



Voies de progrès génétique pour les légumineuses en Europe et en Afrique du Nord

Lamiae Ghaouti,

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Maroc



Nadim Tayeh,

Institut National de la Recherche Agronomique, Dijon, France

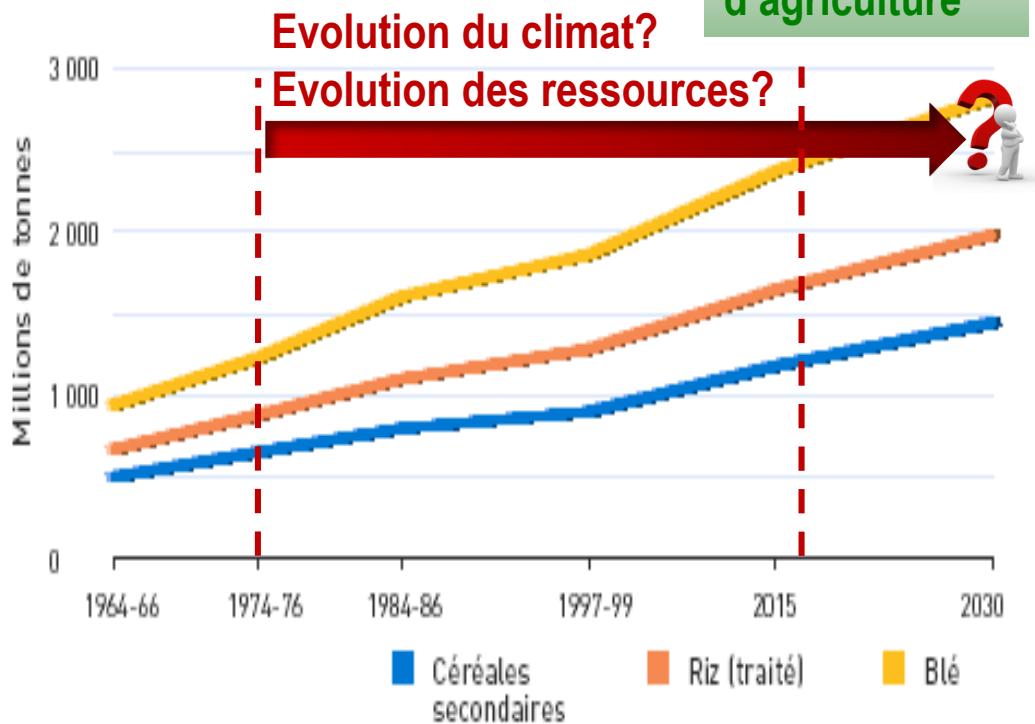


Toulouse, France – 17 & 18 octobre 2018



Révolution verte

Agriculture intensive



Modèle:
Linéaire

Approche:
Adapter les environnements à des systèmes de culture définis politiquement

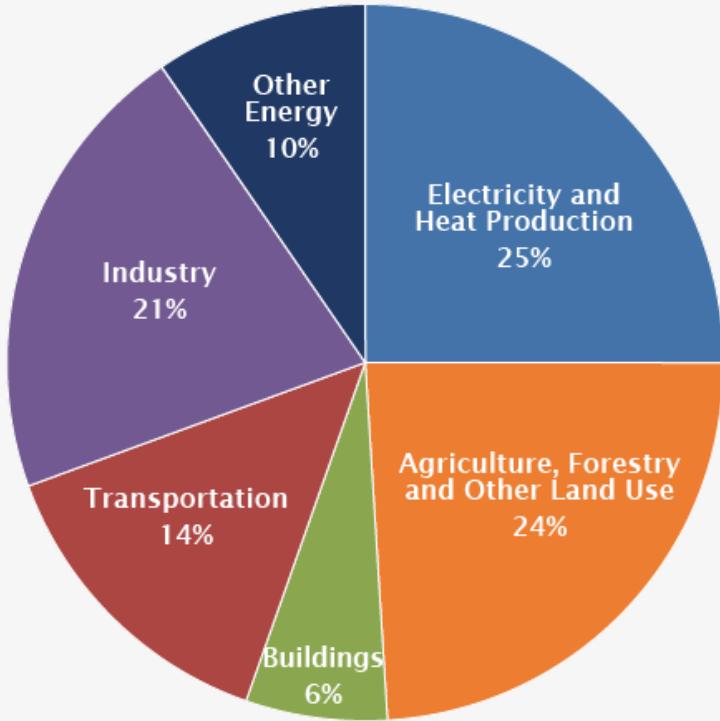
Hypothèse:
Ressources naturelles illimitées
Avancées scientifiques illimitées

Evolution de la production mondiale de denrées de base (t) dans le temps (FAO, 2015)



Changement climatique

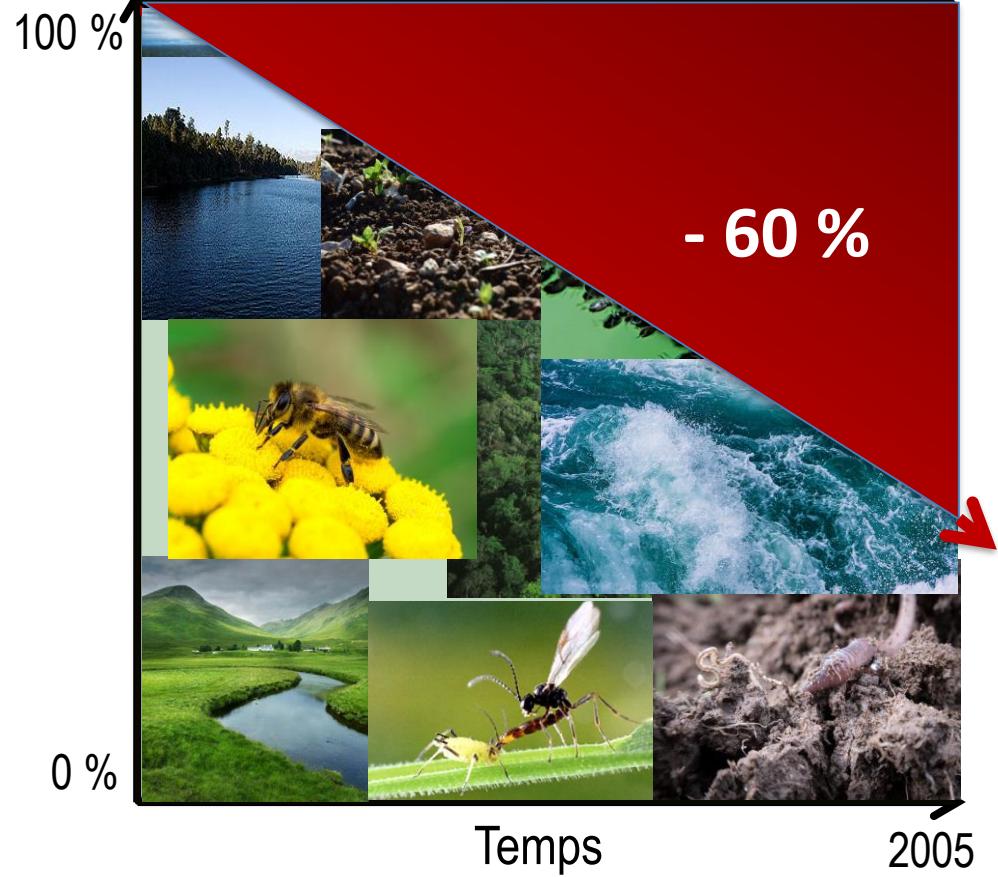
Global Greenhouse Gas Emissions by Economic Sector



Source: [IPCC \(2014\)](https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/); based on global emissions from 2010.
<https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>

Ressources naturelles

Services fournis par les écosystèmes



Source: Rapport de synthèse de l'Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire. 1300 experts, 95 pays.
<https://www.millenniumassessment.org>



Repenser le modèle agricole!

Défi du nouveau modèle :

Compromis

Production - Conservation des agro-écosystèmes

Hypothèse:

Ressources naturelles limitées

Avancées Scientifiques illimitées

Approche:

Adapter la production aux caractéristiques des environnements (potentialités and limites)



Un facteur
Clé

Biodiversité

Niveaux interspecifique et intraspecifique



Agriculture durable

Productivité

Vulnérabilité



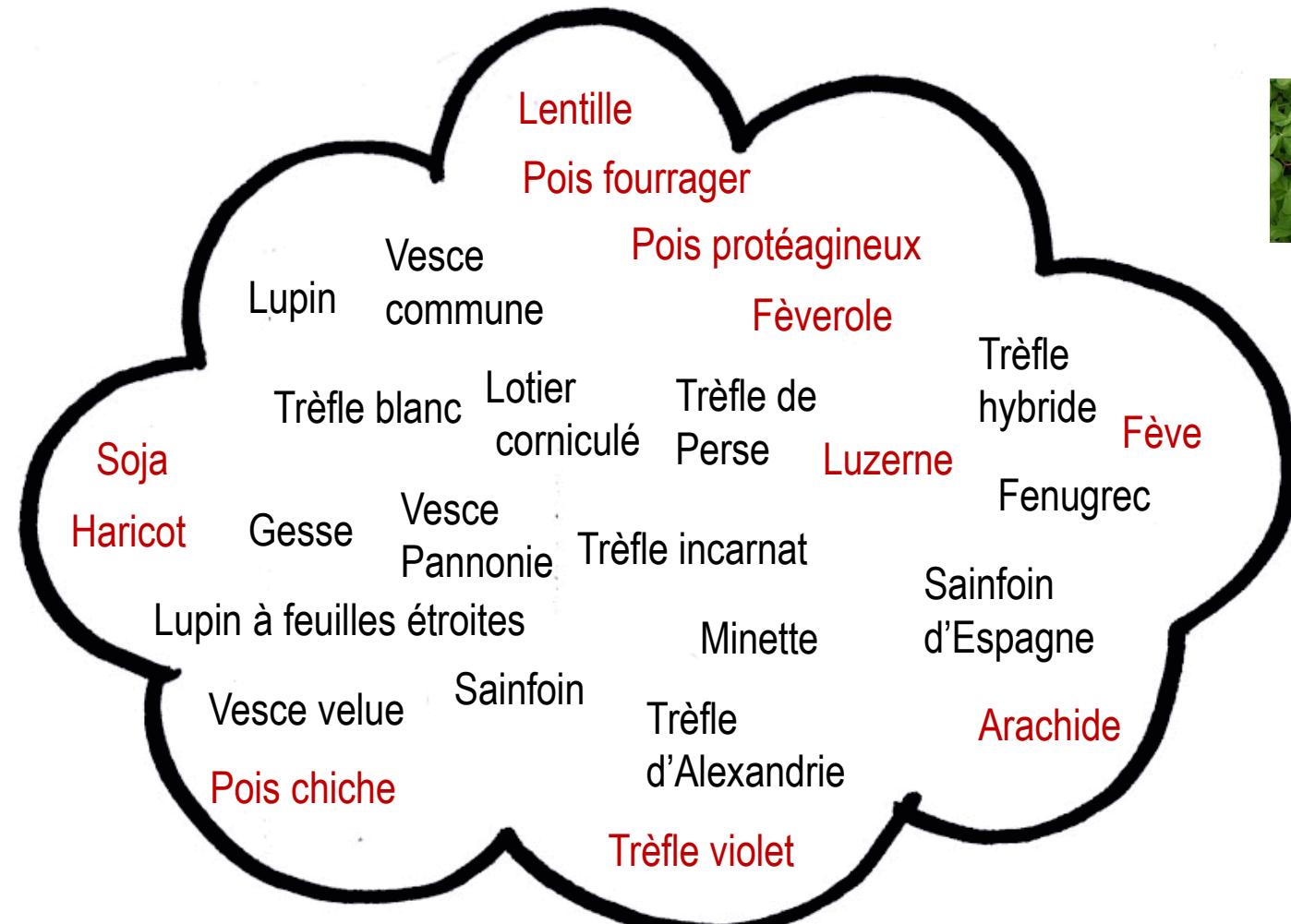
Légumineuses

Quels atouts ?

Graines

Fourragères

Cultures intercalaires



Atouts des légumineuses

Système agricole

Moyenne estimée de l'effet précédent des légumineuses sur la culture suivante. (Schneider Huyghe, 2015)

Légumineuse en précédent	Pois			Soja	
Culture suivante	Blé	Colza ^c	Maïs ^e	Blé ^f	Blé dur ^g
Gain moyen de rendement de la culture suivante par rapport à un précédent céréale ^a	+ 7,4 q/ha (de + 6 à + 12)	de 0 à + 3 q/ha par rapport à un précédent orge	Augmentation de 0 à 8 q/ha par rapport à un précédent maïs	Souvent + 10 % de rendement par rapport à un précédent céréale	+ 23,4 q/ha (de + 15 à + 34) par rapport à une monoculture de blé dur
Réduction de la fertilisation azotée sur la culture suivante par rapport à un précédent céréale ^b	- 20 à - 60 kg N/ha	- 40 kg N/ha (- 30 à - 60) par rapport à un précédent céréale ^d	- 30 à - 40 kg N/ha par rapport à un précédent maïs	Pas de réduction en général	Pas de réduction en général

Services écosystémiques

→ Maintien de la qualité de l'écosystème productif (qualité physique, chimique et biologique des sols)

→ Augmentation de la diversité fonctionnelle des agroécosystèmes

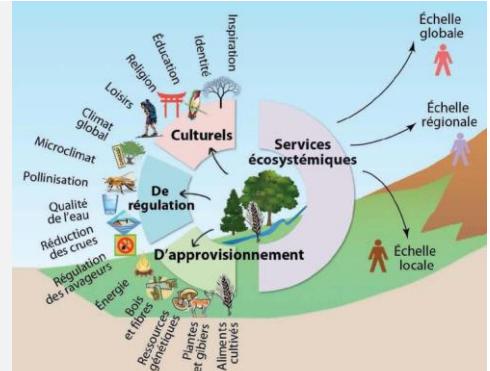


- Amélioration de la productivité des cultures suivant les précédents légumineuses

- Réduction de la fertilisation azotée sur la culture suivante

- Amélioration de la structure du sol

- Diminution des maladie telluriques



Atouts des légumineuses

Nutrition humaine

Apport protéique et de ses composants de quelques légumineuses en comparaison à d'autres aliments. (Afssa, 2007; Anses, 2013)

Nom de l'aliment	Protéines (g/100 g)	Lysine (mg/100 g protéine)	Méthionine (mg/100 g protéine)
Haricots rouges cuits à l'eau	9,1	68,90	15,05
Lentilles cuites à l'eau	9,0	70,00	8,56
Lupin, graines cuites à l'eau	15,6	53,33	7,05
Pois cassés cuits à l'eau	8,3	72,53	10,24
Soja, graines cuites à l'eau	16,6	66,75	13,49
Œuf entier cuit à l'eau	12,6	71,75	31,11
Lait entier	3,3	78,89	24,85
Pâtes alimentaires cuites	4,85	22,12	16,13

Source de protéine végétale

► Nutrition humaine équilibrée



+ Riche en protéine et en fibres alimentaires.

+ Faible indice glycémique

+ Substitut des protéines animales:
Complément alimentaire des céréales
d'excellence
(combinaison de la lysine et des acides
aminées soufrés)

-Facteur anti-nutritionnel défavorable
(Ex: vicine-convicine, tannins)



Atouts des légumineuses

Nutrition animale

Composition centésimale des graines de protéagineux, en % de la matière sèche. (INRA-AFZ, 2004)

	Blé	Pois	Féverole à fleurs blanches	Féverole à fleurs colorées	Lupin blanc	Tourteau de soja 48	Tourteau de colza
Matière sèche (%)	86,8	86,4	86,1	86,5	88,6	87,8	88,7
Protéines	12,1	23,9	31,1	29,4	38,5	51,6	38,0
Cellulose brute	2,6	6,0	8,7	9,1	12,8	6,8	13,9
NDF	14,2	13,9	15,9	16,1	21,3	13,9	31,9
ADF	3,6	6,9	10,6	10,6	15,5	8,3	22,1
Matière grasse	1,7	1,2	1,3	1,5	9,5	2,1	2,6
Amidon	69,8	51,6	43,3	44,2	0,0	0,0	0,0
Lysine (% MAT)	3,1	7,3	6,4	6,5	4,9	6,1	5,3
Méthionine (% MAT)	1,7	1,0	0,7	0,7	0,8	1,4	2,0
Mét+Cys (% MAT)	4,2	2,3	2,0	2,0	1,6	2,9	4,5
Thrénanine (% MAT)	3,2	3,8	3,6	3,3	3,7	3,9	4,3
Tryptophane (% MAT)	1,3	0,9	0,8	0,5	0,7	3,3	2,9

ADF, Acid Detergent Fiber ; MAT, matière azotée totale ; NDF, Neutral Detergent Fiber.



- + Complément protéique primordial (ruminants et les monogastriques)
- + Sources de protéine (20 à 40%), d'énergie, d'acide gras et de minéraux
- + Utilisation crue (féverole, pois) contrairement au soja
- Facteurs anti-nutritionnels défavorables (Ex: vicine-convicine, tannins, facteurs antoitripsyque): diminution de la digestibilité des protéines

Source de protéine végétale

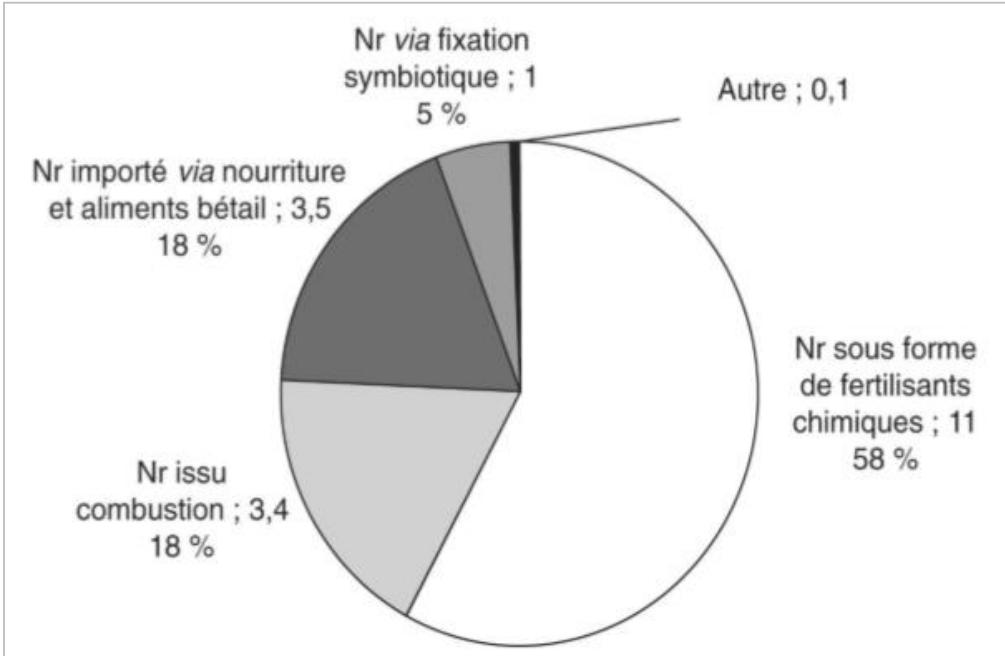
► Nutrition animale équilibrée



Position des légumineuses



Ventilation de l'azote réactif crééée en Europe en 2000



Source: Nitrogen European Assessment. Sutton et al., 2011

- ▶ Faible contribution de l'azote symbiotique (5%)
- ▶ Prépondérance de l'azote issu des fertilisants chimiques (58%)

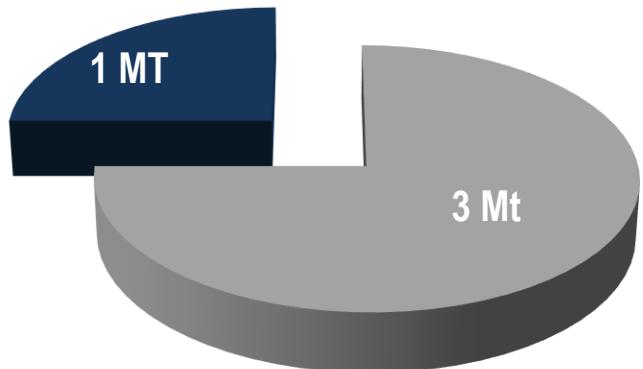
Position des légumineuses



Production des légumineuses 2010-2016 (million de tonnes); FAO 2018

Europe 27

25 %

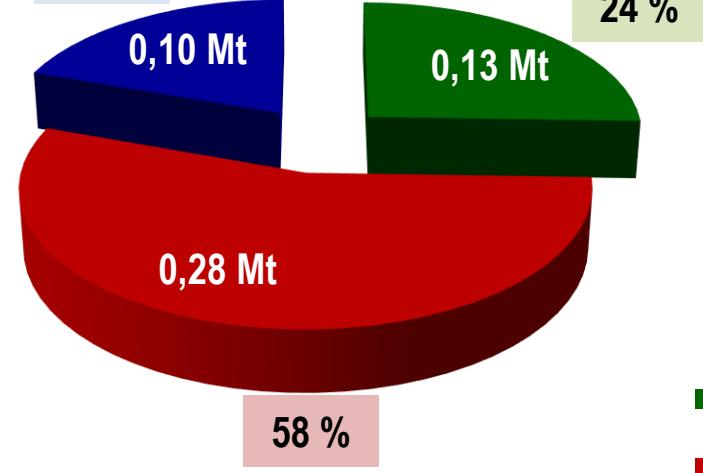


■ Autres pays EU;27

■ France

Afrique du Nord

18 %



■ Algeria

■ Morocco

■ Tunisia

Position des légumineuses

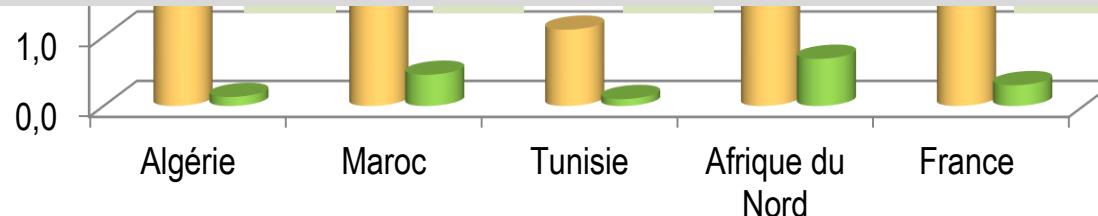
Superficie (million ha) des céréales et des légumineuses à graine 2010-2016; FAO 2018

Area (Million ha)

10,0



- ➡ Discordance entre les potentialités des légumineuses dans une vision de développement d'une agriculture durable et l'étendue de leur usage dans les systèmes agricoles actuels.
- ➡ Malgré leur potentiel en services écologiques et alimentaires et leur rôle crucial dans l'autonomie protéique et azotée en Europe et en Afrique du Nord, les légumineuses à graines et fourragères restent marginalisées dans les systèmes agricoles en Afrique du Nord et en Europe.



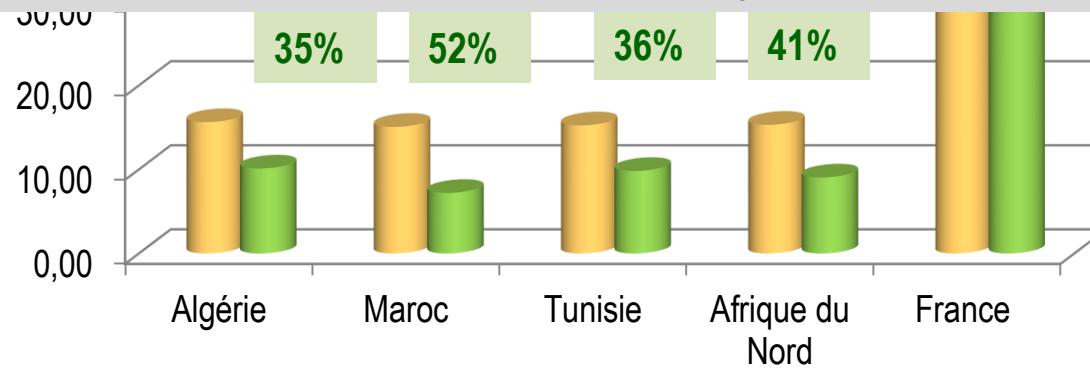
Position des légumineuses

Rendement (dt/ha) des céréales et des légumineuses à graine 2010-2016; FAO 2018

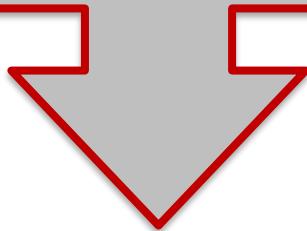
Rendement (dt/ ha)



➡ Progrès génétique réalisé sur les légumineuses bien limité en comparaison avec les céréales dans les deux contextes d'Afrique du Nord et de l'Europe



- ▶ Secteur semencier des légumineuses
- ▶ Evolutions du progrès génétique
- ▶ Transfert du progrès génétique



Stratégies en synergie entre l'Afrique du Nord et l'Europe
Promotion des légumineuses

1. Marché de Semences des Légumineuses :

Etat actuel et Potentialités



1. Marché de Semences des Légumineuses : Etat actuel et Potentialités

Secteur Semencier Afrique du N

Exemple du Maroc

Public

- Banque de gène de Settat, INRA Maroc
- ICARDA

Banque de gènes

Secteur formel

Public

Recherche

INRA Maroc
Universités, IAV

Améliorateurs

Public

Privé étranger

National:

INRA Maroc

Etranger:

- Entreprises étrangères de création variétale

Inscription variétale

Public

ONSSA
(ISTA, OCDE, UE...)

Source:ONSSA

Production de semences et Distribution

National:

- SONACOS (semi-publique)
- Sociétés privées de distribution

Etranger:

- Entreprises étrangères de création variétale

Légumineuses

1%

99%

Informel

Formel

95% -99%

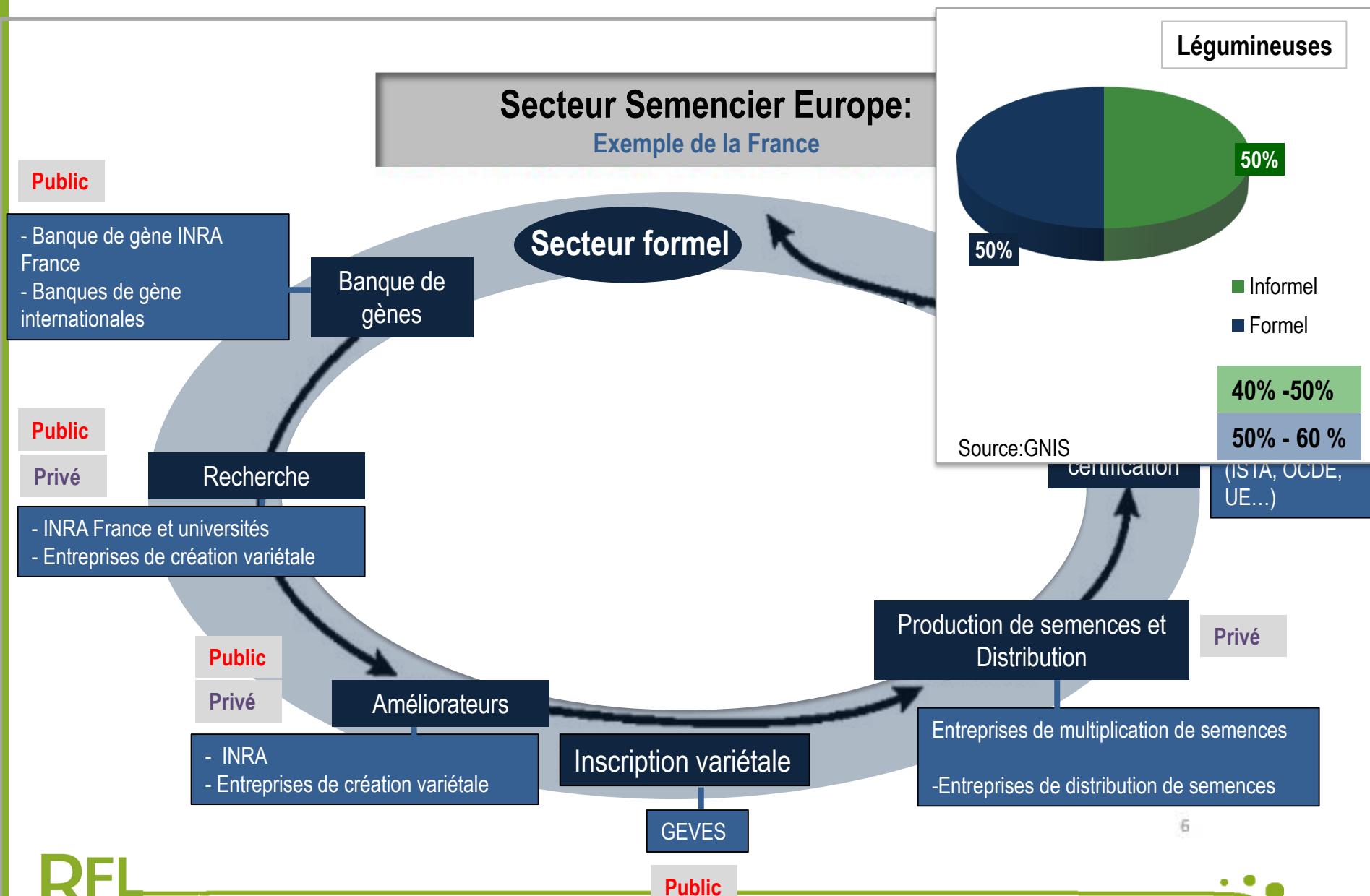
1% - 5 %

...

Public

Privé national / étranger

1. Marché de Semences des Légumineuses : Etat actuel et Potentialités

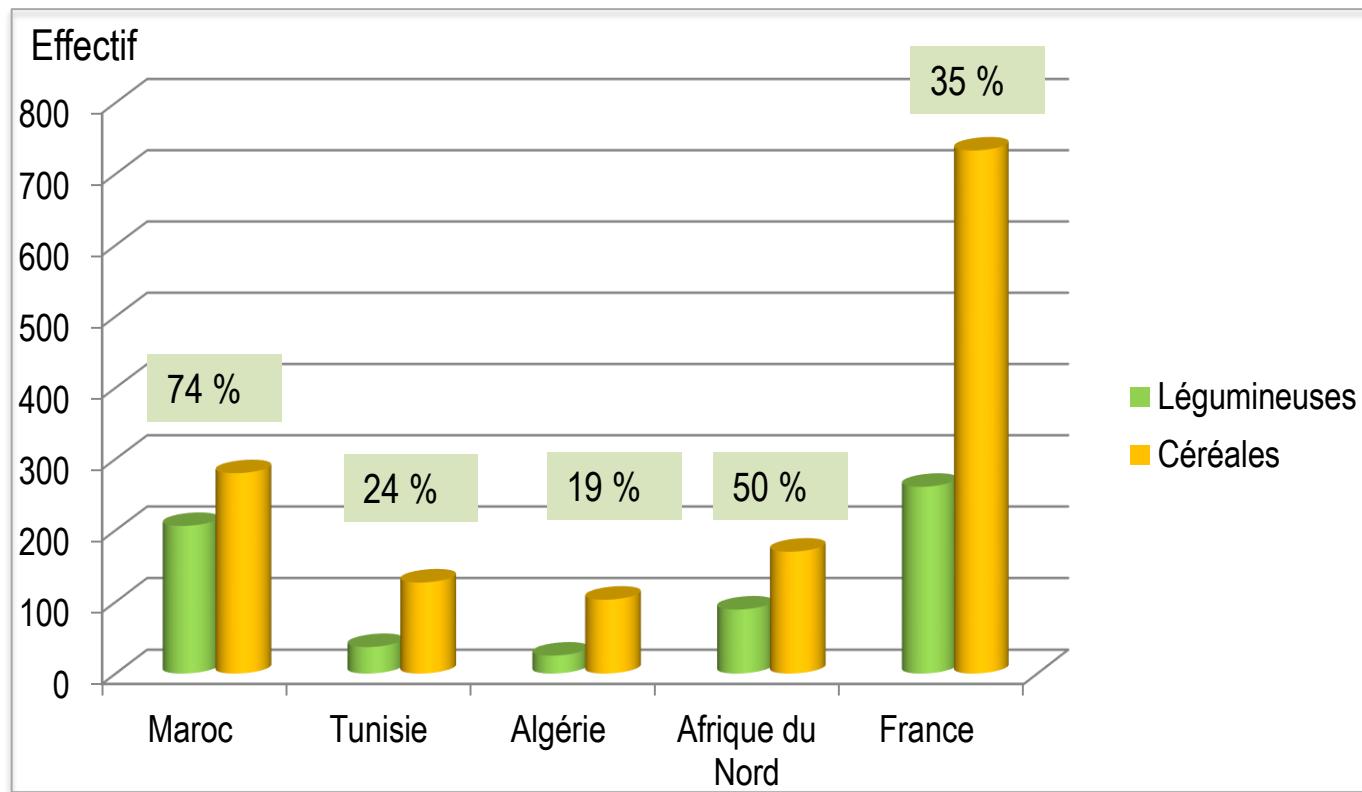


Inscription variétale

Organisme public

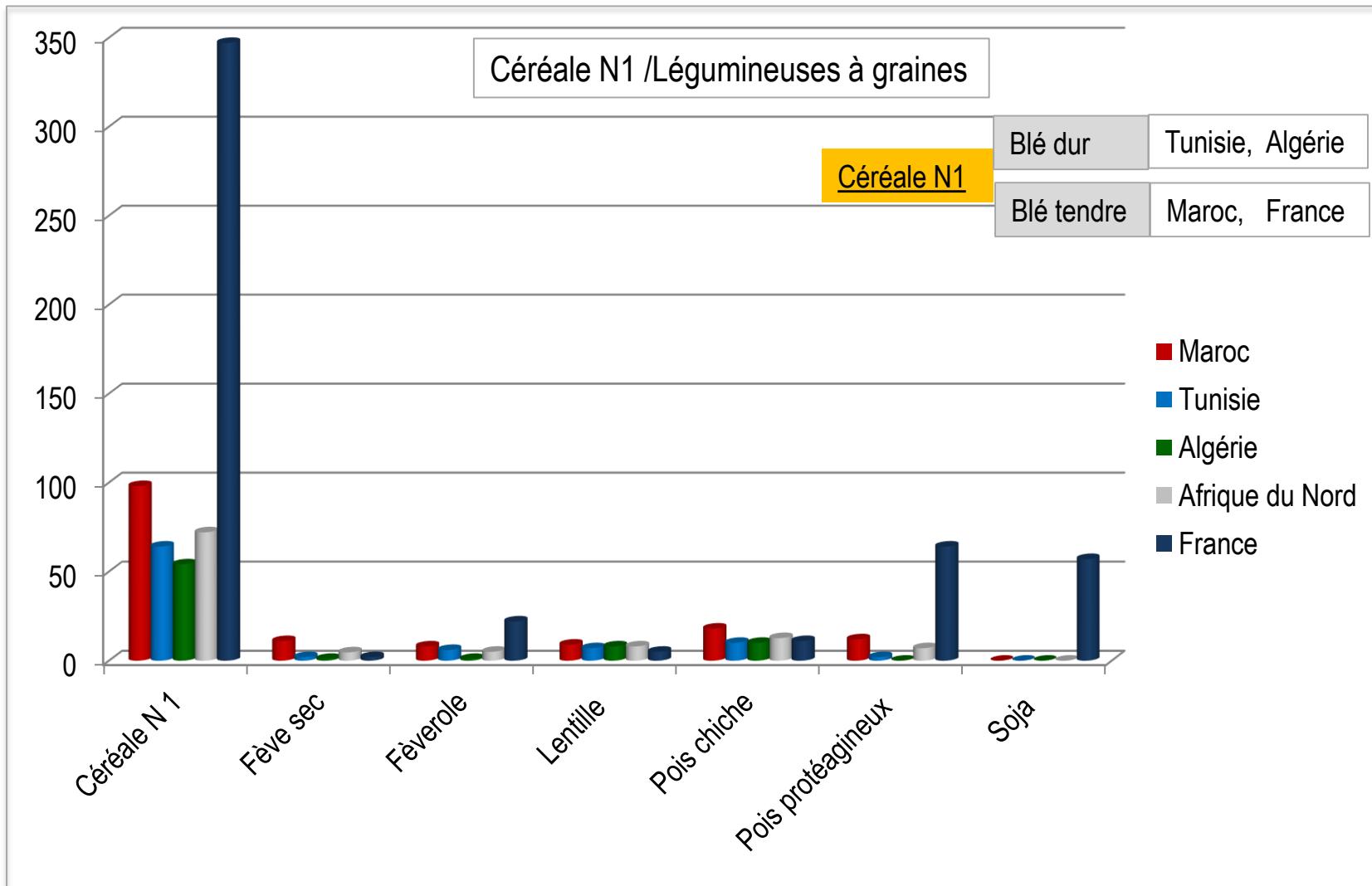
Maroc	ONSSA	Office National de Sécurité Sanitaire des produits Alimentaires
Tunisie	IRESA	Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricoles
Algérie	ITGC	Institut Technique des Grandes Cultures
France	CTPS/ GEVES	Comité Technique Permanent de la Sélection Groupe d'Etude et de contrôle des Variétés Et des Semences

Effectif des variétés inscrites au catalogue officiel en Afrique du Nord et en France (1980-2017)



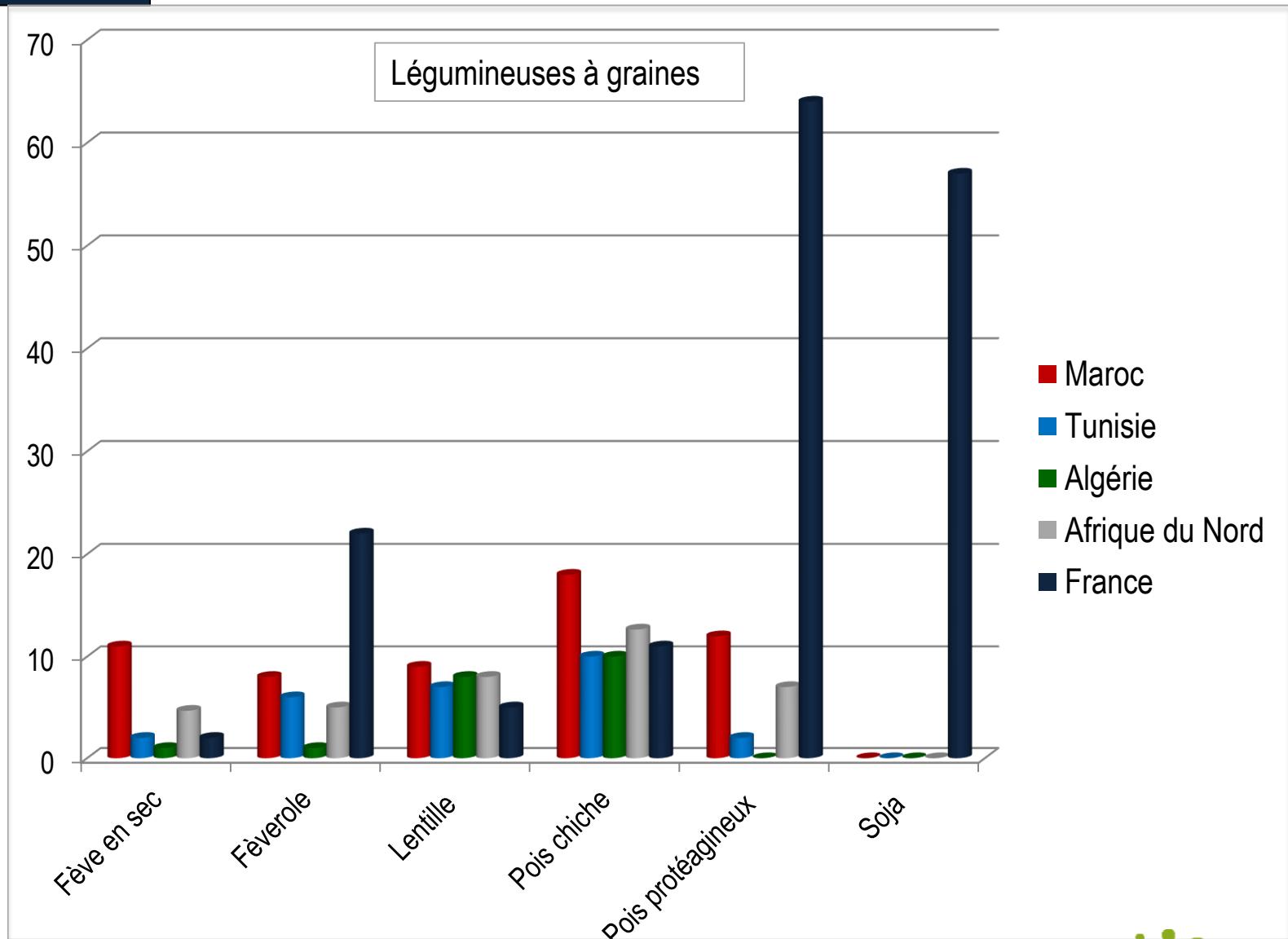
Inscription variétale

Effectif des inscriptions variétales en Afrique du Nord et en France (1980-2017)



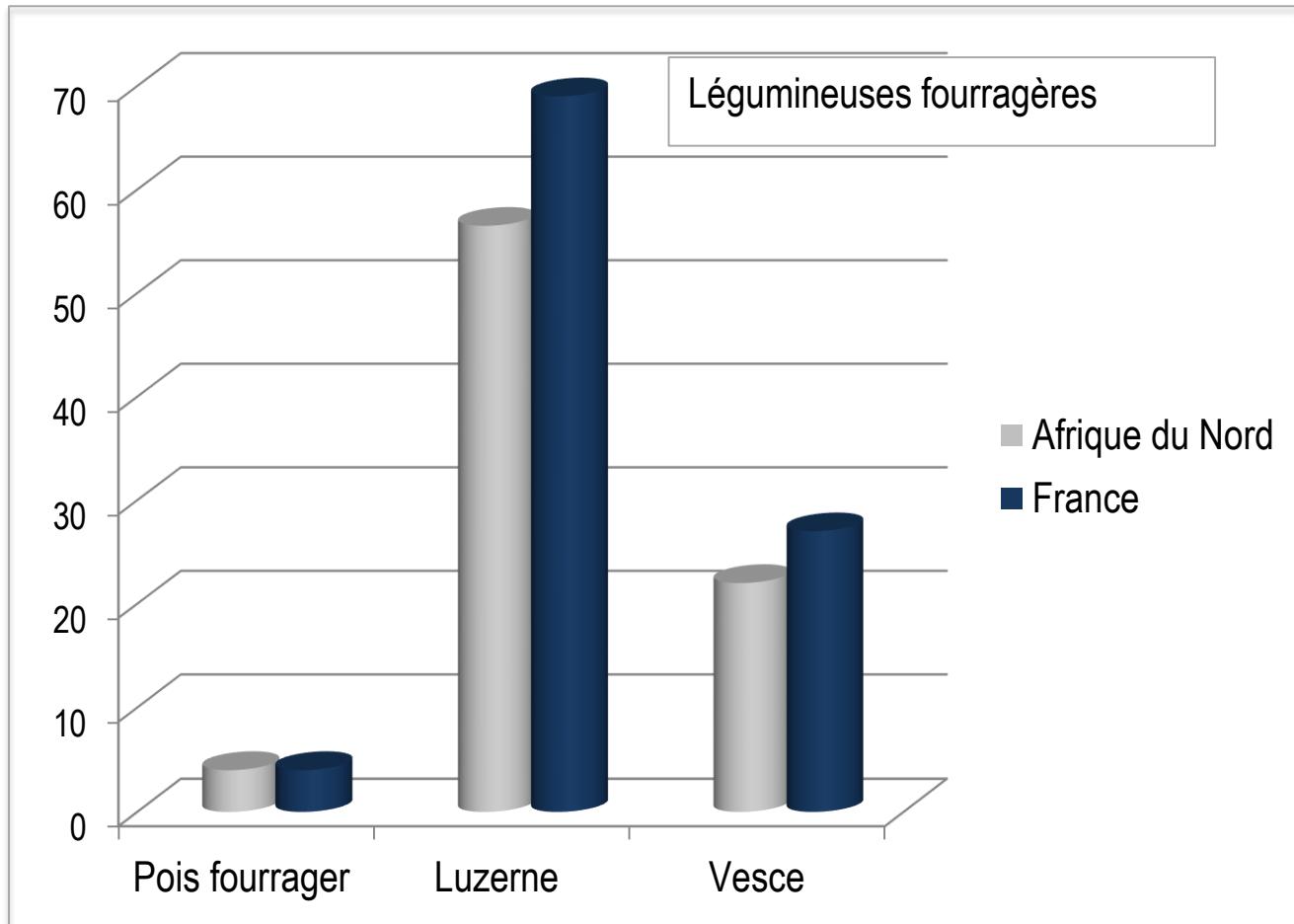
Inscription variétale

Effectif des inscriptions variétales en Afrique du Nord et en France (1980 – 2017)



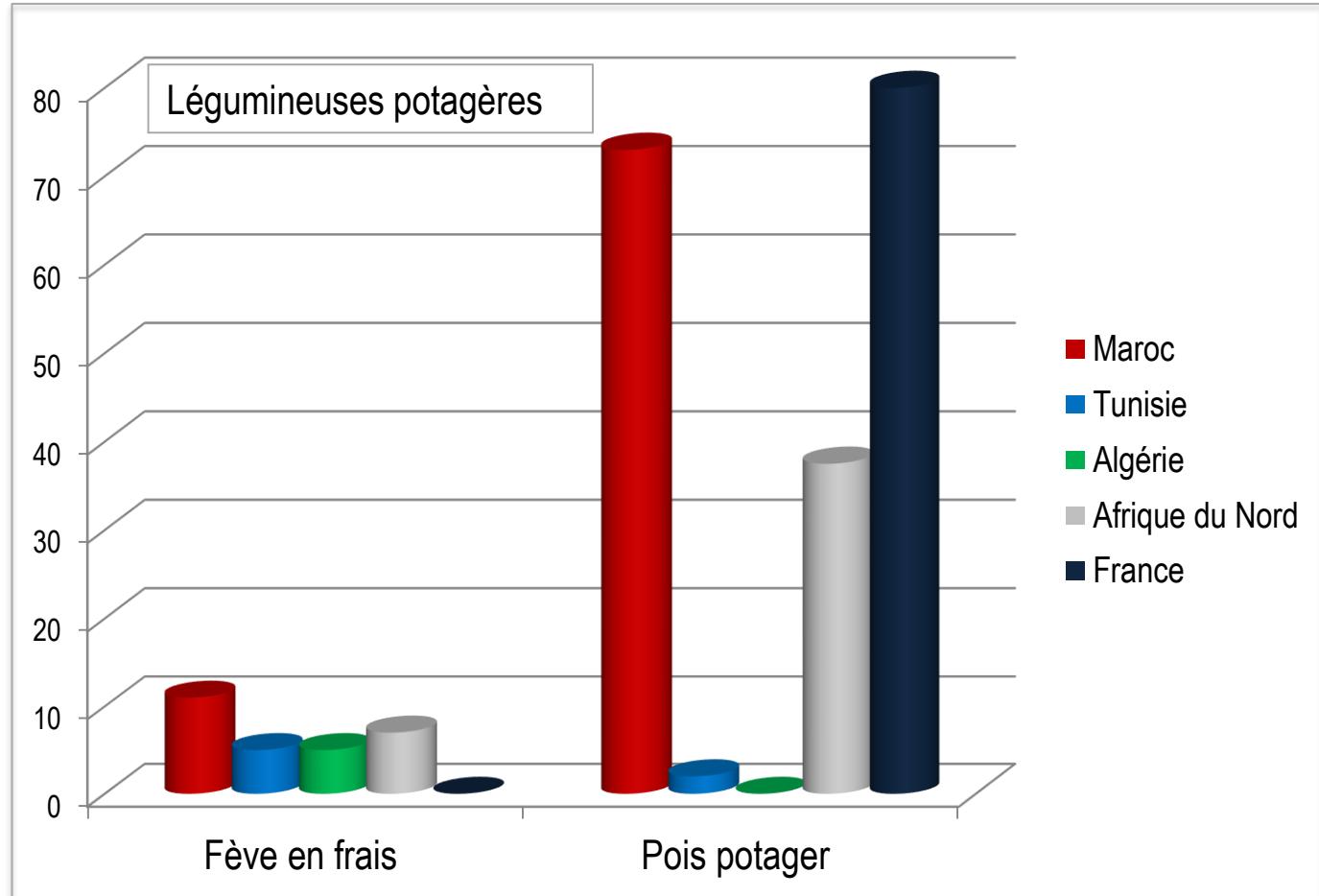
Inscription variétale

Effectif des inscriptions variétales en Afrique du Nord et en France



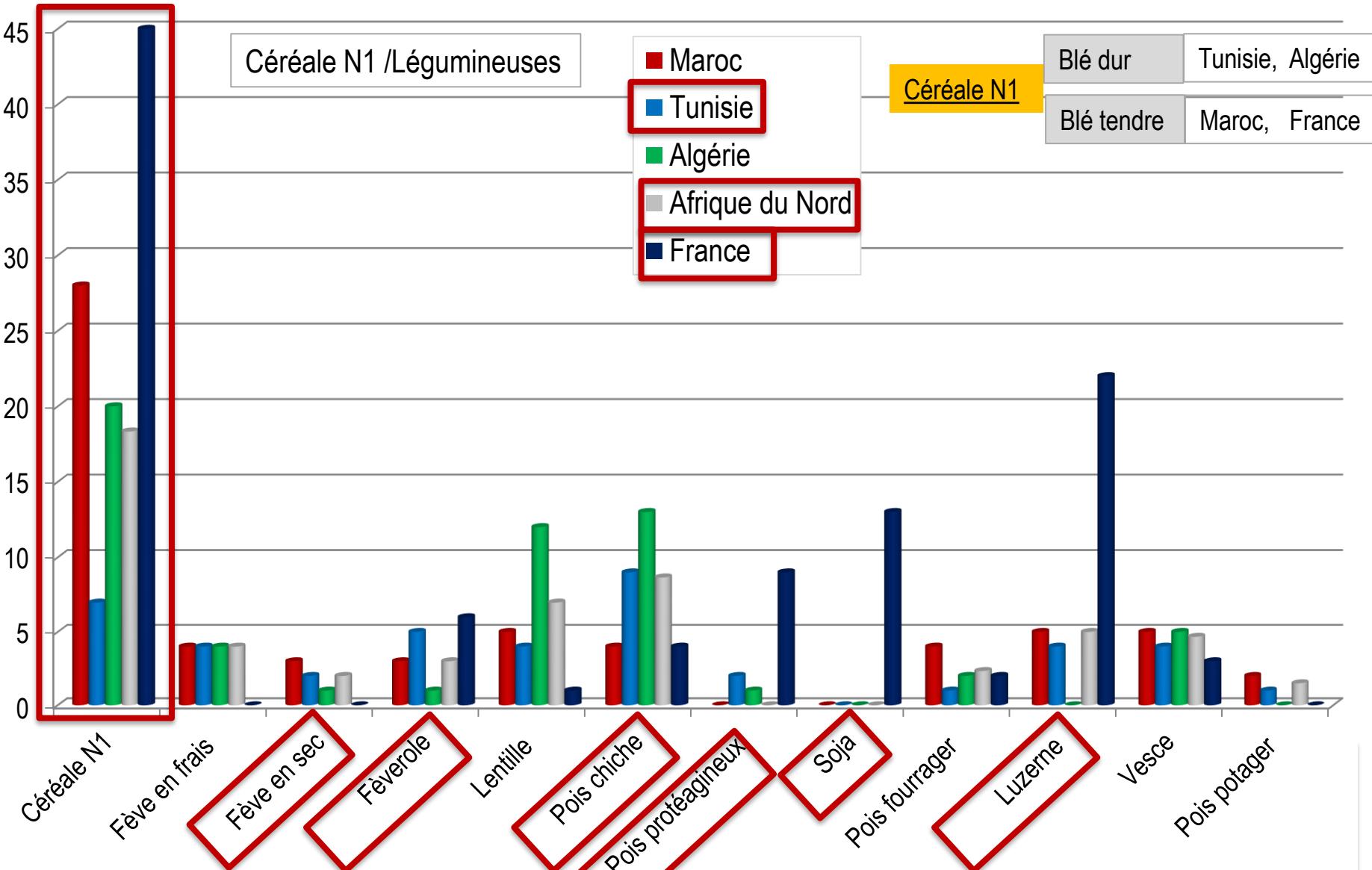
Inscription variétale

Effectif des inscriptions variétales en Afrique du Nord et en France



Portfolio variétal

Effectif des variétés occupant 75% à 100 % du marché en Afrique du Nord et en France 2017



Portfolio variétal

Céréale N1

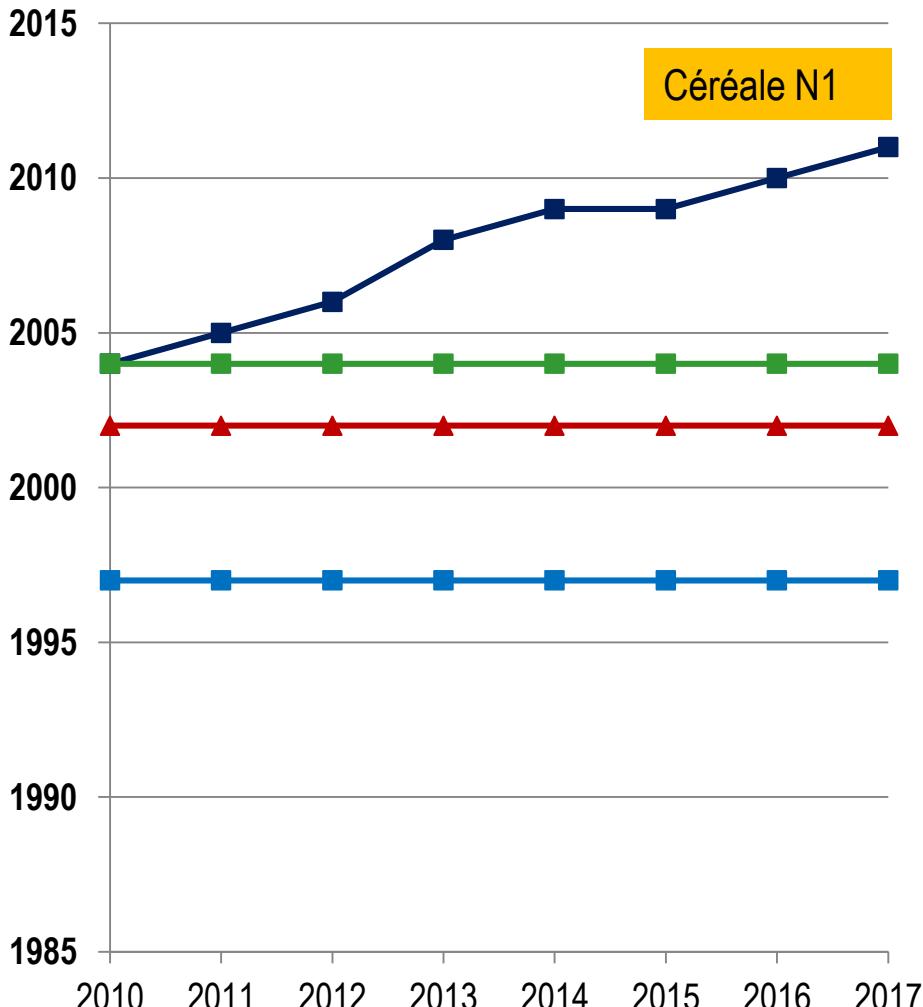
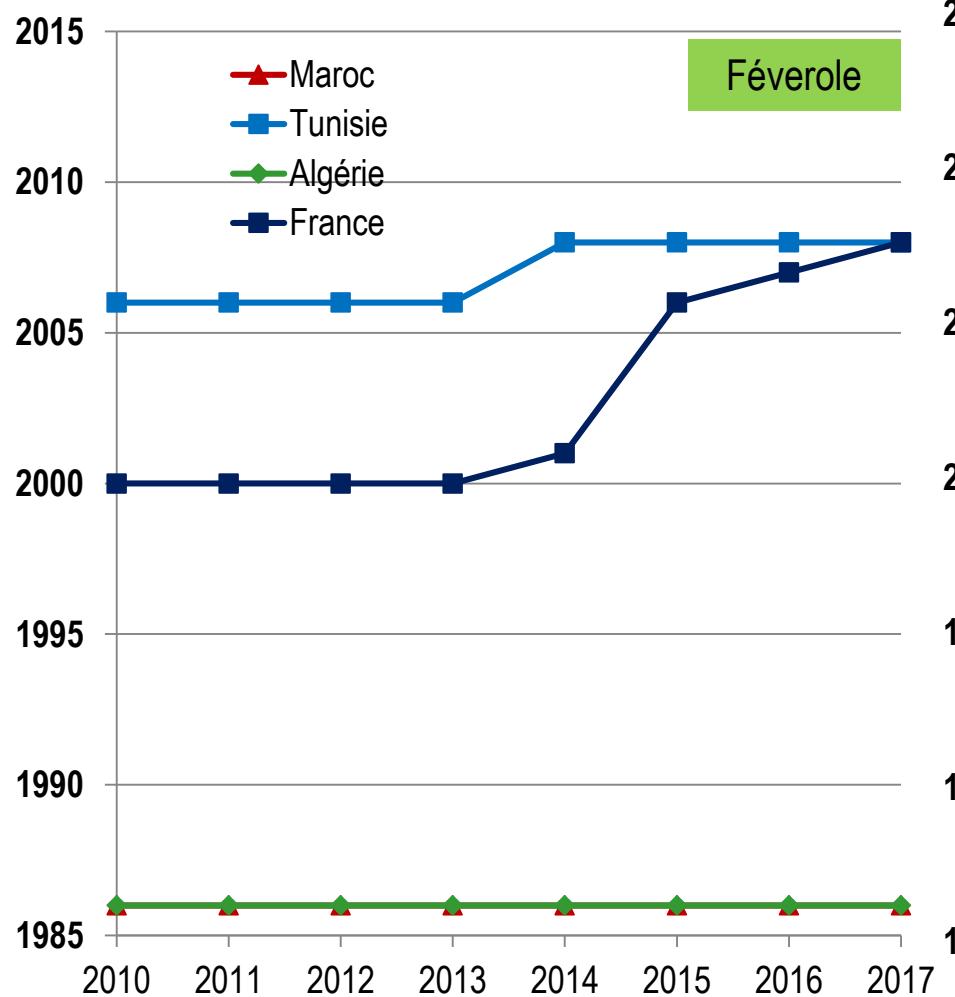
Blé dur

Tunisie, Algérie

Blé tendre

Maroc, France

Evolution de la moyenne d'âge des variétés utilisées (2010 – 2017)



Portfolio variétal

Types	Variété inscrite	Variété paysanne	Variété locale
Multiplication			
Age			
Matériel de base			
Evolution			
Facteur d'évolution			
Caractéristiques			
Contexte d'évolution			
Contexte de culture			
Nombre			

Semences fermières

Afrique du Nord

Europe (Ex: France)

Type de variété

Variété inscrite
Variété locale

Variété inscrite
Variété paysanne

Initiatives de réglementation

Absence

Présence

RSP « Réseau semence paysanne »;
2003

Ex: Céréales :
Variété paysanne
«Projet Renaissance des Céréales
Mineures (RCM) »

Variété inscrite
Possibilité d'utilisation des semences
de ferme avec paiement des royalties
aux obtenteurs.

● Prépondérance du secteur informel/ secteur formel

Secteur formel

- Absence d'organisation de la filière légumineuses (Maroc, Algérie)
- Absence de l'implication du secteur privé dans la création variétale en Afrique du Nord (absence de politiques incitatives)
- Portfolio variétal très limité chez les légumineuses et majoritairement très vieux et largement dépassé
- Un gap de rendement entre le réel et le potentiel très creusé

Secteur informel

- Absence de réglementation protégeant les obtenteurs
- Absence de réglementation pour l'utilisation des variétés locales (protection des agriculteurs)



2. Diversité Génétique des Légumineuses :

Atout en *in situ* et en *ex situ* (LG)



2. Diversité Génétique des Légumineuses

Diversité interspécifique

Espèce	Algérie	Tunisie	Maroc	France	Graines	Fourragères	Culture intermédiaire
Arachide					*		
Fenugrec					*		*
Fève-féverole					*		*
Lentille					*		*
Lupin					*		*
Lupin à feuilles étroites					*		*

➔ Existence d'une grande diversité interspécifique pour les espèces des légumineuses à graines, fourragères et cultures intercalaire

Sainfoin d'Espagne					*		
Trèfle blanc					*		*
Trèfle d'Alexandrie					*		*
Trèfle de perse					*		*
Trèfle hybride					*		*
Trèfle incarnat					*		*
Trèfle violet					*		*
Vesce commune					*		
Vesce de Pannonie					*		*
Vesce velue					*		

2. Diversité Génétique des Légumineuses

Diversité interspécifique

Espèce	Algérie	Tunisie	Maroc	France	Graines	Fourragères	Culture intermédiaire
Fève-féverole	Red	Red	Red	Red	Orange		Light Purple
Lentille	Red	Red	Red	Red	Orange		Light Purple
Pois chiche	Red	Red	Red	Red	Orange		Light Purple
Pois protéagineux	Red	Red	Red	Red	Orange		Light Purple
Haricot	Red	Red	Red	Grey	White	Green	
Soja				Red	Orange		
Arachide				Grey	Orange		

→ **6 espèces en Afrique du Nord**
8 espèces en France

80% -90% des superficies emblavées par légumineuses

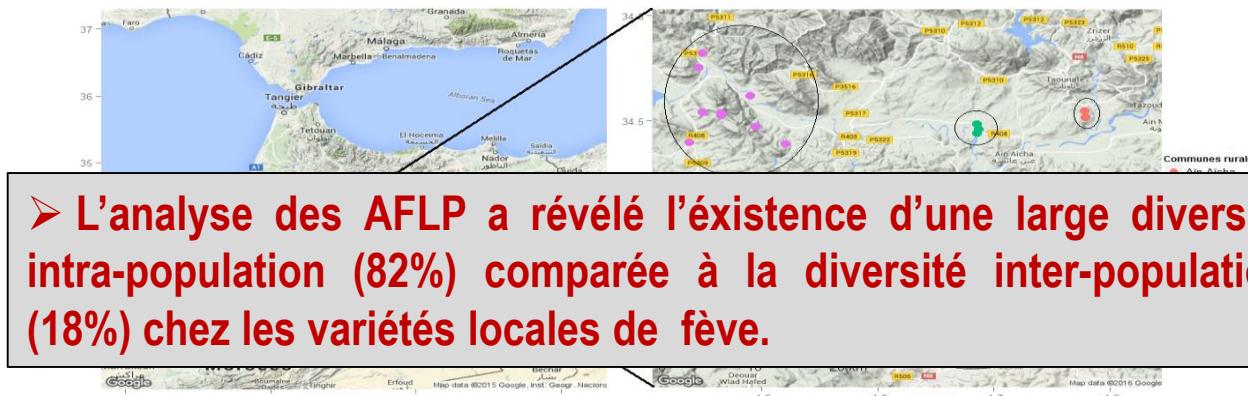
Nom scientifique						Fourragères	Culture intermédiaire
Trèfle d'Alexandrie						Green	Light Purple
Trèfle de perse						Green	Light Purple
Trèfle hybride						Green	Light Purple
Trèfle incarnat				Grey		Green	Light Purple
Trèfle violet				Red		Green	Light Purple
Vesce commune						Green	Light Purple
Vesce de Pannonie						Green	Light Purple
Vesce velue						Green	

2. Diversité Génétique des Légumineuses

Diversité intraspécifique

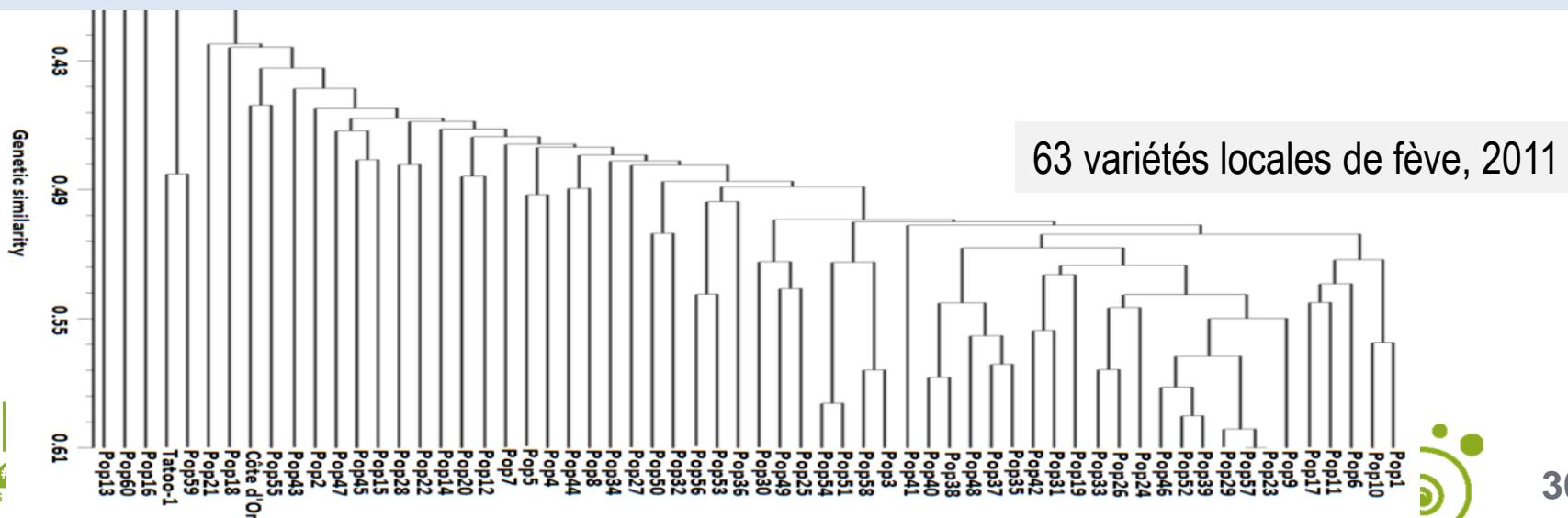
Cas de la fièvre

PMARS II (International): Analysis of genetic diversity of faba bean landraces in Northern Morocco and evaluation of their tolerance for drought stress. 2012-2015.



➤ L'analyse des AFLP a révélé l'existence d'une large diversité intra-population (82%) comparée à la diversité inter-population (18%) chez les variétés locales de fève.

Aqtibouz N., L. Ghaouti, L. belqadi and W. Link. Genetic diversity of Moroccan faba bean (*Vicia faba* L.) landraces using Amplified Fragment Length Polymorphism markers. In process of publication



2. Diversité Génétique des Légumineuses

Diversité intra-spécifique

Ressources génétique *in situ*

→ Le bassin méditerranéen constitue un centre de diversité des légumineuses

→ Le Nord du Maroc (Taounate – Fes) est un centre de diversité de plusieurs espèces de légumineuses:

Fève
Féverole
Lentille
Luzerne



2. Diversité Génétique des Légumineuses

Diversité intra-spécifique

Ressources génétique *in situ*

SESSION 3. GENETIC DIVERSITY CONSEQUENCES OF SEED SYSTEMS 83

Seed exchange and supply systems and on-farm maintenance of crop genetic diversity: a case study of faba bean in Morocco

Mohammed Sadiki¹, Mustapha Arbaoui¹, Lamia Ghaouti¹ and Devra Jarvis²

¹Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV), Rabat, Morocco

²International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy

➡ Les variétés locales

-Ancestralement cultivées dans les centres de diversité

-Caractéristiques d'adaptation grâce à un continuum de sélection naturelle et la gestion des agriculteurs (flux de semences, pratiques culturales et sélection...)

- Dynamiques à l'échelle temporelle

➡ Les champs des agriculteurs sont des laboratoires naturels de la création et de l'évolution de la diversité des variétés locales.



2. Diversité Génétique des Légumineuses

Diversité intra-spécifique

Ressources génétiques *ex situ*

Afrique du Nord

Banque de gènes du CRRA de Settat



المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

Ex. Maroc

International Center for Agricultural Research in Dry Areas



Science for Better Livelihoods in Dry Areas

Nom de la banque	Banque de gènes du CRRA de Settat		
Date de création	2003		
Effectifs			
Nombre total d'acessions	66000 accessions		
Nombre total d'acession de céréales	54789 accessions		
Nombre total d'acession de légumineuses	6949 accessions	10 %/ total	
Nombre d'acession par espèce de légumineuse	Medicago : 3399 accessions	50 % /légumineuses	
	Vicia : 1001 accessions	14 % /légumineuses	
	Lens : 695 accessions		
	Cicer : 644 accessions		
	Trifolium : 516 accessions		
	Scorpiurus : 251 accessions		
	Lathyrus : 141 accessions		
	Astragalus : 141 accessions		
	Trigonella : 95 accessions		
	Lotus : 66 accessions		

2. Diversité Génétique des Légumineuses

Diversité intra-spécifique

Ressources génétiques *ex situ*

Afrique du Nord

Ex. Maroc

Banque de gènes du CRRA de Settat



المعهد الوطني لابحاث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

Provenances	
Ventilation des provenances principales des accessions de légumineuses	INRA, ICARDA, CIMMYT, USDA, South Australian Research and Development Institute (SARDI), Australian Temperate Field Crops Collection (ATFCC)
Demandes et destination	
Pourcentage de satisfaction des demandes en total	100 % selon la disponibilité des semences pour chaque accession
Nombre de demande des accessions : total, céréales, légumineuses, espèce de légumineuses	Total : 6486 accessions Céréales : 6046 accessions Légumineuses 7% /Céréales <ul style="list-style-type: none">- Lentilles : 107 accessions- Pois chiches : 232 accessions- Fèves : 101 accessions
Origine des demandes pour les légumineuses et objectifs	100% des demandes ont été faites au niveau national : INRA pour des fins de recherche

2. Diversité Génétique des Légumineuses

Diversité intra-spécifique

Ressources génétiques *ex situ*

Afrique du Nord

Ex. Maroc



Exemple de transfert:

Banque de gènes du CRRA de Settat

Sélectionneurs INRA, Rabat Maroc



Accessions de la Lentille:

- Etude de la diversité génétique
- Evaluation de la tolérance à la sécheresse



Création de variétés plus tolérantes à la sécheresse

- Idrissi, O., Udupa, M. S., De Keyser, E., Van Damme, P., & De Riek, J. (2016). Functional genetic diversity analysis and identification of associated simple sequence repeats and amplified fragment length polymorphism markers to **drought tolerance** in **lentil** (*Lens culinaris* ssp. *culinaris Medicus*) Landraces. *Plant Molecular Biology Reporter*, 34(3), 659-680.

2. Diversité Génétique des Légumineuses

Diversité intra-spécifique

Ressources génétiques *ex situ*

Afrique du Nord



International Center for Agricultural Research in Dry Areas

Transfert

Une grande partie des variétés sélectionnées dans les centres de recherche nationaux (INRAM, INRAT, ITGC proviennent des programmes de sélection du CYMMIT et de l'ICARDA

Exemple:

Algérie

Lentille	Taghit	Introduite en 2017
Pois chiche	Tikjda	Introduite en 2017

Algérie

75 % variétés de pois
chiche et de lentille
utilisées (20/27)



Origine:
ICARDA

Tunisie

Pois chiche	Nour	2011
Féverole	Bachar	2003
Lentille	Siliana	2003

2. Diversité Génétique des Légumineuses

Diversité intra-spécifique

Ressources génétiques *ex situ*

France

➡ Centre National de Ressources Génétiques de pois, féverole et lupin INRA Dijon (France)

Plus de 10.000 accessions de pois (collections patrimoniales et scientifiques)

1,2% partagées avec des sélectionneurs privés depuis 2005 (69)

➡ Centre de Ressources Génétiques Plantes Fourragères INRA Lusignan

➡ USDA (USA)

➡ ICARDA

➡ John Innes



2. Diversité Génétique des Légumineuses

Diversité intra-spécifique

Ressources génétiques *ex situ*

France

- Il existe une large diversité génétique en *in situ* et en *ex situ* des ressources génétiques des légumineuses.
- L'utilisation directe des ressources génétiques par les sélectionneurs privés est limitée

Criblage des ressources génétiques

Ressources
génétiques
in situ et en *ex situ*



Centres/Instituts de
recherche
(INRA, ICARDA ...)



Entreprises privées
de création variétale

3. Valorisation de la Diversité Génétique des Légumineuses :

Stratégies d'Amélioration Diversifiées



3. Valorisation de la Diversité Génétique des Légumineuses

Systèmes agricoles diversifiées



Potentialités
Limites



Systèmes agricoles favorables
(conditions environnementales favorables)

Systèmes agricoles marginaux
(faible intrants et contraintes environnementales)



Maximiser l'efficience d'utilisation des ressources naturelles



Stratégies
d'amélioration
génétique



$$\text{Performance} = \boxed{\text{Génotype}} + \boxed{\text{Environnements}} + \boxed{\text{GxE}}$$

Adaptation générale: G

Quelques génotypes à adaptation générale pour une large série d'environnements

Adaptation spécifique: G + GE

Un ensemble de génotypes à adaptation spécifique pour des environnements bien définis

3. Valorisation de la Diversité Génétique des Légumineuses

Systèmes agricoles favorables

Exploitation de GxE

- ▶ Diversification du portfolio variétale (quantité et traits d'intérêt) en fonction des différents contextes d'agro-écosystèmes et des débouchés.
- ▶ Proposer des cartes variétales

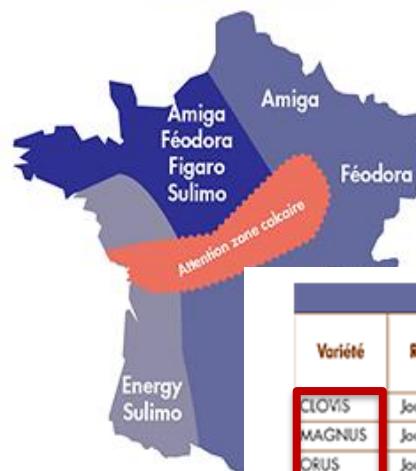
Exemple de deux cartes variétales de lupin blanc (hiver et printemps) en France

Zones de culture conseillées en fonction des variétés

Lupin d'hiver



Lupin de printemps



Portfolio variétal très limité

Lupin blanc doux d'hiver (1)

Variété	Représentant	Année et pays d'inscription	Froid	Début floraison	Précocité à maturité	Hauteur à maturité (cm)	Verse à maturité	PMG (g)	Protéines (% MS)	Matières grasses (% MS)
CLOVIS	Jouffray Drillaud	2008 - FR	6	20/04	P	67	7	305	33,2	8,1
MAGNUS	Jouffray Drillaud	2014 - FR	-	29/04	P	75	7	310	34,0	8,5
ORUS	Jouffray Drillaud	2011 - FR	7	18/04	P	75	6	315	34,5	8,2

Lupin blanc doux de printemps (2)

Variété	Représentant	Année et pays d'inscription	Début floraison	Précocité à maturité	Hauteur à maturité (cm)	Verse à maturité	PMG (g)	Protéines (% MS)	Matières grasses (% MS)
AMIGA	Florimond Desprez	1985 - FR	21/05	P	65	7,4	329	36,4	8,7
ENERGY	Jouffray Drillaud	2001 - FR	26/05	T	81	6,7	324	35,8	9,5
FEODORA	Jouffray Drillaud	2004 - DE	21/05	P	59	7,0	268	36,7	9,2
FIGARO	Jouffray Drillaud	2016 - FR	23/05	P	65	6,8	321	36,8	8,7
SULIMO	Jouffray Drillaud	2016 - FR	23/05	DP	70	5,4	337	35,4	9,9

3. Valorisation de la Diversité Génétique des Légumineuses

Systèmes agricoles défavorables

Exploitation GxE

- ❖ Agriculture traditionnelle (Afrique du Nord; plus de 80 % de des systèmes agricoles)
 - ❖ Agriculture biologique (Europe)
- ➡ Interaction GxE **plus importante** (faible niveau d'intrants)
- ➡ Besoins spécifiques en qualité par rapport à des débouchés spécifiques

« Des chercheurs qui cherchent on en trouve,
des chercheurs qui trouvent avec les autres; on en cherche » Hocdé et al, 2005



Sélection participative



Chercheur: Découvrir la dimension systémique du terrain

Agriculteur: Comprendre l'intérêt de se focaliser sur une réalité de recherche.

- Répondre aux besoins des agriculteurs
- Renforcer le rôle de l'agriculteur dans les filières

3. Valorisation de la Diversité Génétique des Légumineuses

Systèmes agricoles défavorables

Ex: Blé dur

Sélection participative

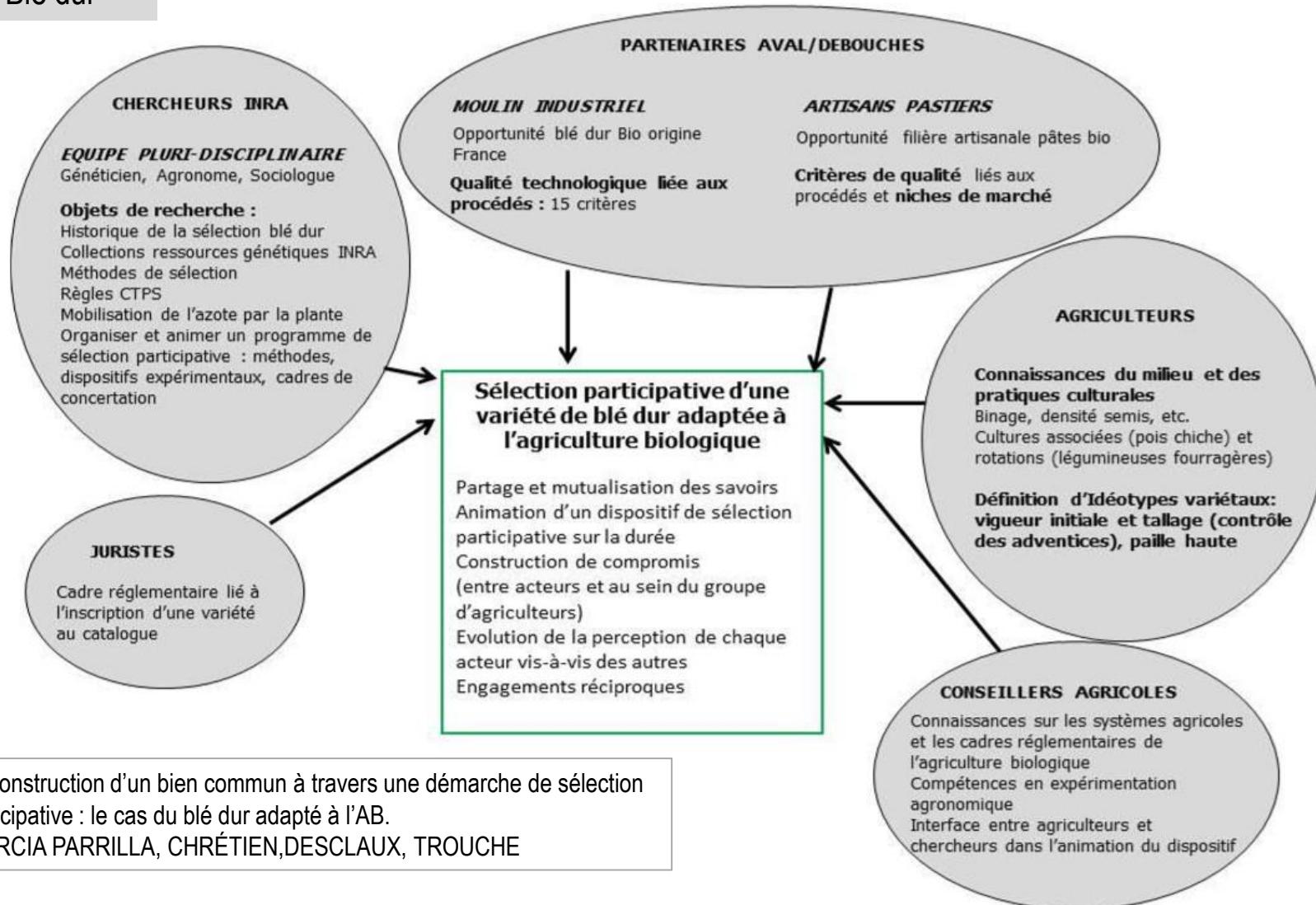


Figure 1 : Cartographie des acteurs du programme de sélection participative blé dur

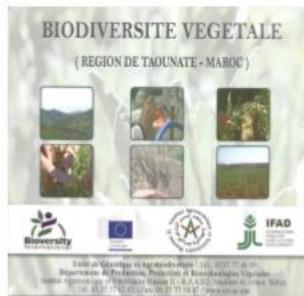
3. Valorisation de la Diversité Génétique des Légumineuses

IAV Hassan II



Production de DVDs sur l'importance de la biodiversité

Version française



Version arabe



Ateliers : Sélection participative chez la fève/féverole; Taounate



Ateliers: Optimisation des pratiques culturales chez la fève/féverole; Taounate



Presentation of major pests of cereals and legumes, and approaches of prevention and control



Visit on farm storage facilities of seeds and discussion on the use of insecticides for pest control



Discussion of broomrape problem on faba bean



The emergence of other points in the discussion with farmers



Demonstration of the application of fungicides

www.iav.ac.ma

4. Objectifs de sélection prioritaires



Recouplement des objectifs de sélection chez les légumineuses à graines et fourragères

Légumineuses à graines



Niveau et stabilité de rendement

Qualité nutritionnelle (protéines, facteurs antinutritionnels, fibres)

Résistance aux maladies et aux ravageurs

Résistance aux stress abiotiques

- Taille c
- Qualité
- Tenue
- Aptitud



Développement racinaire et fixation d'azote

Adaptation aux systèmes de culture

Légumineuses fourragères



u pâturage

L'amélioration de la luzerne en France

1970



↗ pérennité



↗ résistance aux nématodes
des tiges



Variétés marquantes

Mercedes (1994)

↗ résistance à l'anthracnose



Milky Blue (2017)

↗ résistance à la verticilliose

↗ teneur en protéines

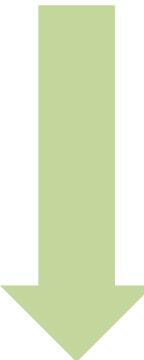


Harpe (1996)

↘ teneur en fibres



2018



L'amélioration du pois protéagineux en France

1980



Transformation des folioles
en vrilles

↗ rendement
[↗ = teneur en protéines]

↘ teneur des graines en
facteurs antitrypsiques

↗ résistance à la verse

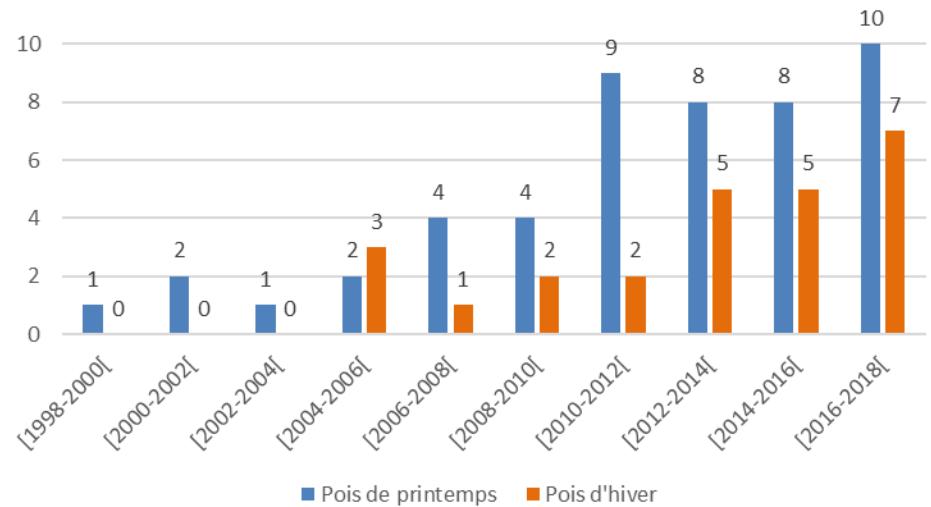
↘ taille des graines

↗ résistance au froid

2018

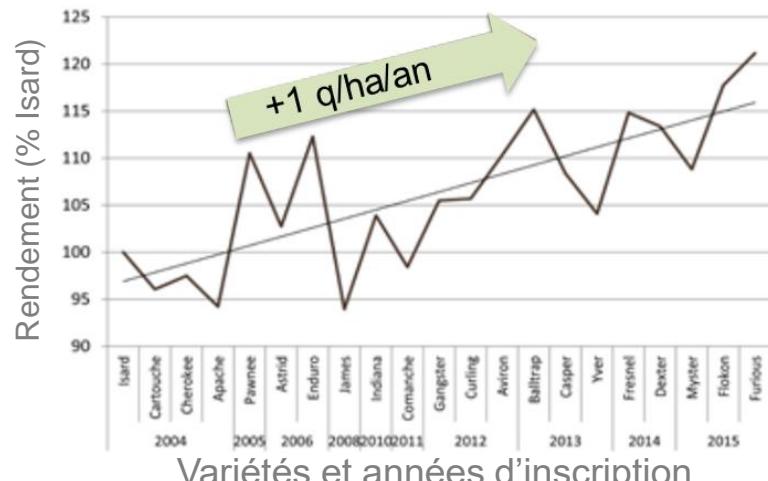


- Variété de pois à feuillage de type afila

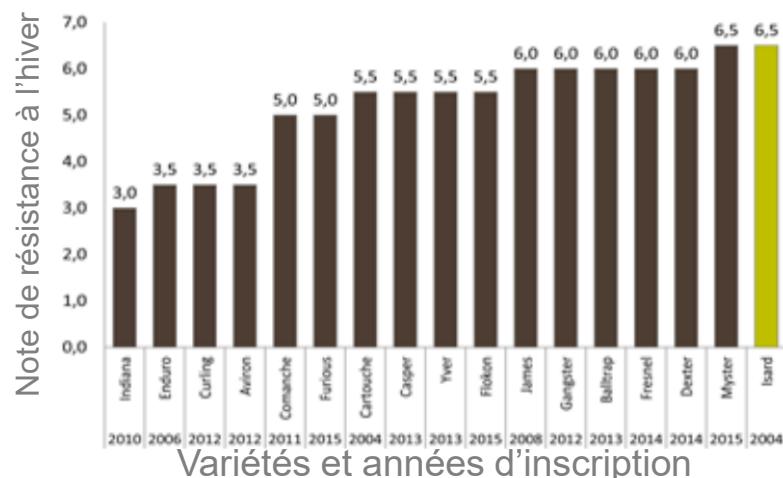


- Nombre d'inscriptions de variétés de pois protéagineux au Catalogue officiel en France

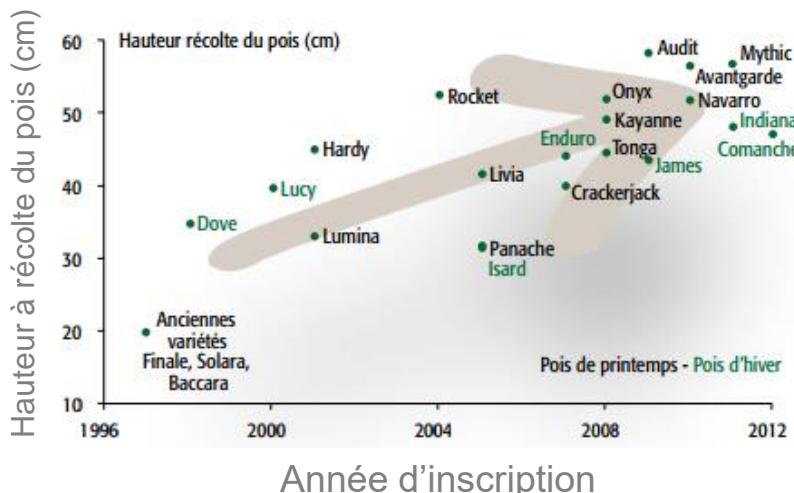
Le progrès génétique en pois protéagineux d'hiver



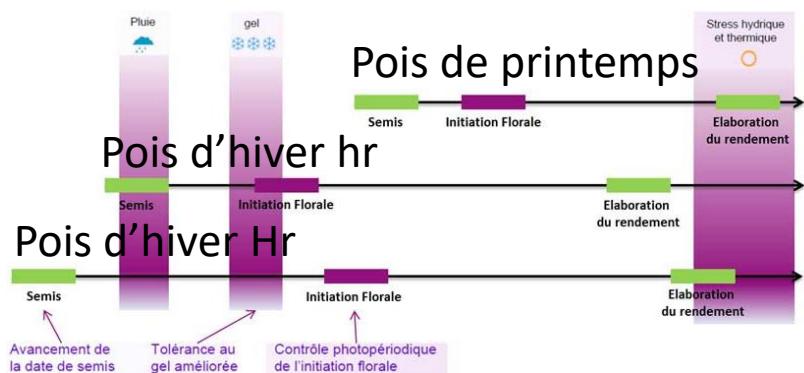
- Evolution du rendement de pois d'hiver (source : GEVES)



- Evolution de la résistance à l'hiver (source : GEVES)



- Evolution de la hauteur de plante à récolte (source : UNIP)



- Définition collective d'un nouvel idéotype de pois d'hiver et 1ères inscriptions variétales

L'amélioration des légumes secs au Maroc

Lentille

- 1 rendement en grains
- 2 résistance à la rouille
- 3 tolérance à la sécheresse
- 4 précocité (cycle de culture court)

2 + 3

Bakria ... **1989**

Bichette ... **2000** ... Hamria

Zaaria ... **2003**

Chaouia ... **2004** ... Abda

Pois chiche

- 1 rendement en grains
- 2 Taille des grains
- 3 tolérance à la sécheresse
- 4 résistance au froid
- 5 précocité

3 + 4 + 5

Rizki ... **1992** ... Douyet

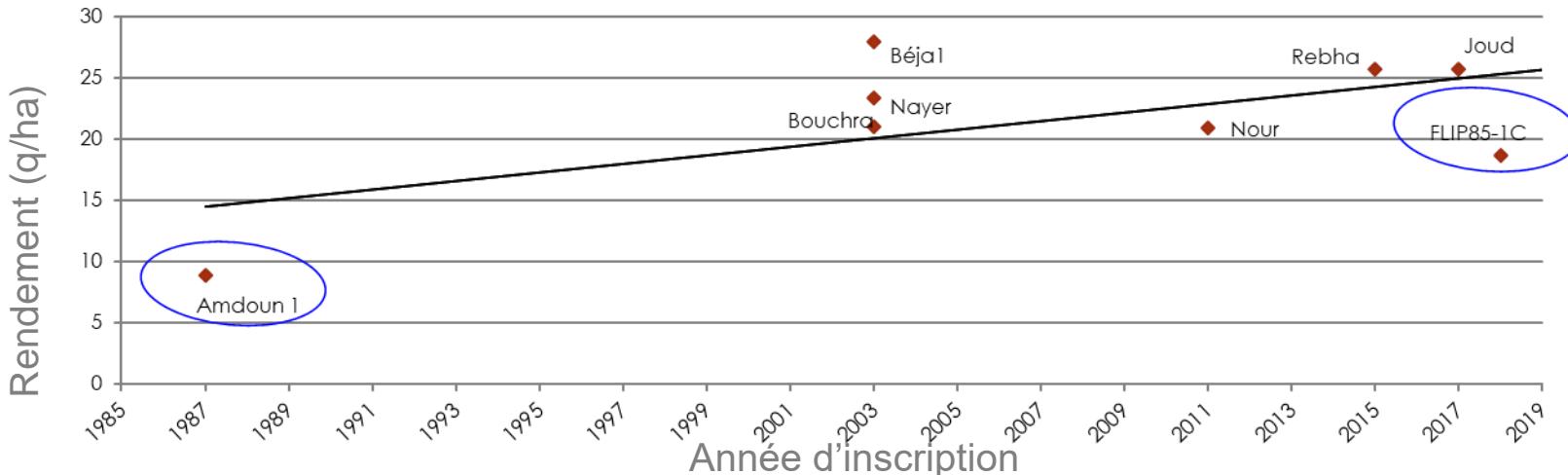
2 + 3 + 5

Arifi ... **2009**

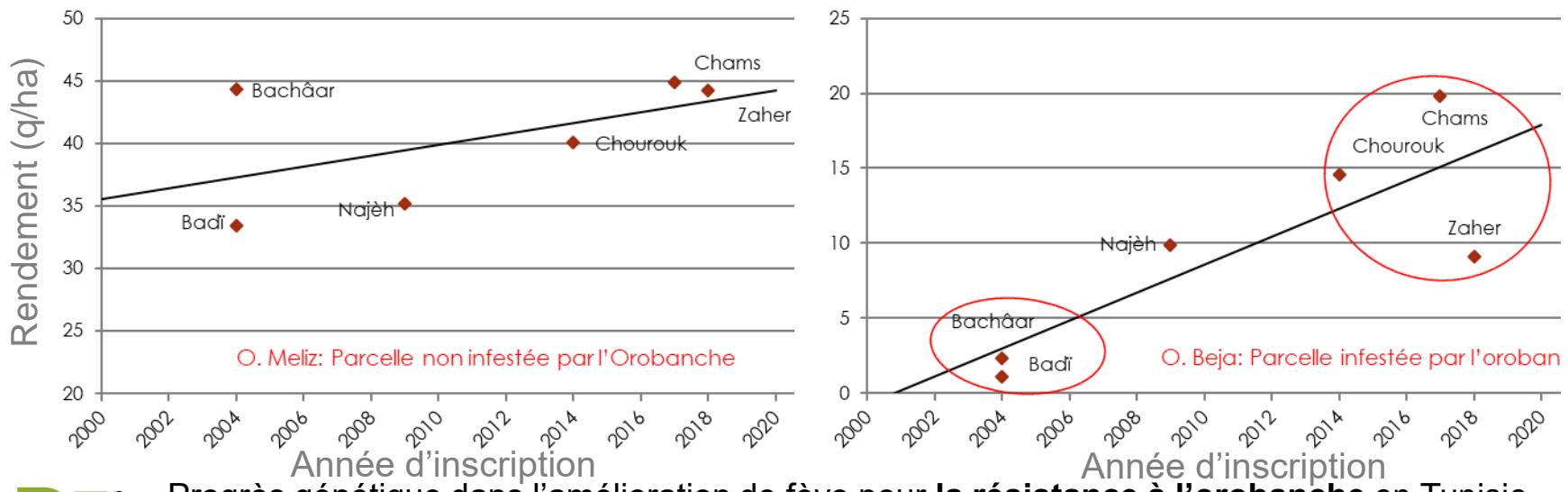
Bouchra ... **2015**



L'amélioration des légumes secs en Tunisie



- Progrès génétique dans l'amélioration du rendement de pois chiche en Tunisie

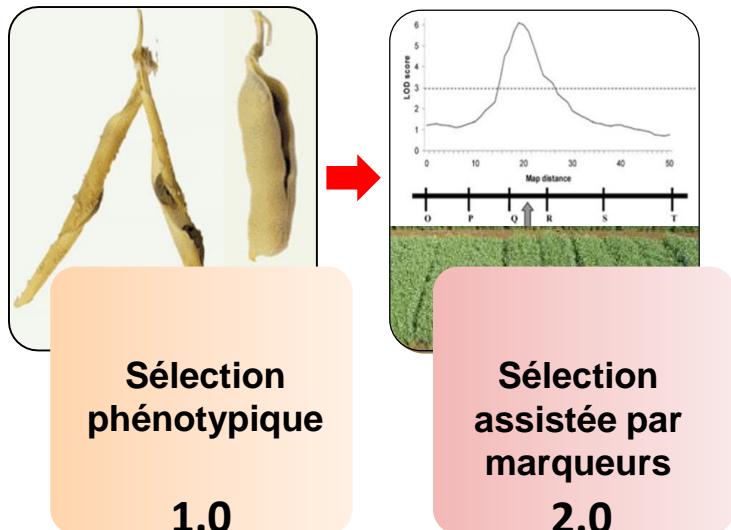


Progrès génétique dans l'amélioration de fève pour la résistance à l'orobanche en Tunisie

5. Evolution des méthodes de sélection



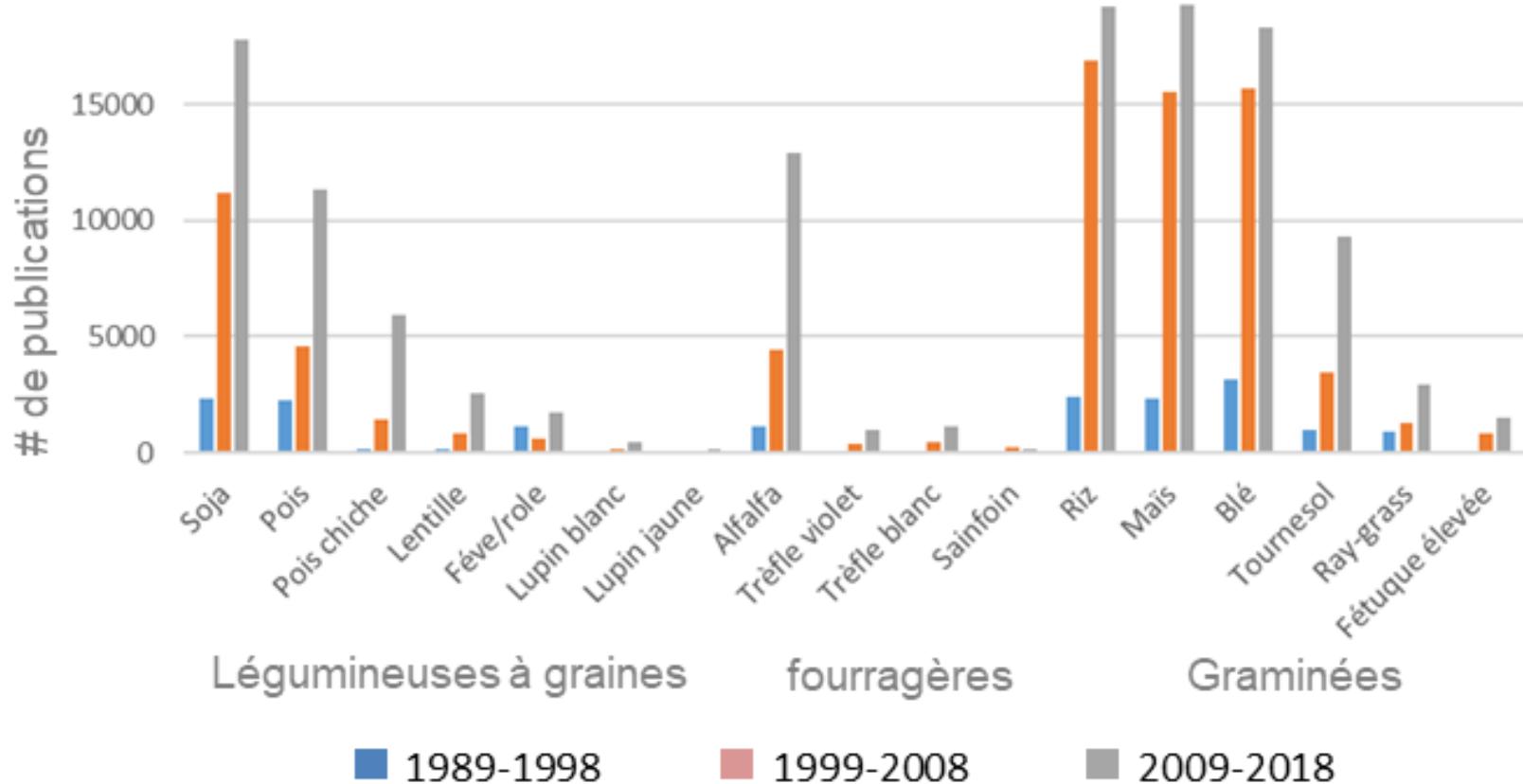
Evolution des méthodes de sélection



Caractère	Locus	Reference(s)
Teneur des grains en facteurs antitrypsiques	Tri	Page et al., 2002; Duc et al., 2004
Résistance à Aphanomyces	AePs1.2; AePs2.2; AePs3.1; AePs4.1; AePs4.2; AePs5.1; AePs7.6	Hamon et al., 2013; Lavaud et al., 2015
Résistance au mildiou	Er	Ghafoor and McPhee, 2012; Reddy et al., 2015
Résistance à la fusariose	Fw	McClendon et al., 2002
Résistance à l'ascocytose	PsDof1; RGA	Jha et al., 2015
Résistance à la rouille	Up1	Barilli et al., 2010
Résistance à la verse	QTL III; QTL VI	Zhang et al., 2006
Résistance au virus de la mosaique	sbm1	Frew et al., 2002
Résistance à l'hiver	WFD3.; WFD5.1; WFD6.1	Lejeune-Hénaut et al., 2008

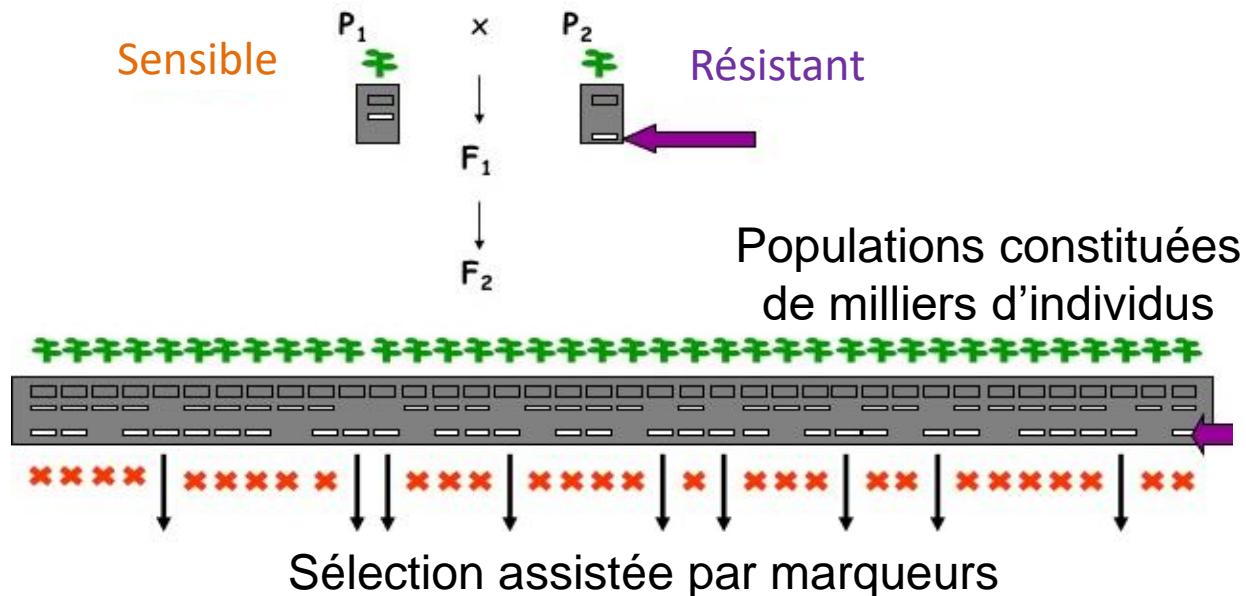
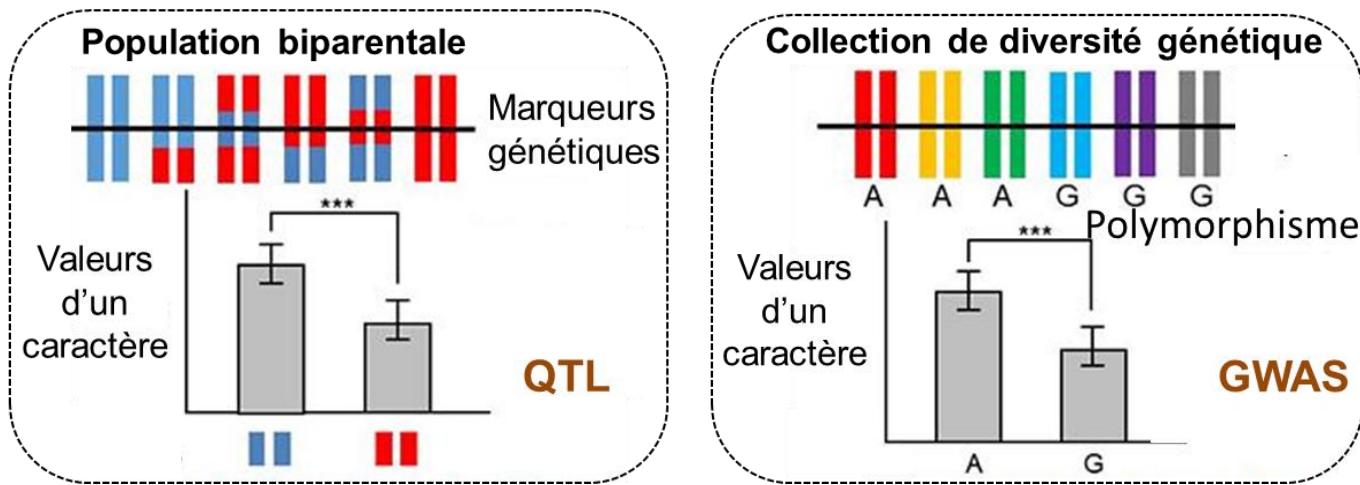
- Exemple de caractères pour lesquels une sélection assistée par marqueurs est possible chez le pois (Tayeh et al., 2015)

Nombre de publications en lien avec la sélection assistée par marqueurs

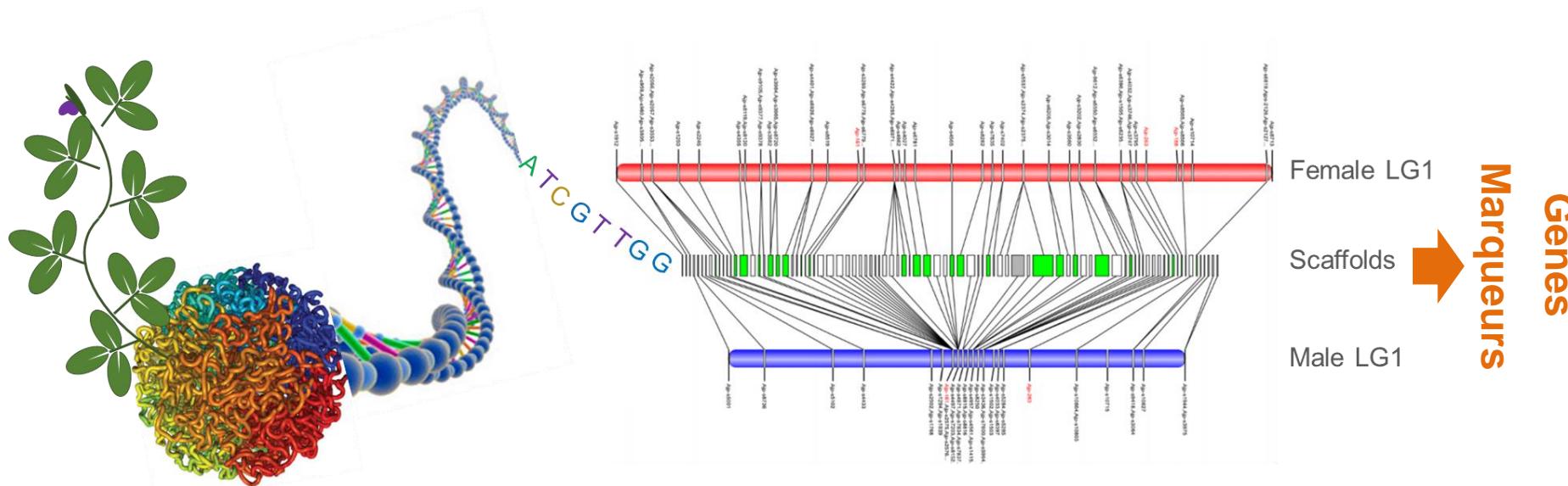


Mots-clés: "nom de l'espèce" AND breeding GWAS OR QTL OR "marker assisted selection"
09/10/2018

La sélection assistée par marqueurs

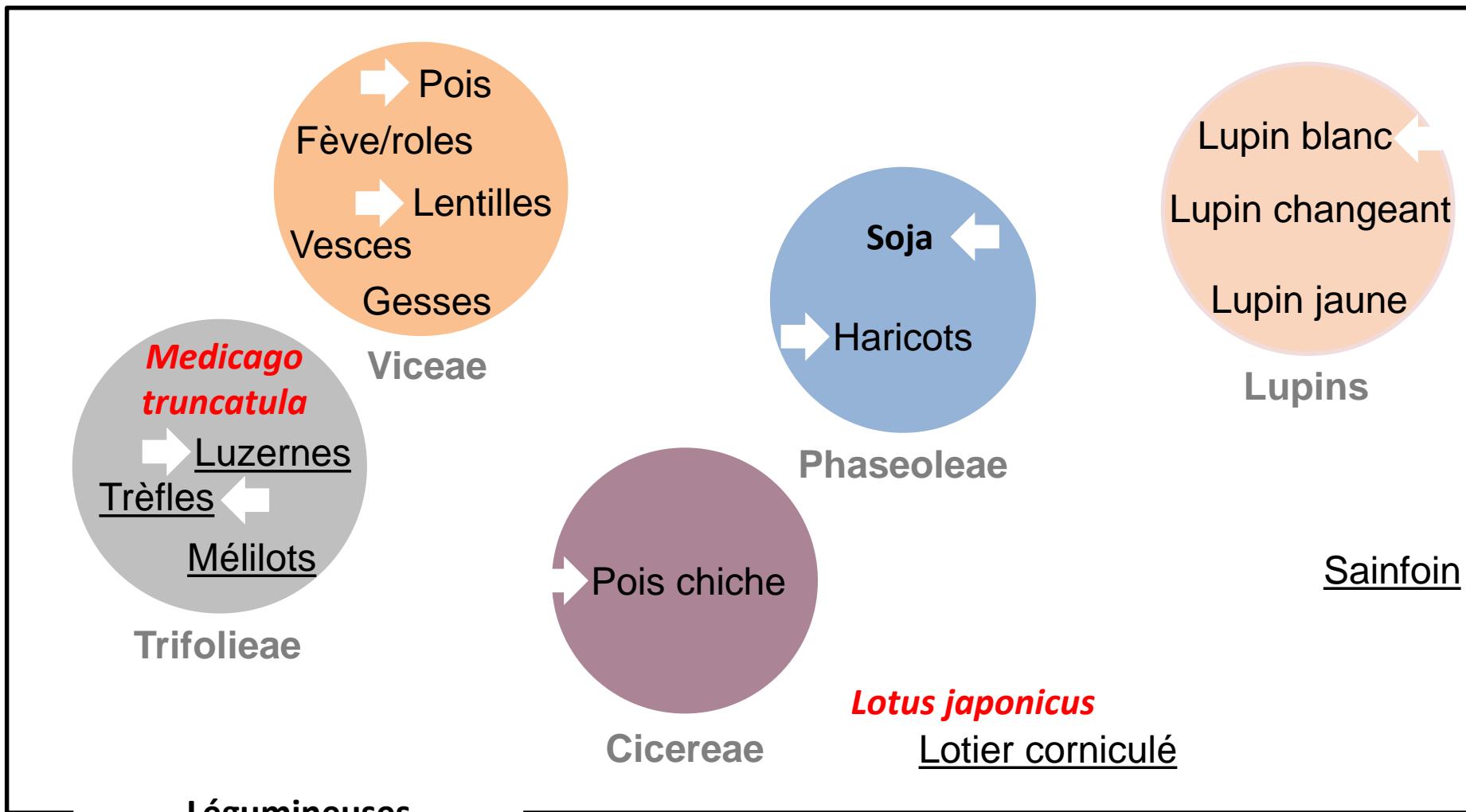


Les séquences des génomes comme outils clés pour la sélection assistée par marqueurs



- De la séquence génomique à l'identification de gènes et de marqueurs d'intérêt pour la sélection

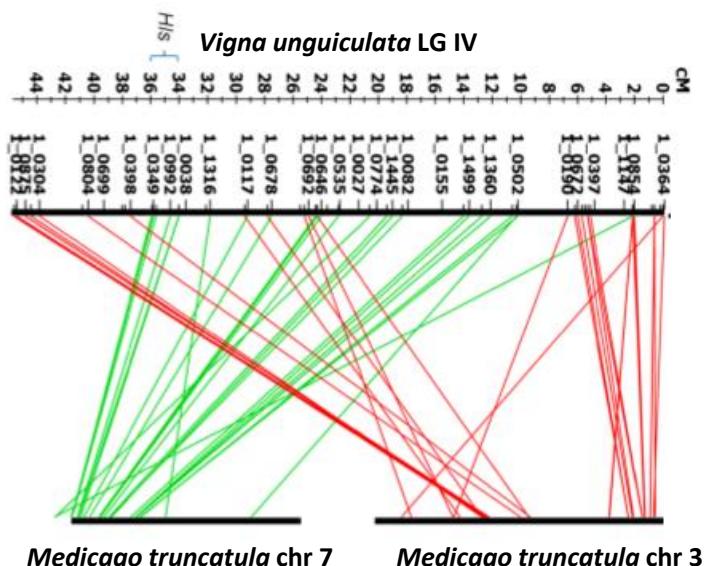
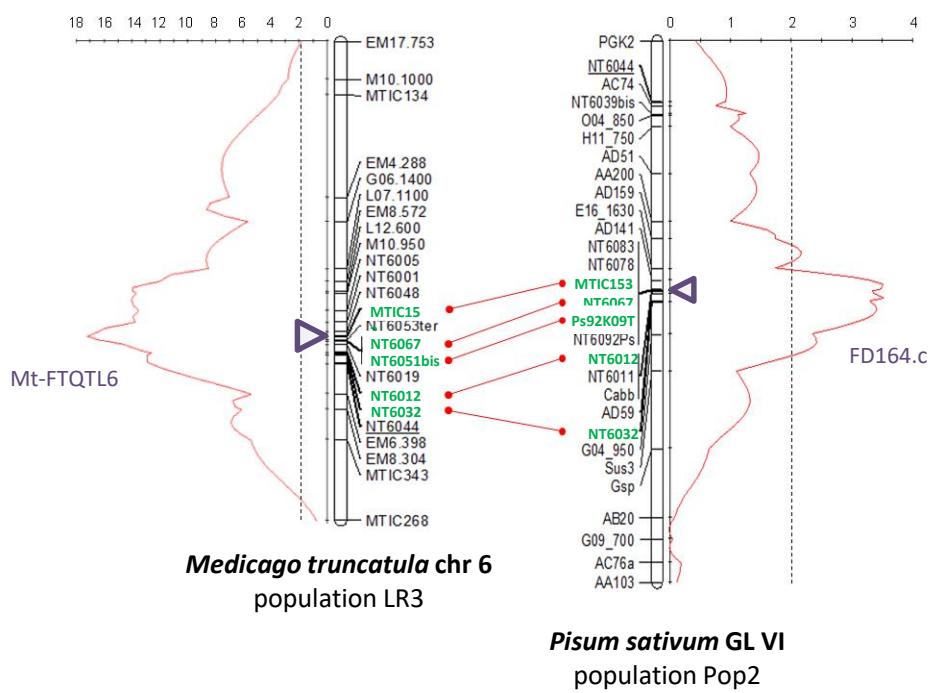
Les avancées génomiques chez les légumineuses



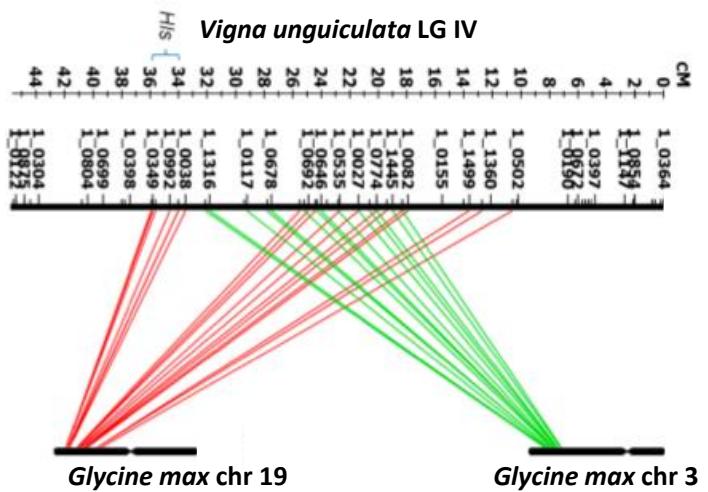
Légumineuses

- En rouge, légumineuses modèles ; Espèces soulignées, légumineuses fourragères
- Espèces cultivées modèles

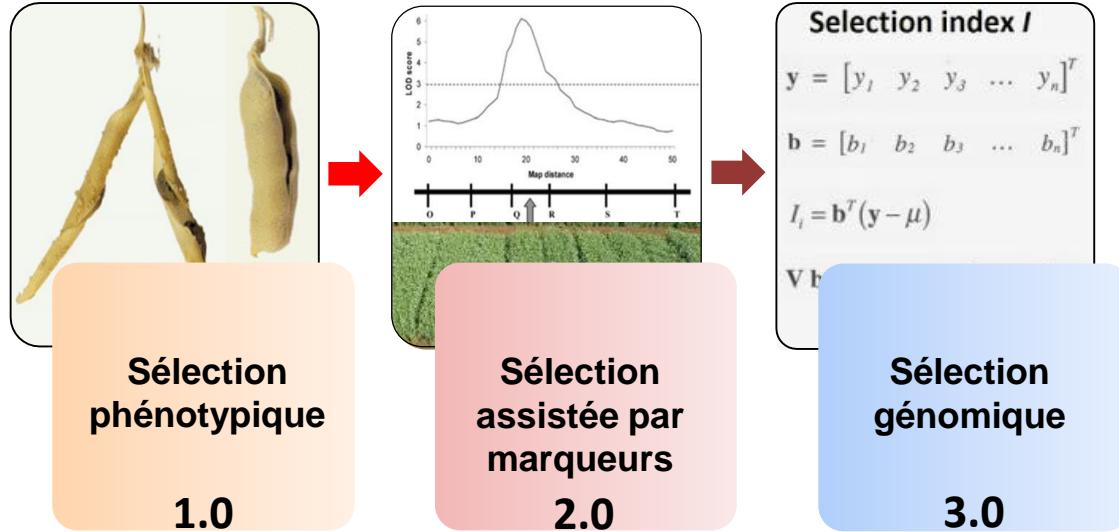
Les promesses de la recherche translationnelle



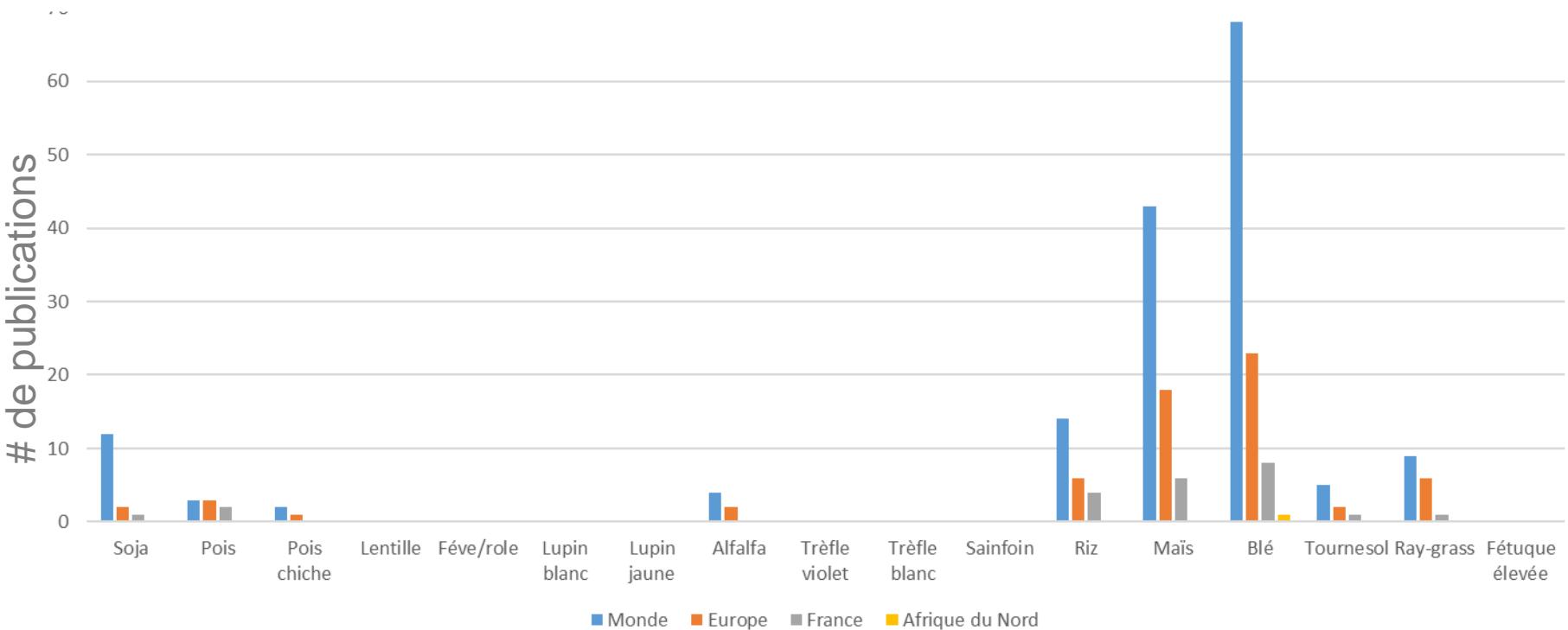
- Synténie des déterminants génétiques de la tolérance au gel chez le pois et chez la luzerne tronquée (Tayeh et al., 2013)
 - Utilisation de la synténie entre le niébé, la luzerne tronquée et le soja pour l'identification d'un gène contrôlant l'architecture foliaire (Pottorff et al., 2012)



Evolution des méthodes de sélection

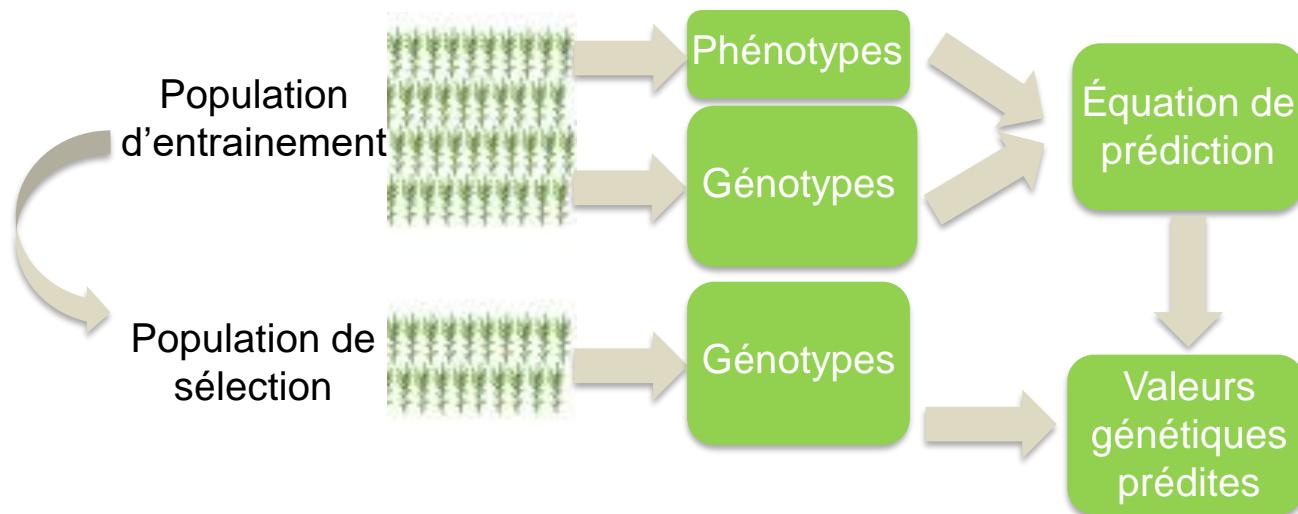


Nombre de publications en lien avec la sélection génomique



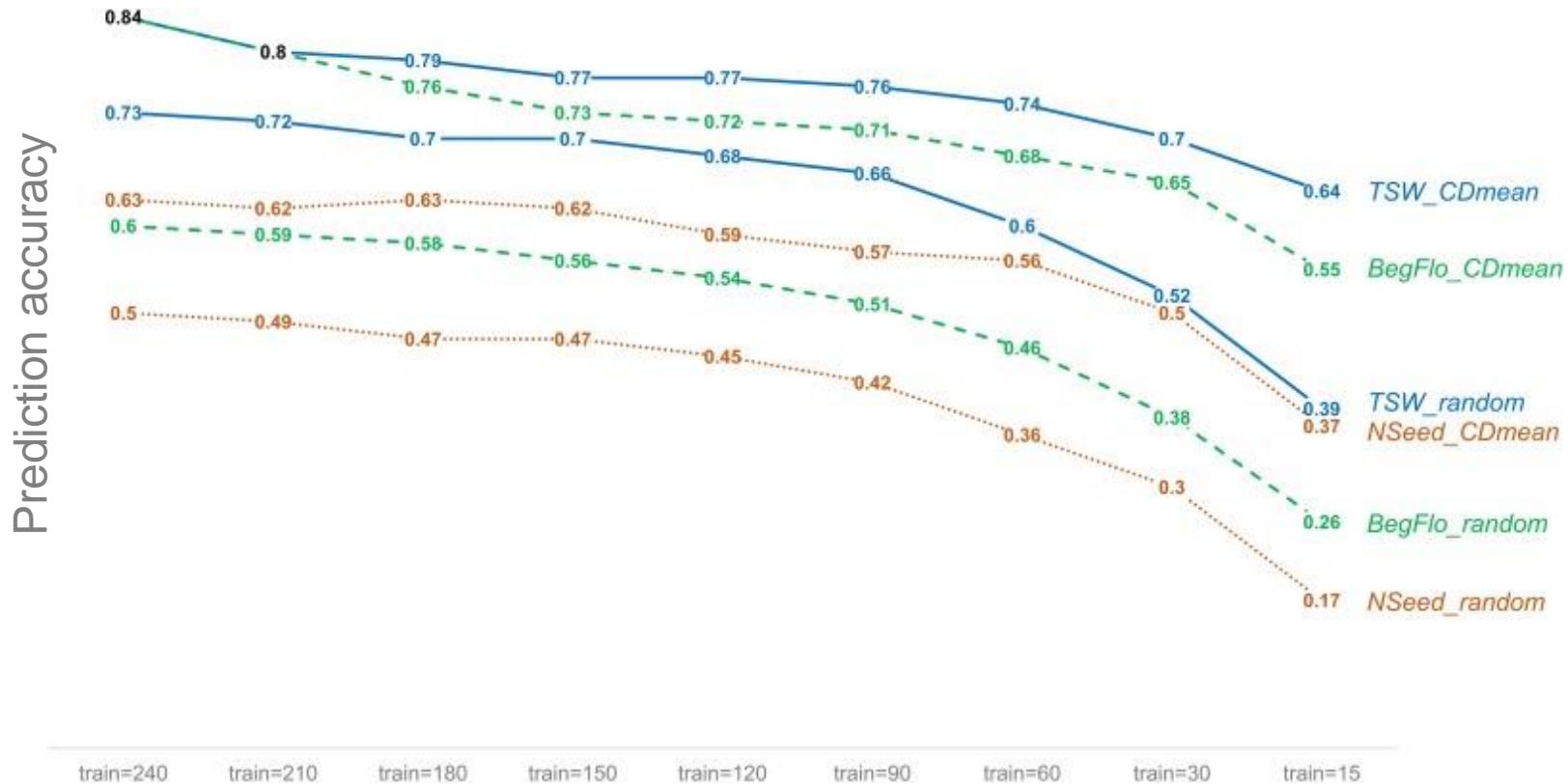
Mots-clés: "nom de l'espèce" "genomic selection" OR "genomic prediction" (titre seulement)
10/10/2018

Principe de la sélection génomique



- Schéma illustrant le principe de la sélection génomique d'après Crossa *et al.* 2017

Résultats satisfaisants de prédiction génomique chez le pois en France

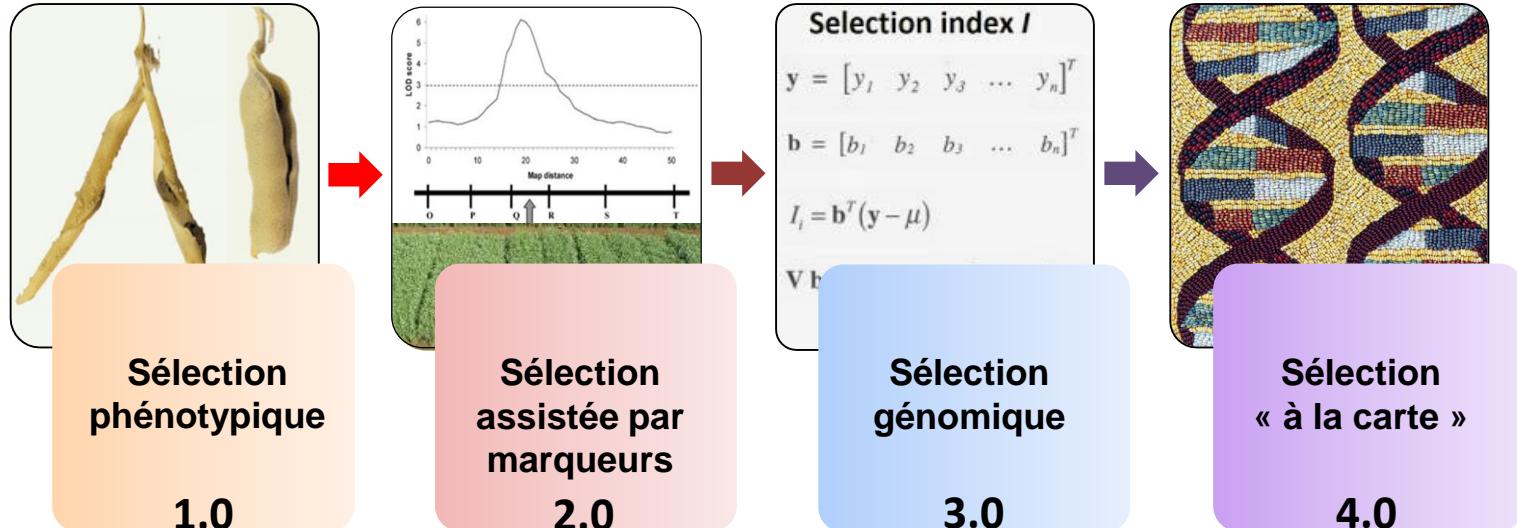


- Prédiction de poids de mille grain (TSW), du nombre de grains (Nseed), et de la date de début de floraison (BegFlo) sur une collection de 339 génotypes de pois avec deux méthodes dites ici random et CDmean (Tayeh et al., 2015)

Opportunités pour la sélection des légumineuses



Evolution des méthodes de sélection



Adapté de Buckler et al., 2017

Sélection « A la carte » chez les légumineuses ? : A y réfléchir dès maintenant



Sélection « A la carte »

▼ Type de variété

Type de variété

- Printemps Hiver
- Hiver – sensible à la photopériode

▼ Architecture aérienne

Hauteur de la tige à la récolte

- Elevée Moins élevée

Type de feuilles

- Conventionnel afila

► Phénologie

▼ Qualité des graines

Teneur des graines en facteurs anti-trypsiques

- Très faible Forte

Teneur des graines en fibres

- Très faible Forte

Teneur en saponines des graines

- Très faible Forte

Poids de mille grains (PMG)

- Petit Grand

► Résistance aux stress



6. Exemples de projets de recherche



RésiLens : un premier projet français sur la génétique de la lentille



PeaMUST : un large investissement national pour augmenter la production de pois et de féverole protéagineux en France



2012-2020



Génomique → création variétale :

- génotypes innovants
- méthodes de sélection rapides
- nouvelles ressources bio-informatiques
- interactions plantes-microflore optimisées

> 7000 lignées de pois

≈ 600 lignées de féverole

12 sites expérimentaux

Plusieurs millions de marqueurs SNP

<https://www.peamust-project.fr/>

EUCLEG : un exemple de collaboration recherche-sélection multinationale et multidisciplinaire



*le code couleur indique le type d'essais aux champs réalisés par pays.

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

SAADA : Un exemple de collaboration Nord-Sud pour de travaux expérimentaux dans le Sud



- Evaluer l'agrobiodiversité en Méditerranée du Sud (Maroc)
- Investiguer l'utilisation de la diversité des cultures dans des agroécosystèmes complexes
- Déterminer le lien entre la diversité fonctionnelle des cultures et l'utilisation de l'eau



Exemple-type de projet de collaboration Nord-Sud



LEGUMES – LEGUme-Microbiome adaptation to Environmental Stresses



Biologie des
légumineuses



Microbiologie

Génétique d'association



Métagénomique

Transcriptomique

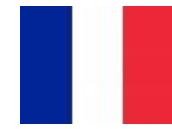


- Stratégies d'amélioration des réponses aux stress
- Idéotypes de légumineuses à grains de demain
- Géniteurs potentiels pour les programmes de sélection
- Gènes cibles

Expérimentations
aux champs



Expérimentations en
conditions contrôlées

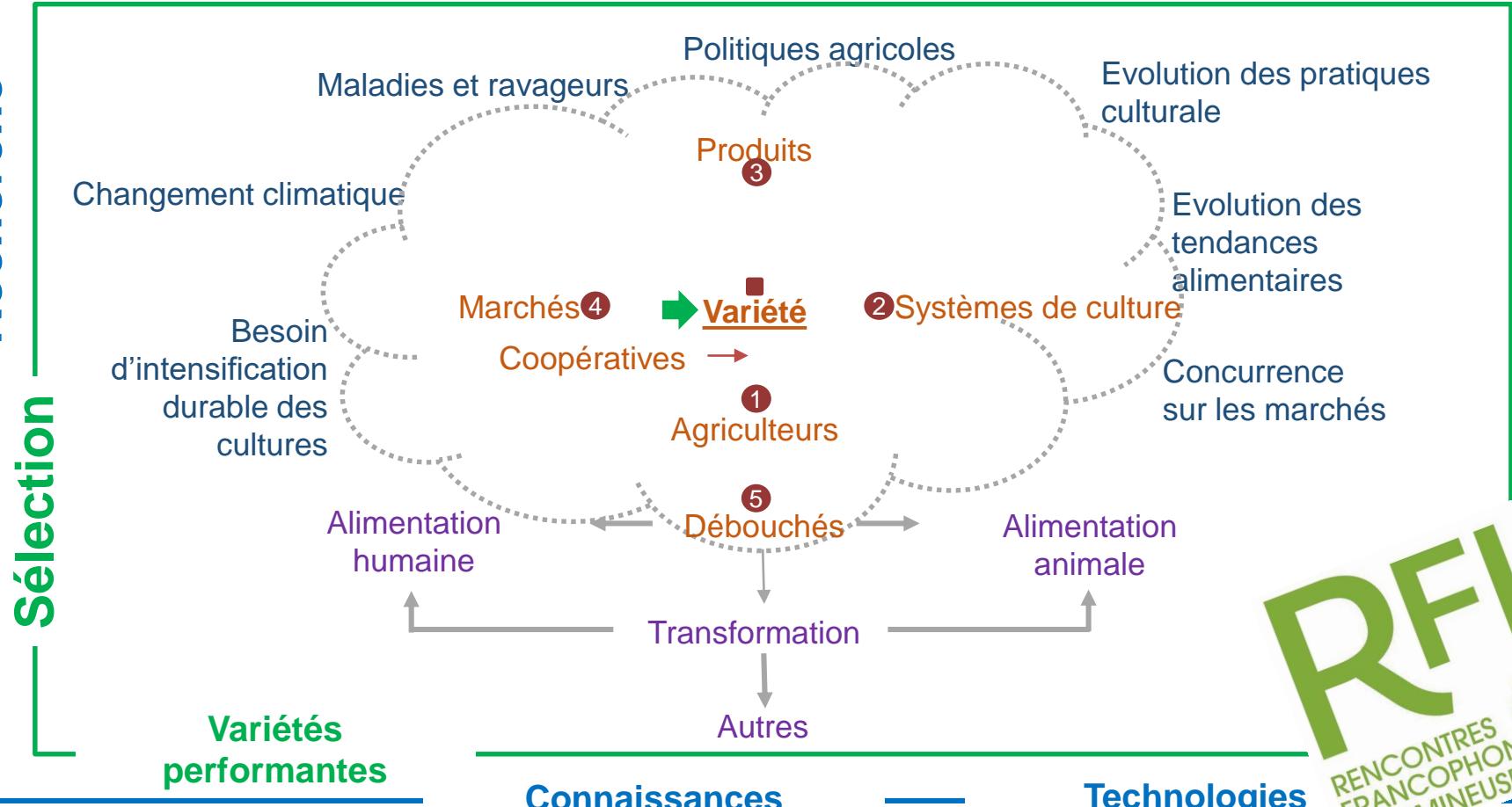


Conclusions



Complexité de la question de progrès génétique

Recherche



RFL
RENCONTRES
FRANCOPHONES
LÉGUMINEUSES
#2

Progrès en sélection = f(système de production, facteurs influents, valorisation espérée)

Mesures pour sécuriser le progrès génétique

- ❖ Implication effective du secteur privé dans la filière semences
 - ❖ Programmes de recherche (translationnelle)
 - ❖ Programmes de sélection participative accompagnés par la recherche
 - ❖ Exploitation efficace des ressources génétiques
 - ❖ Accès aux technologies et au moléculaire
 - ❖ Incitations et Aides régulières des politiques pour la filière légumineuses
 - ❖ Gouvernance partenariale, globale et/ou territoriale des filières
 - ❖ Lisibilité des espèces légumineuses
 - ❖ Maitrise des techniques de production
 - ❖ Mise en place de cartes variétales
 - ❖ Contrôle des importations
 - ❖ Utilisation des semences certifiées
- 

Mesures pour améliorer le secteur semencier

Contextes marginaux

- Réglementation du secteur des semences paysannes/variétés locales
- Etablissement de « catalogues » pour les variétés locales
- Communication des caractéristiques des variétés disponibles
- Implication effective des agriculteurs en tant qu'acteurs dans la filière

Contextes favorables

- Transfert rapide des variétés inscrites vers les agriculteurs
- Recours aux ressources génétiques et aux connaissances s'y rattachant
- Etablissement d'un catalogue Nord-Africain pour les légumineuses à graines et fourragères

Ingrédients pour un progrès génétique réussi

P	A	R	T	A	G	E					
R	E	S	S	O	R	C	E	S			
O	R	G	A	N	I	S	A	T	I	O	N
G	E	N	E	T	I	Q	U	E			
R	E	C	H	E	R	C	H	E			
E	V	A	L	U	A	T	I	O	N		
S	T	R	A	T	E	G	I	E			



Remerciements

Maroc



Omar Idrissi (INRA Maroc)

Houasli Chafika (INRA Maroc)

Aziz Bensejjay (ONSSA Maroc)

Rachid Mentag (INRA Maroc)

Asmae Hamzaoui (DDFP, MAPM, Maroc)

Ali Sahri (Banque de gènes Settat, Maroc)

Mustapha Arbaoui (IAV Hassan II)

Tunisie



Moez Amri (ICARDA, Tunisie)

Algérie



Hadi Maatougui (ICARDA, Algérie)

Omar Zaghouane (ITGC, Algérie)

France



Gerard Duc (INRA Dijon, France)

Julien Bouffartigue (GNIS, France)

Bernadette Julier (INRA Lusignan, France)

Philippe Declerck (RAGT, France)

Nathalie Harzic (Jouffray-Drillaud, France)

Bernard Tharel (Barenburg recherches, France)

RFL

RENCONTRES
FRANCOPHONES
LÉGUMINEUSES
#2:

Toulouse, France – 17 & 18 octobre 2018



المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique





International Conference on **Legume** Genetics and Genomics

13-17 May - 2019, Dijon, France



Call for **abstracts**
and **registration**
OPEN NOW

Abstract and Early bird deadline:
January 11th, 2019

**FOR THE PEOPLE
AND THE PLANET**
HARNESSING THE POTENTIAL
OF LEGUMES

Genomes & Functional Genomics
Seed biology and quality
Plant development and signalling
Genomics for agro-ecological services
Biotic and Abiotic stress resistance
Genome-enabled breeding
Legume diversity
Symbioses

● iclgg2019.com

● [@twitter/iclgg](https://twitter/iclgg)