. En plus des avantages nutritionnels, la culture de la luzerne accroît la biodiversité en augmentant la variété des cultures, elle réduit la consommation de fertilisants chimiques et elle améliore le rendement des cultures qui lui succèdent dans la rotation. Ainsi, la luzerne apparaît comme un atout à la fois à l'alimentation animale et à la préservation de l'environnement.

Cependant, en plus des protéines, la luzerne contient beaucoup de fibres, ce qui constitue un verrou économique quant à son utilisation dans l'alimentation des volailles, des poules et des porcs. Pour dépasser ces limites, notre travail consiste à penser des solutions innovantes pour mieux valoriser la luzerne en alimentation animale. Plus particulièrement, nous cherchons à concevoir des solutions techniques simples, locales, compétitives et durables pour nourrir tous les animaux d'élevage.

Pour profiter de tous les avantages de la luzerne, il est judicieux de séparer les protéines des fibres et de valoriser d'une façon différenciée chacune des fractions. Une machine innovante a été développée dans ce but. Elle sépare directement au champ une fraction riche en protéines d'une autre riche en fibres. Plusieurs essais convaincants ont été réalisés avec cette machine et nous continuons de travailler aujourd'hui sur l'amélioration de ses performances. La fraction riche en protéine, parép (Partie Aérienne Riche en Protéines), est essentiellement composée de feuilles et son taux de fibres est faible. La parép a une teneur en protéines élevée (27% Matière Azotée Totale sur Masse Sèche). Sa qualité supérieure est indépendante du stade de la culture et du nombre de coupe. Cette fraction adaptée à la nutrition des monogastriques (porcs, volailles et poules), peut être distribuée en vert. Pour nourrir les animaux toute l'année, elle peut être séchée (déshydratée, séchée en grange) ou conservée sous la forme d'ensilages particuliers. Ces ensilages sont obtenus après mélange de la parép avec un autre aliment (maïs grain humide, maïs épi, ensilage de maïs, graines broyées de triticale, blé, son, etc.), pour augmenter suffisamment la teneur en matière sèche de l'assemblage et permettre une bonne fermentation sans perte de jus. Des essais d'appétence de ces ensilages ont été réalisés avec l'INRA. La fraction riche en fibres comporte principalement les tiges. Elle sèche facilement et rapidement au champ. Différentes utilisations sont possibles pour cette fraction à commencer par l'alimentation des ruminants ou des chevaux ou encore le stockage de carbone et l'amélioration de la fertilité des sols.

La technique de fractionnement de la récolte apparaît comme une alternative particulièrement pertinente pour la revalorisation de la luzerne dans l'alimentation animale. En plus de l'amélioration de l'autonomie protéique des élevages, cette technique permet à plus grande échelle d'améliorer la balance commerciale des pays et la réduction de l'empreinte carbone tant au niveau de la production agricole que de sa transformation et de son utilisation.

**151.**

## **Phytases endogènes : un outil pour réduire l'acide phytique des mélanges blé-pois**

*Chouchène, Alaeddine; Micard, Valérie; Lullien-Pellerin, Valérie*

IATE, INRA, Montpellier SupAgro, Université de Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

Les graines de légumineuses ont une teneur élevée en protéines (20-40%) et sont une source non négligeable de fibres et de minéraux (fer, zinc, calcium..). En raison de leur forte teneur en protéines, elles constituent une alternative intéressante aux protéines animales. Si les protéines des légumineuses sont généralement riches en acides aminés indispensables et en particulier en lysine, elles sont cependant déficitaires en acides aminés soufrés (cystéine et méthionine) et en tryptophane. Leur association avec les céréales permet d'assurer un apport équilibré en acides aminés.

Malgré leurs atouts nutritionnels, les graines de légumineuses contiennent cependant des facteurs antinutritionnels (FAN) tels que les inhibiteurs trypsiques, les lectines, les  $\alpha$ -galactosides, les tanins et l'acide phytique. Ces FAN peuvent entraîner une réduction de la digestibilité et de la biodisponibilité de macro- ou micro-nutriments ou être responsable de désordres intestinaux. L'acide phytique est ainsi reconnu comme inhibiteur potentiel de la biodisponibilité du Fer et du Zinc. Cependant, si la plupart des FAN peuvent être éliminés par voie sèche (décorticage) ou par voie humide (trempage et/ou cuisson), la réduction de l'acide phytique par ces opérations reste négligeable. Or il existe chez les microorganismes et les plantes des enzymes du groupe des phosphatases, appelées phytases, capables d'hydrolyser l'acide phytique (IP6) en libérant du phosphore inorganique (Pi) et des formes moins phosphorylées du myoinositol. Parmi les phytases végétales, les grains de céréales et leurs co-produits disposent d'une forte activité phytasique comparée à celle des légumineuses. Dans le travail présenté, la distribution respective de l'activité phytasique et de l'acide phytique dans les graines de pois jaunes et grains de blé dur a été déterminée. Si pour le pois, l'activité phytasique et l'acide phytique sont localisés majoritairement dans les cotylédons, l'élimination, par décorticage, des tissus périphériques du grain de blé permet de diminuer significativement la teneur en acide phytique des farines tout en conservant environ 40 % de l'activité phytasique. L'activité phytasique endogène du pois ne permet de réduire qu'une faible partie (<20%) de sa teneur en acide phytique. En mélangeant de la farine de pois par une fraction de blé décortiqué de ses tissus périphériques, à des ratios 65/35 % ou 35/65 %, on obtient des taux de réduction de l'acide phytique de respectivement 70 et 95 %. L'utilisation des phytases endogènes du blé est une piste intéressante pour dégrader les phytates de légumineuses. Elle est adaptable à une large gamme de légumineuses en association avec les céréales pour produire des aliments de meilleure qualité nutritionnelle avec un apport équilibré en acides aminés.

**237.**

### **Impact des traitements technologiques sur la valeur nutritionnelle de la graine de féverole pour la truite arc-en-ciel**

*Burel, Christine (1); Chesneau, Guillaume (2); Guillevic, Mathieu (2); Germain, Antoine (2); Terrier, Frédéric (1); Sandres, Franck (1); Lanuque, Anthony (1); Surget, Anne (1); Larroquet, Laurence (1); Pegourie, Gaïa (1); Juin, Hervé (3)*

1: INRA NuMÉA, France; 2: Valorex, France; 3: INRA EASM, France

La valeur nutritionnelle de 6 mélanges de graines oléo-protéagineuses contenant 90% de féverole et 10% de soja (FEV) a été évaluée chez des juvéniles de truite arc-en-ciel élevées à 17°C à la pisciculture expérimentale INRA de Donzacq (Les Landes, France). Différents traitements technologiques ont été appliqués : broyage, dépelliculage (nul, amande), cuisson-extrusion (nulle, modérée ou élevée). Les aliments, iso-énergétiques et iso-azotés, contenaient 21% de farine de poisson et 25% d'un des mélanges de graines à tester ou 25% de tourteau de soja (TS). Ils ont été fabriqués à l'INRA de Donzacq. Les mélanges de graines, comme les autres ingrédients, ont été broyés à nouveau avant incorporation dans les aliments à une granulométrie d'environ 800µm. Puis les aliments granulés ont été obtenus en utilisant un extrudeur à double vis (Clextal, BC45) et l'huile de poisson a été ajoutée par post-enrobage réalisé sous vide. Ces aliments ont été conservés au froid jusqu'à leur distribution, à trois lots de truites (poids initial de 63g) chacun, en ad libitum, pendant 84 jours.

Le poids final des truites n'a pas été significativement affecté par les différents traitements alimentaires. Aucun aliment à base de mélange de graine (FEV) ne différait non plus de l'aliment témoin, en termes de consommation, d'efficacité alimentaire ou encore d'efficacité protéique. Cependant, quand on les compare entre eux, on s'aperçoit que les meilleurs résultats ont été enregistrés avec l'aliment contenant de la féverole dépelliculée et ayant subi une cuisson-extrusion élevée : plus faible consommation et meilleure utilisation alimentaire. A l'opposé, les moins bons résultats ont été observés avec la féverole crue. L'analyse statistique de l'impact des traitements technologiques a confirmé un effet positif du dépelliculage et de la cuisson-extrusion (modérée ou élevée) sur l'utilisation de l'aliment.

L'analyse de la composition des carcasses a montré que l'incorporation des mélanges de graines n'a eu aucun impact significatif sur la teneur des truites en eau, protéines, lipides ou encore énergie. Seul le contenu en phosphore a été impacté : comparé au témoin, il était plus faible chez les poissons ayant reçu l'aliment contenant les graines de féverole non dépelliculées et ayant subi une cuisson-extrusion modérée. Si on regarde plus finement comment les truites ont utilisés les nutriments de l'aliment, on voit qu'étonnement, les coefficients de rétention (quantité de nutriment ingéré / quantité de nutriment déposé dans la carcasse) calculés pour les protéines, les lipides, l'énergie et le phosphore ne sont aucunement impactés par la nature des aliments (FEVs ou TS). Dans le cas du phosphore, si les dépôts dans les carcasses ont variés, c'était lié principalement à une variation dans les quantités de phosphore ingérées et non à un coefficient de rétention différent.

En conclusion, dans le contexte de notre étude, l'incorporation de 25% dans l'aliment de mélanges de graines riche en féverole en comparaison au tourteau de soja n'a eu aucun impact significatif sur les performances de croissance des truites. Cependant, l'efficacité alimentaire des nutriments différait selon les produits. En effet, il apparaît que les traitements technologiques appliqués (dépelliculage et cuisson-extrusion modérée ou élevée) ont eu un impact positif sur les graines de féverole en améliorant leur



efficacité alimentaire, même si cet effet ne se retrouve pas quand on calcule les coefficients de rétention des nutriments. Nos résultats montrent donc que les graines de féverole métropolitaines testées sont de bonnes candidates pour remplacer le tourteau de soja d'importation dans les aliments destinés aux truites. De plus, bien que les aliments aquacoles soient produits par cuisson-extrusion, il apparaît que la cuisson-extrusion préalable des graines de féverole, entières ou dépelliculées, ait de l'intérêt afin d'améliorer la valeur nutritionnelle de ces graines. Mais ce point mérite d'être confirmé.

**132.**

### **Altération de l'activité des protéases digestives du poulet par un inhibiteur de protéases (Bowman-Birk inhibitor) présent dans l'aliment à base de pois**

*De Pauw, Marion (1); Recoules, Emilie (1); Lessire, Michel (1); Moreau, Thierry (1); Labas, Valérie (2); Narcy, Agnes (1); Rehault-Godbert, Sophie (1)*

1: BOA, INRA, Université de Tours, 37380 Nouzilly, France; 2: PRC, INRA, CNRS, IFCE, Université de Tours, 37380, Nouzilly, France

En élevage avicole, le tourteau de soja est couramment utilisé comme ressource protéique dans l'alimentation. Les cultures européennes ne pouvant répondre aux besoins humain et animal, le soja est importé essentiellement d'Amérique du Sud. Cette dépendance pose des problèmes à la fois économique, environnemental et sociétal. Afin de limiter les importations, la France s'oriente vers des sources protéiques alternatives pour parvenir à des systèmes d'élevages plus durables. Le pois, de par sa haute teneur en protéines, pourrait être une alternative. Toutefois, il contient le Bowman Birk-inhibitor (BBI) qui peut altérer la digestibilité globale de l'aliment en inhibant l'activité des protéases digestives telles que la trypsine et la chymotrypsine. Il est donc nécessaire de caractériser les interactions entre cette matière première protéique et les protéases digestives de l'animal pour identifier des leviers d'amélioration de son utilisation en alimentation avicole.

Des analyses préliminaires par SDS-PAGE ont démontré que les contenus jéjunaux de poulets nourris avec un régime à base de pois présentaient des profils biochimiques différents des autres régimes (colza, soja et maïs). Or, le BBI de pois a été identifié dans les compartiments digestifs de ces animaux [1]. L'analyse préliminaire par zymographie en gélatine a démontré par ailleurs l'impact de cet inhibiteur sur les activités protéolytiques des contenus digestifs. L'objectif de l'étude présentée est donc d'identifier les protéases cibles du BBI de pois chez le poulet. L'inhibiteur BBI a été purifié à partir de l'aliment « pois » et nous avons identifié par spectrométrie de masse la présence de deux formes, toutes les deux actives contre la trypsine et la chymotrypsine bovines. Les protéases digestives cibles du BBI ont été ensuite purifiées par chromatographie d'affinité sur une colonne de BBI immobilisé, à partir des contenus digestifs de poulets alimentés avec du soja ou du pois, et sont en cours d'analyse par spectrométrie de masse pour identification. La comparaison des résultats obtenus à partir des contenus « pois » et « soja » permettra d'évaluer l'effet de l'inhibiteur sur les activités des protéases digestives. En parallèle, la modélisation de l'interaction du BBI avec ses protéases cibles (structure tridimensionnelle du complexe inhibiteur/protéase(s)) permettra également de mieux comprendre sa spécificité d'action.

Le fait que le BBI du pois inhibe des protéases digestives du poulet in vivo montre que l'inhibiteur n'est pas dégradé par le processus de digestion (sécrétions acides, pepsine du gésier). Ces résultats suggèrent que pour augmenter la digestibilité du pois chez le poulet, il s'agira d'élaborer des stratégies de fabrication de l'aliment permettant d'inactiver le BBI. L'ensemble de ces observations pourra en outre être transposé à d'autres espèces monogastriques (qui possèdent des protéases digestives homologues à celles retrouvées chez le poulet), le pois pouvant provoquer des effets similaires chez le porc et l'humain.

Par ailleurs, de nombreux articles montrent que le BBI des légumineuses a des propriétés bénéfiques pour la santé [2] et pas seulement dans le tractus gastro-intestinal. En effet, aujourd'hui, le BBI du soja présente un intérêt grandissant comme agent anticancéreux, de par ses propriétés inhibitrices de protéases. Sachant que

le BBI du pois et celui du soja ne partagent que 38% d'identité de séquence, il serait intéressant de comparer l'activité inhibitrice et les spécificités de chacun des deux homologues, pour mieux apprécier le potentiel du BBI extrait du pois pour des applications thérapeutiques.

Références :

[1] Recoules et al. Exploring the in vivo digestion of plant proteins in broiler chickens. *Poult Sci.* 2017;96(6):1735-1747.

[2] Srikanth and Chen. Plant Protease Inhibitors in Therapeutics-Focus on Cancer Therapy. *Front Pharmacol.* 2016;7:470

246.

### **Comprendre et prédire la phénologie du soja pour adapter la culture à de nouveaux environnements thermiques et photopériodiques**

*Schoving, Céline (1); Alric, Francis (2); Berger, Monique (3); Chambert, Charlotte (4); Champolivier, Luc (4); Colombet, Céline (1); Gras, Amandine (5); Jeanson, Patrice (2); Labalette, Françoise (6); Marchand, Damien (1); Stöckle, Claudio O. (7); Debaeke, Philippe (1); Maury, Pierre (1)*

1: AGIR, Université de Toulouse, INRA, 31320 Castanet-Tolosan, France; 2: EURALIS SEMENCES, 31700 Mondonville, France; 3: Université de Toulouse, INPT El Purpan, 31300 Toulouse, France; 4: Terres Inovia – Institut technique des oléagineux, des protéagineux et du chanvre, 75378 Paris, France; 5: RAGT 2n SAS, 12033 Rodez, France; 6: Terres Univia – Interprofession des huiles et protéines végétales, 75378 Paris, France; 7: Biological Systems Engineering, Washington State University, Pullman, WA, United States

L'Union européenne (UE-28) importe environ 40 millions de tonnes de soja annuellement pour l'alimentation animale et humaine. Depuis quelques années, la production de soja en Europe a largement augmenté mais reste encore insuffisante. Dans un contexte de changement climatique, les régions du Sud de l'Europe ont tendance à faire face à plus de sécheresses et de vagues de chaleur tandis que les régions du Nord bénéficieront de températures plus élevées en fin de saison. Trois nouvelles stratégies de culture du soja pourraient être envisagées pour une adaptation de la culture au changement climatique: (i) le semis précoce pour esquiver la sécheresse ou pour améliorer le potentiel de rendement par un allongement du cycle cultural en conditions hydriques plus favorables, (ii) le déploiement de la culture vers des latitudes plus élevées, ou (iii) la double culture imposant un semis tardif du soja (après la récolte d'une céréale). Ces stratégies culturales exposent la culture à de nouveaux environnements thermiques et photopériodiques aux différentes phases du cycle cultural. Comme le soja est une plante thermophile (liée à son origine tropicale) et de jours «courts», il est nécessaire de comprendre et prévoir les effets de la température et de la photopériode sur la phénologie pour la gamme de génotypes actuellement cultivés en Europe.

Deux expériences ont été réalisées avec 10 génotypes de groupes de maturité contrastés (000 à II): 1- Une expérience en pot sur la plateforme Heliaphen (INRA Toulouse, SO France) dans des conditions climatiques naturelles comportant 6 dates de plantation au stade émergence (17 mars, 6 avril, 16 mai, 26 juin, 24 juillet, 1er septembre 2017). Les plantes ont été régulièrement irriguées et correctement fertilisées pendant toute la durée de l'expérience. Les principaux stades phénologiques ont été enregistrés (échelles BBCH et Fehr & Caviness), une ou deux fois par semaine. 2- Une expérience de réponse de la germination à la température en conditions contrôlées (chambre froide et incubateur). 100 graines par génotype ont été incubées à 10 températures (de 4 à 43 °C) dans des boîtes de Pétri sur papier humide. Les graines germées ont été comptées puis retirées deux fois par jour. Un ensemble d'essais multilocaux réalisés dans le cadre du projet

SOJAMIP 2012-15 ainsi qu'à l'INRA de Toulouse en 2017, comportant deux modalités de semis avec irrigation, ont été utilisés pour évaluer le modèle de prédiction de la phénologie.

Les résultats de germination ont été utilisés pour calculer les températures cardinales (base, optimale, maximale) de chaque génotype. Cette information était essentielle pour estimer l'exigence thermique relative aux différents stades phénologiques (exprimée en degrés-jours de croissance - GDD), ainsi que la durée thermique des principales phases de développement. Pour la plupart des stades, l'analyse ANOVA a mis en évidence un effet hautement significatif de l'interaction entre le génotype et la date de plantation sur l'accumulation de GDD. Les résultats ont montré que l'accumulation de GDD du stade cotylédon à maturité était plus influencée par la date de plantation ( $cv = 16\%$ ,  $p < 0,001$ ) que par le génotype ( $cv = 10\%$ ,  $p < 0,001$ ). Un formalisme de calcul du temps photothermique a permis d'évaluer la sensibilité de chaque variété à la photopériode. Le modèle ainsi calibré a ensuite été testé sur une base de données de validation pour évaluer la qualité de prédiction de la phénologie du soja. Ainsi, l'expérimentation et la modélisation agronomique permettront de concevoir des idéotypes de soja pour des zones de culture en France, comme en Europe, dans un contexte de changement climatique.

**115.**

**Effet de différentes dilutions d'eau de mer sur la germination et le développement des plantules chez trois cultures de légumineuses (*Pisum sativum*, *Cicer arietinum* et *Phaseolus vulgaris*) en Algérie**

*Mansouri, Lahouaria Mouunia; Kheloufi, Abdenour*

Université de batna 2, Algérie

La salinisation des terres résulte non seulement du sol mais aussi de l'eau d'irrigation. En effet, dans les terres arides et semi-arides, la production agricole exige de l'irrigation en particulier avec la pénurie de pluie. Ces ressources en eau d'irrigation proviennent généralement d'eaux souterraines et contiennent des quantités variables de sels dissous. Dans les pays méditerranéens comme l'Algérie, les cultures de légumineuses sont souvent cultivées près des régions côtières où nous assistons à une augmentation du stress salin. Par conséquent, une vaste utilisation des eaux d'irrigation fait appel à l'intrusion d'eau de mer. L'intrusion d'eau de mer est le mouvement de l'eau de mer dans les aquifères d'eau douce en raison de processus naturels ou d'activités humaines.

En effet, l'intrusion d'eau de mer est due à la diminution des niveaux d'eau souterraine ou à l'augmentation des niveaux d'eau de mer. L'utilisation d'eau de mauvaise qualité entraîne donc une augmentation du niveau de salinisation dans le sol qui peut avoir des effets négatifs sur le rendement. En revanche, les ressources disponibles en eau douce pour l'agriculture ont diminué en ce qui concerne la quantité et la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines. Par conséquent, l'utilisation d'eau de qualité inférieure à des fins d'irrigation est inévitable pour maintenir des cultures économiquement viables. Selon les niveaux de dilution testés sur certaines plantes, l'eau de mer s'est avérée même un excellent engrais naturel et peut contenir plusieurs minéraux très utiles pour la croissance des plantes. La recherche scientifique devrait donc se concentrer sur les mécanismes impliqués dans cette tolérance au sel.

Dans le but d'évaluer l'effet de l'irrigation de l'eau de mer sur la croissance et la germination des graines de trois légumineuses (*Pisum sativum*, *Cicer arietinum* et *Phaseolus vulgaris*) ont été irriguées avec de l'eau de mer méditerranéenne de différentes concentrations (0, 10, 30, 50 et 100%) pour une période de 8 jours. Nous avons analysé divers paramètres tels que la cinétique de germination, le temps de germination moyen, l'indice de vitesse de germination, la longueur de la tige et de la racine, le poids frais et sec et la teneur en eau. Les résultats ont montré que ces espèces pouvaient germer à différents niveaux de salinité, à l'exception de 100% d'eau de mer, ce qui a entraîné une inhibition totale de la germination.

Par rapport au contrôle, la germination des graines dans toutes les espèces n'a pas été affectée jusqu'à 30% des traitements d'eau de mer. En effet, le pourcentage final de germination a été maintenu entre 90 et 100%. Une solution de 50% d'eau de mer a considérablement réduit l'indice des taux de germination et une augmentation du temps moyen de germination. 10% d'eau de mer a augmenté la longueur des pousses et des racines dans toutes les espèces par rapport au témoin.

Les conditions salines ont réduit le paramètre de croissance tel que les biomasses fraîches et sèches et le poids des racines des trois espèces étudiées. Le poids sec des pousses et des racines était stable à 10, 30 et 50% d'eau de mer, à l'exception des plantules de *P. vulgaris*. La diminution de la teneur en eau commence à

partir de 30% de la solution d'eau de mer par rapport au témoin chez *P. sativum* et *C. arietinum*. Cependant, le même paramètre physiologique a été maintenu stable pour *P. vulgaris* par rapport au témoin.

**121.**

### **Effet de la communauté bactérienne rhizosphérique sur la déficience en phosphore chez le haricot (*Phaseolus vulgaris*)**

*Maouqal, Rim Tinhinen (1); Kechid, Maya (2); Baziz, Karim (3); Bentobbal, Boubba (2); Djekoun, Abdelhamid (2)*

1: INATAA université freres mentouri constantine 1, Algérie; 2: université freres mentouri constantine 1, Algérie; 3: université hadj lakhdar Batna

Les plantes cultivées peuvent modifier la disponibilité en ressources et les perturbations perçues par les communautés d'organismes présentes dans les agroécosystèmes et par conséquent, influencer les fonctions utiles à la production agricole telles que la minéralisation du phosphore (P). Il est reconnu que la faible disponibilité du P dans les sols constitue un problème majeur pour la production des plantes. Bien que la plupart des sols contiennent des quantités importantes de phosphore seule une faible partie peut être assimilée par les plantes et spécialement les légumineuses grande consommatrices de P. Notre objectif durant cette étude est d'évaluer l'effet du haricot sur les communautés microbiennes impliquées dans la minéralisation du Phosphore. Pour ce faire, Une expérience a été effectuée pour examiner les changements des communautés microbiennes du sol possédant une activité phytase. Nous avons mené des expérimentations au champ conduites durant la saison 2016. L'évolution de la structure de la communauté bactérienne a été suivie par isolement sur milieux généralistes et spécifiques et celle de la densité de la communauté microbienne a été estimée par PCR quantitative. Il ressort que la taille de la communauté microbienne rhizosphérique varie entre 6,69 10<sup>9</sup> et 3,93 10<sup>10</sup> copies de l'ADNr 16S g<sup>-1</sup> de sol sec. Il a été également observé une différence significative entre les densités de la communauté bactérienne rhizosphérique aux différents stades de développement. Ainsi la quantité de rhizodépôts libéré par le haricot semble stimuler davantage la densité microbienne rhizosphérique. En conclusion, il ressort de cette étude un effet rhizosphère marqué sous couvert de haricot ou la plante influence via ses traits racinaires l'activité enzymatique liée à la minéralisation du P des communautés microbiennes spécifiques.



250.

**Quels mécanismes agrophysiologiques sont déterminants dans la tolérance de la symbiose Légumineuse-rhizobia au déficit hydrique combiné au déficit en P?**

*Oukalthouma, Khawla (1); Qetrani, Salma (1); Lahrizi, Yahya (1); Kabbadj, Ablaa (1); Mouradi, Mohammed (1); Farissi, Mohamed (2); Ghoulam, Cherki (1)*

1: Faculté des Sciences et Techniques, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc; 2: Faculté Polydisciplinaire, USMS, Beni Mellal, Maroc

La réaction de la symbiose légumineuse-rhizobia au déficit hydrique sous limitation en phosphore (P) a été étudiée sous conditions contrôlées en serre et aux champs au Haouz au Maroc. Pour les essais sous serre, deux variétés de fève Aguadulce (AG) et Reina Mora (RM) inoculée avec une souche de rhizobia Fb41 ont été étudiées sous l'effet combiné du déficit hydrique et le déficit en P. Le déficit hydrique a été appliqué en maintenant les pots à 40% de la capacité au champ (CC) du substrat pour les plantes stressées et à 80% CC pour les témoins. Le déficit en P a été appliqué en irrigant les plantes avec une solution nutritive contenant 25  $\mu\text{M}$   $\text{KH}_2\text{PO}_4$  contre 125  $\mu\text{M}$   $\text{KH}_2\text{PO}_4$  pour les plantes témoins. Des paramètres agrophysiologiques et biochimiques ont été évalués au stade floraison des plantes. Les résultats ont montré que le déficit hydrique, seul ou combiné au déficit en P, a réduit la biomasse des plantes et la nodulation avec des différences entre les traitements et les variétés. Le déficit hydrique a induit aussi une réduction du contenu relatif en eau, la conductance stomatique, le potentiel hydrique et l'efficacité du photosystème II des plantes stressées. La combinaison du déficit hydrique à la limitation en P a induit une augmentation de l'activité des phosphatases acides et des phytases nodulaires. Concernant l'étude aux champs, les paramètres de rendement tels que le nombre de gousses par plante, le nombre de graines par gousse et le poids de 100 graines ont été aussi réduits par le déficit hydrique combiné à un niveau déficient en P du sol. Il ressort de notre étude que la variété AG est la plus tolérante, par ses plus hautes performances agronomiques, aux deux contraintes étudiées en comparaison avec la variété RM. Les analyses ont été focalisées sur les critères agrophysiologiques déterminant la tolérance

**117.**

## **Cinétique de germination chez deux écotypes d'*Astragalus armatus* en Algérie**

*Khamari, Younes*

Université de Batna 2, Algérie

*Astragalus armatus* est une plante qui appartient à la famille des légumineuses et qui produit une grande variété de métabolites. Elle possède un puissant effet sur le système immunitaire pour l'aider à combattre les virus et bactéries. Elle protège particulièrement les voies respiratoires, les reins et le cœur. Les parties de la plante utilisées sont les racines cueillies au printemps et séchées pendant 4 ou 7 ans. Malgré le fait qu'il existe plus de 2000 variétés d'Astragale au monde, c'est la plante originaire de Chine qui a été la plus étudiée et soumise à recherches, en botanique comme en pharmacologie.

En Algérie, cette espèce est distribuée beaucoup plus dans les régions arides, semi-arides et sahariennes. Les populations d'Astragale peuvent également être observées en faible et grande altitude. Beaucoup d'études se sont intéressées à ses intérêts médicinaux, mais rares sont les travaux sur la germination de ses semences et son développement. En effet, les semences de l'Astragale possèdent un tégument très dur qui nécessite des conditions spécifiques pour sa levée, nécessitant donc un temps plus long pour son développement. L'étude a été entreprise dans le but d'étudier les effets du prétraitement et de sa durée sur les performances de germination chez deux écotypes d'*A. armatus* subsp. *armatus* (Batna et Biskra). Le premier site se trouvant à 1300 mètres d'altitude et le deuxième à 30 mètres. L'évaluation a été établie en considérant la morphologie des graines, le pourcentage final de germination (PFG), le temps moyen de germination (TMG), le coefficient de vélocité (CVG) et le temps à 50% de germination (T50). Ces paramètres sont évalués à différents temps d'incubation (5, 10 et 15 jours) dans des boîtes de Pétri à raison de 4 répétitions de 25 graines. Le prétraitement consiste en une immersion des semences dans de l'acide sulfurique concentré pendant 30, 60 et 90 minutes.

Le semis des graines sans prétraitement (témoin) n'a révélé aucune induction chez les deux provenances. Généralement, les prétraitements des graines étaient très utiles pour améliorer la germination. Le temps d'immersion dans l'acide sulfurique a significativement affecté ( $P < 0,0001$ ) le PFG, TMG, CVG et le T50 chez les deux provenances étudiées. Une durée de 60 minutes d'immersion dans l'acide sulfurique a été suffisante pour donner un taux de germination très élevé (100 %) chez les semences de provenance de Biskra. Cependant, une durée de prétraitement plus courte de 30 minutes a été nécessaire pour une germination maximale et considérable chez les semences de provenance de Batna.

Pour la morphologie des semences, celles de la haute altitude semblent être très grandes en longueur et largeur.

**158.**

### **Observatoire des maladies du lupin en Bretagne-Pays de Loire**

*Brier, Coralie (1,3); Onfroy, Caroline (1,3); Baranger, Alain (2,3); Moussart, Anne (1,3)*

1: Terres Inovia, Avenue Lucien Bretignières, 78850 Thiverval Grignon; 2: UMR IGEPP, INRA, Agrocampus Ouest, Université Rennes1, 35650 Le Rheu, France; 3: UMT PISOM, Terres Inovia-INRA, 35650 Le Rheu, France

L'observatoire des maladies du lupin en Bretagne-Pays de Loire s'inscrit dans le cadre du projet inter-régional PEI-Feader Prograilive\*\*, qui a pour objectif d'améliorer l'autonomie protéique de ce bassin tourné vers l'élevage. L'instabilité des rendements du lupin, qui constitue un frein au développement de la culture, est en partie due aux maladies. Afin de lutter au mieux contre ces maladies, il est indispensable de bien les connaître. Or les principales références sur les maladies du lupin en France sont anciennes (Gondran et al., 1994) et n'ont pas depuis été remises à jour. Dans ce contexte, un observatoire a été mis en place afin i) de réaliser un état des lieux des maladies présentes en culture (identification et hiérarchisation) et ii) d'identifier des facteurs d'évolution de ces stress biotiques (climat, itinéraire technique ou système de culture).

Pour répondre à ces objectifs, un réseau de parcelles d'agriculteurs a été construit en 2016 et 2018. Au total, 25 parcelles de lupin blanc (*Lupinus albus*) d'hiver en culture pure conventionnelle, 23 parcelles de lupin blanc de printemps (culture pure conventionnelle ou en association biologique avec des céréales) ont été suivies. Un suivi terrain a été réalisé sur chaque parcelle avant et après floraison. Il permet i) de noter les caractéristiques du couvert susceptibles d'influencer le développement des maladies, ii) d'évaluer l'incidence et la sévérité des maladies aériennes et racinaires en présence, iii) de prélever des échantillons afin de constituer des collections de souches des pathogènes observés, en vue d'études ultérieures. Pour compléter ces observations terrain, un questionnaire est transmis à chaque agriculteur dans le but d'obtenir des informations sur l'itinéraire technique et l'historique de la parcelle notamment.

Les premiers résultats concernent l'état des lieux des maladies. En 2016 et 2018, trois maladies ont été principalement observées sur lupin blanc d'hiver et de printemps : l'Anthracnose (*Colletotrichum lupini*), le Sclérotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*) et la Rouille (*Uromyces* spp). En 2018, des symptômes de maladie des taches brunes (*Pleiochaeta setosa*) et de Botrytis (*Botrytis cinerea*) ont également été observés sur cultures d'hiver.

\*\*L'Europe et la région Bretagne soutiennent ces travaux dans le cadre du projet PROGRAILIVE ('Production PROtein GRAIn for LIVEstock' : Projet inter-régional Bretagne-Pays de Loire - FEADER, 2016-2019 (SOS protéines))

Référence :

Gondran J, Bournoville R, Duthion C (1994) Diagnostic des maladies, ravageurs et accidents chez le lupin blanc. Editions Inra, 47pp

**234.**

**Modélisation prédictive d'un parasite du niébé au Niger : cas du *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke.**

*Sadda, Abou-Soufianou (1,4); Diouf, Abdoulaye (1); Salifou Jangorzo, Nouhou (1); Issoufou Hassane, Bil-Assanou (1); Saidou, Abdoul-Aziz (2); Karim, Saley (1); Malam Issa, Oumarou (3,4)*

1: Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger; 2: CIRAD (Montpellier); 3: Institut de Recherche pour le Développement (IRD); 4: Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris (iEES-Paris)

Le *Striga* est une plante parasite qui constitue aujourd'hui une des contraintes majeures de l'agriculture et représente donc une menace à la sécurité alimentaire au Niger.

Cependant, bien que ce parasite soit suspecté être un des handicaps majeurs à la production céréalière et légumineuse, aucune étude n'a été initiée pour connaître non seulement sa répartition spatiale mais aussi et surtout les indicateurs clés qui permettent d'expliquer clairement sa présence en zone de culture au Niger. C'est ainsi que la présente étude a été entreprise pour combler ce déficit d'information en mettant un accent particulier sur le *Striga gesnerioides* (Willd.)Vatke, qui entrave la performance agronomique du niébé (*Vigna unguiculata* (L.)Walp.) ; une des plus grandes légumineuses annuelles cultivées et consommées au Niger.

L'objectif général de cette étude est de disposer d'un modèle prédictif de la répartition spatiale du *striga gesnerioides* qui servira d'outil d'aide à la décision destiné aux décideurs politiques et aux producteurs pour mieux comprendre la dynamique de ce bio-agresseur et ses conséquences sur la production du niébé et sur la sécurité alimentaire en général au Niger.

Spécifiquement il s'agit de (i) documenter la répartition géographique de ce parasite en zone de culture du niébé au Niger (ii) identifier et hiérarchiser les facteurs explicatifs de sa présence (iii) proposer un modèle prédictif de la distribution spatiale de ce parasite en s'appuyant sur le concept de niche écologique par approche cartographique via les Systèmes d'Information Géographique(SIG) et la télédétection.

**138.**

## **Étude du microbiome nodulaire associé à *Pisum sativum* dans l'ouest algérien**

*Merabet, Chahinez; Khali, Sarah*

Université d'Oran 1, Ahmed Benbella, Algérie

Les légumineuses alimentaires (pois, lentilles, haricots, soja et pois chiches) sont l'une des cultures les plus importantes en raison non seulement de leur qualité nutritionnelle mais également pour leurs divers avantages agro-environnementaux. En Algérie, la production de ces légumineuses reste toujours faible et ne satisfait pas la demande.

Notre travail de recherche s'inscrit dans le cadre de la préservation de l'environnement et l'amélioration de la production de *Pisum sativum* par l'identification du microbiome nodulaire associé à cette plante dans la perspective de sélectionner les meilleurs candidats à utiliser comme biofertilisants.

Dans cette étude, le contenu nodulaire de *Pisum sativum* collectée à Marsa Alhedjaj, wilaya d'Oran, a permis d'obtenir plusieurs isolats dont les résultats obtenus et relatifs à la morphologie, à l'aspect des colonies et à l'examen microscopique montre que ses derniers ont une croissance rapide sur milieu YEM avec production d'exopolysaccharides, ils sont à gram négatif en forme de bâtonnet ou de coccobacille.

L'authentification des souches autant que BNL a montré un effet stimulant de l'inoculation sur le développement des plantes de petits pois. En effet, l'inoculation avec les souches, après deux mois de culture en conditions hydroponiques contrôlées, a participé à l'augmentation des biomasses aériennes et racinaires totales et du rendement en gousse, mais n'a induit aucune nodulation chez cette plante hôte. Ce qui nous a poussés à rechercher la présence du gène *nodC* chez ces isolats. Ce gène n'a pas été détecté chez toutes les souches testées ce qui laisse croire à la nature PGP des souches obtenus comparer aux plantes témoins non inoculées

La caractérisation phénotypique a été complétée par des tests biochimiques qui nous ont permis d'affilier deux souches PS3 et PS4 au genre *Pseudomonas* dont certaines espèces ont été rapportées dans la littérature comme bactéries à effet PGP.

**165.**

**Test de pièges attractifs vis-à-vis de la bruche de la féverole (*Bruchus rufimanus*) dans le cadre d'un réseau de piégeage.**

*Bothorel, Sabrina (1); Robert, Céline (1); Biarnès, Véronique (1); Penant, Agathe (1); Chenault, Jean-Philippe (2); Leppik, Ené (3); Frérot, Brigitte (3)*

1: Terres Inovia, France; 2: ARAD2 - CER France; 3: INRA IESS UMR 1392

Le développement de la culture de la féverole est aujourd'hui fortement ralenti par la présence d'un ravageur, la bruche de la féverole. Cet insecte qui déprécie la qualité des graines rend de plus en plus difficile sa valorisation en alimentation humaine.

L'INRA a développé ces dernières années, d'abord en partenariat avec Arvalis-Institut du végétal puis avec Terres Inovia, deux mélanges attractifs vis-à-vis de la bruche de la féverole. Ces attractifs reproduisent les odeurs de la plante à des stades clés de la culture : fleurs et gousses. En 2017, ils ont été testés sur 15 parcelles, en partenariats avec 8 structures agricoles\*, à l'aide de pièges artisanaux (plaques engluées).

Les objectifs principaux de ce dispositif étaient de valider l'efficacité des attractifs au champ dans différents contextes pédo-climatiques, de vérifier que ces attractifs sont bien sélectifs des bruches et de déterminer s'il existait une relation entre un nombre d'insectes piégés et un taux de grains bruchés.

9 pièges par parcelle, dont 3 avec attractifs fleurs, 3 avec attractifs gousses et 3 sans attractifs ont été mis en place, des stades boutons floraux à fin du stade limite d'avortement.

Les 2 types d'attractifs (fleurs et gousses) piègent significativement plus de bruches que les pièges témoins sans attractifs. Ils se sont révélés également efficaces pour piéger spécifiquement les bruches sur toutes les parcelles : les autres espèces d'insectes dont les auxiliaires sont donc préservés. Il a également été mis en évidence une corrélation significative entre le nombre de bruches piégées et le taux de grains bruchés.

Ces premiers résultats sont encourageants. D'autres études et développements sont nécessaires, notamment le type de piège à utiliser, mais ces attractifs pourraient offrir de nouvelles perspectives dans la gestion de la bruche de la féverole au champ.

\*Remerciements aux autres partenaires ayant participé aux suivis : FNAMS, Bonduelle, Vivescia, Agrial, GR CETA 27, Coopérative de Creully, les Chambre d'Agriculture du 77, 27, 14, 76, 78.

**113.**

**Étude comparative de l'effet du NaCl et du CaCl<sub>2</sub> sur la germination de deux légumineuses du genre Acacia (A. saligna et A. decurrens)**

*Kheloufi, Abdenour; Chorfi, Abdelmalek; Mansouri, Lahouaria Mounia*

Université de Batna 2, Algérie

La salinité est l'un des facteurs environnementaux qui ont une influence critique sur la germination des graines et l'établissement des plantes. En effet, la germination des graines est le stade le plus sensible à cette contrainte abiotique. L'objectif de cette étude est la détermination de la cinétique de germination en réponse au stress salin.

Un sol salin ne résulte pas que l'intervention du chlorure de sodium mais de l'intervention de plusieurs sels. A cet effet, deux expériences ont été parallèlement conduites en utilisant différentes concentrations de solutions salines de 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400 and 600 meq/L créées avec du chlorure de sodium (NaCl) pour la première expérience, et en utilisant du chlorure de calcium (CaCl<sub>2</sub>) pour la deuxième expérience. Les semences de deux espèces d'Acacia (Acacia decurrens et Acacia saligna) ont fait l'objet de cette étude. La germination a été évalué dans des boîtes de Pétri en se basant sur taux journalier et les taux cumulés de germination durant une période de 21 jours.

La germination de ces deux espèces décroît avec l'augmentation du degré de salinité. Les deux espèces ont montré une grande tolérance à l'augmentation des concentrations en CaCl<sub>2</sub> par rapport au NaCl. Le test la réversibilité de l'action des deux sels pour la concentration de 600 meq/L a montré que le chlorure de sodium est toxique à cette concentration contrairement au chlorure de calcium où l'inhibition de germination a été dû à un effet osmotique de la solution.

Le NaCl a montré un effet trop agressif par rapport au CaCl<sub>2</sub>. En outre, A. decurrens a montré une meilleure tolérance au NaCl avec un taux considérable de germination (46%) avec 300 meq/L de concentration.

**114.**

**Caractérisation morpho-physiologique et détermination des teneurs en pigments photosynthétiques chez une légumineuse fourragère (*Acacia karroo* Hayne) soumise au stress salin**

*Kheloufi, Abdenour; Chorfi, Abdelmalek; Mansouri, Lahouaria Mounia*

Université de Batna 2, Algérie

*Acacia karroo* est un arbre de la famille des légumineuses répertorié dans la majeure partie du territoire algérien. C'est une espèce tolérante au sel et un arbre polyvalent en agroforesterie. Cependant, les mécanismes de défense qui procure la tolérance au sel chez cette espèce sont encore inconnus. Dans cette étude, les effets du stress salin sur divers paramètres morpho-physiologiques et biochimiques chez des jeunes plants d'*A. karroo* ont été déterminés.

Des plantes âgées de trois mois ont été soumises à des concentrations croissantes en sel (0, 200, 400 et 600 mM de NaCl), pendant une période de 21 jours. La longueur de la tige n'a pas été significativement affectée par la salinité. L'augmentation du degré de salinité a significativement réduit la longueur de la racine. Le nombre de feuilles est maintenu constant à 200 et 400 mM de NaCl mais est réduit légèrement à 600 mM de NaCl. En outre, une augmentation de 30% du diamètre au collet pour des concentrations modérées et élevées de NaCl a été observée.

De plus, l'indice de tolérance à la salinité n'a pas été affecté à tous les degrés de salinité. La surface foliaire spécifique n'a pas été affectée par les conditions salines. Les différents traitements au NaCl n'ont pas entraîné de changement notable dans la teneur relative en eau des feuilles, ce qui indique une résistance relativement élevée à la déshydratation, ce qui contribuera certainement à une certaine tolérance au sel chez les plants d'*A. karroo*.

La perte relative en eau chez des feuilles détachées a été significativement plus élevée à 200 mM et similaire à une concentration élevée de NaCl par rapport au témoin.

Les résultats de l'analyse de la variance pour l'effet majeur de la salinité a montré que le stress salin diminuait significativement la teneur en pigment photosynthétique des feuilles à des concentrations plus élevées de NaCl. Cependant, à 200 mM de NaCl, une augmentation de la teneur en chlorophylle b, en chlorophylles totaux et en caroténoïdes a été observée. Au même niveau de salinité, la chlorophylle a présenté un contenu constant par rapport au témoin.

En conclusion, bien que les plantes aient souffert du stress salin, comme le montre la dégradation de la photosynthèse, elles ont poursuivi leur croissance végétative et ont maintenu leur potentiel hydrique interne dans des conditions de salinité. Par conséquent, *A. karroo* paraît être une espèce halophyte potentielle à être cultivée en milieu salin en présentant des avantages aux pratiques agroforestières.



**106.**

**Inoculation with trichoderma affects the root micro-architecture of common bean (*Phaseolus vulgaris*) elongation piliferous zone**

*Teffahi, Mustapha (1); Drevon, Jean Jacques (1); Ounane, Sidi Mohamed (2); Besnard, Olivier (3)*

1: INRA - UMR Eco&Sol, France; 2: ENSA Algérie; 3: Biophytech France

In order to understand how low P availability and microbial inoculation modify the distribution and the growth of roots, specifically in the elongation-piliferous zone, experiments were conducted in a glasshouse using two recombinant inbred lines (RILs), 115 and 147 of *Phaseolus vulgaris*, and two types of inoculum, *Rhizobium tropici* CIAT 899 and *Trichoderma harzianum*, in hydroaeroponic culture in glasshouse under P sufficiency vs P deficiency. Morphometric parameters were measured on ten root tips of each treatment using WinRhizo as an image analysis. The two RILs showed an increase in the measured parameters under P deficiency compared to P sufficiency. The RIL 115 shows a more developed root system and more efficiency in acquiring Pi than the RIL 147. With CIAT X trichoderma co-inoculation, morphometric parameter values were significantly higher than with CIAT inoculation only. It is concluded that bean genotype and trichoderma inoculation improve root-tips capacity to acquire phosphate in nutrient solution.

**238.**

## **Association blé/légumineuses: l'importance des variétés et des espèces**

Piquet-Pissaloux, Agnès

VetAgroSup, France

L'association blé/légumineuses est une innovation agronomique proposée pour les systèmes grandes cultures conventionnels céréaliers afin de réduire les intrants chimiques de synthèse (fertilisants azotés et pesticides) tout en optimisant le rendement et la qualité. Dans l'association, les légumineuses peuvent intervenir en plantes compagnes apportant des services agroécologiques au système céréalier ou être une culture de rente au côté des céréales. La recherche d'une coadaptation des espèces de l'association au système de culture est véritablement un enjeu pour la recherche variétale. Dans le cadre de ce projet, l'association a été étudiée entre plante de rente (blé de panification) et plante compagne (trèfles blancs et violets et lentilles) afin de limiter les adventices et valoriser l'azote du système. Au cours du temps, la sélection du blé en France a concerné différents critères tels que le rendement en grains, le taux de protéines des grains, les critères technologiques (test de panification...) et commerciales (poids spécifique) et la tolérance aux bio agresseurs. A travers ce projet, il a été caractérisé la biomasse et le rendement de quatre variétés de blé en culture pure et en culture associée avec des légumineuses. Ces variétés, issues de trois décennies de sélection (1990, 2000, 2010) sont utilisées en mode biologique (Renan, Skerzo, Hendrix) et en mode conventionnel (Apache). Il ressort que les variétés de blé exploiteraient différemment les légumineuses en place. Ainsi, les biomasses du blé à floraison et à maturité peuvent être améliorées de plus de 10% particulièrement chez Skerzo avec les légumineuses ou au contraire réduites par le mélange des trois légumineuses. Des interactions variété/légumineuses existent. Trois typologies de variétés ont été proposées, celles valorisant l'azote des fertilisants, celles valorisant l'azote de l'association et celles valorisant les deux. La productivité du peuplement de blé varie selon l'association variété Blé/légumineuse s'expliquant d'une part par des caractéristiques éco-physiologiques du blé notamment la plasticité des surfaces foliaires des variétés de blé, le port des feuilles, la hauteur des tiges, la présence de barbes et la stratégie de construction du rendement. D'autre part, il a été observé une variabilité du système en association apportée par l'hétérogénéité du couvert de légumineuses dans l'espace et le temps. Les légumineuses sont aussi impactées par les épisodes climatiques extrêmes (sécheresse notamment) mais apportent une certaine résilience au système.

239.

### **Relation entre les traits morpho-physiologiques des géotypes de niébé et leur tolérance au *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke**

*Naneito, Abdoul-Rafiou (1); Issoufou, Hassane Bil-Assanou (2); TerAvest, Dan (3); Saidou, Abdoul-Aziz (4); Salifou Jangorzo, Nouhou (5); Saâdou, Mahamane (6); Aminou, Ali (7)*

1: Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger; 2: Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger; 3: Michigan State University; 4: CIRAD Montpellier; 5: Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi; 6: Université Abdou Moumouni de Niamey; 7: Fédération des Unions de Producteurs de Maradi FUMA-Gaskiya

Le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) est une culture importante dans les systèmes agricoles ouest-africains. Il constitue une source de protéines, d'éléments minéraux et de vitamines pour les populations subsahariennes, y compris les enfants malnutris et les femmes enceintes. Bien que le niébé soit une culture tolérante à la sécheresse, son niveau de production est très bas (~ 300 kg ha<sup>-1</sup>) en raison des attaques des ravageurs. Un suivi multi-local en milieu paysan a été conduit au cours de la saison de pluies 2017 pour évaluer l'effet du *Striga gesnerioides* sur la contenance relative chlorophyllienne, la relation entre le flux linéaire des électrons et le rayonnement photosynthétique active (LEF\*PAR), le contenu en eau et l'épaisseur des feuilles sur 35 variétés de niébé. Les observations ont été réalisées sur six (6) sites expérimentaux repartis le long d'un gradient climatique sud-nord (600 à 300 mm) caractérisant différentes zones agro-écologiques de la région de Maradi. Les résultats ont montré une diminution marquée en terme de contenance relative en chlorophylle lorsque le nombre d'attaque visible de *Striga* dépasse 5 /plante de niébé. Pareillement, la courbe de saturation de LEF\*PAR est plus élevée lorsque les plants de niébé ne présentent pas d'attaque visible de *Striga* comparativement aux plants qui présentent d'attaques. Les résultats sur le contenu en eau foliaire et l'épaisseur de feuille ont confirmé la même tendance. La prochaine étape de cette étude consistera à la réalisation d'un modèle Géotype\*Environnement (GXE) qui servira comme outil d'aide à décision aux producteurs suivant l'approche l'option par contexte (OXC).

**231.**

## **Règles d'assemblage pour le contrôle des épidémies d'ascochytose du pois au sein d'associations végétales**

*Jumel, Stéphane (1,2); Langrume, Christophe (1,2); Moussart, Anne (2,3); Baranger, Alain (1,2)*

1: INRA, UMR1349 IGEPP, Domaine de la Motte 35653 Le Rheu, France; 2: UMT INRA-Terres Inovia, PISOM, Domaine de la Motte 35653 Le Rheu, France; 3: Terres Inovia, Avenue Lucien Bretignières 78850 Thiverval Grignon, France

Parmi les services attendus des mélanges d'espèces figurent un contrôle amélioré des bioagresseurs et la réduction de l'usage des pesticides. Les traits variétaux des espèces associées et les itinéraires techniques peuvent être mobilisés pour optimiser le contrôle des pathogènes (Boudreau et al, 2013). Des associations céréales/légumineuses sont notamment susceptibles de réduire la sévérité des épidémies sur légumineuses (Schoeny et al, 2010 ; Fernandez-Aparicio et al, 2010; 2011). Afin d'identifier des règles d'assemblage efficaces pour le contrôle des épidémies, nous avons exploré les effets des traits phénologiques et d'architecture de couverts d'associations pois /blé tendre d'hiver sur l'apparition et le développement de l'ascochytose du pois.

Cinq variétés cultivées de pois d'hiver, choisies pour leurs caractéristiques architecturales contrastées, ont été associées à une unique variété de blé tendre d'hiver. Des mélanges (% de la dose semée pois / blé pur) substitutifs (50/50 ; 75/30) et additif (100/30) ont été comparés à deux contrôles (50/0 et 100/0), dans des dispositifs split plot. Deux dispositifs, l'un semé en lignes alternées (1/1) de pois et de blé, l'autre en mélange complet des deux espèces sur chaque ligne, ont été implantés en 2015 et 2016.

L'équilibre du développement des deux espèces et l'évolution de la maladie ont été très différents en 2015, où le pois s'est montré beaucoup plus compétitif que le blé, et les conditions environnementales peu favorables au développement de l'ascochytose, et en 2016, où la répartition des deux espèces dans le couvert était plus équilibrée, et les conditions beaucoup plus favorables à la maladie.

Les dynamiques de fermeture du couvert (mesurées via l'acquisition et l'analyse automatisée d'images) et d'évolution des hauteurs de couvert ont été identiques chaque année entre les deux dispositifs de semis. Les fermetures de couvert ont été plus rapides dans les mélanges que dans les semis purs. Les dynamiques de hauteurs de couvert ont différé entre années, avec une verse retardée dans les modalités 50/50 et 50/0 (effet densité du pois) en 2015, et dans les modalités 100/30 et 50/50 (effet tuteurage du blé sur le pois) en 2016.

Le suivi des conditions microclimatiques à l'aide de capteurs fixes a permis, suivant la combinaison de conditions de température et de durée d'humectation des organes (Magarey, 2004), d'identifier des périodes favorables à l'infection. Les conditions d'infection par le pathogène étaient les mêmes au début de l'épidémie entre modalités de semis et variétés, alors que les modalités associées ont montré des conditions moins favorables à l'infection que les modalités pures à la floraison.

La sévérité de la maladie a été appréciée à 3 dates via le pourcentage de nécroses observées sur tissus aériens à l'échelle de la parcelle. Aux stades précoces de l'épidémie, la sévérité de la maladie n'était pas différente entre densités de semis et entre variétés. Après floraison une sévérité plus faible de la maladie a

été observée dans les modalités 50/50 et pour deux des cultivars. Ces différences entre cultivars sont restées significatives à maturité, mais pas celles entre modalités de semis.

Les effets des mélanges sur le contrôle des épidémies méritent donc d'être décrits suivant les cultivars, les densités de semis, la compétition entre espèces, et les niveaux d'épidémie en lien avec les stades de développement du couvert. Les stratégies variétales et les itinéraires techniques, ainsi que l'exploration plus approfondie des processus sous-jacents (microclimat du couvert, réceptivité des tissus de la plante, et dispersion des spores) sont des questions centrales à considérer pour faire du contrôle des épidémies via les associations un levier opérationnel au champ.

L'Europe et la région Bretagne soutiennent ces travaux dans le cadre du projet inter-régional Bretagne-Pays de Loire PROGRALIVE (FEADER, 2016-2019).

**110.**

**Physiological and biochemical characterization of rootlets response to salt stress in two *Medicago truncatula* Gaertn. Ecotypes**

*Amouri, Adel Amar (1); González, Esther M. (2); Hadjadj Aoul, Seghir (1)*

1: Laboratoire d'Ecologie Végétale. Département de Biologie. BP 1524. Faculté SNV. Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella, Algérie; 2: Departamento de Ciencias del Medio Natural, Universidad Pública de Navarra, Campus de Arrosadía, 31006 Pamplona, Spain

Legumes are very important plants both ecologically and agriculturally because they are able to interact symbiotically with rhizobia for biological nitrogen fixation and soil fertilization. *Medicago truncatula* Gaertn. is an important model legume rich in protein. Salinity represents, today, the major cause of land degradation and crop productivity limitation around the world and affects physiology and metabolism in legumes. In this study, we analyzed the physiological and biochemical responses of rootlets in two contrasting ecotypes of *Medicago truncatula* (Tru 131, tolerant and Jemalong, sensitive) to different level of NaCl, (68, 102 and 137 mM). Results showed that the tolerant ecotype has a lower water potential than Jemalong. Root protein content of Tru 131 was decreased than Jemalong, this can be explained by accumulation of protein oxidation in the sensitive genotype. Moreover, NaCl increased guaiacol peroxidase activity GPX in rootlets of Tru 131, this enzyme has a protective role against the molecules ROS accumulated during oxidative stress. On the other hand, under salt stress the total content of ascorbate (ASC + DHA) and Glutathione (GSH + GSSG) was increased in the tolerant genotype Tru 131 compared to Jemalong. These results show how the tolerant genotype activate the antioxidative defense system at root level against damages caused by oxidative stress under salinity.

**218.**

## **Utilisation des parasitoïdes dans la lutte contre les ravageurs des légumineuses stockées**

*Benkhellat epse Adjaoud, Ouarda (1); Slimani, Assia (1); Jaloux, Bruno (2)*

1: Laboratoire d'Écologie et Environnement . Université de A. Mira de Béjaia, Algérie; 2: Ecologie et Génétique des Insectes. Agrocompus ouest, Inra , France

Les graines des légumineuses font partie des denrées qui représentent la principale source de protéines des pays en voie de développement. Malheureusement elles subissent des pertes considérables, durant le stockage dû en grande partie aux insectes déprédateurs. Parmi les méthodes de lutte alternatives à la lutte chimique, la lutte biologique à l'aide d'insectes parasitoïdes s'avèrent être un moyen efficace de protection des denrées stockées contre ces ravageurs.

Les études réalisées dans différentes zones agro écologiques de l'Algérie ont permis d'identifier *Callosobruchus maculatus* Fab (Coleoptera : Bruchidae) comme étant le principal déprédateur des graines de plusieurs légumineuses. Dans les stocks de graines, un cortège parasitaire est associé aux populations de bruches, il est constitué essentiellement d'un hyménoptère parasitoïde *Anisopteromlaus calandrae* (Howard), qui se développent aux dépens des larves de bruches.

Notre objectif est la mise en place d'une méthode de lutte biologique, en Algérie, contre le coléoptère Bruchidae *Callosobruchus maculatus*, en utilisant l'hyménoptère parasitoïde : *Anisopteromalus calandrae*.

Nous avons étudié l'influence du parasitoïde introduit dans des lots infestés expérimentalement par des bruches. Trois densités de parasitoïdes (10; 20; 30 couples) ont été introduites dans des boites contenant 150 graines infestées par des larves de bruches. Pour chaque densité, trois séries de boites ont été constituées.

Les résultats ont montré que des introductions d'adultes d'*A.calandrae*, permettent de limiter de façon significative la croissance des populations de bruches et de préserver la qualité des graines de niébé.

175.

### Identification et évaluation des ressources génétique du pois "*Pisum sativum*" par les marqueurs biochimiques

*Fatmi, Hindel (1); Khelifi, Douadi (2)*

1: Université de Tébessa, Algérie; 2: Université mentouri, Constantine;

Dans ce travail nous avons cherché à étudier l'identification ainsi que l'évaluation des ressources génétiques chez une légumineuse à savoir le pois fourrager

La diversité génétique des espèces végétales a été générée au fil du temps sous la pression combinée de la nature, puis de l'homme depuis les débuts de la domestication. La conservation de la diversité génétique passe inévitablement par son évaluation et par la recherche d'outils susceptibles de la traduire le plus fidèlement possible. Cette étude a permis d'évaluer la diversité génétique de quelques variétés du pois cultivé (*Pisum sativum*).

C'est la diversité des protéines et des iso-enzymes ainsi que l'utilisation de ces marqueurs génétiques dans l'identification variétale qui sont recherchés. L'électrophorèse mono dimensionnelle sur gel de polyacrylamide en présence de Sodium Dodecyl Sulfate (SDS-PAGE), donne une bonne résolution des protéines totales, alcool-solubles et solubles.

Les gels obtenus montrent un grand polymorphisme chez les échantillons étudiés, et ces résultats peuvent être utilisés comme empreinte génétique pour mieux expliciter et approfondir d'autres recherches.

L'étude du polymorphisme enzymatique (Glutamate Oxaloacétate Transaminase « système GOT » et Estérase) a permis de montrer l'existence d'une variabilité intra et interspécifique très intéressante.

Cette variabilité exprimée également à l'échelle individuelle est vraisemblablement d'origine génétique. Les indices de ressemblance, calculés à partir des tableaux dichotomiques, et les dendrogrammes ont permis d'estimer le degré de parenté des variétés. Ils ont des valeurs plus au moins faibles ce qui indique une grande dissemblance entre les protéines des variétés étudiées. Le polymorphisme de ces protéines et des iso-enzymes est utilisée comme empreinte génétique afin d'évaluer la diversité de cette collection.



**148.**

**Aptitude à l'association chez le lupin : cas de l'association lupin blanc d'hiver–triticale.**

*Harzic, Nathalie; Thaly, Laure; Mottet, Marie*

Jouffray-Drillaud, France

Les associations d'espèces apportent des avantages agronomiques, notamment dans les systèmes bas-intrants. Elles peuvent permettre une meilleure couverture du sol et donc une réduction de la quantité d'adventices, ou une plus grande production de biomasse que les cultures pures. Dans le modèle étudié ici, le triticale est utilisé comme plante de service pour la production de lupin blanc d'hiver. L'association est additive et calée sur l'itinéraire technique du lupin. L'ajout de triticale a pour objectif la réduction de l'enherbement et la sécurisation du résultat économique en cas d'accident de culture du lupin. L'objectif de l'étude présentée ici est d'identifier des variétés de lupin blanc d'hiver présentant des caractéristiques favorisant la performance du lupin dans l'association. 7 géotypes de lupin, choisis sur des caractéristiques d'architecture différentes, ont été cultivés 2 ans en association avec une variété de triticale et en culture pure. L'aptitude à l'association a été mesurée via le différentiel de rendement entre la culture pure et la production de lupin dans l'association. L'architecture des plantes de lupin, et l'évolution du couvert de triticale ont été mesurés. Les résultats des 2 années d'essais ont permis d'identifier un géotype combinant un très bon rendement en culture pure et une bonne aptitude à l'association. L'analyse des mesures d'architecture et de croissance des deux espèces montrent que la compétition pour la lumière, notamment pendant la formation des gousses de la tige principale, serait un élément explicatif de la performance du lupin dans l'association. Ce résultat permet d'affiner l'idéotype du lupin d'hiver adapté à l'association.

**254.**

**Sélection pour les associations blé-pois : les caractéristiques des variétés de pois en culture pure sont-elles prédictives de leur comportement en culture associée**

*Moutier, Nathalie (1); Floriot, Matthieu (2); Brun, Christelle (2,3); Falchetto, Laurent (4); Legall, Cécile (5); Deulvot, Chrystel (6); Marget, Pascal (4,6); Lejeune-Henaut, Isabelle (7); Lecomte, Christophe (6); Hanocq, Eric (3); Baranger, Alain (1)*

1: INRA, UMR1349 IGEPP, Le Rheu, France; 2: Agri-Obtentions, Orsonville, France; 3: INRA, UE0972 GCIE, Estrées-Mons, France; 4: INRA, UE0115 Epoisses, France; 5: Terres Inovia, Thiverval-Grignon, France; 6: INRA, UMR1347 Agroécologie, Dijon, France; 7: INRA, USC1411 ICV-AFP, Péronne, France

En France, la production de légumineuses a connu une baisse conséquente au cours des 20 dernières années. Ainsi, les surfaces de pois protéagineux sont passées de 700 000 ha en 1993 à 208 000 ha en 2017, soit une perte de 70%. Deux des principales difficultés techniques en culture pure de pois sont l'instabilité des rendements, liée en grande partie aux effets des stress abiotiques et des bioagresseurs, et le fort taux de verse en fin de culture. L'une des solutions pour pallier ces difficultés est de cultiver le pois en association avec une céréale qui peut lui servir de tuteur et, par ailleurs, produire un complément de revenu. C'est une pratique répandue en agriculture biologique.

Se pose alors la question du choix du cultivar de pois qui serait le mieux adapté pour être associé à la céréale. Ce choix peut-il reposer sur des traits identifiés, évalués en culture pure ? Dans quelle mesure ces traits et performances évalués en culture pure sont-ils prédictifs des traits et performances en culture associée ?

Nous avons comparé le comportement de différentes variétés de pois en culture pure et en association avec du blé tendre d'hiver, pour des traits susceptibles d'assurer la réussite de l'association (dates de début et de fin de floraison ; hauteur du pois dans le couvert en début et fin de floraison, en fin de cycle ; poids de mille graines ; rendement en graines).

Huit essais ont été réalisés durant les saisons 2015/2016 et/ou 2016/2017, dans le nord (près d'Amiens, près de Chartres), le nord-ouest (près de Rennes), le centre (près de Bourges) et l'est (près de Dijon) de la France.

Trois à huit cultivars de pois d'hiver présentant des caractéristiques phénologiques, architecturales et de productivité contrastées ont été semés en culture pure et en mélange (à 75% de la dose en culture pure) sur le rang avec un unique cultivar de blé tendre d'hiver (Flamenko). Deux cultivars de pois sont de type Hr, réactifs à la photopériode pour l'initiation florale (Geronimo et Spencer), les 6 autres sont de type hr (Aviron, Balltrap, Enduro, Fresnel, Furious et Gangster).

Dans nos conditions environnementales :

- Les dates de début de floraison, les dates de fin de floraison et les poids de mille graines sont très proches en culture associée et en culture pure. Les valeurs de ces traits en culture pure semblent donc prédictives de celles observées en association.

- Les hauteurs des variétés de pois dans les couverts sont plus élevées en culture associée qu'en culture pure, quel que soit le stade d'observation, confirmant l'effet tuteur du blé sur le pois.

- Les hauteurs en début et fin de floraison en culture pure semblent prédictives de celles observées en association.

- Que ce soit pour les hauteurs en fin de cycle ou pour le rendement en graines du pois, les valeurs en culture pure ne semblent pas prédictives de celles observées en association. Par conséquent, le développement de schémas spécifiques de sélection pour une évaluation spécifique de ces traits en culture associée paraît nécessaire.

Ces travaux ont bénéficié d'un financement du compte spécial «développement agricole et rural» CASDAR géré par le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et des Forêts - projet ECoVAB, et du programme Innovation Variétale et Diversification financé par l'INRA et Agri-Obtentions – projet CéréLAG.

265.

### **Projets IVD INRA-AgriObtentions - Des innovations variétales pour les légumineuses à graines**

*Moutier, Nathalie (1); Floriot, Matthieu (2); Hanocq, Eric (3); Marget, Pascal (4,5); Cailliatte, Rémy (6); Lejeune-Henaut, Isabelle (7)*

1: INRA, UMR1349 IGEPP, Le Rheu, France; 2: Agri-Obtentions, Orsonville, France; 3: INRA, UE0972 GCIE, Estrées-Mons, France; 4: INRA, UE0115 Epoisses, France; 5: INRA, UMR1347 Agroécologie, Dijon, France; 6: INRA, Département BAP, Paris, France; 7: INRA, USC1411 ICV-AFP, Péronne, France

Le département de Biologie et d'Amélioration des Plantes (BAP) de l'Inra mène des travaux de recherche académique de pointe sur la génétique et l'amélioration des plantes. Pour maximiser l'impact de ses travaux sur les filières et explorer des scénarios d'innovation originaux, le département BAP conduit des travaux d'innovation variétale, en partenariat avec sa filiale de valorisation Agri Obtentions, dans le cadre des programmes d'Innovation Variétale et de Diversification (IVD). L'Inra positionne son investissement sur des objectifs de sélection à forte valeur démonstrative, risqués et/ou pour lesquels une défaillance du marché est constatée. C'est à travers cette contribution forte que le département BAP contribue significativement à la relance de la culture des légumineuses à graines (LAG), levier essentiel de la diversification durable des systèmes de production. Ainsi, le programme LAGoPEDE « Des Légumineuses A Graines PErformantes pour l'agriculture de DEmain » s'intéresse à la diversification de l'offre variétale en pois d'hiver et en féverole. Dans le but d'explorer les nouvelles options de conduite des LAG dans des systèmes de plus en plus diversifiés, le programme CéréLAG a pour objectif d'identifier « les critères variétaux pertinents à sélectionner pour la conduite en association céréales-légumineuses » et de donner les outils pour les caractériser.

Le projet LAGoPEDE a pour ambition de proposer des idéotypes de pois protéagineux et de féverole innovants et complémentaires voire en rupture des approches du secteur privé. Pour les deux espèces, le projet s'inscrit dans une stratégie de développement de types d'hiver afin de stabiliser et augmenter le rendement. Le pois est sélectionné pour s'adapter à une date de semis précoce et amélioré pour d'autres caractères prioritaires (résistance au gel, teneur des graines en facteurs anti-trypsique, résistance aux maladies, notamment à *Aphanomyces*). La sélection de la féverole d'hiver est axée sur la résistance au froid et sur la qualité des graines de type FEVITA, dépourvues de tanins et à faible teneur en vicine-convicine, ciblant la filière alimentation des volailles « sans » tourteau de soja. LAGoPEDE capitalise les acquis de projets développant des outils de sélection pour les légumineuses (marqueurs moléculaires, méthodologies et critères de sélection : PeaMUST, PeaMAS, LEG'UP, COSELAG). Les innovations de LAGoPEDE permettront le développement de la culture dans de nouvelles régions et contribueront à la mise en place de pratiques innovantes en termes de systèmes de culture et de débouchés.

Le projet CéréLAG s'inscrit dans un objectif d'optimisation des associations blé - pois/féverole en système de culture économe en intrants, dont l'agriculture biologique. Il consiste, dans un premier temps, à tester en association un petit nombre d'idéotypes existants de blé tendre d'hiver (8) et de légumineuses (3 de pois et 2 de féverole) ayant des caractéristiques variétales très contrastées. Les essais sont menés dans un dispositif multi-sites présentant des conditions pédo-climatiques contrastées (Paris, Rennes, Amiens, Dijon). Le projet vise à identifier des règles génériques d'assemblage pour la conduite en association en vue d'obtenir une production de qualité et stable d'une année sur l'autre pour un environnement donné. Le débouché visé est

un débouché grain pour le blé (blé meunier panifiable à destination de l'alimentation humaine) et protéines animales pour les légumineuses (afin d'augmenter l'autonomie protéique des élevages). Ce travail permettra d'introduire des caractères spécifiques aux associations dans les programmes de sélection du blé et des légumineuses, et apportera des éléments pour l'inscription au catalogue de matériel sélectionné spécifiquement pour les associations.

Une complémentarité entre LAGoPEDE et CéréLAG constitue une forte plus-value, CéréLAG contribuant à identifier les traits favorables à la culture en association et LAGoPEDE proposant, en retour, des prototypes à tester en cultures associées.

**186.**

### **Adaptation des légumineuses à graines et interactions génotype x environnement en pois dans un réseau européen**

*Biarnes, Véronique (1); Pontet, Célia (1); Lecomte, Christophe (2)*

1: Terres Inovia, France; 2: INRA

Dans le cadre du projet européen LEGATO (LEGumes for the Agriculture of TOMorrow, Collaborative project, Grant agreement no: 613551, SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME, THEME [KBBE.2013.1.2-02]), un réseau d'essais variétés pour différentes espèces de légumineuses à graines (pois, féverole et lupin, d'hiver et de printemps, pois chiche, Lathyrus) a été mis en place dans plusieurs pays d'Europe pendant 2 ans (2015 et 2016). Trois zones ont été distinguées : zone méditerranéenne (Portugal, Espagne, Italie, Grèce), zone maritime (France, Grande-Bretagne, Allemagne) et zone continentale (Autriche, République tchèque, Serbie, Estonie). Des analyses de variance ont permis de mettre en évidence l'adaptation de certaines légumineuses dans chacune des trois zones européennes. L'utilisation de la régression factorielle a également permis de visualiser des différences de comportements entre variétés pour chacune des espèces étudiées. Enfin, pour le pois, l'utilisation du logiciel DiagVar (développé par C. Lecomte, INRA) a permis d'identifier les principaux facteurs ayant limité le rendement dans les différents sites et d'effectuer une analyse plus fine des interactions génotype x environnement. Cette étude a ainsi permis de mettre en avant des différences de comportement pour plusieurs variétés de pois d'hiver étudiées, notamment par rapport à l'ascochytose à différentes périodes du cycle, mais aussi en réaction à différents facteurs d'origine climatique (déficit hydrique en début de cycle, défaut de rayonnement ou fortes températures pendant le remplissage des graines).

**268.**

### **Caractérisation biochimiques des légumineuses natives de la région Midi Pyrénées**

*Merah, Othmane (1); Jouany, Claire (2); Cruz, Pablo (2); Fort, Florian (2); Lecloux, Eric (2); Theau, Jean-Pierre (2); Lamb, Luc (3); Moussa, Issam (3); Gras, Marie-Christine (4); Saint-Pierre, Laure (4)*

1: Laboratoire de Chimie Agro-industrielle, LCA, Université de Toulouse, INRA, Toulouse; 2: INRA, UMR 1248 AGIR, F-31326 Castanet-Tolosan; 3: CNRS, UMR 5245 ECOLAB, F-31326 Castanet-Tolosan; 4: RAGT 2n, Bourg, F-12510 Druelle

La recherche de cultures adaptées au contexte climatique et réglementaire actuel représente un enjeu majeur pour l'agriculture. Dans ce contexte les légumineuses offrent un grand nombre d'avantages pour répondre à ces attentes. Cependant beaucoup d'attention a été dévolue aux légumineuses alimentaires aux dépens des fourragères. Or, ces espèces permettent, tout autant que celles dédiées à l'alimentation humaine, de réaliser des économies importantes pour les éleveurs puisqu'elles sont capables de fixer l'azote atmosphérique via la symbiose et ne nécessitent pas d'engrais azotés. Elles permettent ainsi de limiter fortement les émissions de N<sub>2</sub>O, gaz à effet de serre. D'autre part, la présence de légumineuses dans les fourrages augmente leur qualité nutritionnelle pour les animaux. Malgré ses intérêts la culture des légumineuses recule en Europe du fait d'un manque notoire de références agronomiques et zootechniques et d'une offre limitée à quelques espèces. En particulier, la méconnaissance de l'impact des facteurs environnementaux sur la mise en place et le fonctionnement de la symbiose et leur capacité de résistance aux stress expliquent ce recul. Toutefois, cette offre est limitée à quelques espèces seulement.

Dans le cadre du projet LEGUMIP (Légumineuses natives de la Région Midi Pyrénées) nous avons évalué la capacité de légumineuses natives à produire une ressource fourragère en conditions contraintes. Les objectifs de ce projet sont (1) identifier et caractériser de nouvelles espèces, (2) caractériser leur valeur d'usage (caractéristiques des espèces fourragères qui ont un intérêt pour l'éleveur).

Les expérimentations ont été réalisées à la station expérimentale de l'INRA (Auzeville Tolosane) en 2014 et 2015. Les espèces sont cultivées sur des parcelles de 2m<sup>2</sup> avec 4 répétitions. Il s'agit de monocultures issues de populations naturelles. La récolte de la matière fraîche a été réalisée à floraison. Le matériel végétal a été séché et broyé. Les dosages réalisés ont concernés les sucres solubles (Anthrone) trait lié à l'appétance, l'azote et la teneur en protéines (Kjeldahl), ADF-NDF (Van Soest), les phénols (Folin Ciocalteu), activité antioxydante (DPPH), tanins condensés (vanilline-HCl-méthanol).

Des différences entre les deux années ont été observées dues principalement aux conditions climatiques durant les deux expérimentations. La variabilité spécifique pour l'ensemble des traits mesurés est très importante quelle que soit l'année. Tous les traits mesurés de la qualité fourragère varient du simple au double entre les valeurs extrêmes. Cette différence entre les espèces est plus marquée pour les phénols, l'activité antioxydante et les tanins dont la variation entre les valeurs extrêmes peut aller jusqu'à 100 fois. On note une corrélation positive entre la teneur en phénols et l'activité antioxydante qui distingue deux groupes d'espèces. Le premier comprend le lotier corniculé, sainfoin, psoralée, melilot blanc, ononis des champs, et quatre espèces de trèfle (campestre, commun, blanc et fraisier). Le second comprend la vesce des haies et la jarosse, cytise, gesse des prés, mélilot officinal, luzernes commune et lupuline, et la coronille bigarrée.

La caractérisation de leur valeur d'usage (teneur en protéines, teneur en sucres, ADF-NDF) mais également, de manière innovante et aussi importante que pour l'alimentation humaine, la teneur en phénols et tanins condensés, et l'activité antioxydante seront présentés et discutés.



156.

## **Prédiction de la teneur en protéines dans les graines de féverole par SPIR (spectroscopie proche infra-rouge) : Impact de la présence de graines bruchées**

*Lem, Patricia; Dehais, Nelly; Dinet, Fabrice; Jean-Michel, Retailleau*

GEVES, France

La féverole (*Vicia faba*) connaît un nouvel essor sur le territoire français depuis les années 2000. Elle représente en moyenne 30% des productions protéagineuses en France sur les cinq dernières années (1). Espèce riche en protéines, sa production est principalement destinée à l'alimentation animale en Europe et à l'alimentation humaine dans les pays du pourtour méditerranéen et en Chine (2). C'est une plante qui a la capacité de fixer l'azote de l'air grâce aux nodosités de ses racines et ne présente pas de besoin en engrais azoté. Elle permet donc de réduire la consommation d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre et les risques de fuite de nitrates vers les eaux. Dans le cadre des études officielles (CTPS), la valeur technologique des variétés de féverole est appréciée par le biais d'un réseau d'essais implantés sur le territoire français. Un des caractères technologiques étudiés est la teneur en protéines qui, jusqu'en 2015, était déterminée selon la méthode Kjeldahl. En 2011, le GEVES s'est orienté vers le développement d'une méthode de prédiction de la teneur en protéines selon la technique de spectroscopie proche infrarouge (SPIR). La SPIR présente l'intérêt d'être une méthode rapide et moins coûteuse que la méthode chimique. Des travaux ont débuté par le développement de modèles de prédiction sur les matrices « graines entières » et « graines broyées ». Les premiers résultats ont montré qu'il était difficile d'améliorer les performances de prédiction du modèle « graines entières » et la présence de graines perforées par la bruche dans les échantillons a été pressentie comme pouvant interférer dans le modèle « graines entières ». La bruche (*Bruchus rufimanus*) est un coléoptère spécifique de la féverole et elle est présente partout en France. Sa présence dans les essais CTPS est très aléatoire selon les années et les essais. La bruche se développe en culture, achève son état larvaire dans la graine et à l'état adulte, l'insecte sort de la graine formant un trou circulaire dans celle-ci (3). Dans le cadre d'une méthodologie, Le GEVES a évalué l'impact de la présence de ces graines dites bruchées sur la prédiction SPIR de la teneur en protéines. Les résultats de cette méthodologie ont montré que la teneur en protéines augmente avec le taux de graines bruchées présentes dans l'échantillon analysé, avec en moyenne + 1,4% MS en protéines entre 0% et 100% de graines bruchées. Ces résultats montrent la nécessité de travailler sur des échantillons de graines non bruchées pour évaluer la valeur intrinsèque de la variété. La suite de cette étude s'est orientée préférentiellement vers l'amélioration du modèle « graines broyées ». Depuis 2016, la méthode SPIR « modèle graines broyées » est devenue la méthode officielle CTPS pour évaluer la teneur en protéines des variétés en étude.

Références :

1-Les fiches de FranceAgriMer, grandes cultures, filière protéagineux, février 2018, [www.franceagrimer.fr](http://www.franceagrimer.fr).

2- Atouts de la féverole, 2016, [www.terresunivia.fr](http://www.terresunivia.fr)

3-Les fiches accidents, féverole, Bruche de la fève, [www.fiches.arvalis-infos.fr](http://www.fiches.arvalis-infos.fr)

**240.**

### **Identification des variétés à double usage et adaptées à la culture de contre saison au Niger.**

*Abdou, Souleymane; Issoufou, Salami*

Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), Niger

Le niébé *Vigna unguiculata* L. Walp, est l'une des plus importantes légumineuses cultivées dans les zones tropicales semi-arides d'Afrique de l'ouest. Au Niger, cette culture occupe la deuxième place en termes de production et de la surface cultivées après le mil. Le niébé joue un rôle déterminant dans l'alimentation, la nutrition (taux élevé de protéine), dans l'approvisionnement en fourrage et dans l'amélioration du revenu des producteurs. Cependant, sa production souffre d'importants problèmes surtout avec l'avènement du changement climatique. La saison de pluvieuse s'est non seulement raccourci, mais aussi les pluies sont mal réparties dans le temps et l'espace, ce qui entraîne une incidence élevée de la sécheresse qui le plus souvent, est accompagnée des hautes températures. La culture du niébé en décrue ou sous irrigation est l'une des meilleures alternatives qui permettra de booster sa production. Deux cent (200) accessions de niébé composées des variétés locales, sauvages et améliorées ont été criblées à ICRISAT Sadoré pendant la contre saison 2017 sur un terrain pauvre en phosphore. Vingt-une (21) variétés dont 18 prometteuses et trois à faible performance ont été sélectionnées et évaluées au cours de contre saison 2018 à Kalapaté, une station de recherche de l'INRAN. Les données étaient collectées sur la floraison, la biomasse, la taille de la plante, 50 % maturité, le rendement grain et fanes, l'indice de récolte et le poids 100 graines. Les génotypes étaient significativement différents pour tous les paramètres à l'exception de la biomasse. Le rendement moyen en grains et en fanes était respectivement de 27,46 et 70.0 g par plante. Les variétés performantes en rendement grains et fanes ont été identifiées. Il s'agit de G118, G108 et G150 avec respectivement un rendement en grains de 57,22, 55,63, 53,50 g par plante. En ce qui concerne le rendement en fane, il était de 118.83 g par plante pour G118, 94.55g et 88.63 g pour G150 et G108. L'utilisation de ces variétés contribuera à l'augmentation de la sécurité alimentaire pour les hommes et le cheptel.

## **191. Étude morphologique et caryologique de trois populations spontanées de vesce (Chemini A, Chemini B et Beni Ali )**

*Sebkhi, Zahia (1); Chaouch, Fatma Zohra (2)*

1: Institut National de la Recherche Agronomique de l'Algérie,; 2: Université de SAAD DAHLAB Blida

Dans le cadre de l'évaluation et de la valorisation des ressources génétiques d'intérêt fourrager et pastoral en Algérie trois populations spontanées de l'espèce (*Vicia sativa* L.) et une variété introduite (Servat 174) ont fait l'objet d'une étude de la variabilité génétique à travers une évaluation morphologique et caryologique à la station expérimentale de l'université de Blida durant la campagne 2011/2012. Le protocole expérimental est en blocs aléatoires complets avec trois répétitions. Les différents paramètres étudiés, relatifs au développement végétatif de la plante, aux gousses et aux graines ont révélé une variabilité intra-spécifique appréciable. Nous constatons que la population Chemini B est la plus précoce à la floraison et à la fructification avec respectivement seulement 29 et 37 jours après la date de levée. Ainsi elle est la plus productive en gousses (avec une moyenne de 28 gousses par plant) et en graines (04 graines par gousse). Concernant les caractères biométriques, les valeurs liées à la hauteur de l'axe principal, le nombre total de ramifications ainsi le nombre total de fleurs par plant La population Chemini A est apparue comme la meilleure population. Pour les cinq lignées de la population de Béni Ali, les caractères relatifs au nombre total de gousses par plant et le nombre de graines par plant ainsi que le rapport du poids des graines / poids des gousses, les valeurs les plus élevées ont été enregistrées chez les lignées L2 L3 et L4. L'étude caryologique a mis en évidence un nombre chromosomique unique chez les deux populations spontanées de la région de Bejaia Chemini A et Chemini B, soit  $2n=2x=14$ . Par contre chez la variété introduite servat 174 ; le nombre chromosomique est  $2n =2x=12$ .

**249.**

**La diversité variétale à l'échelle d'un territoire est-elle un levier pour améliorer les performances agronomiques de la luzerne ? Analyse d'une étude de simulation avec le modèle STICS**

*Strullu, Loïc (1); Cognard, Valentin (1); Coulmier, Didier (2); Beaudoin, Nicolas (3); Ferchaud, Fabien (3); Julier, Bernadette (1); Louarn, Gaëtan (1)*

1: INRA, P3F, UR4, RD 150 Le Chêne, CS80006, 86600 Lusignan, France; 2: Désialis, Complexe Agricole Mont Bernard - Route de Suippes - 51007 - Châlons en Champagne Cedex; 3: INRA, UR AgrolImpact - Site de Laon Pôle du Griffon - 180, rue Pierre-Gilles de Gennes 02000 Barenton-Bugny

Le modèle de culture STICS (v10) a été récemment paramétré pour la luzerne et évalué pour sa capacité à rendre compte des caractéristiques agronomiques de cette espèce en termes de rendement, de qualité fourragère (teneur en protéines) et de réponse au rythme de fauche. Dans la présente étude, le modèle STICS a été adapté pour simuler les différences de saisonnalité de production entre groupes de dormance contrastés (type « Sud » de dormance 5 ayant une repousse rapide, type « Nord » de dormance 4 ayant une repousse moyenne, type adapté au Canada de dormance 2 ayant une repousse lente) et pour tester *in silico* l'intérêt que l'utilisation de variétés de types différents pouvait procurer localement à l'échelle d'un réseau de parcelles alimentant une unité de déshydratation. Le plan de simulation virtuelle combinait différents scénarios de rythmes de fauche, de types variétaux (1, 2 ou 3 en proportions identiques) et de synchronie des fauches avec le rythme de croissance de variétés (synchrone, asynchrone). Ces scénarios ont été évalués pour 12 années (2001-2012) et pour trois sites (Mons, Lusignan, Avignon) représentatifs de trois pédoclimats contrastés. Le scénario actuellement en usage (1 variété de type « Flamande », 1 rythme de fauche synchrone) a été pris comme référence pour juger de l'intérêt des différents scénarios testés en termes de rendement et de qualité (classes de Matière azotée Totale, MAT).

La comparaison des scénarios comportant une seule variété a permis de montrer un effet variétal fort sur le rendement et la qualité. La variété adaptée au Canada était la moins productive dans tous les sites mais les différences entre les variétés « Sud » et « Nord » étaient faibles à Mons et Lusignan, alors qu'elles étaient plus marquées à Avignon en faveur du type « Sud ». En revanche, la variété du Canada a produit un fourrage plus riche en protéines. Les scénarios de diversité comportant les trois types variétaux dans un même réseau de parcelles se sont avérés systématiquement moins productifs que le scénario de référence, la présence de la variété tardive expliquant cette baisse de rendement total et ainsi qu'une augmentation des biomasses récoltées à haute qualité (>19 en MAT). Enfin, les scénarios combinant deux types variétaux (« Sud » et « Nord ») se sont avérés légèrement plus intéressants que le scénario de référence en terme de rendement, mais pas en terme de qualité. La prise en compte de la synchronie entre date de coupe et besoins des variétés améliorerait légèrement les résultats à la fois en rendement et en qualité. Au total, pour le site de Mons (i.e. proche des bassins de déshydratation actuels), un gain moyen de rendement d'environ 1% est prédit par le scénario à deux variétés le plus avantageux.

Ces travaux ont reçu le soutien du Ministère de l'Agriculture (CASDAR Semences, projet Variluz, C-2015-03, 2015-2018). Nous remercions la section luzerne de l'ACVF et Coop de France Déshydratation de leur aide pour le financement du contrat de travail de Loïc Strullu.

**216.**

## **Évaluation de la tolérance au stress hydrique de variétés de soja conduites en agriculture biologique**

*Le Gall, Cécile (1); Fontaine, Laurence (2); Terrier, Médulline (3); Eburel, Enguerand (4)*

1: Terres Inovia, France; 2: ITAB; 3: Initiative Bio Bretagne; 4: CREAB

La sensibilité du soja au stress hydrique, au moment de la floraison puis du remplissage des grains, est bien connue des producteurs et conseillers techniques. L'enquête sur les pratiques culturales de producteurs de soja en AB menée par Terres Inovia en 2016 a montré une différence moyenne de 11 q/ha entre les parcelles conduites en AB en sec comparativement à celles conduites en irrigué. L'évaluation variétale en soja est traditionnellement conduite en situation peu ou pas limitante en eau (parcelle irriguée avec sur sol profond). Cependant, en AB, l'enquête menée en 2016 montre que 43% des surfaces de soja bio sont conduites en sec (résultats similaires à ceux de l'enquête 2011).

Au vu de ces chiffres, il apparaît nécessaire, d'une part de favoriser l'émergence de variétés « tolérantes » au stress hydrique en soja, et d'autres parts d'évaluer les variétés existantes vis-à-vis de ce critère. Dans le cadre des projets EcovAB et Secalibio, un essai comparant 6 variétés de soja, conduites en sec et en irrigué sur la même parcelle, a été mené en partenariat entre Terres Inovia et le CREAB pour comparer les performances des variétés dans les deux situations sur 3 années consécutives.

Il en ressort que le classement variétal est cohérent entre la conduite en sec et la conduite en irriguée avec néanmoins des inversions de classement pour certaines variétés (EX : Eudor). Ces différences ressortent plus ou moins en fonction des années, et notamment du niveau de stress hydrique (2016 ayant été notamment très stressante).

## **269. Développement de population BCNAM de niébé pour la création de nouvelles variétés double usage, résistantes au striga : étapes de pre-breeding**

*Hamadou Hamidou, Hadiara (1,2,3); Saadou Souley, Mahamane Nourou (1); Saïdou, Abdoul-Aziz (1,2); Bakasso, Yacoubou (3)*

1: Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger; 2: CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France. AGAP, Univ Montpellier, CIRAD, INRA, Montpellier; 3: Université Abdou Moumouni, Niamey Niger

Le niébé (*Vigna unguiculata*) occupe une place importante en zone sahélienne. Au Niger, elle occupe la deuxième place après le mil, avec une production moyenne estimée à plus d'un million de tonnes. Cette culture se trouve confrontée à plusieurs parasites, parmi lesquels *Striga gesneroides*. La sélection de variétés résistantes aux bioagresseurs et adaptées aux conditions locales est une des voies clefs pour augmenter les rendements et ajuster la production aux besoins en matière de sécurité alimentaire et de compétitivité agroéconomique, dans un contexte de saturation foncière. Notre étude vise une création des variétés de niébé pour une meilleure résistance à *Striga gesneroides* et un bon rendement en graines et fourrage, en partant des variétés locales appréciées des populations mais sensibles au striga. Nous avons utilisé des parents donneurs obtenus auprès des institutions de recherche partenaires en l'Afrique de l'Ouest, résistantes à *Striga gesneroides* et/ou présentant un bon rendement fourrager. Ces variétés donneuses ont été croisées avec des variétés locales collectées auprès des paysans nigériens sur la base de leur large distribution, leur adaptation locale et leur correspondance aux préférences paysannes. Une série de croisements ont été effectuées en saison pluviale et en saison sèche. Les descendances constituent nos populations multi-parentales. Après un contrôle de croisement avec deux marqueurs microsatellites, 38 individus F1 ont été retenus, puis 33 individus de la deuxième génération issue du backcross de chacune des F1 avec le parent local (BC1). Nous présenterons l'état d'avancement de ces populations en cours de création. Nous avons généré, en parallèle, des familles F1BC1 (obtenues par l'autofécondation de la BC1) et des familles BC2 (obtenues en faisant un deuxième backcross). Une stratégie combinant les marqueurs moléculaires des gènes de résistance au striga avec des outils de sélection participative a été développé pour la suite du programme de sélection variétale.

109.

### Étude génétique des populations d'acacias d'Ahaggar

*Mensous, Mohamed (1); Baâli-cherif, Djamel (2); Van de Paer, Céline (3); Manzi, Sophie (3); Bouchez, Olivier (4); Eddoud, Amar (1); Abdellaoui, Mohamed Salah (5); Besnard, Guillaume (3)*

1: Université KASDI Merbah-Ouargla, Algérie; 2: Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie-Alger, Algérie; 3: Laboratoire Evolution et Diversité Biologique, CNRS-UPS-ENSFEA-IRD, Université Paul Sabatier-Toulouse, France; 4: INRA, GeT-PlaGe, Genotoul, Castanet-Tolosan, France; 5: Institut de la Recherche Forestière-Tamanrasset, Algérie

Les acacias (Mimosoideae) représentent un groupe important de plantes ligneuses dans les habitats arides et semi-arides de toutes les régions tropicales et subtropicales. Ils sont une source importante de bois (combustible et bois d'oeuvre), de fibres (cordes), de médicaments pour les populations humaines (gomme), et de fourrage pour les animaux sauvages et domestiques. A l'Ahaggar (sud algérien), ils sont représentés par six espèces (*Vachellia tortilis* subsp. *raddiana*, *V. seyal*, *V. nilotica* subsp. *tomentosa*, *V. flava*, *Faidherbia albida* et *Senegalia laeta*.) dont le maintien de certaines d'entre elles est menacé par leur exploitation par les populations locales. L'étude et l'inventaire de ces ressources constituent la première étape de leur conservation et mise en valeur. La diversité génétique et la dynamique des populations des espèces africaines sont encore peu étudiées, en particulier en raison de la variation de la ploïdie entre les espèces et à l'intérieur de celles-ci. Des études sur deux aspects biologiques (biogéographie et caractères botaniques) ont été effectuées sur quelques populations de ces espèces couvrant les massifs montagneux aux alentours de Tamanrasset. Aussi, nous avons étudié la diversité du génome plastidique (ou plastome) et de l'ADN ribosomique nucléaire des Mimosoideae sahariens afin d'évaluer leur utilité potentielle pour les études phylogénétiques et de génétique des populations.

L'étude biogéographique a été menée sur la base des coordonnées géographiques des populations prospectées dans lesquelles l'effectif a été noté. L'étude botanique, qui a concernée la morphologie générale, les appareils végétatif et reproducteur, a été menée sur des caractères quantitatifs (ex. longueur des feuilles, longueur de la gousse) et qualitatifs (ex. position des épines, types d'inflorescence). Pour l'étude moléculaire des six espèces, nous avons d'abord utilisé une stratégie de séquençage de nouvelle génération (« genome skimming ») pour assembler le plastome complet plus l'unité quasi complète de l'ADN ribosomique nucléaire (ADNr). Les données biogéographiques ont montré, à titre d'exemple, que *V. tortilis* subsp. *raddiana* est l'espèce la plus répandue, formant des peuplements denses en zones d'épandage (basse altitude) mais représentée que par des individus isolés en haute altitude, tandis que *Faidherbia albida* n'est généralement représentée que par des individus isolés. Sur le plan systématique, l'analyse des caractères botaniques et les relations phylogénétiques basées sur les données moléculaires (plastome+ADNr) confirment l'existence de trois lignées évolutives principales dans l'Ahaggar (*Vachellia*, *Senegalia* et *Faidherbia*). L'analyse de la structure du plastome révèle une extension de la séquence en répétition inverse (IR) dans *Faidherbia albida* comme récemment rapporté dans deux autres genres de la même lignée (*Inga* et *Acacia* s.s.). Des taux de substitution plus élevés sont détectés dans cette lignée, et notre échantillonnage d'espèces permet de révéler des gènes codant pour les protéines chloroplastiques (en particulier *accD*, *clpP*, *rps2*, *rps3*, *ycf1*, *ycf2* et *ycf4*) sous sélection positive suite à l'extension de l'IR. Les raisons de cette transition évolutive doivent être démêlées. Nous avons aussi développé 21 microsatellites plastidiques utilisables sur un large panel d'espèces de Mimosoideae. À l'échelle locale, 18 de ces loci révèlent un polymorphisme intra-

spécifique dans au moins une espèce. Ces marqueurs peuvent être utiles pour évaluer la diversité génétique du plastome pour les phylogéographies comparées ou les études de génétiques des populations. Enfin, l'isolement de deux unités d'ADNrn avec des fréquences différentes (35+65) dans *S. senegal*, est compatibles à l'hypothèse d'une hybridation impliquant des gamètes réduits et non réduits (triploïdie). En complément, l'analyse du génome nucléaire est désormais nécessaire pour mieux étudier les stratégies de reproduction asexuée (apomixie, reproduction clonale) et sexuée chez les acacias sahariens.



**128.**

## **Tour d'horizon des dernières technologies moléculaires de séquençage disponibles sur GeT-IT. Quelles applications pour l'étude des Légumineuses et de leurs pathogènes ?**

Genthon, Clémence

INRA Transfert, France

Imaginer des espèces variétales qui préfigurent l'agriculture de demain implique souvent l'utilisation d'approches technologiques de pointe à forte valeur ajoutée pour se démarquer et gagner en compétitivité. La palette d'outils du sélectionneur s'est considérablement élargie grâce au développement de technologies permettant d'automatiser des opérations au laboratoire et d'augmenter les capacités de caractérisation des plantes.

Le développement récent du séquençage de génomes végétaux permet désormais de disposer de séquences de référence pour de nombreuses espèces. Grâce à la démocratisation du séquençage, on peut aujourd'hui envisager de constituer des populations de référence rassemblant une large diversité génétique et de les évaluer pour des caractères particuliers (résistance à des pathogènes, test en conditions limitantes d'irrigation ou d'engrais, qualité gustative...).

Il y a dix ans, le séquençage reposait sur un seul type de séquençage, le séquençage de Sanger. En 2005, les technologies de séquençage nouvelle génération « NGS » ont émergé et ont changé la vision de l'analyse et de la compréhension des êtres vivants. L'entreprise américaine Illumina a franchi récemment deux seuils très symboliques pour la génomique en rendant possible le séquençage d'un génome humain en vingt-quatre heures pour seulement 1.000 dollars. Cependant certains génomes, notamment de plantes, sont si complexes avec de nombreuses zones répétées que la technologie Illumina n'est pas capable de résoudre. Pour remédier aux problèmes causés par les lectures courtes, les scientifiques de chez Oxford Nanopore ont développé une nouvelle génération de séquençage appelée ""séquençage de troisième génération"". Ces troisièmes générations de séquençage s'affranchissent des amplifications PCR et sont capables de produire des lectures longues, donc d'améliorer l'assemblage des génomes.

Au-delà de l'aspect fondamental, les connaissances acquises grâce au séquençage sur la structure et le fonctionnement des génomes végétaux permettent de développer de nouveaux outils pouvant être utilisés à court ou moyen termes dans des programmes d'amélioration variétale. Cela concerne notamment le développement de marqueurs SNP et le génotypage à haut débit qui sont des outils utilisables directement par les sélectionneurs. Par ailleurs, les NGS sont aujourd'hui incontournables pour le management des maladies, la découverte et la caractérisation des phytopathogènes

L'objectif de la présentation est de présenter les différents outils moléculaires disponibles aujourd'hui afin de fournir aux débutants dans le domaine tout comme aux professionnels de la sélection une description simple et compréhensible des technologies NGS et de leurs applications.

GeT-IT est une Business Unit d'INRA Transfert qui propose un accès aux savoir-faire et aux équipements de l'INRA, sous la forme de prestations de services. GeT-IT permet aux entreprises d'utiliser directement les outils et les approches moléculaires les plus innovantes, pour leurs projets de R&D, en étant accompagné et

conseillé par les meilleurs spécialistes, dans le respect des exigences de confidentialité, de délais, de réactivité et de traçabilité.

**192.**

### **Résistance de cultivars français de féverole d'hiver à l'ascochytose (*Ascochyta fabae*)**

*Moussart, Anne (1,3); Onfroy, Caroline (1,3); Rivière, Jean-Philippe (2,3); Vetel, Pierrick (2,3); Baranger, Alain (2,3)*

1: Terres Inovia, Avenue Lucien Bretignières 78850 Thiverval-Grignon, France; 2: INRA UMR IGEPP, Domaine de la Motte 35653 Le Rheu, France; 3: Unité Mixte Technologique INRA-Terres Inovia PISOM, Domaine de la Motte 35653 Le Rheu, France

L'ascochytose de la féverole due à *Ascochyta fabae* est une maladie aérienne beaucoup moins fréquente que le *Botrytis* mais qui peut occasionner des pertes de rendement importantes si les conditions sont favorables au pathogène, en particulier sur féverole d'hiver. Tous les organes de la plante peuvent être touchés et la maladie est à l'origine de défoliation, cassure de tiges et grains tachés. En dehors de préconisations d'usage de semences saines et certifiées (la maladie étant essentiellement transmise par la semence), la principale méthode de lutte actuelle est chimique et passe par des enrobages de semences et des applications fongicides en végétation. L'utilisation de variétés résistantes est toutefois considérée comme une piste prometteuse et plus respectueuse de l'environnement. Des sources de résistance à l'ascochytose ont en effet été identifiées dans le courant des années 1990 par l'INRA (Doré et Varoquaux, 2006 ; Le Guen et Duc, 1992) et intégrées depuis dans les programmes privés de sélection français (Groupement des Sélectionneurs de Protéagineux, comm. pers). Très peu d'informations sont toutefois disponibles sur les niveaux de résistance du matériel végétal sélectionné et en particulier des variétés commercialisées récemment. Dans ce contexte, des essais ont été mis en place au champ durant deux saisons consécutives (2016-2017 et 2017-2018) afin de mieux connaître le niveau de résistance à l'ascochytose des variétés de féverole d'hiver en post inscription. Neuf variétés de féverole d'hiver ainsi que deux témoins partiellement résistants (29H et Irena) ont été implantés à l'automne en parcelles de 12m<sup>2</sup> selon un dispositif en blocs complets randomisés. Les essais ont été inoculés en sortie d'hiver à partir de grains d'orge contaminés par un mélange de deux souches d'*Ascochyta fabae*, et des notations maladies ont été réalisées à plusieurs stades en cours de culture. Un essai non inoculé a servi de témoin. A maturité, les rendements et PMG ont été mesurés pour chaque modalité et comparés pour chaque variété à ceux du témoin non inoculé. Les résultats obtenus mettent en évidence des différences significatives de comportement entre variétés, certaines présentant un niveau élevé de résistance partielle, proche de celui des témoins. Un test de criblage en conditions contrôlées, adapté du test décrit par Tivoli et al. (2006), a permis de confirmer ces comportements. Les résultats ainsi obtenus sont déterminants pour la gestion raisonnée à venir du risque ascochytose sur féverole d'hiver, ainsi que pour l'intégration de variétés récentes de féverole d'hiver en agriculture biologique.

Références :

Doré C, Varoquaux F (2006) Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. La féverole. Editions Quae, pp 310-312.

Le Guen J, Duc G (1992) La féverole. Dans : Amélioration des espèces végétales cultivées, A.Gallais et H.Bannerot, INRA Editions Paris, 187-203.

Tivoli B, Baranger A, Avila CM, Banniza S, Barbetti M, Chen W, Davidson J, Lindeck K, Kharrat M, Rubiales D, Sadiki M, Sillero JC, Sweetingham M, Muehlbauer FJ (2006) Screening techniques and sources of resistance to foliar diseases caused by major necrotrophic fungi in grain legumes, *Euphytica* 147: 223–253

**193.**

### **Nuisibilité d'*Aphanomyces* sur pois de printemps**

*Moussart, Anne (1,3); Even, Marie-Noelle (1,3); Jumel, Stéphane (2,3); Bebin, Thierry (4); Pilet-Nayel, Marie-Laure (2,3); Baranger, Alain (2,3)*

1: Terres Inovia, Avenue Lucien Bretignières 78850 Thiverval-Grignon, France; 2: INRA UMR IGEPP, Domaine de la Motte 35653 Le Rheu, France; 3: Unité Mixte Technologique INRA-Terres Inovia PISOM, Domaine de la Motte 35653 Le Rheu, France; 4: Florimond Desprez, 28700 Houville la Branche, France

La pourriture racinaire due à *Aphanomyces euteiches* est la maladie tellurique la plus nuisible sur pois de printemps. Actuellement, aucun moyen de lutte n'est disponible pour contrôler cette maladie. La gestion du risque repose principalement sur un test biologique préalable au semis, qui permet de connaître le potentiel infectieux de la parcelle et ainsi de conseiller l'agriculteur sur l'implantation en vue de sécuriser les rendements (Moussart et Baranger, 2017). Afin d'améliorer la gestion du risque, l'insertion de la composante génétique s'avère indispensable. Des avancées significatives en génétique et sélection ont été réalisées ces dernières années (Pilet-Nayel et al., 2017) et le matériel végétal en fin de sélection doit désormais être évalué en intégrant la notion de nuisibilité c'est-à-dire en explorant notamment les effets de la résistance sur la préservation des composantes du rendement. Un réseau multi-local et pluriannuel de parcelles saines et fortement contaminées a été mis en place à cet effet en 2011 par le Groupement des Sélectionneurs de Protéagineux (GSP) mais ce dispositif présente un certain nombre de limites liées principalement aux aléas climatiques et à l'hétérogénéité de répartition de l'inoculum dans le sol. Dans ce contexte, une méthodologie a été mise au point en serre dans le cadre du projet Armen\* afin d'étudier la nuisibilité de la maladie ainsi que l'effet de la résistance pour limiter cette nuisibilité. Les génotypes à évaluer sont semés dans un substrat inerte et inoculés à un stade jeune avec une suspension de zoospores, de façon à simuler une forte attaque au champ. Les plantes se développent ensuite dans des conditions favorables à la maladie jusqu'à maturité. Des notations portant sur le développement végétatif (longueur de tige, nombre d'étages, taille des entre-nœuds, surface foliaire et biomasse) et reproducteur (nombre d'étages reproducteurs, nombre de gousses par étage, nombre de graines par gousse, PMG) des plantes sont ensuite réalisées. Des plantes non inoculées, se développant dans les mêmes conditions servent de témoins.

Cette méthodologie a été utilisée pour évaluer la résistance à *Aphanomyces* de 5 lignées de sélection, comparées à 3 génotypes témoins sensibles et résistants. Les résultats obtenus ont permis de décrire finement et pour la première fois les perturbations de croissance et de développement végétatif et reproducteur engendrées par la maladie chez une variété sensible de pois de printemps, et de mesurer l'efficacité des résistances présentes dans des lignées de sélection agronomiques. Des différences significatives de comportement ont en effet été mises en évidence pour les 5 lignées évaluées, les pertes de rendement allant de 65 à 27%. Les résultats obtenus sont en cours de validation au champ dans un essai analytique et sur le réseau multi-local du GSP. Les niveaux de résistance mis en évidence restent insuffisants pour être déployés au champ, mais ces résultats reflètent un progrès en sélection significatif. La méthodologie utilisée, simple et reproductible, pourra être utilisée en fin de sélection et dans le processus d'inscription, en complément des essais au champ.

Remerciements : les auteurs remercient les membres du Groupement des Sélectionneurs de Protéagineux (GSP) pour la fourniture des lignées.

\*Armen : ""Efficacité des résistances partielles pour limiter la nuisibilité de la pourriture racinaire du pois due à *Aphanomyces euteiches* et méthodologie d'évaluation du matériel végétal"". Projet ONEMA 2016-2019 (AAP CASDAR)

#### Références :

Moussart A, Baranger A (2017) Risque *Aphanomyces* sur pois : la prévention est incontournable. *Perspectives Agricoles*, 448 : 22-24

Pilet-Nayel M-L, Lavaud C, Desgroux A, Lesné A, Boutet G, Quillévéré-Hamard A, Le May C, Moussart A, Baranger A (2017) Quantitative resistance for durable management of *Aphanomyces* root rot of pea. 8th International Conference on Legume Genetics and Genomics, 18-22 septembre 2017, Siófok, Hongrie

**227.**

### **Diversité moléculaire et résistance aux stress d'une collection de variétés et de lignées de sélection de pois protéagineux**

*Lavaud, Clement (1,6); Boutet, Gilles (1,6); Devaux, Corinne (3,5); Dufayet, Valérie (2); Dufour, Philippe (4); Lejeune-Hénaut, Isabelle (5); Pilet-Nayel, Marie-Laure (1,6); Baranger, Alain (1,6)*

1: INRA, UMR1349 IGEPP, Domaine de la Motte 35653 Le Rheu, France; 2: INRA, UMR Agroécologie, 17 rue de Sully 21065 Dijon, France; 3: Terres Univia, 11 rue de Monceau 75008 Paris, France; 4: RAGT2N, Le Bourg 12510 Druelle, France; 5: INRA, USC 1411 ICV 2, Chaussée Brunehaut Estrées-Mons 80203 Péronne, France; 6: INRA/Terres Inovia, UMT PISOM, Domaine de la Motte 35653 Le Rheu, France

Dans le cadre du projet PEAMAS (soutenu par Sofiprotéol via le financement du FIP), une collection de 133 lignées de pois de printemps et d'hiver (hr insensibles et Hr sensibles à la photopériode) a été constituée, incluant 65 variétés inscrites depuis 2004 et 68 lignées en cours de sélection chez les obtenteurs du GSP (Groupement des Sélectionneurs de Protéagineux) et de l'INRA. Un des objectifs du projet est de structurer cette collection à l'aide de marqueurs moléculaires liés à des traits de résistance aux principaux stress de la culture.

Cette collection a été génotypée et structurée à l'aide 1832 SNPs préalablement cartographiés génétiquement et ciblés sur les zones du génome (QTLs) contrôlant les principaux facteurs biotiques et abiotiques limitant la culture, dont la pourriture racinaire liée à *Aphanomyces euteiches* (Hamon et al, 2013), l'ascochytose liée à *Didymella pinodes* (Prioul et al, 2004), et le gel (Lejeune-Hénaut et al, 2008 ; Klein et al, 2014). Les 1832 SNPs ont démontré leur efficacité à structurer la diversité génétique des 133 lignées, (i) en discriminant d'une part globalement les pois de printemps des pois d'hiver, et d'autre part les Hr des hr au sein des pois d'hiver, (ii) en établissant des liens de parenté entre sous-groupes de lignées au sein de ces pools génétiques, permettant d'envisager le choix de géniteurs dans ces sous-groupes sur la base de leur polymorphisme génétique.

La collection a par ailleurs été phénotypée (i) pour la résistance au gel au champ en conditions de plaine à Mons et Dijon et sous serre amovible en conditions d'altitude à Chaux-des-Prés, (ii) pour la résistance à l'ascochytose et à la pourriture racinaire, en conditions contrôlées vis-à-vis d'une souche de chacun des pathogènes.

Les tests de résistance au gel ont montré une forte discrimination (attendue) des lignées de printemps et d'hiver sur les sites de Chaux-des-prés et Dijon, moins marquée sur le site de Mons où les conditions de gel ont été peu sévères. Malgré des conditions de gel assez différentes, une corrélation significative et élevée a été observée entre les 3 sites considérés. De larges variations intra pools génétiques permettent d'envisager d'identifier des lignées d'intérêt pour la résistance au gel, tant au sein des variétés que des lignées en cours de sélection.

Les tests de résistance à l'ascochytose ont montré une faible discrimination entre les types hiver (hr et Hr), globalement un peu plus résistants, et les types printemps, et permis d'identifier quelques lignées et variétés plus résistantes que les meilleurs témoins et parents de populations de RILs au sein de chacun des pools

généétiques. Les tests de résistance à la pourriture racinaire ont mis en évidence une absence de discrimination entre les pools génétiques d'hiver et de printemps et une faible variation intra pools génétiques. Aucune variété ou lignée n'est apparue meilleure que les meilleurs témoins, en cohérence avec la mise à disposition récente et l'intégration en cours de QTLs de résistance dans le matériel de sélection. La présence d'haplotypes de résistance déjà intégrés dans certaines variétés et lignées de sélection a été mise en évidence, ce qui témoigne de la mobilisation des sélectionneurs sur ces facteurs génétiques.

La description précise des haplotypes sous-jacents aux QTLs, intégrant l'effet des allèles et leur correspondance avec ceux identifiés dans les populations de RILs est en cours, afin d'orienter les futurs croisements réalisés par les obtenteurs. Ces travaux permettront d'une part, de valider l'usage des marqueurs en sélection, d'autre part, de cumuler les facteurs génétiques conférant la résistance à différents stress dans la sélection du pois protéagineux.



255.

**Développement des populations multi-parentales RILs de niébé pour l'analyse des bases génétiques de traits d'intérêt agronomiques et la création de variétés adaptées aux contextes locaux.**

*Moussa Tchoffo, Rahilatou (1); Abdou, Souleymane (3); Saidou, Abdoul-Aziz (1,2)*

1: Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, venue Maman Koraou Maradi, Niger; 2: CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France. AGAP, Univ Montpellier, CIRAD, INRA, Montpellier; 3: INRAN, Niamey, Niger

Le niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., est la principale légumineuse cultivée au Niger non seulement pour ses graines pour l'alimentation humaine mais aussi pour le fourrage. Cependant, cette culture fait face à des nombreuses contraintes parmi lesquelles figurent les plantes parasites, en particulier *Striga gesnerioides* qui provoque des pertes de rendement très élevés en zone sahélienne. L'objectif de notre étude est de développer des lignées recombinantes de niébé pour développer de nouvelles variétés à double usage, résistantes au *Striga gesnerioides* et répondant à la fois aux besoins des agriculteurs et à leurs préférences. Pour cela, des croisements multi-parentaux ont été réalisés entre 18 variétés provenant des institutions de recherche agronomiques (IITA, Nigeria ; IAR Ahmad Bello University, Nigeria ; INERA, Burkina Faso ; INRAN, Niger et Université de Maradi, Niger) et 5 variétés locales retenues sur la base de la préférence des producteurs et leur large distribution. Les populations résultantes ont été avancées en utilisant la méthode de Single Seed Descent (SSD) . Nous présenterons le processus de construction de ces populations par une démarche participative ainsi que les résultats disponibles actuellement (génération F3). Nous présenterons également nos perspectives de sélection participative qui commencera dans les générations plus avancées ainsi que les perspectives d'utilisation de ces RILs pour l'étude des bases génétiques des caractères d'intérêts agronomiques et les réponses à la sélection combinée (phénotypique et marqueurs) en conditions multi-locales.

**183.**

### **Résultats obtenus dans un réseau d'essais densité pois d'hiver**

*Biarnes, Véronique; Pontet, Célia*

Terres Inovia, France

Les recommandations actuelles en termes de densité de semis en pois d'hiver dépendent du type de sol (70-80 grains/m<sup>2</sup> en sol limoneux, 80-90 grains/m<sup>2</sup> en sol caillouteux et 115 grains/m<sup>2</sup> pour les sols de craie). Ces préconisations ont été établies suite à des essais conduits à la fin des années 90 et au début des années 2000 sur des variétés anciennes. Or, de nouvelles variétés de pois d'hiver ayant une forte aptitude à ramifier ont été inscrites récemment. Par ailleurs, des études (thèse B. Richard (2012), projet CasDar AscoPea) ont montré l'impact de l'architecture du couvert sur le développement de la principale maladie aérienne en pois d'hiver : l'ascochytose. Ces éléments ont montré la nécessité de repréciser les densités optimales de semis en pois d'hiver. Entre 2015 et 2018, au total 19 essais densité ont été conduits en pois d'hiver par Terres Inovia et plusieurs partenaires (FNAMS, sélectionneurs, coopératives). Certains essais ont été implantés sur les mêmes sites pendant plusieurs années, afin de disposer d'au moins 2 années pour chaque type de sol et chaque variété. L'impact de la densité sur le développement de maladies a pu être noté dans quelques essais. Plus celle-ci est importante, plus la pression de maladie augmente. Les premiers résultats indiquent également qu'en sol argilo-calcaire ou séchant, il est préférable de continuer à semer assez dense et donc de respecter les densités préconisées actuellement, qui tiennent compte notamment des pertes éventuelles de plantes pendant l'hiver. En revanche, en limon profond et avec un climat favorable (absence de gel en hiver et pluviométrie importante au printemps), il apparaît possible de diminuer la densité pour des variétés récentes.

**235.**

**Recherche de sources de résistance à *Sitona lineatus* dans une collection de ressources génétiques de *Vicia faba* L. (féverole et fève)**

*Duc, Gérard (1); Magnin-Robert, Jean Bernard (1); Deulvot, Chrystel (1); Touratier, Michael (1); Raffiot, Blandine (2); Marget, Pascal (1)*

1: INRA, France; 2: Terres Inovia France

*Sitona lineatus* est un ravageur des légumineuses, très fréquent sur des espèces cultivées en Europe telles que pois, féverole, luzerne, trèfles, vesces. Les adultes se nourrissent de jeune feuillage causant des morsures sur le bord des folioles, puis pondent sur le sol, les larves se nourrissant alors de nodules racinaires qui hébergent la symbiose fixatrice d'azote avec des conséquences sur l'acquisition d'azote et le rendement de la plante. Dans le contexte de la réduction de l'usage des insecticides en agriculture, des solutions alternatives de protection passent par le choix de systèmes de culture réduisant les populations d'insectes et de variétés résistantes quand des sources de résistance ou tolérance sont connues. Nous avons dans ce but exploré la variabilité génétique disponible dans la collection de référence de *Vicia faba* L. (féverole et fèves) de 248 accessions d'origines mondiales variées, développée par l'INRA de Dijon.

Sur cette collection nous avons conduit une expérimentation au champ, évaluant les niveaux de dégâts de sitones sur feuilles ainsi que les activités fixatrices d'azote. Si aucune différence de sensibilité n'a pu être détectée pour les dégâts foliaires, nous avons observé des contrastes pour l'activité fixatrice d'azote. Sur une collection réduite des génotypes les plus contrastés pour leur activité fixatrice d'azote, les % nodules attaqués par des larves sur la racine principale (pivot) variaient selon les génotypes de 11 à 76%, sans résistance complète. Les attaques faibles correspondant à des génotypes à taux d'activité fixatrice et rendements protéique élevé. Une relation négative est apparue entre le % de nodules attaqués et le nombre total de nodules développés sur le pivot. Le génotype le plus attaqué était aussi le plus précoce à floraison. Même si aucune source de résistance n'a été détectée par ce criblage, ces résultats suggèrent en perspective de sélection d'évaluer des possibilités d'échappement aux attaques de sitones par la sélection de variétés ayant une aptitude à produire de nombreux nodules et mobilisant certains contrastes de précocité. Au-delà de la problématique des sitones, la prise en compte des caractères de nodulation et de développement racinaire en sélection de légumineuses est certainement stratégique car ces traits seront par ailleurs importants dans des fonctions déterminantes du rendement et la tolérance à des stress multiples.

Ce travail a été soutenu par le projet UE FP7 Legato.

**198.**

## **Déterminisme génétique de la plasticité de la composition protéique des graines de légumineuses vis-à-vis de l'environnement**

*Cartelier, Kévin; Buitink, Julia; Prospero, Jean-Marie; Gallardo, Karine; Le Signor, Christine*

INRA, France

Les légumineuses sont capables de produire des graines riches en protéines sans apport d'engrais azotés grâce à la symbiose racinaire avec des bactéries du genre rhizobium. Riches en lysine, ces protéines sont utilisées pour l'alimentation des animaux d'élevage et en nutrition humaine. Afin de promouvoir la culture des légumineuses, il est nécessaire d'optimiser et de stabiliser la quantité et la qualité de cette fraction protéique. La démarche proposée est de mettre en évidence les déterminismes génétiques sous-jacents à la plasticité de ces composantes vis-à-vis de l'environnement. Afin de répondre à cet objectif, l'espèce modèle *Medicago truncatula* est utilisée comme tremplin pour l'identification de gènes candidats. La méthode combine un protéotypage des graines de collections d'écotypes produites dans différentes conditions environnementales et une étude de génétique d'association à l'échelle du génome (GWAS) à partir des indices de plasticité obtenus. Des régulations géniques impliquant les gènes identifiés par GWAS seront mis en évidence en utilisant les ressources transcriptomiques associées au développement de la graine de *M. truncatula*. En utilisant la synténie avec le pois, les orthologues des gènes candidats chez cette espèce cible seront recherchés. Cette approche permettra d'identifier des gènes candidats pour la plasticité de la composition protéique vis-à-vis de l'environnement chez le pois et, à partir de lignées TILLING développées chez cette espèce, d'effectuer une validation fonctionnelle.

**194.**

## **Vers un saut technologique dans l'amélioration des légumineuses fourragères : le projet EUCLEG**

*Julier, Bernadette*

INRA, France, P3F, UR4, RD 150 Le Chêne, CS80006, 86600 Lusignan

Comparées à d'autres espèces, les légumineuses fourragères ont moins bénéficié d'efforts pour implémenter les nouveaux outils de la génomique aux programmes de sélection. C'est le cas pour la luzerne, une espèce pourtant majeure qui combine des services agronomiques, zootechniques et environnementaux. La complexité du génome de la luzerne (tétraploïdie et allogamie) a longtemps été un des freins au développement de la génomique. Le projet EUCLEG ("A joint plant breeding programme to decrease the EU's and China's dependency on protein imports") soutenu par l'Union Européenne pour la période 2017-2021, vise à développer des outils et des connaissances pour accroître l'efficacité des programmes de sélection sur cinq espèces de légumineuses fourragères et à graines, dont la luzerne ([www.eucleg.org](http://www.eucleg.org)). Grâce à de nombreux contacts, 400 variétés de luzerne de différents horizons ont été collectées. Leur phénotypage intensif (cinq lieux d'essais au champ en Europe, des évaluations de la germination et de la résistance à la sécheresse et à des maladies en conditions contrôlées) a commencé dès 2018 et se poursuivra jusqu'en 2020. En parallèle, le génotypage de ces variétés (objectif d'au moins 10 000 marqueurs GBS) sera réalisé, ce qui permettra d'obtenir la fréquence allélique de chaque marqueur pour chaque variété. Toutes ces données, phénotypiques et moléculaires, seront utilisées pour analyser la diversité génétique ainsi que les interactions génotype x milieu. Et surtout, la génétique d'association basée sur l'ensemble du génome sera déployée. Elle permettra de détecter des marqueurs associés à des caractères phénotypiques. Enfin, la sélection génomique sera testée, pour mettre au point des équations qui permettent de prédire la valeur phénotypique à partir des fréquences alléliques. Des bases de données et des outils de traitement statistique seront développés pour faciliter le maintien, l'accès et le traitement des données. Ces connaissances (diversité génétique, marqueurs associés à des caractères, équation de sélection génomique) et ces outils (méthode de génotypage, base de données, outils statistiques) seront à terme disponibles aux sélectionneurs, partenaires du projet, pour accélérer le progrès génétique.

Ces travaux reçoivent le soutien du Programme pour la Recherche et l'Innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne, numéro d'agrément 727312. Trente-huit partenaires, dont 10 organismes privés issus de 12 pays d'Europe et de Chine participent à ce projet.

**120.**

## **Détermination des relations phylogénétiques de taxa du genre *Vicia*, collectés en Algérie, par les marqueurs morphologiques, biochimiques et moléculaires**

*Bechkri, Sakina; Medouri, Asma; Medoukali, Imène; Chekara-Bouziyani, Mohammed; Khelifi, Douadi*

Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie

La convention sur la diversité biologique affirme le droit souverain des Etats à tirer des avantages équitables de l'utilisation des ressources phytogénétiques présentes sur leur territoire. Ce droit est cependant lié à la responsabilité nationale de conserver ces ressources et d'en promouvoir l'utilisation. Des lacunes et des besoins dans les activités de conservation et dans la mise en valeur de ces ressources existent. Les bénéfices considérables qui pourraient être réalisés au travers de ces ressources ne sont ni atteints ni équitablement partagés.

La vesce (*Vicia* L.) est une légumineuse fourragère bien placée pour aider à répondre à la demande croissante pour l'alimentation animale et de fournir des cultures pour une diversité des systèmes agricoles. Il est cependant important de s'assurer que ses ressources génétiques soient conservées et donc disponibles pour la sélection continue des semences intéressantes.

La présente étude est la première du genre dans la valorisation de 11 taxa naturels de vesce collectés à travers l'Algérie, par l'utilisation de marqueurs génétiques représentés par 78 caractères morphologiques de la plante, 3 fractions de protéines de réserve, 3 systèmes enzymatiques, 12 propriétés physiques du grain et un marqueur à ADN représenté par 4 amorces de type ISSR. En parallèle, 5 paramètres écogéographiques ont été utilisés pour la caractérisation des sites de collecte des accessions.

La discrimination des taxa du complexe *Vicia sativa* via les descripteurs morphologiques et écogéographiques est difficile à cause de l'existence d'une variation continue. Quant aux autres taxa, l'analyse morphologique multi-traits révèle des discriminations plus stables qui concordent avec la taxonomie du genre. La connaissance des limites d'aires de répartition des espèces le long du gradient écologique est déterminante comme source d'indication sur le potentiel évolutif des programmes d'évaluation et de conservation de la biodiversité. Les données recueillies pourraient être valorisées dans la programmation des futures missions de collecte. Les électrophorogrammes des protéines de réserve peuvent être utilisés comme données de passeport pour l'identité génétique des accessions de vesce. Les zymogrammes sont compatibles avec les délimitations taxonomiques traditionnelles des espèces. Quant à l'analyse discriminatoire par les propriétés physiques du grain, elle n'a montré aucune correspondance avec la systématique. Les quatre amorces ISSR utilisées ont révélé 100% de bandes polymorphes. Cependant, leur utilisation éventuelle dans d'autres études de variabilité est à discuter. Les difficultés rencontrées dans l'identification des taxa mettent la lumière sur la nécessité de la révision taxonomique de la flore de l'Algérie.

Mots-clefs : Algérie ; vesce ; diversité ; caractérisation ; écogéographie ; marqueurs génétiques.

**223.**

### **Identification des gènes sous-jacents à un QTL de tolérance au gel chez le pois**

*Beji, Sana (1); Kreplak, Jonathan (3); Aubert, Grégoire (3); Vautrin, Sonia (4); Bellec, Arnaud (4); Berges, Hélène (4); Bahrman, Nasser (2); Lejeune-Henaut, Isabelle (2); Delbreil, Bruno (1)*

1: USC Institut Charles Viollette-Adaptation au Froid du Pois, Université Lille1, France; 2: USC Institut Charles Viollette-Adaptation au Froid du Pois, INRA, France; 3: UMR Agroécologie, INRA, France; 4: Centre National de Ressources Génomiques Végétales, INRA, France

Le semis des légumineuses à graines en automne apparaît comme une solution efficace pour augmenter et régulariser le rendement. Cette stratégie nécessite d'améliorer le niveau de tolérance au gel des variétés inscrites, d'où l'intérêt d'élucider le déterminisme génétique de ce caractère pour les espèces concernées. Chez le pois (*Pisum sativum* L.), la tolérance au gel est contrôlée par un nombre relativement restreint de loci quantitatifs (QTL) mis en évidence par l'étude de populations biparentales (Lejeune-Hénaut et al., 2008 ; Dumont et al., 2009 ; Klein et al., 2014) ou par analyse d'association (Beji et al., en préparation). Nous nous sommes intéressés plus particulièrement à un QTL situé sur le groupe de liaison 6 du pois (WFD6.1) qui présente un pourcentage assez élevé d'explication de la variabilité du caractère (jusqu'à 71% dans l'une des populations biparentales), ce qui en fait une cible intéressante pour la sélection. Nous avons cartographié, chez *Medicago truncatula*, un QTL orthologue de WFD6.1 (Avia et al., 2013 ; Tayeh et al., 2013-a). Grâce à une stratégie de cartographie fine et de clonage positionnel, nous avons identifié 20 gènes candidats dont 12 facteurs de transcription de type CBF, connus chez d'autres espèces pour leur implication dans le déterminisme de la tolérance au gel (Tayeh et al., 2013-b). Les ressources génomiques maintenant disponibles chez le pois (marqueurs SNP et carte génétique haute-densité, Tayeh et al., 2015) ont permis d'identifier quelques orthologues de ces gènes CBF dans l'intervalle de WFD6.1. Sur la base de ces informations, nous avons mis en œuvre la construction et le criblage de banques de BAC de pois correspondant à deux génotypes contrastés pour la tolérance au gel : Tèreze (sensible) et Champagne (tolérant). L'analyse comparative des séquences obtenues spécifiquement pour ces régions d'intérêt chez le sensible et le tolérant donne un éclairage plus précis sur la structure de cette région. L'assemblage des contigs de BAC montre une séquence plus longue chez Tèreze (1.2 Mb) que chez Champagne (0.9 Mb). Une annotation préliminaire a été réalisée pour identifier les facteurs de transcription (FT) présents sur les deux séquences grâce à la base de données PlantTFcat (Dai et al., 2013). Ces FT sont répartis sur 3 loci chez Champagne et 2 chez Tèreze, avec 1 locus commun entre les deux génotypes. Un screening complémentaire des banques de BAC et une annotation plus détaillée seront nécessaires pour affiner la comparaison des FT et des autres gènes candidats présents sur les séquences.

**275.**

### **Dynamique spatiale des contextes locaux dans le cadre de la modélisation des performances agronomiques du Niébé**

*Janqorzo, Salifou Nouhou (1); Sami Mari, Ousmane (1); Sadda, Abou Soufianou (1); Débard, Stéphane (2); Loireau, Maud (2)*

1: Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger; 2: Institut de Recherche pour le développement, IRD France

Les composantes des zones rurales africaines ainsi que leurs relations sont caractérisées par une forte variabilité spatiale et temporelle. L'absence de considération des spécificités biophysiques et socio-économiques locales, ainsi que l'absence d'échanges entre producteurs et scientifiques au cours du processus d'innovation de la recherche (e.g. sélection variétale, pratiques culturelles, associations végétales) et de son transfert en milieu rural créé un fossé entre les propositions scientifiques à fort potentiel et les réalités biophysiques et socioéconomiques locales incluant les besoins et pratiques locales des producteurs. Les nouvelles variétés introduites sont alors le plus souvent rejetées, ou produisent rarement les résultats pour lesquels elles ont été préconisées. Au Niger, la question se pose notamment avec la culture du niébé dans la région de Maradi.

Le but de ce travail est définir une échelle spatiale correspondant au contexte local qui servira de base pour la diffusion d'options adaptées mais aussi pour la modélisation des facteurs de performance agronomique du niébé.

Pour ce faire nous avons travaillé sur un petit territoire comprenant huit (08) villages contigus dans la commune urbaine de Tibiri-Gobir. L'approche a consisté à définir de manière participative les critères de délimitation des terroirs et demander aux habitants des sites d'étude considéré de déterminer par eux-mêmes les limites et contours de leurs terroirs. Ensuite, des questionnaires individuels ont été administrer afin de hiérarchiser les critères et caractériser le terroir.

L'analyse des résultats montre qu'il existe plusieurs critères de délimitation de terroirs mais les plus utilisés sont i) la position des champs et ii) la ressource. Aussi, les limites des terroirs sont dynamiques mais cette dynamique n'est pas liée aux variations des critères de leur délimitation. Il y a des terroirs englobants, des relations d'intersection, d'exclusion et des espaces inappropriés pourtant faisant l'objet d'exploitation de ressources.



**195.**

### **La distinction des variétés de luzerne pourrait s'appuyer sur les marqueurs moléculaires**

*Julier, Bernadette (1); Barre, Philippe (1); Lambroni, Paola (1); Delaunay, Sabrina (1); Lafaillette, Frédéric (2); Thomasset, Muriel (3); Gensollen, Vincent (4)*

1: INRA, France, P3F, UR4, RD 150 Le Chêne, CS80006, 86600 Lusignan; 2: GEVES, Domaine de l'Anjouère, 49370 Erdre-en-Anjou, France; 3: BioGEVES, Domaine du Magneraud, 17700 Surgères, France; 4: GEVES, 711 rue JF Breton, 34090 Montpellier, France

Les variétés de luzerne sont des populations synthétiques, issues de la multiplication libre de plantes parentales, qui hébergent une forte variabilité intra-variétale. Pour qu'une nouvelle variété soit inscrite au Catalogue Officiel des variétés, elle doit être distincte des variétés déjà inscrites, homogène et stable (épreuve DHS) et montrer sa valeur agronomique, technologique et environnementale (épreuve VATE). Très vite après la création d'un Catalogue Officiel des variétés de luzerne en 1970, la distinction des variétés de luzerne a posé problème, et toujours aujourd'hui, les variétés doivent souvent subir des tests supplémentaires pour attester de leur distinction. Elles sont parfois refusées malgré des valeurs agronomiques qui témoignent d'un progrès génétique. Nous avons voulu savoir si les marqueurs moléculaires, lorsqu'ils sont révélés en grand nombre (plusieurs milliers) permettaient de différencier les variétés. Pour 20 variétés, dont 15 variétés françaises de type Nord ou Sud, les fréquences alléliques de près de 40 000 marqueurs GBS (Genotyping By Sequencing) ont été obtenues. L'analyse statistique des données montre que toutes les variétés, prises deux à deux, sont significativement différentes. De plus, on trouve une structuration de la diversité cohérente avec les informations sur les variétés : les cinq variétés « exotiques » sont bien distinctes des 15 variétés françaises, elles-mêmes structurées selon le type Nord ou le type Sud. Au sein du type Nord, les variétés sont groupées selon leur obtenteur, ce qui indique que les obtenteurs utilisent des fonds génétiques sensiblement différents. Nous montrons aussi qu'il suffit de 1000 à 5000 marqueurs pour distinguer deux variétés, offrant des pistes pour développer un outil de génotypage économique pour un objectif de caractérisation de la diversité génétique. Ces résultats offrent des perspectives intéressantes pour que les marqueurs viennent en appui aux caractères phénotypiques pour la DHS. Ils permettent aussi d'envisager une utilisation pour vérifier la conformité des lots de semences lors des processus de multiplication par exemple.

**135.**

### **Co-conception des critères de sélection variétale des légumineuses à graines**

*Maqrini, Marie-Benoit (1); Biarnes, Véronique (3); Blossville, Nathalie (2); Duc, Gerard (1); Jeuffroy, Marie-Helene (1); Labalette, Françoise (2); Modotti, Martina (1)*

1: INRA, France; 2: Terres Univia; 3: Terres Inovia

Ce poster présente le dispositif et les résultats du projet CASDAR-CTPS COSELAG (2016-2017) dont l'objectif a été de conduire une réflexion partagée inter-disciplinaire entre la recherche et les opérateurs des filières, dont les semenciers, sur les enjeux de développement des légumineuses et de sélection variétale pour les légumineuses à graines (LAG) cultivées en France. Les objectifs de cette réflexion ont été de construire un socle de connaissances partagées sur les tendances lourdes des changements globaux, de l'évolution des marchés, des freins et leviers au développement des légumineuses à graines ; puis de comprendre quelles peuvent être les priorités d'action en terme d'amélioration variétale pour renforcer la compétitivité des LAG françaises.

Les résultats résumés au travers du poster sont appropriables par une diversité d'acteurs, et tout particulièrement les semenciers, et sont de trois ordres :

- une synthèse sur les principaux enjeux de développement du secteur ; une synthèse sur de l'état des connaissances, par domaine d'usage, pour identifier si l'amélioration des conditions d'usage des LAG relève prioritairement de nouvelles actions de sélection variétale, ou si celles-ci sont, au stade actuel des connaissances, prématurées ; une synthèse sur les cibles prioritaires de sélection variétale et sur l'organisation de la sélection variétale pour les LAG.

Ces synthèses restent transversales aux LAG.

A cela, le projet a permis de construire une démarche méthodologique de consultation et d'animation collective : une boîte à outils a été créée pour permettre à d'autres secteurs de mobiliser la méthode de réflexion prospective qui a été mise en œuvre.

Ce projet a aussi permis une identification de leviers de renforcement de la structuration du secteur avec la recherche : les échanges au cours du projet ont permis de clarifier les enjeux et de montrer la nécessité de renforcer la lisibilité des actions prioritaires pour le secteur, dont celles avec la recherche. La démarche a aussi conduit à privilégier l'inclusion des légumes secs dans les groupes de travail sur le soja et les protéagineux pour soutenir la diversité cultivée des légumineuses.

Plus de résultats sur le site internet du projet : [www.inra.fr/coselag](http://www.inra.fr/coselag)

**233.**

**Des variétés de féveroles à valeur nutritionnelle améliorée pour l'homme et l'animal : cible de sélection réaliste, permise par la variabilité génétique disponible et par les outils moléculaires développés en appui à la sélection variétale**

*Duc, Gérard (1); Marget, Pascal (1); Aubert, Grégoire (1); Deulvot, Chrystel (1); Magnin-Robert, Jean Bernard (1); Raffiot, Blandine (2); Tayeh, Nadim (1)*

1: INRA, France; 2: Terres Inovia France

La diversité génétique connue dans les collections de ressources de *Vicia faba* L. pour la taille, couleur et teneur en protéines (variations de 26 à 38% de la matière sèche rapportées) de la graine sera décrite et l'information disponible sur le déterminisme génétique de ces caractères sera rappelée.

Parmi les facteurs dits « anti-nutritionnels » la présence de tannins (polyphénols condensés) dommageable à la digestibilité des protéines chez les monogastriques peut être modulée par l'un des deux gènes zéro-tanin disponibles, mais aussi par des technologies de séparation des pellicules où se concentrent les tannins. La vicine et la convicine (glucopyranosides) sont des composés responsables d'amoinissement des performances chez les volailles d'élevage (production d'œufs, croissance du poulet de chair) et du favisme chez les humains sensibles au favisme (ie porteurs d'une mutation diminuant l'activité de glucose 6-phosphate deshydrogenase). Ces produits sont localisés dans les cotylédons et sont thermostables, ce qui rend leur élimination difficile par voie technologique. De faibles teneurs en vicine and convicine dans les graines sont déterminées par le gène Vc- et peuvent donc être aisément maîtrisables par la sélection variétale.

Des résultats récents d'expérimentation sur volailles (Lessire et al.2017) et sur l'homme (Gallo et al. 2018) ont permis de montrer l'intérêt en alimentation des variétés à faible teneur en vicine et convicine. Les travaux de sélection réalisés montrent que la présence du gène Vc- n'impacte pas négativement la performance des plantes ou la teneur en protéines des graines.

Les outils moléculaires en développement sur cette espèce permettent un rapide progrès par la sélection de variétés aux compositions de graines adaptées à divers usages à condition que les programmes de sélection sur cette espèce soient développés.

## Perceptions, acceptabilité des consommateurs, ...

---

274.

### **Proxy paysans aux paramètres classiques de mesure de la performance agronomique du niébé**

*Moussa Mamoudou, Abdoulaye (1); Saidou, Abdoul-Aziz (2); Saadou Souley, Mahaman Nourou (1); Janqorzo, Salifou Nouhou (1)*

1: Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger; 2: CIRAD Montpellier, UMR AGAP

Un nouveau paradigme de conduite de la recherche en milieu paysan a vu le jour avec la contribution de plusieurs développeurs. Dans le cadre du Collaborative Crop Research Program (CCRP) des réseaux de recherche se mettent en place avec et pour les producteurs (FRN). Les producteurs sont donc passés de simples consommateurs des produits de la recherche aux acteurs clés de la recherche agronomique. Les nouvelles retrouvailles montrent que le « farmer-led research » impact significativement la sécurité alimentaire, la durabilité environnementale... Pour une meilleure efficacité dans cette collaboration « producteurs, chercheurs », surtout dans le cadre d'expérimentation en milieu paysan avec un nombre élevé de producteurs, il est indispensable de connaître la méthode paysanne de mesure de la performance agronomique du système.

L'objectif de cette étude est de déterminer les paramètres utilisés par les producteurs pour mesurer la performance agronomique du niébé et d'étudier leur corrélation par rapport aux paramètres classiques utilisés par les chercheurs.

Pour ce faire, nous avons mis en place un dispositif expérimental en bloc augmenté dans 15 villages des régions de Maradi, Dosso et Tillabéry au Niger. Dans chaque village 15 variétés de niébé ont été semées avec deux répétitions dans deux blocs entièrement randomisés. Treize « critères ont été définis pour caractériser une variété de niébé performante. Il s'agit de : Longueur du cycle, Rendement (Fane, graine et coque), Sensibilité (aux insectes, aux striga, à la sécheresse et à l'excès d'humidité), Pouvoir fertilisant du sol, Niveau d'exigence aux amendements du sol, la qualité du produit de la récolte (graines, fanes), le taux de remplissage de graines et la valeur économique.

Sur la base de ces critères, des données sur les paramètres de mesure de la performance agronomique du niébé du point de vue des producteurs ont été collectées lors des campagnes d'évaluation participative. Ensuite, les producteurs ont classé les trois meilleures variétés mises sur la base de leurs paramètres de mesure. L'analyse de ces données a montré que les producteurs utilisent plusieurs paramètres pour mesurer un critère de performance. Parmi les critères quatre (4) n'ont pas de proxy dans les paramètres classiques de mesure de la performance agronomique du niébé.

**185.**

## **Effet de la variété sur les teneurs en métabolites secondaires dans des farines de pois**

*Lubbers, Samuel (1); Oliete, Bonastre (1); Philippe, Clara (1); Vernoud, Vanessa (2); Thompson, Richard (2); Duc, Gérard (2); Saurel, Rémi (1)*

1: Univ. Bourgogne Franche-Comté, AgroSup Dijon, F-21000 Dijon, France; 2: Agroécologie, AgroSup Dijon, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France

Les protéines végétales notamment extraites de légumineuses à graines sont une option intéressante dans le développement de nouveaux produits alimentaires du point de vue environnemental, économique et nutritionnel. En conséquence, leur introduction dans les produits alimentaires est en train d'augmenter rapidement. Cependant, la présence de certains métabolites secondaires, tels que des composés d'arôme issus d'hydro-péroxydes dérivés d'acides gras polyinsaturés par action de la lipoxygénase, les saponines, ou d'autres composés d'arôme intrinsèques à la source végétale, peut altérer la qualité sensorielle des produits finis. Malgré l'importance potentiellement négative de ces composants sur la perception sensorielle, il manque des études détaillées liant variabilité génétique et présence de ces composants. L'objectif de ce travail a été de caractériser dix variétés de pois par rapport à leur activité LOX, leur teneur en saponines et en composés d'arôme. L'activité LOX a été mesurée par une méthode spectroscopique. Une solution d'acide linoléique est incubée en présence de l'extrait enzymatique issu de farine de pois, et la formation de diènes conjugués est suivie par mesure de l'absorbance à 234 nm. Le pois contient majoritairement de la saponine B (soyasaponine I) et la DDMP saponine (soyasaponine  $\beta$ g). Ces deux molécules ont été quantifiées par HPLC-UV après extraction et purification à partir de la farine des pois. Les profils en composés volatiles ont été déterminés par GC-MS à partir de l'analyse headspace de suspensions aqueuses de farines de pois et extraction des composés volatiles sur fibre SPME.

Les dix variétés de pois montrent des différences significatives sur l'activité LOX, les quantités de saponine B et DDMP ainsi que des autres composants de l'arôme. La variété Carouby de Maussane montre une activité LOX notablement plus élevée que les autres variétés de pois analysées. Par contre, la variété Princess ainsi que le mutant L2- muté dans le gène LOX2 (Forster et al., 1999) montrent une très faible activité LOX. La quantification des deux molécules cibles pour les saponines montre des différences importantes entre variétés laissant supposer un impact plus ou moins important sur l'amertume des produits issus de ces pois. À partir de l'analyse des profils en composés volatiles, les proportions relatives en 26 molécules cibles ont été comparées. Les teneurs en méthoxy-pyrazines sont variables en fonction des variétés de pois. La 2-méthoxy-3-(1-méthylpropyl)-pyrazine est identifiée chez 7 variétés sur 10. Pour les composés volatils dont l'origine métabolique est liée à l'oxydation des lipides, les teneurs en hexane notamment peuvent être reliées aux dosages des activités Lox.

Cette étude a permis de mettre en évidence l'effet variétal sur les quantités de métabolites secondaires tels que les produits issus de l'activité lipoxygénase, les saponines et d'autres composants de l'arôme. La sélection de variétés de pois neutres ou à faibles impacts organoleptiques pourrait donc être une stratégie porteuse afin d'obtenir des isolats de protéines végétales présentant de bonnes qualités de goût et d'odeur.

Cette étude est financée par des fonds européens FEDER (FEDER-FSE Bourgogne 2014/2020), le Fonds Unique Interministériel (FUI) et la Région de Bourgogne (France) dans le cadre du projet LEG'UP (Lot 3 2015 03 03).

**182.**

## **Les attitudes et représentations des professionnels de l'alimentation envers les légumes secs et leurs perceptions des mangeurs Français**

*Lauquel, Vincent; Melendrez Ruiz, Juliana; Arvisenet, Gaëlle; Chambaron, Stéphanie; Monnery-Patris, Sandrine*

INRA, UMR1324 Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

La consommation de légumes secs constitue une pratique alimentaire écologique, durable avec un potentiel nutritionnel et de santé éminent, or celle-ci reste faible en France avec une consommation moyenne de 1,7Kg par an et par personne. Pour comprendre les leviers et les freins à cette consommation en France, une piste consiste à interroger directement les professionnels de la filière des légumes secs.

En effet, ceux-ci se présentent comme les vecteurs principaux de la communication vers les mangeurs. Les interactions sociales construisent les représentations qui vont guider les pratiques. Par conséquent, les propres attitudes et représentations des professionnels de la filière vont impacter le rapport qu'entretiennent les mangeurs français avec les légumes secs. Dans ce cadre, l'objectif de cette étude est d'identifier les représentations et attitudes des professionnels de la filière envers ces produits ainsi que leurs perceptions des freins à la consommation de légumes secs chez les mangeurs français, ceci afin de pouvoir stimuler la consommation de ces aliments.

Douze entretiens semi-directifs ont été réalisés avec des professionnels de l'alimentation travaillant au sein de différents maillons de la filière des légumes secs : la production, la transformation et la distribution. Dans un premier temps une tâche d'évocation a été réalisée pour capter les perceptions de ces professionnels envers les légumes secs. Leurs perceptions des profils types, caractéristiques psychologiques (e.g. motivations liées au bien-être animal, à l'environnement...) et sociologiques (e.g. âge, sexe, profession...), de consommateurs et de non consommateurs de ces produits ont ensuite été sondées. Pour finir, on a cherché à déterminer les stratégies déployées ou envisagées par les professionnels pour intégrer les légumes secs dans les habitudes alimentaires des Français.

L'étude est actuellement en cours. Les résultats attendus seraient des perceptions de l'alimentation et des légumes secs variées et une communication hétérogène autour de ces produits. Ceci constituerait un facteur déterminant de la cacophonie dans laquelle évoluent les légumes secs qui, de surcroît, sont difficiles à penser, donc à consommer. En outre, les stratégies de communication et diffusion des professionnels cibleraient un profil type de mangeur correspondant plutôt à une « consom'actrice » flexitarienne voire végétarienne issue de CSP supérieure, sensibilisée à la santé, la durabilité de l'alimentation ou encore le bien-être animal. Les profils d'hommes issus de CSP inférieure seraient, au contraire laissés à la marge, et moins incités à la consommation de légumes secs.

A terme, l'étude de l'ensemble des représentations et attitudes des différents acteurs du système alimentaire envers les légumes secs devrait permettre de déceler, caractériser et réduire les freins à la consommation de ces produits et donc de parvenir à un rééquilibrage nécessaire de la consommation de protéines animales et végétales.

## Politiques publiques, actions collectives, ...

---

**173.**

### **Plan Protéines**

Blosseville, Nathalie

Terres Univia, France

La France est aujourd'hui le premier producteur européen d'oléo-protéagineux avec une superficie de culture de 2,5 Mha. Au-delà de la production, qui mobilise plus de 100 000 producteurs, la collecte et la commercialisation sont assurées par près de 600 négociants et coopératives et la transformation par une trentaine d'opérateurs économiques. Dans son ensemble, la filière oléo-protéagineuse française représente ainsi plus de 30 000 emplois directs et indirects / emplois induits. Au-delà de son importance sur un plan purement économique, notamment au regard du maintien de l'emploi en zones rurales, cette filière de production présente de nombreux atouts environnementaux (ex. qualité de l'eau et des sols, biodiversité, lutte contre l'érosion), climatiques (ex. apport des légumineuses pour la réduction des gaz à effet de serre) et sociétaux en offrant aux consommateurs des produits de qualité, fabriqués selon des standards élevés et privilégiant le « sans OGM ».

La filière française des huiles et protéines végétales, réunie au sein de l'organisation interprofessionnelle Terres Univia, soutient un « Plan protéines pour l'Europe » :

- S'inscrivant dans le cadre d'une parfaite synergie des politiques européennes liées (PAC, environnement, climat, énergie, santé, commerce...);

- Prévoyant un ensemble de mesures concrètes et ambitieuses visant, notamment :

o A renforcer la compétitivité et la durabilité (économique, environnementale et sociétale) de la filière par le biais de soutiens aux investissements de recherche et d'innovation et de développement tout au long de la chaîne de valeur,

o A la prise en compte des spécificités et des apports, notamment environnementaux, du secteur oléoprotéagineux et légumes secs par l'adaptation des règles de la PAC et la reconnaissance de ses services agro-écologiques;

o A garantir la valorisation de l'ensemble des productions (alimentation humaine, animale et bioéconomie) et assurer leur positionnement comme productions d'excellence (exigences de traçabilité, sans OGM, produits adaptées à la production biologique...) auprès des consommateurs européens mais également sur les marchés des pays tiers.

o A renforcer l'organisation économique de la filière, en facilitant notamment les actions collectives interprofessionnelles en assurant une sécurité juridique adéquate au regard des règles de concurrence de



l'Union européenne afin de favoriser la création de valeur et sa juste répartition entre les différents maillons de la filière ;

o A renforcer l'intérêt des productions des légumineuses pour les producteurs, seul gage de leur pérennité.

Mots-clés : PAC, plan protéines, Europe, filière oléoprotéagineux.

Principale(s) discipline(s) concernées : sciences sociales (économie, politique).

Champs thématiques concernés : Thème 3 (alimentations), thème 4 (économie, politique et société).

Adresse électronique de correspondance : [n.blosseville@terresunivia.fr](mailto:n.blosseville@terresunivia.fr)

**276.**

## **Transmettre le savoir-faire de la filière à l'international : Exemple au Burkina Faso**

*Le Guillou, Céline (1); Le Guilloux, Guenaël (2)*

1: Terres Univia, France; 2: Agropol, France

En 2017, Terres Univia a poursuivi son soutien au programme de développement de filières oléo-protéagineuses en Afrique, et plus particulièrement au Burkina-Faso, conduit par Agropol. L'objectif ? Promouvoir l'excellence et le savoir-faire de la filière française. L'interprofession cherche notamment à démontrer l'intérêt d'une organisation en filière ainsi que d'une démarche interprofessionnelle pour permettre aux acteurs des différents collèges de développer leurs activités en développant collectivement une offre performante en réponse aux besoins du marché.

L'action conduite par Agropol au Burkina Faso avait permis en 2016 de présenter la filière française à Mr Jacob Ouedraogo, ministre de l'agriculture du Burkina Faso ainsi qu'aux membres de la délégation qui l'accompagnait. Le ministre a été marqué par la réussite de la filière française et a demandé à Agropol de s'en inspirer pour élaborer et conduire un ambitieux projet de développement de la filière soja au Burkina Faso. Une convention de coopération tripartite a ainsi été signée en janvier 2017 entre le Ministère de l'Agriculture, Agropol et la Fondation Avril qui apportera une aide financière.

Cette démarche demande d'avoir une fine connaissance du marché et de ses acteurs. Le premier objectif de 2017 a donc été de réunir un maximum d'informations au niveau local afin de dimensionner l'offre et la demande en graines, tourteaux, huiles et autres débouchés potentiels. Les besoins en protéines pour l'alimentation animale, débouché prometteur, ont fait l'objet d'une attention particulière. Ce fut également l'occasion d'identifier et de prendre contact avec les acteurs principaux et de les associer au projet. Le second objectif de l'année fut la mobilisation de ces acteurs dans un cadre officiel, de manière à impliquer les services du ministère et l'ensemble des partenaires de la filière (Recherche, ONG...). La « première journée du soja » a donc été organisée le 29 septembre 2017 en partenariat avec le ministère de l'agriculture et a permis de marquer le point de départ de la structuration de la filière. Enfin, l'objectif le plus ambitieux de cette première année d'activité était de réunir les principaux acteurs économiques de l'amont et de l'aval au sein d'une association professionnelle. Cette association est née le 15 décembre 2017 après que des réunions d'information et de concertations aient été animées par collège. Nommée Association de Promotion et de Développement de la filière Soja (APDS-B), elle devra permettre en 2018 aux principaux leaders de la filière, appuyés par Agropol et la fondation Avril, d'élaborer et mettre en œuvre le premier système de contractualisation entre acheteurs et vendeurs de graines. A moyen termes, cette association professionnelle devrait aboutir sur une interprofession.

## Sécurité alimentaire et nutritionnelle, populations spécifiques, ...

---

**123.**

### **La vidéo, comme arme de lutte contre le Niébé BT au Bénin**

*Gnikobou, Tanquy; Laourou, Augustin*

Les Jardins de l'Espoir, Bénin

Dans le cadre du programme «Agroécologie paysanne, biodiversité et nutrition pour la souveraineté alimentaire au Sahel », BEDE et ORAD accompagnent des dynamiques semencières paysannes en réseau.

Une des problématiques à laquelle cherche à répondre le programme à travers une collaboration entre BEDE, ORAD et la ferme Tchaoun Fora est la gestion des ravageurs du niébé en agroécologie paysanne et la valorisation de la biodiversité du niébé. En effet, la lutte biologique contre les ravageurs du niébé est une priorité en Afrique de l'ouest. Au Bénin, dans la région de Djougou, la gestion des ravageurs de niébé constitue la principale préoccupation des producteurs en agroécologie paysanne parce que :

- Le niébé, culture vivrière essentielle, est une légumineuse majeure, centrale pour l'équilibre des sols et la nourriture quotidienne des ménages des différentes catégories socio-économiques.
- L'incidence des ravageurs sur les cultures augmente et les traitements insecticides sont inefficaces, toxiques pour la santé et coûteux, entraînant les agriculteurs dans un cycle d'endettement.
- Les solutions biotechnologiques Bt OGM qui ont déstructuré et appauvri les producteurs de coton au Burkina sont en cours de test sur le niébé dans au moins trois pays de la région (Burkina, Ghana, Nigeria) et la dissémination commerciale des OGM niébé est annoncée pour 2018.

Afin de trouver de vraies solutions durables, ORAD et la ferme-école Tchaoun Fora, BEDE ont mis en place un dispositif de recherche action pour la culture du niébé en agroécologie paysanne «LHM Niébé en agroécologie paysanne» qui connaît une nouvelle phase en 2018.

Les Jardins de l'Espoir, organisation qui promeut l'agroécologie avec un focus sur la production audiovisuelle, est nouvellement introduite dans le dispositif LHM Niébé. Elle décide d'apporter sa contribution à l'initiative pour la réalisation de vidéos.

Dans la première phase, il sera question de Réaliser une vidéo 13 à 23 minutes documentant le dispositif LHM 2018 Niébé en agroécologie paysanne en 3 langues locales : Yom, Bariba Peul et en Français sous plusieurs format dont le format endroit pour faciliter la diffusion auprès des paysans.

Les messages à véhiculer sont entre autres :

1- Enjeux du niébé au Bénin :

- place culturelle, alimentaire, agronomique (légumineuses)

- Importance biodiversité, agroécologie paysanne, autonomie paysanne, nutrition, alimentation
- Risque OGM le niébé BT au Nigeria et Burkina Faso

## 2- Agroécologie paysanne

- Le niébé en agroécologie paysanne : multi-dimensions
- Diversité variétés, origine Katché/Toura différences
- Sol, entretien cultures, associations cultures
- Inventaire des insectes, seuil, traitement naturels (différentes formulations)
- Plantes pièges, plantes à nectar
- Sélection : au champ, à la récolte, au battage
- Conservation
- Alimentation, nutrition, identité culturelle
- Valorisation économique du niébé en agroécologie paysanne
- Rémunération de l'effort de production/sélection semences paysannes
- La case des semences paysannes : principe et fonctionnement

**264.**

**Effets de pratiques culinaires traditionnelles sur la teneur en fibres, solubles et insolubles, et en oligosaccharides de cinq légumineuses à la base de plats typiques Méditerranéens**

*Njoumi, Sondos (1); Bellagha, Sihem (1); Rochette, Isabelle (2); Amiot, Marie Joséphe (3); Mouquet-Rivier, Claire (2)*

1: VPNATI, UR17AGR01 INAT, Univ. Carthage, Tunis, Tunisie.; 2: NUTRIPASS, IRD, Univ. Montpellier, SupAgro, Montpellier, France; 3: MOISA, INRA, Univ. Montpellier, CIRAD, CIHEAM-IAAM, SupAgro, Montpellier, France

Les légumineuses sont des aliments riches en fibres qui présentent des avantages reconnus pour la santé, notamment par leur effet protecteur contre le développement de maladies cardio-métaboliques, comme l'obésité, le diabète, les maladies cardiovasculaires, mais aussi contre le cancer du côlon. Les légumineuses sont riches en oligosaccharides, en particulier les alphagalactosides ( $\alpha$ -GOS) qui sont connus pour agir comme des prébiotiques ayant des effets bénéfiques sur notre écosystème microbien, mais qui génèrent également pour une partie de la population des inconforts digestifs.

Les teneurs en fibres solubles (FS), fibres insolubles (FI),  $\alpha$ -GOS, mono- et disaccharides ont été évaluées chez cinq légumineuses (lentilles, pois chiches, fenugrec, fèves et fèves égyptiennes) crues et préparées selon les pratiques traditionnelles pour la confection de plats typiques méditerranéens.

Les FI représentaient 69 à 87% des fibres totales des légumineuses étudiées alors que les teneurs en FS variaient sensiblement. Lors des opérations de trempage des légumineuses (16 h à température ambiante de 25°C), les FI diminuaient de -17 à -28% avec une augmentation concomitante des FS en raison de la solubilisation partielle des FI des parois cellulaires. Le trempage réduit le contenu en FI principalement dans le fenugrec. Les teneurs totales en  $\alpha$ -GOS dans les légumineuses crues allaient de 2500 mg / 100 g (pois chiches) à plus de 4000 mg / 100 g (fenugrec). Au cours du trempage des graines, les teneurs en  $\alpha$ -GOS ont également diminué, de 10% (lentille et fève) à 40% (pois chiche) en raison de la lixiviation partielle et de dégradations enzymatiques se produisant in situ dans la graine, aussi bien que dans l'eau de trempage. La cuisson traditionnelle a également entraîné une réduction supplémentaire des taux d' $\alpha$ -GOS (-29%), ce qui pourrait entraîner un inconfort digestif moindre. De manière concomitante, il a été observé une augmentation des fibres totales (+ 18%) après cuisson des légumineuses.

En conclusion, notre étude met en évidence des comportements différents des légumineuses lors des opérations de trempage et de cuisson traditionnellement pratiquées, vis-à-vis de leurs contenus en fibres et oligosaccharides. Nous mettons en évidence que les plats traditionnels à base de légumineuses peuvent contribuer à atteindre des quantités adéquates en fibres alimentaires dans un régime alimentaire plus équilibré. La consommation de plats traditionnels à base de légumineuses doit être promue dans les guides alimentaires sur les repères de consommation, notamment dans les pays du Sud, afin de contrecarrer les effets délétères des diètes riches en aliments à fort index glycémique contribuant à une explosion de maladies non transmissibles.

**232.**

### **La sévérité des procédés de transformation compromet-elle l'intérêt nutritionnel du niébé dans les plats traditionnels Ouest-Africains ?**

*Akissoe, F. Lorène (1,2); Madode, Yann (2); Donadje, Virginie (2); Icard-Verniere, Christèle (1); Hemery, M. Youna (1); Briffaz, Aurelien (3); Hounhouigan, D. Joseph (2); Mouquet-Rivier, Claire (1)*

1: UMR Nutripass, IRD/ Univ.Montpellier/SupAgro, Montpellier, France; 2: Laboratoire de Sciences des Aliments, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin; 3: UMR Qualisud, CIRAD/Univ. Montpellier/SupAgro/ Univ. Avignon/Univ. Réunion/ Univ. Guyane, Montpellier, France

Le niébé est transformé en une multitude de produits dans le monde, sous des formes variées suivant les régions. En Afrique de l'Ouest, cette légumineuse est une source importante de protéines, d'énergie, de fibres, de minéraux et de vitamines. Cependant, elle contient aussi des facteurs antinutritionnels qui réduisent la biodisponibilité des micronutriments ou des alpha-galactosides responsables de troubles digestifs. La présence de ces composés ainsi que la longue durée de cuisson du niébé peuvent limiter sa consommation et poussent à l'emploi de procédés de transformation sévères visant à réduire les contraintes liées à sa préparation et à sa consommation. Cette étude vise à évaluer l'impact de deux procédés traditionnels de sévérité contrastée sur les teneurs en minéraux du niébé.

Les variétés locales Wankoun (Niébé brun) et Atchawé-Tola (Niébé blanc), couramment utilisées ont été fournies aux transformatrices. Deux plats à base de niébé parmi les plus fréquemment consommés ont été choisis pour cette étude: les beignets et le ragout. Les procédés ont été observés chez des restauratrices de Cotonou afin d'identifier les étapes de production de chaque plat. Après avoir déterminé les différentes variantes des procédés, un suivi de production de deux variantes pour chaque plat a été réalisé auprès de trois transformatrices et des échantillons de plats ont été collectés.

Les minéraux ont été déterminés dans les graines et les plats par ICP-OES après minéralisation dans de l'acide nitrique et du peroxyde d'hydrogène (7/1 ; v/v).

La fabrication des beignets implique des étapes de décorticage, trempage, broyage et friture. La fabrication du ragout apparait moins drastique, les principales étapes étant le trempage et la cuisson à l'eau. De plus, nous avons identifié pour chacun des plats, deux variantes susceptibles d'impacter différemment leur valeur nutritionnelle : les variantes Ata (graines décortiquées) et Ata-doco (graines entières) pour les beignets et Abobo et Vêyi, différant par la teneur en eau finale et le degré de cuisson des graines, pour le ragout. Une analyse des risques et bénéfices de chaque étape de ces procédés sur la valeur nutritionnelle sera proposée.

Les deux variétés utilisées ont révélé avoir des compositions nutritionnelles différentes, pouvant impacter la valeur nutritionnelle du plat final. La variété blanche s'est révélée significativement plus riche en calcium et plus pauvre en fer que la brune, les teneurs en zinc et magnésium étant similaires dans les deux variétés.

On observe une diminution de concentration de 30% lors de la fabrication des beignets préparés avec la variété blanche pour le zinc, calcium et magnésium (valeur moyenne des deux variantes). Dans les beignets, on observe une augmentation de la teneur en fer qui pourrait être due à une contamination au cours du procédé indiquant la présence de fer non-utilisable par l'organisme.

La fabrication du ragoût de niébé ne présente pas d'effet sur la teneur en fer, calcium et zinc et magnésium du niébé quelle que soit la variété utilisée (une diminution en moyenne variant entre 5% et 15%).

Ainsi, certains procédés traditionnels plus drastiques pourraient impacter négativement les teneurs en micronutriments des plats de niébé tels que consommés et compromettre leur intérêt nutritionnel. L'impact du procédé des beignets sur les minéraux peut être lié à plusieurs facteurs comme le fractionnement de la graine lors du décorticage, l'imprégnation en huile au cours de la friture qui entraîne un gain de matières. Quant au ragoût, cela pourrait être liée au phénomène de diffusion qui s'observe généralement au cours du procédé de trempage-cuisson.

Ce travail a bénéficié d'aides de l'Etat français gérées par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme d'Investissements d'avenir portant les références ANR-16-IDEX-0006 (I-Site MUSE) et ANR-10-LABX-0001-01 sous la référence ID1507---031 (Agropolis Fondation).

**256.**

### **Inhibition de la synthèse d'Aflatoxine B1 par un extrait de *Mimosa tenuiflora***

*Hernandez, Christopher (1,2); Caceres, Isaura (2); Puel, Olivier (2); Durrieu, Vanessa (1); Baily, Jean-Denis (2); Mathieu, Céline (1,3)*

1: Université de Toulouse, INP-ENSIACET, INRA, LCA (Laboratoire de Chimie Agro industrielle), F 31030 Toulouse, France; 2: Université de Toulouse, INRA, ENVT, INP-Purpan, UPS, Toxalim, F-31027, Toulouse, France; 3: Centre d'Application et de Traitement des Agroressources (CATAR), INP, F 31030 Toulouse, France

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires toxiques produits par certaines espèces de moisissures pendant leur développement. Ces contaminants sont retrouvés dans de très nombreux aliments et peuvent avoir des effets délétères variés chez les consommateurs. Parmi les mycotoxines connues, l'aflatoxine B1 est probablement la plus importante sur le plan sanitaire car ce composé est l'un des cancérigènes naturels les plus puissants. Cette molécule contamine essentiellement les productions des zones tropicales mais, compte tenu des changements climatiques, pourrait émerger en Europe à court terme.

Pour lutter contre les mycotoxines, l'approche la plus courante repose sur l'usage de pesticides visant à limiter la croissance fongique. Cependant, la toxicité propre de ces composés et l'apparition progressive de résistances chez les organismes cibles justifie le développement de stratégies alternatives de lutte.

Les plantes sont capables de produire de nombreuses molécules bioactives destinées à les protéger contre différents stress, dont les attaques fongiques. Ainsi, il est possible que certains extraits de plante puissent avoir la capacité à limiter la production et l'accumulation de mycotoxines.

*Mimosa tenuiflora* est un arbre appartenant à la famille des légumineuses (Leguminosae) utilisé par de nombreuses populations à travers le monde, plus particulièrement dans des régions de forêt tropicale en Amérique centrale et du Sud, et plus connu sous le nom espagnol "Tepescohuite". Les applications de cet arbre sont variées et en particulier l'écorce, en dermatologie pour ses propriétés de protection et de cicatrisation de la peau lors de brûlures ou de blessures. Il est aussi connu que les extraits issus de cette plante sont riches en composés antioxydants.

Nous avons donc étudié la capacité des extraits à inhiber de façon spécifique la synthèse de l'aflatoxine B1 et nous avons montré qu'un extrait aqueux de *Mimosa tenuiflora* inhibe de façon dose-dépendante la production de cette mycotoxine, sans moduler la croissance fongique. Une première approche mécanistique a permis de montrer que cette propriété est liée à l'inhibition significative de l'expression des deux gènes régulateurs internes du cluster de l'AFB1 (AFIR et AFIS). Nous nous sommes ensuite attachés à identifier les composés présents dans les extraits et responsables de cet effet.

Pour cela, une méthodologie de fractionnement à visée analytique a été mise en place sur la matière végétale: des extraits d'écorces ont été obtenus avec différents solvants et ont été analysés par chromatographie sur couche mince. Différentes familles de molécules issues de cette plante ont été identifiées par HPTLC couplée à un détecteur UV-vis avant et après dérivatisation chimique. L'activité antioxydante a été analysée par bioautographie directe. L'analyse fine de ces extraits a été proposée à plusieurs niveaux qualitatifs et quantitatifs: famille de composés, et les propriétés antioxydantes/antiradicalaires.



Dans cette étude basée sur une approche structure-activité, nous nous sommes donc attachés à identifier les fractions moléculaires responsables de l'effet anti-aflatoxine des extraits de *Mimosa tenuiflora* pour améliorer la compréhension des mécanismes d'action. Cette ressource végétale laisse entrevoir de nouvelles perspectives de valorisation dans le domaine de la protection des céréales contre la contamination par les mycotoxines.

**178.**

## **PSO, Plan de surveillance de la qualité sanitaire des oléoprotéagineux**

*Dauquet, Sylvie; Sicaire, Anne-Gaëlle*

Terres Inovia, France

Le Plan de Surveillance des Oléoprotéagineux est un service d'observation de la qualité sanitaire des oléagineux et des protéagineux, mis en place par Terres Inovia, l'ITERG et Terres Univia. Historiquement ce plan de surveillance a été créé en 2005, concernant les oléagineux. Depuis 2017, le PSO inclut également les protéagineux. Il repose sur une base de données mutualisée d'analyses de contaminants. Cette base est alimentée par les données d'autocontrôle des industriels et des organismes stockeurs (OS) adhérant au plan et par les campagnes d'analyses sanitaires, ciblées, réalisées par les trois organismes fondateurs. Destiné aux OS, aux transformateurs industriels de l'huilerie et maintenant des protéagineux, et aux fabricants d'aliment du bétail (FAB), ce plan concerne toutes les espèces oléagineuses et protéagineuses (colza, tournesol, soja, pois, féverole, lupin, lentille), tous les produits (graines, tourteaux, huiles brutes et raffinées, autres coproduits), et tous les contaminants (résidus de produits phytopharmaceutiques, éléments traces métalliques, mycotoxines, toxiques organiques, salmonelles, impuretés botaniques, ...).

Actuellement, 34 partenaires participent activement au PSO. Chaque partenaire fournit les données issues de son propre plan d'autocontrôle, via un portail en ligne sécurisé. Ce portail permet la saisie des données, mais également la consultation de statistiques où le partenaire peut positionner ses résultats par rapport à ceux de l'ensemble des partenaires. Les données de près de 2500 échantillons sont récoltées chaque année, soit plus de 100.000 résultats par an, les résidus de pesticides représentant plus de 90% de ces résultats. Pour le moment, les protéagineux sont inclus dans le PSO depuis début 2017 et le nombre d'échantillons et d'analyses sur ces produits est limité (près de 150 échantillons), mais sera amené à s'accroître progressivement avec l'adhésion de nouveaux partenaires travaillant les protéagineux. Ainsi le PSO fournit un accès à une base de données très riche permettant d'affiner l'analyse de risque. C'est donc un outil au service de la filière des protéines et huiles végétales. Il souligne les progrès réalisés en matière sanitaire et contribue à la fixation de seuils réglementaires réalistes. C'est aussi un lieu d'échange entre les opérateurs de la filière, où sont identifiées des pistes de recherche pertinentes.

## Socio-économie de la production, de la consommation, ...

---

**263.**

### **La filière du soja français**

*Labalette, Françoise; Canale, Charlotte*

Terres Univia, France

Ces 5 dernières années, la culture du soja connaît un fort regain en France. Alors qu'il couvrait 37 000 hectares en 2012, le soja est cultivé aujourd'hui sur 141 000 hectares (2017), principalement dans les bassins historiques de l'Est et du Sud-Ouest de la France. Cette culture d'été présente de nombreux avantages agronomiques (économie d'azote dans les rotations, peu d'application de produits phytosanitaires, souplesse d'irrigation,...) et s'adapte particulièrement bien à la conduite en agriculture biologique. D'ailleurs, en 2017, plus de 25 000 hectares de soja étaient conduits en bio, soit 17% des surfaces françaises de soja.

Grâce à la qualité exceptionnelle des protéines contenues dans ses graines en terme de teneur comme de digestibilité, et à des rendements plutôt réguliers, le soja français est en capacité de répondre à des marchés exigeants tant en alimentation humaine qu'animale. Les filières alimentation animale se structurent autour d'unités de trituration régionales dont les procédés sans hexane permettent de fournir des tourteaux français de haute qualité et non OGM. La filière alimentation humaine est bien structurée et la totalité des produits alimentaires au soja fabriqués en France à partir de soja français, repose aujourd'hui sur des approvisionnements sous contrats. Ce qui se traduit pour la graine de soja collectée en France par des débouchés complémentaires : 80 à 85% des graines sont destinées au marché de l'alimentation animale et 15 à 20% à celui l'alimentation humaine.

Afin de soutenir le développement de cette filière, Terres Univia, l'Interprofession des huiles et protéines végétales, met en place différentes actions de coordination, d'accompagnement et de communication autour du soja français : soutien à l'innovation (sélection variétale), actions de normalisation (addendum technique), surveillance de la qualité des graines et des tourteaux (observatoires), etc. Parmi ces différentes actions, et en collaboration forte avec les représentants de ses familles professionnelles et des opérateurs de la filière, Terres Univia a mis en place en 2018 une charte de filière, la Charte Soja de France, qui repose sur quatre engagements majeurs à chacun des maillons : non OGM, origine France, traçabilité et durabilité. Ceci afin de proposer une nouvelle offre en graines et produits certifiés (tourteaux, huiles, produits alimentaires au soja, ..).

Pour les années à venir, les acteurs de la filière française du soja vont devoir relever un double défi : i) mettre en œuvre à grande échelle ce nouveau schéma de certification et ii) continuer d'améliorer la compétitivité de la filière du soja français en s'appuyant notamment sur les compétences et l'expertise de l'Institut technique, Terres Inovia.

**172.**

## **Améliorer la supply chain des protéagineux pour mieux servir les marchés d'aujourd'hui et de demain**

*Blosseville, Nathalie (1); Biarnes, Véronique (2); Dauguet, Sylvie (2); Simon, Noémie (1); Tormo, Élodie (1)*

1: Terres Univia, France ; 2: Terres Inovia, France

Le projet ProtéaSupply a débuté dans un contexte français de crise de la production de pois et féverole (2015-2016) et de perte de confiance des principaux acteurs de la filière. Fort heureusement, le contexte de l'année mondiale des légumineuses portée par la FAO en 2016, les enjeux du changement climatique vis-à-vis de la maîtrise des gaz à effet de serre et la confirmation des attentes sociétales pour des protéines végétales non OGM, tracées, répondant aux enjeux « nutrition-santé »... ont créé un contexte global moins morose et maintenu certains acteurs de la filière française dans une dynamique volontariste. L'ambition de la filière était d'identifier les pistes d'amélioration de la compétitivité des pois et féverole à destination de l'alimentation animale et humaine.

L'originalité de ProtéaSupply (2016-2017) repose sur une nouvelle approche de la filière des protéagineux en considérant sa chaîne d'approvisionnement ou supply chain (Temple, L., Lançon, F., Palpacuer, F., Paché, G., 2013), de la semence au consommateur final. Porté par Terres Univia, le projet s'est appuyé sur l'expertise technique du CRITT Transport et Logistique et de Terres Inovia.

On peut synthétiser les principales réussites du projet de la manière suivante :

- Le rôle stratégique et central de l'interprofession a été réaffirmé et se pérennise par la mise en place du projet du GT interprofessionnel protéagineux ;
- Identification des attentes des acteurs de la filière et la proposition de solutions, par la mise en place d'une feuille de route et l'engagement d'une dynamique collaborative avec l'ensemble des acteurs ;
- Avoir permis de mieux comprendre l'importance de la problématique logistique dans la chaîne d'approvisionnement des pois et des féveroles ;
- Créer de nouveaux usages par la stimulation d'innovations en alimentation humaine.

Terres Univia s'est associé au GEPV en créant le challenge entrepreneurial Prot'eat pour accompagner des projets innovants pour plus de légumineuses et de protéines végétales dans l'alimentation de demain. Les résultats du concours sont attendus pour juin 2018.

Les conclusions de ProtéaSupply ont été reprises également durant l'automne 2017 pour bâtir le plan filière des huiles et protéines végétales dans le cadre des états généraux de l'alimentation.

Mots-clés : chaîne d'approvisionnement, compétitivité, pois, féverole, logistique, filière.

Principale(s) discipline(s) concernées : sciences sociales (économie, sociologie).

Champs thématiques concernés : Thème 3 (alimentations), thème 4 (économie, politique et société).

Adresse électronique de correspondance : [n.blosseville@terresunivia.fr](mailto:n.blosseville@terresunivia.fr)

**146.**

**Le projet H2020 LegValue : Promouvoir des systèmes agricoles durables basés sur les légumineuses ainsi que des filières agroalimentaires et alimentaires dans l'UE**

*Muel, Frédéric (1); Blosserville, Nathalie (2); Smadja, Tiana (1)*

1: Terres Inovia, France; 2: Terres Univia, France

Projet participatif – ouvert à l'engagement des parties prenantes dans le secteur des légumineuses en Europe –, le projet H2020 LEGVALUE (2017-2021) a pour objectifs de :

- Définir des plateformes de changement susceptibles de contribuer à une plus grande autosuffisance de l'UE en matière de production de protéines végétales,
- Identifier les opportunités d'innovation,
- Créer de la valeur autour des légumineuses et la distribuer le long des chaînes de valeur,
- Identifier les opportunités d'influencer le changement, que ce soit au niveau commercial, de la recherche ou au niveau des politiques.

Le principal bénéfice attendu du projet est la promotion d'une production de légumineuses plus rentable dans l'UE afin de satisfaire un marché plus vaste et plus diversifié au bénéfice de tous dans les chaînes de valeur et d'apporter des avantages sociaux et environnementaux à tous. Les parties prenantes du projet formeront un réseau actif d'acteurs au niveau européen. Destiné à exister au-delà du projet, ce réseau servirait d'organisation virtuelle représentant les acteurs impliqués dans les légumineuses en Europe.

Le consortium du projet est composé de 24 partenaires provenant de la recherche et de l'industrie, issus de 10 pays européens. Il étudiera un large éventail de chaînes de valeur, de réseaux de producteurs et de marchés. Cela sera combiné avec des études environnementales, des propositions politiques et des propositions de voies de transition du secteur légumineuses.

177.

**Accroître les échanges de connaissances entre opérateurs des filières au travers des contrats de production. Les enseignements d'une filière de féverole en cours de développement.**

*Cholez, Célia; Magrini, Marie-Benoit; Galliano, Danielle*

INRA, France

Développer de nouvelles filières de légumineuses nécessite un développement des connaissances sur ces cultures afin d'accroître leurs performances productives. En effet, des incertitudes restantes sur les conditions de culture optimales relatives aux contextes locaux et aux débouchés spécifiques, nécessitent d'engager collectivement les opérateurs dans leur développement. Ma thèse vise à étudier comment la coordination contractuelle peut permettre un tel engagement des opérateurs dans une démarche de progrès pour accroître les performances productives de cultures mineures comme les légumineuses. Cette thèse part du double constat que la contractualisation dans les filières agro-industrielles est un phénomène croissant, tout particulièrement dans le secteur des grandes cultures où une grande diversité de contrats encadre aujourd'hui les échanges entre les agriculteurs, les organismes stockeurs (coopératives et négoce) et les industries de la transformation ; mais que l'effet des contrats sur la création et l'échange de connaissances entre acteurs n'est pas étudiée, ni même reconnue comme un levier majeur pour accroître et partager les connaissances.

Cette communication propose d'exposer la démarche méthodologique retenue qui s'est appuyée sur deux études de cas en France, dont l'une sur la structuration d'une filière féverole pour l'alimentation animale. A partir d'entretiens qualitatifs auprès des acteurs engagés dans la gouvernance de cette filière (organismes stockeurs, associations, transformateurs), nos résultats permettent de comprendre le rôle de la gouvernance contractuelle sur la dynamique des connaissances dans cette filière de féverole. Nous analysons plus particulièrement les contrats de production entre un fabricant d'aliments et ses fournisseurs au prisme de la théorie des coûts de transaction et de l'économie de la connaissance. Nos résultats montrent qu'au-delà des spécifications techniques comprises dans les contrats, la structure de gouvernance est déterminante pour coordonner des transactions dans un contexte incertain. La gouvernance collective de ces contrats au sein d'une association regroupant à la fois l'industriel et des organismes stockeurs participe à encourager des investissements spécifiques coordonnées (R&D et formation) afin d'acquérir des connaissances sur les pratiques culturales, les variétés et les process de transformation des graines. De plus, la gouvernance contractuelle occasionne deux types d'interactions à l'origine d'échange de connaissances entre opérateurs : (i) plusieurs rencontres entre les organismes stockeurs et l'industrie visant à négocier et adapter les contrats au cours de la campagne (ii) un à deux événements annuels impliquant également des agriculteurs lors de visites de bouts de champs. D'un point de vue théorique, ces résultats montrent que les arrangements organisationnels choisis par les acteurs répondent à une volonté conjointe d'économiser sur des coûts de transaction et de créer de la valeur au travers d'une forte coordination des connaissances techniques. D'un point de vue empirique, ces travaux fournissent des enseignements utiles pour les opérateurs désireux de relancer la production de légumineuses à graines, en éclairant sur les choix des contrats et des modalités de gouvernance qui permettront une structuration efficace de la filière pour assurer son développement.

**273.**

## **État des productions et utilisations en France, focus sur les légumineuses à graines**

*Labalette, Françoise; Blosseville, Nathalie; Guiavarc'h, Yvan; Lacampagne, Jean-Paul*

Terres Univia, France

### 1. Contexte des légumineuses à graines

Par leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et donc à contribuer à rééquilibrer le bilan azoté de l'agriculture et leur concentration en protéines élevée (de 20 à 35% du poids brut en moyenne), les légumineuses à graines (LAG) sont particulièrement bien dotées pour contribuer à la fois à la lutte contre le changement climatique et à l'autonomie protéique de la France et de l'espace européen. Sur l'échiquier mondial, la domination du soja du continent américain (plus de 340 millions tonnes en 2017) devrait continuer à croître sous l'aspiration des pays asiatiques pour répondre au gros défi protéique qui se dessine à l'horizon 2030. Les protéagineux et légumes secs restent loin derrière mais leurs profils (protéines, fibres) devraient les remettre au centre d'un rééquilibrage des régimes alimentaires entre protéines végétales et animales amorcé dans les pays riches. Malgré cela, en raison d'une compétitivité insuffisante dans les exploitations, les légumineuses à graines, soja compris, peinent à s'installer dans les assolements des grandes cultures françaises (un peu plus de 3,7 % des surfaces en 2017) comme de celles l'Union européenne, contrastant en ce sens avec la situation de grands pays agricoles comme les Etats-Unis, l'Argentine ou le Canada (11 à 12 % des surfaces grandes cultures).

### 2. Production des légumineuses à graines en France

Le cadre réglementaire de la PAC (verdissement) et sa déclinaison française (recouplage 1er pilier) ont probablement joué en faveur de la remontée des surfaces de LAG observée en France sur les cinq dernières années avec un quasi doublement. Même si le pois est encore en tête, la France se caractérise par une diversité de cultures plus importante que dans les autres pays européens, . La production de légumineuses française s'approche des 1,4 millions de tonnes en 2017 et intègre une augmentation significative du soja et des légumes secs qu'il conviendrait de maîtriser au travers de démarches contractuelles adaptées aux débouchés. Pour autant, la France reste largement déficitaire en matières riches en protéines et en légumes secs.

### 3. Des marchés et utilisations variés

Toutes LAG confondues, l'utilisation majoritaire reste l'alimentation animale avec toutefois une tendance des acteurs à positionner les productions françaises sur des segments susceptibles de les différencier sur des aspects qualitatifs et de mieux les valoriser comme le ""Nourri sans OGM"" et l'origine locale. L'exemple du soja est emblématique de la capacité de l'interprofession française à accompagner une démarche de certification de filière (charte Soja de France opérationnelle en 2018). Au cours des dernières années, des marchés à valeur ajoutée ont émergé en alimentation humaine (ex : ingrédients protéiques pour le pois) ou à l'export (pois jaune pour l'Inde, aquaculture Norvège pour la féverole décortiquée). Et des innovations sont requises et encouragées par l'Interprofession pour élargir la gamme de produits à base de LAG offerte aux consommateurs.

#### 4. Un avenir ouvert pour les légumineuses en France

La recherche d'une meilleure autonomie protéique, la lutte contre le changement climatique et les tendances de consommation, constituent un environnement très favorable au développement des productions de légumineuses à graines en France. A condition bien entendu de mettre en place des politiques publiques cohérentes , de se doter de moyens de recherche et développement suffisants pour lever les verrous freinant leur développement et de créer de la valeur afin de les rendre durablement attractives et performantes pour tous les acteurs de la filière, consommateurs inclus.



## Systèmes d'élevage, polyculture-élevage, ...

---

**170.**

### **Caractériser la polyculture élevage sous l'angle fonctionnel du couplage culture et élevage**

*Mischler, Pierre (1); Martel, Gilles (2); Choisis, Jean-Philippe (2); Ramoneteu, Sonia (3)*

1: Institut de l'élevage, France; 2: INRA; 3: ACTA

Les systèmes de production de polyculture-élevage (PCE) sont théoriquement vertueux à l'échelle de l'exploitation agricole. D'un point de vue agronomique, ces systèmes aident à maintenir le taux de matière organique et la fertilité des sols notamment via l'utilisation des déjections animales et l'intégration de légumineuses dans des rotations longues (au sein de prairies temporaires, associées à des céréales (méteil) ou en culture pure). Ces légumineuses peuvent en retour être valorisées par les animaux qui bénéficient alors d'une diversité de ressources végétales pour leur alimentation et litière. L'autonomie en azote des cultures et l'autonomie alimentaire des animaux, via notamment l'usage des légumineuses fourragères et protéagineux sont ainsi plus faciles à atteindre.

Pour autant, l'évolution de l'agriculture a été marquée depuis plusieurs décennies par une forte spécialisation des exploitations agricoles et une recherche de simplification du nombre de productions.

Dès lors, caractériser le degré de couplage entre les ateliers cultures et les ateliers élevages des fermes, dans les référentiels existants de données, est un enjeu important pour évaluer les performances de ces systèmes et identifier les possibilités de marges de progrès.

Le RMT Systèmes de polyculture-élevage (SPyCE) a mis au point, dans le cadre du Casdar Red-SPyCE, une méthode pour différencier les exploitations selon leur niveau de couplage. Cette méthode a été appliquée sur 1190 fermes issues de 3 bases de données (Inosys réseaux d'élevage, INRA Charolais, CIVAM). Les fermes ont été réparties dans 3 classes de couplage (fort, moyen, faible), sur la base de 10 critères, renseignant 3 dimensions de l'autonomie : l'utilisation des surfaces pour l'alimentation animale, l'autonomie alimentaire et en paille, l'autonomie en fertilisation des cultures/prairies.

Les résultats obtenus avec un de données utilisé issu des réseaux d'élevage Inosys, montrent un niveau de couplage différent, selon les régions françaises, mais un niveau maximum atteignable presque partout. Les exploitations les plus couplées sont celles qui ont les meilleurs bilans apparents sur l'azote, consomment moins de pesticides et de carburant. Sur le long terme, les systèmes plus couplés sont plus résilients en termes économique. Le caractère vertueux de ces systèmes associant cultures et élevage se vérifie donc, à la condition (nécessaire mais pas suffisante) que les ateliers animaux et végétaux aient un niveau de couplage élevé.

## Autres thèmes transversaux

---

**126.**

### **Application du principe de sélectivité densimétrique pour la production d'une fraction de pois protéagineux enrichie en protéines à l'échelle pilote**

*Roiseux, Olivier (1,2); Vriamont, Céline (2); Malumba, Paul (2); Blecker, Christophe (2)*

1: Walagri, Belgique; 2: Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech - TERRA – FoodIsLife

Les particules de protéines et d'amidon contenues dans les tissus de réserve des graines comme les céréales et les légumineuses ont des densités différentes, l'amidon étant plus dense.

Des procédés physiques de classification peuvent être utilisés pour séparer, après broyage, des fractions enrichies en amidon ou en protéines.

Le Teaching & Research Center TERRA à Gembloux Agro-Bio Tech possède les équipements permettant de réaliser ces opérations à l'échelle pilote (quelques dizaines de kilos par jour).

Le présent poster reprend les résultats obtenus pour la classification de pois protéagineux. La fraction enrichie en protéines atteint une teneur de 56% MS pour une concentration de départ de 25% MS. Ces résultats laissent entrevoir des débouchés pour cette technologie dans les applications :

- en alimentation animale où la faible concentration en protéines du pois brut constitue un frein à son utilisation ;
- en alimentation humaine où le développement de produits à base de protéines végétales est en forte croissance et nécessite des ingrédients adaptés.

**180.**

## **Procédés innovants dans la transformation des protéagineux et la valorisation des protéines**

*Sicaire, Anne-Gaëlle; Fine, Frédéric; Quinsac, Alain*

Terres Inovia, France

Face à une croissance démographique mondiale tirée par les pays émergents et par conséquent à l'accroissement des besoins nutritionnels des populations, la valorisation de la fraction protéique des ressources végétales, notamment de graines protéagineuses apparait comme un enjeu majeur.

La valorisation de ces protéines fait appel à des procédés d'extraction traditionnels et de plus en plus, à des techniques innovantes pour préserver la qualité nutritionnelle et fonctionnelle des protéines. Les procédés d'intensification (ultrasons, micro-ondes, champ électrique pulsé, extraction assistée par enzymes ou mécaniquement), et d'extraction par des solvants alternatifs (biosolvants, solvants eutectiques profonds) sont des exemples de techniques appelées à se développer. Celles-ci peuvent être envisagées pour l'extraction des protéines de protéagineux et légumineuses et à ce titre, des exemples de conditions d'application de ces différentes techniques, conventionnelles et innovantes, pour l'extraction des protéines végétales sont présentés.

L'extraction conventionnelle dans un milieu aqueux tamponné, des protéines de pois jaune, pois Kabuli et lentille permet par exemple d'obtenir des rendements allant de 55% à 69% dans des conditions de température allant de 25 °C à 35 °C pour un pH de 9. Un des moyens d'intensifier l'extraction est d'utiliser des techniques permettant de dégrader les parois cellulaires des graines pour faciliter les transferts de masse ; l'utilisation d'une enzyme Protex 6L pendant 60 min à 50 °C et pH 9 sur du lupin par exemple permet d'obtenir un rendement de 77,2%. Une autre solution est d'utiliser des ultrasons à l'exemple de l'extraction de graines de soja réalisée à pH 8 avec un bain à ultrasons pendant 84 min (35 °C, 451 W) qui permet d'atteindre un rendement de 88,2%. L'extraction avec des solvants alternatifs peut aussi être envisagée à l'exemple de ce qui est obtenu avec de l'eau à l'état subcritique ou des solvants eutectiques profonds déjà testés sur d'autres types de protéines et qui donnent des résultats prometteurs.

Ces différentes techniques (conventionnelles et innovantes) sont décrites et discutées sur leur principe, leur mise en œuvre, leurs applications et leurs avantages et inconvénients pour l'extraction des protéines.

Mots-clés : Protéine, Intensification, Extraction, Technique innovante, Solvants alternatifs

**208.**

**UMT Alter’N : Pour renforcer le conseil stratégique sur les systèmes de culture incluant des légumineuses ou des produits organiques avec de faibles pertes azotées et une faible dépendance aux engrais de synthèse**

Schneider, Anne

Terres Inovia, France

Agréée par le ministère de l’agriculture en 2015, l’UMT Alter’N (<http://www.terresinovia.fr/umt-altern>) vise à renforcer la capacité à faire du conseil stratégique pour l’insertion des légumineuses et la valorisation des matières fertilisantes d’origine résiduaire (MAFOR) dans les systèmes de culture productifs et à faibles pertes azotées. Son objectif est donc de produire des références et de mettre à disposition connaissances et outils opérationnels qui contribuent à ce que les acteurs du monde agricole et du monde de l’environnement puissent diagnostiquer, concevoir, évaluer et gérer des systèmes de culture à faibles pertes azotées qui intègrent ces sources alternatives d’azote.

Basée à Grignon, l’UMT Alter’N est portée par Terres Inovia et l’UMR Agronomie et l’UMR Ecosys de l’INRA. Elle implique également l’Acta, Arvalis-Institut du Végétal et ITB dans son comité de pilotage ainsi que les représentants du RMT « Fertilisation et Environnement », et du RMT « Systèmes de Culture innovants ». Les travaux de l’UMT se positionnent au carrefour de différents partenariats sur les trois thématiques « azote et environnement », « matières fertilisantes d’origine résiduaire » et « légumineuses et systèmes de culture », en lien avec plusieurs SOERE, l’UMR INRA SAS, l’UMR AgroEcologie de Dijon, l’UMR AGIR de Toulouse, l’UR AgroImpact de Laon, l’ESA Angers, ainsi que des réseaux européens et internationaux.

Le programme de travail comprend quatre axes thématiques en plus de l’axe de gestion :

Axe 1. Appréhender les pertes azotées : interactions entre pertes, méthodes et outils adaptés aux sources alternatives

Axe 2. Connaître les dynamiques spécifiques de l’azote disponible issu des légumineuses et des PROs

Axe 3. Tester, concevoir et évaluer des systèmes de culture avec sources

Axe 4. Diagnostiquer les pertes, concevoir et gérer des systèmes N-eficients avec les acteurs des territoires et des filières

Les principales actions menées jusqu’à présent sont :

- Collaborations entre partenaires de l’UMT avec des réunions régulières pour partager informations, expertises, et actions à venir ;

- Acquisition de données et analyses sur les dynamiques des flux azotés dans les systèmes de culture incluant ces sources spécifiques : essais analytiques (laboratoire et champ), études de modélisation, et expérimentations de systèmes de culture innovants conduits sous contraintes environnementales ou avec des objectifs de multi-performances (SIC, La Cage, Phyto-Sol, SYPPRE, SOERE-PRO-Qualiagro);

- Développement ou contribution à des projets R&D à l'échelle régionale, française ou européenne (ANR-Légitimes, PSDR-PROLEG, Ademe-PROTERR, Ademe-Methapolsol, Casdar-AgroEcoSyst'N, Casdar-Outillage, H2020-LegValue, H2020-DiverImpacts, etc.);
- Organisation d'ateliers de travail spécifiques avec les autres groupes d'expertise sur l'azote et les systèmes de culture, afin de diversifier les sources azotées et changer la gestion de l'azote dans les systèmes de culture ;
- Collaborations avec des partenaires régionaux volontaires (agents territoriaux, organismes stockeurs, groupes d'agriculteurs) pour partager des analyses territoriales de l'insertion de ces sources en production agricole.

Les priorités pour la suite sont :

- Continuer l'amélioration des outils de simulation incluant les pertes azotées dans les différents compartiments environnementaux : définir les paramètres adaptés aux sources alternatives à l'azote minéral et développer des simulations sur des cas d'étude régionaux dans (i) l'outil Syst'N (Casdar-AgroEcoSyst'N) et (ii) les modèles SIMEOS-AMG et STICS ;
- Renforcer les analyses collectives sur les dynamiques azotées liées aux légumineuses à graines et les services associés (niveau de productivité des systèmes, quantité d'intrants, niveau des flux polluants) afin de fournir des schémas de décision opérationnels prenant en compte l'expression optimale des bénéfices lors de la conception et de la gestion des systèmes ;
- Formaliser les méthodologies pour les diagnostics territoriaux pour la gestion de la qualité des eaux et développer avec les partenaires régionaux une gestion territoriale des engrais organiques ou des boues résiduelles ; partager des cas de réussites de systèmes agricoles avec sources « alter'n » ;
- Définir et tester des façons opérationnelles d'attribuer une valeur financière liée aux services écosystémiques des cultures de légumineuses à graines dans les successions culturales au sein de projets territoriaux ou de filières en situations agricoles.

**174.**

**Projet BILAG : une bibliométrie de la littérature scientifique mondiale sur les légumineuses à graines pour comprendre la dynamique de la recherche sur ces espèces**

*Magrini, Marie-Benoit (1); Plumecocq, Gael (1); Lascialfari, Matteo (1); Leiser, Hugues (1); Millot, Dominique (1); Cabanac, Guillaume (2); Amiot, Marie-Jo (1); Anton, Marc (1); Baranger, Alain (1); Chardigny, Jean-Michel (1); Duc, Gérard (1); Jeuffroy, Marie-Hélène (1); Journet, Etienne-Pascal (1); Juin, Hervé (1); Micard, Valérie (1); Pilet-Nayel, Marie-Laure (1); Nguyen-The, Christophe (1); Voisin, Anne-Sophie (1); Walrand, Stéphane (1)*

1: INRA, France; 2: IRIT, Université de Toulouse, France

Quel poids ont les différentes disciplines scientifiques dans la recherche mondiale sur les légumineuses à graines ? Quelles sont les espèces les plus étudiées et sur quels sujets ? Comment évoluent les champs de connaissance de la recherche sur les légumineuses à graines ? Quels champs de connaissances émergent et se restructurent ? Quelle est la place des différents instituts de recherche dans ce maillage, et tout particulièrement ceux des pays francophones ?

Pour répondre à ces questions, un groupe d'experts interdisciplinaire sur les légumineuses et d'ingénieurs de l'information scientifique, a moissonné/collecté un corpus d'articles scientifiques sur les légumineuses à graines (telles que soja, pois, féverole, lupin, pois chiche, lentilles...) cultivées dans les climats tempérés. Ce corpus a été extrait de la base bibliographique « Web of Science » (WoS, Clarivate Analytics) entre 2000 et 2016 à partir de requête par mots-clés, pour circonscrire chacun des champs de connaissance investis, tout en limitant le risque de capter des notices hors-champ. Les champs de connaissance investis sont : génétique, agronomie et systèmes de culture, écophysiologie, gestion des bio-agresseurs, nutrition animale, nutrition humaine, transformation alimentaire, économie et autres sciences sociales. Ces requêtes ont été appliquées sur les titres et les mots-clés-auteurs des articles scientifiques recensés par le WoS. Au total, plus de 70 000 articles ont été ainsi recensés, dont plus de 75% concernent le soja.

Cette bibliométrie fait actuellement l'objet d'une analyse scientométrique afin d'apprécier le poids respectif des domaines de connaissances et leur évolution au cours du temps, la place des espèces, des pays (au travers de leurs instituts de recherche) dans cette littérature. À partir de ces résultats, le groupe d'experts ambitionne de construire une analyse des réseaux socio-sémantiques de la recherche scientifique sur les légumineuses à graines pour comprendre la reconfiguration des champs de connaissance dans le temps sur ces espèces.

Le poster présentera cette bibliométrie, la méthodologie suivie et les logiciels utilisés, ainsi que les premiers résultats.

**211.**

## **Légumineuses d'Occitanie : une source d'inspiration pour la parfumerie française.**

### **Exemples des fleurs d'Acacia, de Mimosa et de Genêt**

*Talou, Thierry; Grivot, Sarah*

Toulouse INP-ENSIACET, France

Les légumineuses sont une source d'inspiration pour la parfumerie française depuis le XVIIIème siècle du fait des notes florales typiques des fleurs de certaines Fabaceae. Par exemple les genêts et leurs délicates fleurs miellées parfument les vallées de Grasse où ils sont cultivés de façon traditionnelle depuis le tout début du 20e siècle afin d'obtenir des absolues qui constituent un des ingrédients majeurs des parfums grassois, en s'accordant aussi bien avec des notes d'agrumes par leur facette amère, qu'avec des notes florales pour leur facette miellée. De même, les mimosas, cultivés sur la Côte d'Azur où ils ont été introduits au XIXème siècle en provenance d'Australie, permettent l'obtention d'absolues poudrées, florales, chaudes, associées à une odeur miellée et paillée.

Dans le cadre du projet régional MIPAM sur la valorisation des plantes aromatiques et à parfums régionales, nous nous sommes intéressés à la caractérisation des senteurs des fleurs de deux légumineuses d'Occitanie, cultivées en Roussillon : les mimosas (*Acacia dealbata* et *Acacia farnesiana*) et le genêt d'Espagne ou Spartier à feuille de jonc (*Spartium junceum*) et de deux légumineuses sauvages cueillies dans le Lauragais : l'accacia (*Robinia pseudoacacia*) et le genêt à balais (*Cytisus scoparius*)

Dans un premier temps, les composés volatils odorants des fleurs fraîches de genêt d'Espagne et des deux mimosas ont été extraits par solvant organique (hexane) suivi d'une dissolution de l'extrait (concrète) dans de l'éthanol puis d'une filtration à froid, afin d'obtenir l'absolue. Cette dernière a été caractérisée chimiquement par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse et à l'olfactométrie (GC-MS-O) et sensoriellement par un parfumeur. 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, terpinene-1-ol-4, methylchavicol, anethole et en de très nombreux esters (Ethyl hexanoate, Ethyl laurate, Ethyl myristate, Ethyl linoléate, Hexenyle butyrate, Hexenyle nonanoate,...) et est décrite comme ayant des notes florale, amère, miellée, tabac et cuir. Dans un deuxième temps, les effluves des fleurs fraîches d'acacia (*Robinia pseudoacacia*) et de genêt à balais (*Cytisus scoparius*), 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 et d'envisager ultérieurement la création de formulations synthétiques utilisables en parfumerie, via la mise en œuvre de l'Orgue à Parfum du laboratoire.

## **251.**

### **Présentation du laboratoire BIOVA et de ses activités**

Sarnay, Erick

Biova, France

#### 1/Présentation du laboratoire

L'équipe du laboratoire BIOVA réalise depuis plus de 15 ans une large gamme d'analyses sur semences et de diagnostics dans le domaine de la santé des végétaux.

Nous disposons du matériel nécessaire à la réalisation d'analyses dans le domaine de la mycologie, de la nématologie et de la bactériologie. Nous réalisons également des détections par PCR quantitative (qPCR) permettant des analyses génétiques ciblées. Nous sommes également en capacité d'offrir un diagnostic performant et la détection de très nombreuses problématiques sanitaires par l'utilisation de séquenceurs d'ADN de type NGS.

Nos analyses sont basées prioritairement sur des méthodes officielles (de l'ANSES/ ISTA/ FERA) et sur des méthodes élaborées et validées au sein de notre laboratoire, en cas d'absence de méthodes officielles.

Nous disposons d'un outil de suivi des échantillons consultable à tout moment par nos clients, avec une clé de sécurité pour chacun d'entre eux. Ainsi chaque client peut, en toute sécurité de données et de confidentialité, connaître les délais précis de traitement de ses échantillons et consulter l'avancée de ces derniers dans la chaîne d'analyse.

En 2017, nos techniciens ont réalisé 1 407 analyses :

- 1200 analyses mycologiques sur semences
- 74 analyses qPCR
- 47 analyses entomologiques
- 33 capacités germinatives
- 23 analyses nématologiques
- 22 diagnostics
- 8 analyses bactériologiques

Toutes ces analyses sont certifiées ISO 9001 version 2008 et depuis 2016 certaines sont accréditées ISO CEI 17025 version 2005. Cette dernière norme est la preuve de la compétence technique du laboratoire dans un domaine d'activités précis et du bon fonctionnement dans ce laboratoire d'un système de management par la qualité adapté. C'est un gage de qualité supplémentaire pour les clients des laboratoires, les autorités réglementaires ou d'autres organismes.



## 2/ Présentation de la R&D

Afin de répondre aux besoins des entreprises semencières exportant leur production, nous développons régulièrement de nouvelles méthodes d'analyses. Récemment, nous avons mis au point des tests pour la recherche de *Pythium splendens*, *Pantoea stewartii* et *Burkholderia andropogonis*.

Actuellement nous travaillons sur la détection d'*Alternariaster helianthi* en partenariat avec un semencier d'Amérique du sud, à celle de *Stenocarpella maydis/macrospora* par qPCR et à *Clavibacter michiganensis minchiganensis* avec le soutien d'un semencier français.

Nous œuvrons également à la mise au point d'un test permettant la détection conjointe de 2 types de virus (Potyvirus et Tospovirus) par séquençage NGS. Cela permettrait, sur un même run, de rechercher simultanément plus de 200 virus différents impactant 1000 cultures distinctes.

Enfin, la projet METAFLORE (labellisé par le pôle de compétitivité AGRI SUD-OUEST INNOVATION) vise à développer une méthode large spectre (fungi, fungi-like, nématodes, bactéries) par séquençage NGS. L'objectif est de proposer une méthode plus performante pour la détection des pathogènes des semences, afin de faciliter l'exportation des semences, de la sécuriser (meilleure fiabilité) et de la fluidifier (meilleurs délais d'analyse et meilleure réactivité lors de la recherche de pathogènes non-anticipée).

En ce qui concerne l'analyse des légumineuses, notre laboratoire reçoit depuis 2017 un nombre d'échantillon on nette hausse. Cela nous à conduit à adapter nos tests de mycologie classique à la nature de ces semences. En particulier, la propriété du pois chiche à absorber une grande quantité de liquide nous à conduit à faire évoluer nos méthodes de décontamination superficielle des semences. D'autre part, nous sommes en attente de la définition de marqueurs fiables des souches d'ascochyta problématiques sur notre territoire, pour pouvoir développer et proposer une qPCR aux acteurs de la filière.

**309.**

**Pour une agriculture diversifiée valorisant les oléagineux et légumineuses à graines (PACTOLE): un nouveau projet d'UMT porté par Terres Inovia et l'INRA sur Toulouse**

*Debaeke, Philippe (1); Mestries, Emmanuelle (2)*

1 : INRA, UMR AGIR, CS 52627, F-31326 Castanet-Tolosan cedex ; 2 : Terres Inovia, Centre INRA de Toulouse-Occitanie, CS 52627, F-31326 Castanet-Tolosan cedex

Les questions d'adaptation au changement climatique et de transition agro-écologique mettent l'accent sur la nécessité de diversification des systèmes de culture pour accroître leur résilience face aux contraintes environnementales et économiques. Ce nouveau projet d'Unité Mixte Technologique (UMT Pactole) se place dans ce cadre.

Le tournesol, le soja et le pois chiche sont les trois espèces choisies pour aborder cette question de la diversification. Leurs caractéristiques communes (cultures économes en ressources – eau et azote - et en intrants phytosanitaires, à cycle de printemps-été pour la diversification des systèmes de culture d'hiver et à débouché protéique) posent des questions de recherche et de développement génériques, qui structurent le projet d'UMT : filière et débouchés des cultures, déploiement de ces espèces dans les zones septentrionales, insertion dans les systèmes de culture, optimisation de la conduite des cultures...

Pour répondre à ces quatre questions, cette nouvelle UMT poursuivra l'acquisition des connaissances éco-physiologiques et épidémiologiques nécessaires et le développement de trois grandes familles de méthodes: la télédétection satellitaire (exploitation des images Sentinel), la modélisation (mécaniste et qualitative) et le phénotypage (au champ et en plateforme), les échelles abordées allant de la plante au territoire.

Construit autour du noyau des partenaires historiques de l'UMT Tournesol (Terres Inovia, UMR AGIR et LIPM, ENSAT, El Purpan et CESBIO), ce nouveau projet fera appel à un réseau de porteurs d'enjeux dans le secteur de la sélection, de la production, de la transformation et du conseil : coopératives, industriels, Chambre régionale d'agriculture Occitanie, Union Française des Semenciers, Terres Univia, réseaux d'agriculteurs. L'UMT s'appuiera également sur le GEVES, la plateforme de modélisation RECORD et le RMT Modélisation, ainsi que sur les travaux des UMT CAPTE et MAGNUM.

Ce projet présente plusieurs nouveautés : sa dimension pluri-espèces, la prise en compte de questions posées par les débouchés et l'organisation dans les filières, une dimension nationale plus affirmée au travers de l'approche « aires de production ».



## En partenariat avec



## Avec le soutien de

