

Carrefours

de l'innovation
agronomique
2010

Historique des légumineuses dans les assolements et facteurs d'évolution

Gérard Duc, Catherine Mignolet,
Benoît Carrouée, Christian Huyghe

Jeudi 9 décembre 2010



Légumineuses et
agriculture durable

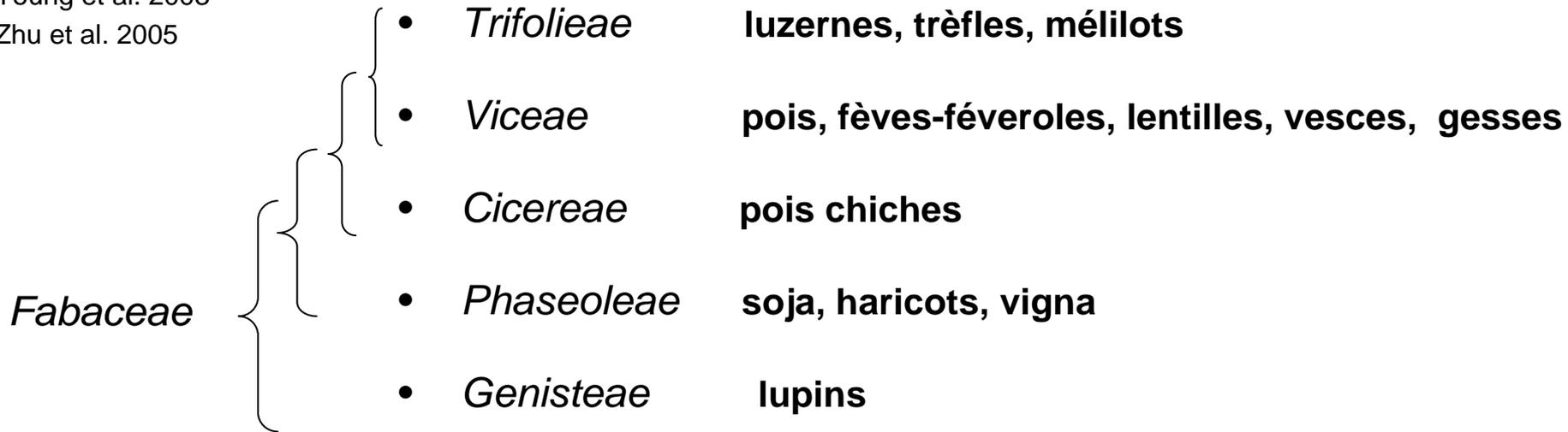
ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Les espèces et leur domestication

Young et al. 2003

Zhu et al. 2005



- espèces apparentées
- adaptations aux zones tempérées ou tropicales (soja)
- traces archéologiques de domestication vieilles de 12 000 ans
- rôle important dans l'histoire de l'agriculture

espèces ou variétés adaptées :
à différents usages (graines & gousses pour homme & animal, fourrages pour ruminants)
à différents pédo-climats

Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Des propriétés biologiques = ATOUTS

La fixation symbiotique de l'azote de l'air



enzyme 'nitrogénase' des rhizobia

- 40 à 90 % du N de la plante d'origine symbiotique
- complément apporté par l'assimilation du N minéral du sol
- inhibition de la fixation de N_2 par ces formes minérales
- populations d'espèces de rhizobia co-adaptées
(inoculation du soja, et dans certaines conditions des lupins et luzernes)
- nécessite la construction des structures nodulaires
- nécessite la fourniture d'énergie par la plante
- une autre symbiose racinaire importante : champignons endomycorhizogènes à arbuscules (ressources P et eau)

consortium plante – symbiotes :

Sensibilité aux stress

Bonne adaptation de la ressource aux besoins de la plante

Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Des propriétés biologiques = ATOUTS

La fixation symbiotique de l'azote de l'air

Impacts >0 sur les bilans azotés



Légumineuses en France (2010)	N fixé (t)	N engrais (t)
Prairies artificielles	80 000	
Prairies temporaires en association	70 000	
Prairies permanentes	320 000	
Protéagineux	50 000	
Soja	3 000	
Total agriculture française	522 000	2 100 000
Soja importé	260 000	

**20 % de ressource N issue de la fixation en France en 2010,
avec dominante fourragère**

50% dans beaucoup de systèmes SDC des années 1950 (Peoples et al. 2009)

Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Des propriétés biologiques = ATOUTS

La fixation symbiotique de l'azote de l'air

Impacts >0 sur les bilans énergétiques

- La fixation de N_2 induit un coût en carbone pour la plante
- Mais les engrais azotés ont un coût en énergie fossile
1,8 tep pétrole de gaz naturel / t d'engrais N
(procédé Haber-Bosch + apports à la plante)



Impacts >0 sur les bilans de gaz à effet de serre

- Réduction de la production de CO_2 par l'économie d'engrais azotés
- Réduction des risques d'émission de N_2O induites par la fertilisation azotée
- N_2O issu des résidus après culture ? *émissions peu différentes entre sols après céréales ou après pois en 2009-2010 (PSDR Bourgogne)*

Le passage de 4 à 7% des terres arables en légumineuses cultivées en France économiserait 216 000 t d'azote engrais (environ – 10%) réduirait de 1.8 Mteq CO_2 les émissions de GES (CGDD, 2009)

Des propriétés biologiques = ATOUTS

Effet précédent positif dans les rotations

- Blé de pois : + 0,8 t/ha avec 20-30kg N engrais en moins
- Colza de pois: +0,1 à 0,2 t/ha avec 40kg N engrais en moins

complexe d'explications : reliquats N, structure et biologie du sol, effets sanitaires,... et pour les lupins un effet positif sur la disponibilité en P

Adaptation à la vie en association avec des espèces non-légumineuses

- Plasticité d'un peuplement à plusieurs partenaires pour acquérir les ressources du milieu (par les parties aériennes et racinaires) et tolérer les stress biotiques/abiotiques
- Optimisation de la ressource azotée au niveau racinaire
- Mais difficultés techniques de maîtrise de l'équilibre des mélanges

Ces atouts permettent de concevoir une diversité de systèmes de culture jouant :

sur l'espace (associations, couvertures,...)

sur le temps (rotations, cultures intermédiaires,...)

Des propriétés biologiques = ATOUTS



Richesse en protéines

Graines : bonne valeur nutritionnelle pour l'animal et l'homme
fractions et composés bioactifs valorisables

Constituant/ espèce	Amidon % MS	Fibres % MS	Lipides % MS	Protéines % MS	Lysine (g/16g N)	Méthionine + Cystéine (g/16g N)
Pois	50	15	2	22-25	7,1	2,4
Féverole	43	18	2	28-32	6,5	2,1
Lupin blanc	1	22	10	35-39	4,3	2
Soja	2	20	20	36-40	6,2	2,8
Blé	70	8-10	1-1,5	10-15	2,3	4,0

Fourrages : 20% de protéines, teneur et digestibilité variables selon espèce, génotype, milieu, stade de récolte (en lien avec les parois)

Compositions attractives

Complémentarité aux céréales

Mais forte concurrence des prix entre des matières premières substituables

Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Ces atouts face à différents enjeux

Agronomiques

- Des solutions techniques pour diversifier les SDC

Alimentation humaine

- Utilisation des protéines végétales sans passer par les produits animaux

Géopolitiques (monde, pays et territoires)

- Dépendance protéines - énergies fossiles - engrais
- Equilibre productions/besoins alimentaires

Economiques

- Concurrence des cultures
- Attractivité des matières premières
- Nouveaux marchés

Sociétaux

- Impacts environnementaux
- Valeur santé et qualités

***Les légumineuses peuvent y contribuer, et malgré cela !
Stagnation, voire réduction dans les agricultures européennes !
Quelles leçons de l'histoire récente ?***

La naissance de filières

Des volumes importants; activité des collecteurs/stockeurs

Espèces	Monde (Mt)	Europe (Mt)
Soja	230	2,7
Pois (sec)	9,8	3,0
Pois chiche	8,8	0,06
Féverole-fève (sec)	3,7	0,7
Lupins	1,0	0,2

Structuration par des usages particuliers

fractionnement, déshydratation, agriculture biologique, non-OGM, ...

Rôle des Interprofessions et Instituts techniques

UNIP, ARVALIS Inst. Vég., AFPF, Institut de l'Élevage

***En Europe, cible dominante alimentation animale
Différentiel Europe (pois) / Monde (soja)***

Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



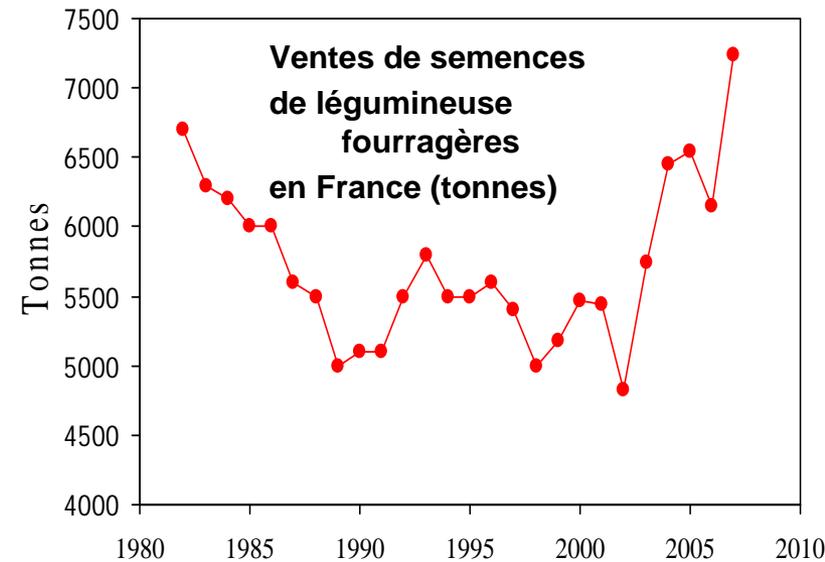
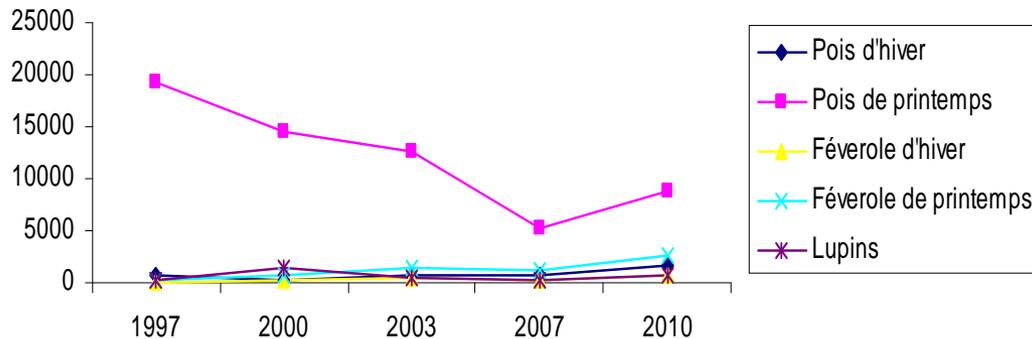
La naissance de filières

Appuyée et structurée par le marché des semences

ajustement au marché de l'utilisation, par les volumes

ajustement qualitatif au marché de l'utilisation, par un catalogue variétal adapté

Multiplications de semences de protéagineux en France de 1997 à 2010 (ha)



**Investissements semenciers limités :
par de petits marchés,
par 50% de semences de ferme en protéagineux**

Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Histoire récente des légumineuses

Des facteurs communs pour les légumineuses à graines et fourragères :

- Intensification des élevages depuis les années 1950 (effets du plan Marshall)
- Augmentation des produits animaux dans l'alimentation humaine
- Intensification et utilisation des engrais en culture

Europe importatrice de soja et exportatrice de céréales

- Crise d'approvisionnement en soja en 1973, d'où recherche de solutions vers davantage d'autonomie
- La crise de l'ESB (vache folle) 1996-2000, d'où souci de sécurité alimentaire et de traçabilité des produits, prolongé par les inquiétudes sur les OGM

L'UE (27) importe 38 Mt de tourteaux de soja en 2007/2008

27% d'autosuffisance pour les Matières Riches en Protéines (hors fourrages)

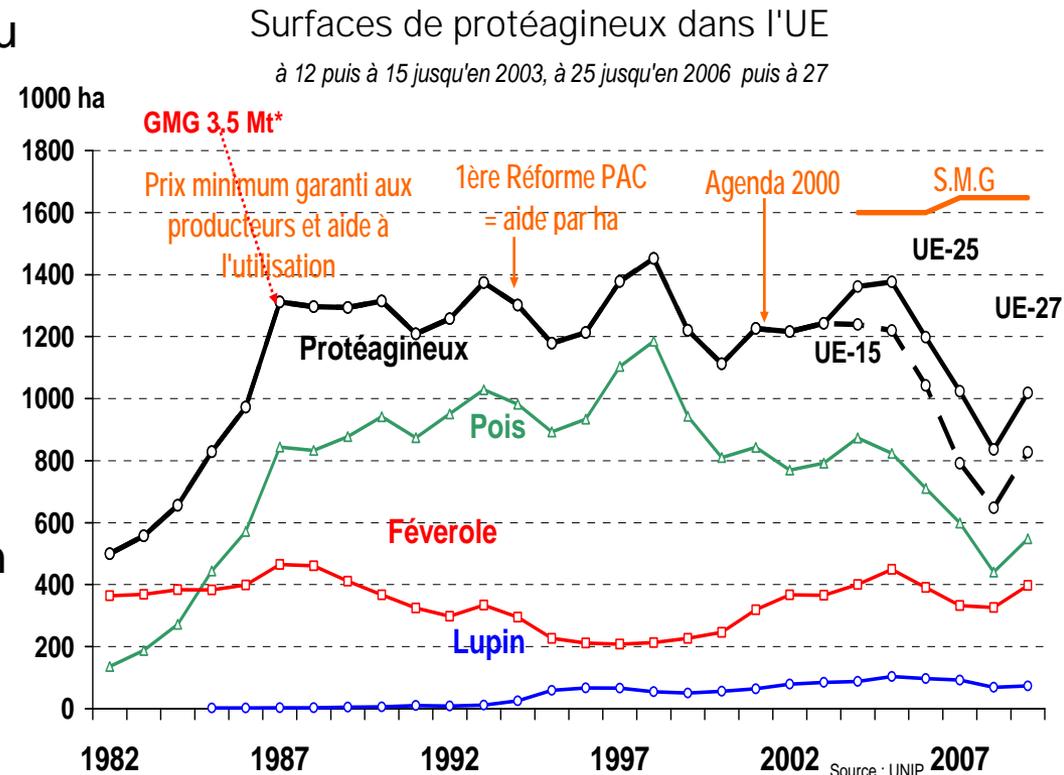
La France importe 5,1 Mt de tourteaux de soja en 2007/2008

47% d'autosuffisance pour les MRP

Besoins de plus grande autonomie et de traçabilité !

Histoire récente des légumineuses à graines

- **1982**, aides PAC, développement du pois pour l'alimentation porcine
- **1988**, Quantité Maximale Garantie de 3.5 Mt pour les protéagineux
- **1994**, Nouveau mode de soutien/ha
- **2000 à 2009**, Stress climatiques et maladie racinaire (*Aphanomyces*), soutien aux biocarburant, disparition des aides aux cultures irriguées
- **2010**, Mise en place d'une aide à la production en France



Malgré des marges de développement en surfaces de production et en consommation
Problème de rentabilité ,... en partie dû au positionnement par rapport au soja
et concurrence d'autres cultures
Concurrences de systèmes étrangers plus extensifs
Rôle majeur des politiques et des régulateurs de prix

Légumineuses et
agriculture durable

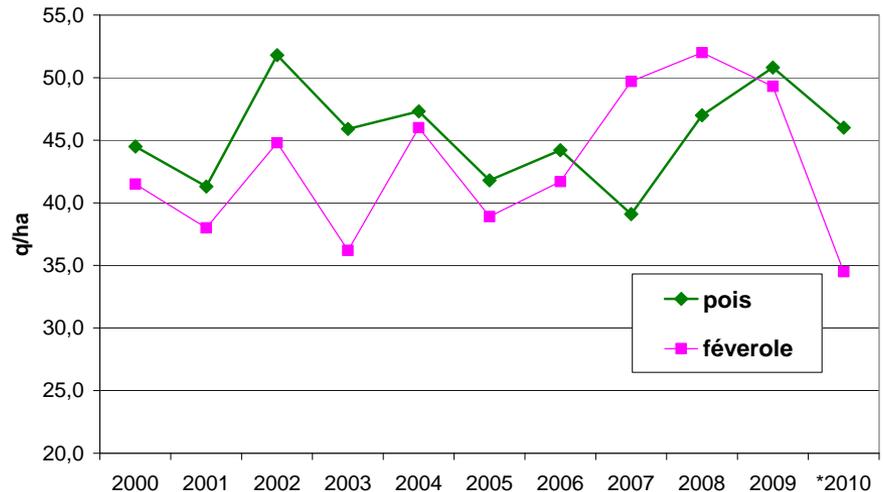
ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Histoire récente des légumineuses à graines

Instabilités de rendement masquant des progrès génétiques

- potentiel de rendement
- résistance à la verse par modification de structure des plantes
- adaptation aux semis d'automne
- composition de graine : taux de protéines élevés et stables, élimination de facteurs anti-nutritionnels



Cultures à rendement faible et instable, vs céréales

Grand besoin de productivité et de tolérance aux stress maladies et parasites, stress thermiques

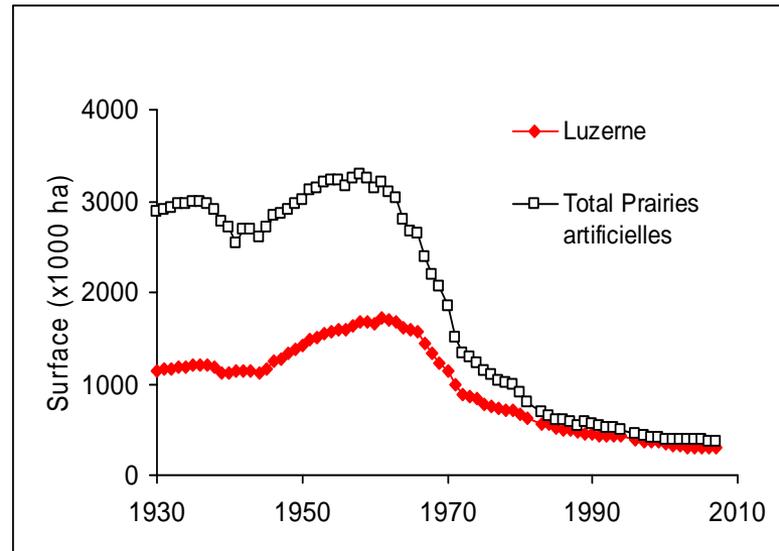
Rôle important de la recherche , de l'UNIP, ARVALIS et du CTPS

Histoire récente des légumineuses fourragères

Recherche de systèmes d'élevages plus autonomes

En cultures pures

- **Avant 1945**, Stabilité
- **1945-1960**, Accroissement de la production de ressources alimentaires
- **années 1960**, Développement des engrais azotés minéraux et perte du rôle fertilisant des légumineuses dans les rotations céréalières
Réduction des disponibilités en main d'œuvre, (*développement de l'ensilage et de la déshydratation*)
- **1970**, Décroissance lente avec entrée progressive des tourteaux



En associations

- **Depuis 2000** augmentation de l'utilisation du trèfle blanc et de la luzerne

Problème d'irrégularité de la qualité et recherche d'économie de temps travail en relation avec les politiques d'élevages

Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Histoire récente des légumineuses fourragères

Un progrès génétique au catalogue variétal

- **La luzerne et le trèfle violet** : amélioration
de la productivité en matière sèche
de la résistance à la verse
de la résistance aux maladies foliaires et aux parasites (nématodes)
- **la luzerne** : amélioration
de la teneur en protéines
réduction de la teneur en parois
- **trèfle blanc** : amélioration
de l'aptitude à l'association avec une graminée
réduction de la teneur en composants cyanogènes.

Rôle important de l'amélioration variétale et du CTPS

Les assolements Europe/Monde

% de légumineuses à graines dans les terres arables

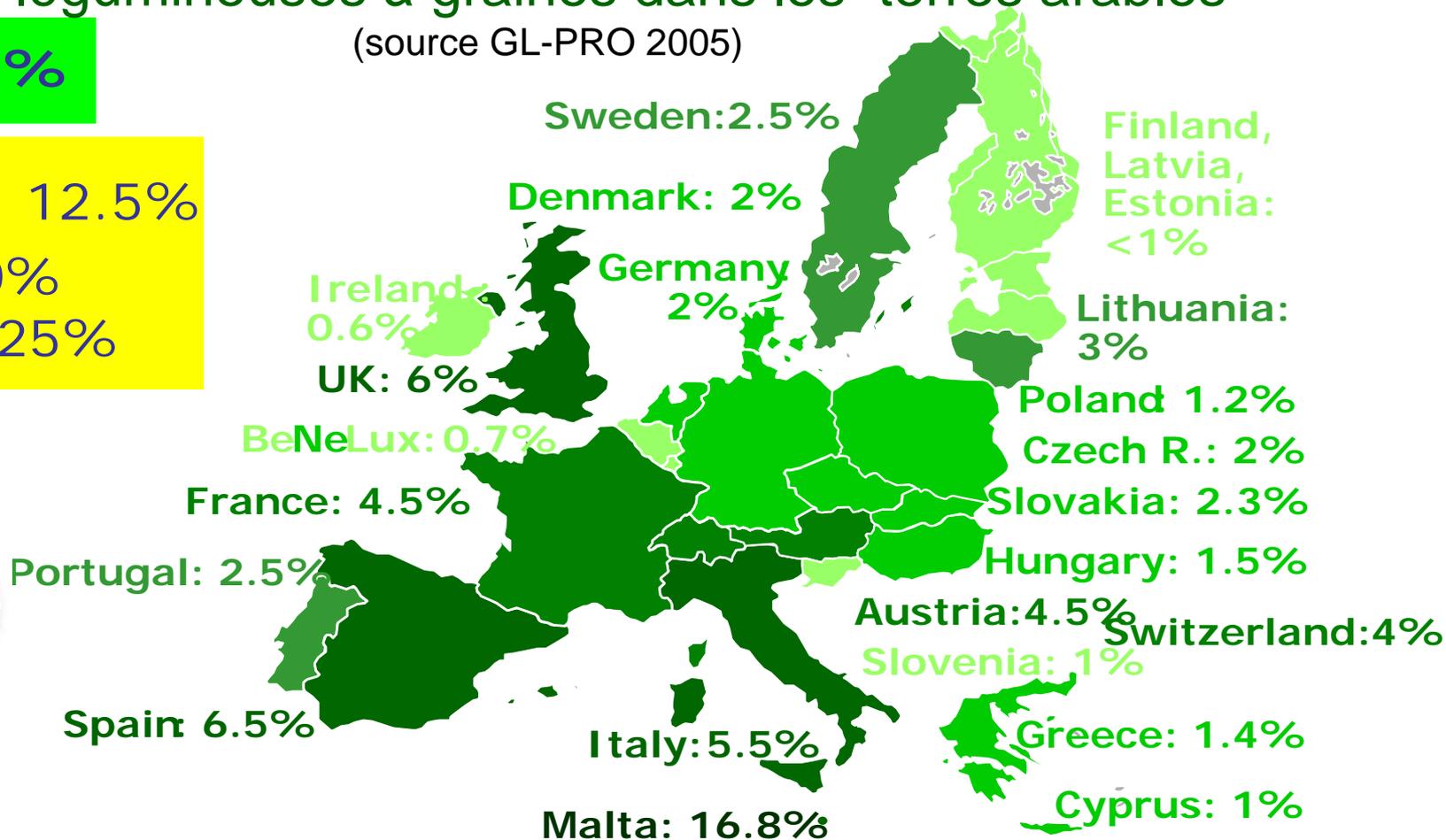
(source GL-PRO 2005)

EU: 3.3%

Canada: 12.5%

USA: 20%

China : 25%



De faibles proportions en Europe

Une diversité de modèles dans les SDC du monde

Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

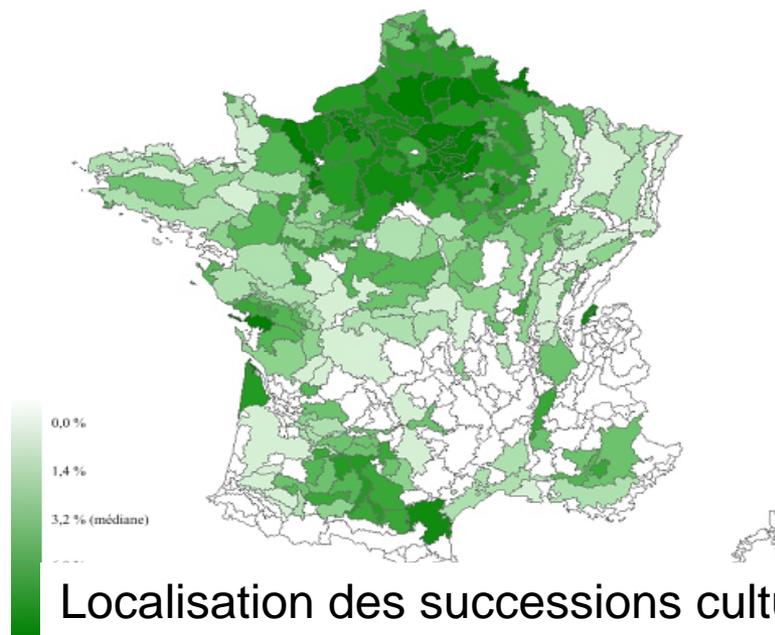
INRA

Place des légumineuses dans les assolements

Typologie des terres labourables en France, de 1992 à 2003
(par région agricole)



zone rouge = Localisation des terres labourables qui incluent au moins 6% de luzerne



Localisation des successions culturales qui incluent au moins un protéagineux tous les 4 ans en 2006 – 2009

Evolution avec une spécialisation des régions agricoles

Espèces fourragères liées à la polyculture-élevage concentrées dans les zones les moins propices à la culture

Organisation de la cohabitation des protéagineux avec *Aphanomyces*

Vers un élargissement de la zone « protéagineuse » permis par les types hiver

Legumineuses et
agriculture durable

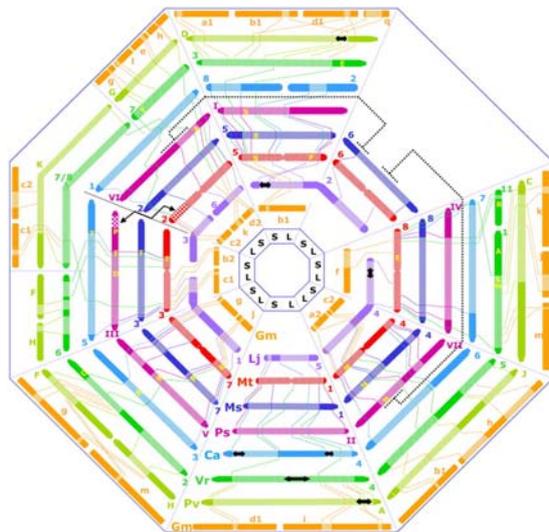
AGRICULTURE

ENVIRONNEMENT



Les recherches sur légumineuses dans le monde

- Dominante recherche publique
- Dominante des disciplines génétique, physiologie et agronomie
- Thèmes fortement travaillés : symbioses, tolérances aux stress biotiques et abiotiques
- Développement de la génomique depuis 2000, avec utilisation des espèces modèles



Carte consensus
chez 8 espèces (Zhu et al. 2005)
Medicago truncatula
Luzerne
Lotus japonicus
Pois
Pois chiche
Haricot mungo
Haricot
Soja

**une recherche active, exploitant les homologies entre espèces
avec un fort réseau de partenaires**

Les recherches sur légumineuses en France



- Espèces majeures :
pois , féverole, lupin blanc
luzerne, trèfle blanc (avec un effort majeur sur les types hollandicum en Europe),
trèfle violet, vesces
modèle *Medicago truncatula*
Analyse bibliométrique (F. Bridet-Guillaume et al. 2010)
- Seulement 40-50 ans de recherches, éclatées sur différentes espèces
- Rôle de AEP (Association Européenne de Recherche sur les Protéagineux), UNIP, projets UE, AFPP, mise en réseau des équipes de recherche avec les partenaires
- Cibles productivité, verse, maladies et parasites, protéagineux d'hiver, qualité, associations

Forces :
ressources génétiques et génomiques
compétences pluridisciplinaires et collaborations internationales
actions de transfert vers les partenaires professionnels

Quels facteurs d'évolution ?

Autour de la productivité

Progrès génétique et agronomique diminuant les aléas

I. Lejeune et al., G. Louarn et al., B. Julier & C. Huyghe



Autour des impacts environnementaux

Des références environnementales affectées d'une valeur économique

F. Vertes et al., P. Thiébeau et al., A. Thomas et al.



Autour de la qualité

le développement de sous-filières liées à des qualités/usages

vers davantage de consommation directe de protéines végétales par l'homme ?

B. Gehin et al.

Autour de facteurs politiques-économiques-sociétaux

Politiques et accords producteurs/utilisateurs les aides et prix ? *A. Thomas et al.*

Approvisionnement/prix de matières premières ? (*soja, céréales, énergie, ac.aminés,...*)

Evolution des régulations sur OGMs ?

Effets du développement des tourteaux et drèches ?