

L'amélioration des espèces végétales sur les 20 dernières années et les programmes en cours, point de vue du sélectionneur



Olivier LUCAS *Directeur scientifique et qualité, RAGT Semences*



L'UFS et le secteur semencier : quelques chiffres clés

Le secteur semencier : un secteur d'excellence ancré dans les territoires

L'UFS représente

- **118 entreprises** semencières implantées en France
- Impliquées dans **la création de variétés végétales, la production et la mise en marché** de semences pour l'agriculture, les jardins et les paysages.
- PME familiales, coopératives ou filiales d'entreprises étrangères

La France :

- **1^{er} Producteur européen** de semences
- **1^{er} Exportateur mondial** de semences
 - **73** entreprises de sélection
 - **250 sites** de production implantés dans 225 communes
 - **6 462** distributeurs sur le territoire
 - **12 000** emplois directs
 - **18 594** agriculteurs multiplicateurs

On produit des semences dans 9 départements sur 10

1

L'innovation, moteur du secteur semencier

La France : cœur de la R&D en Europe pour la sélection végétale

- **13 %** : part du chiffre d'affaires consacré à la recherche par les entreprises basées en France et ayant une activité de sélection.
- **10 ans** en moyenne pour développer une nouvelle variété au travers de l'observation du matériel végétal au champ multi-sites
- De **nombreux critères de sélection** pour répondre aux enjeux des différents maillons des filières
 - Stabilité du rendement
 - Résistance aux ravageurs (maladies et insectes)
 - Tolérances aux stress climatiques (froid, manque d'eau,...)
 - Adaptation aux process industriels
 - Qualité

L'innovation, moteur du secteur semencier

Un accès au marché conditionné par l'apport de progrès génétique

- **Observation des variétés candidates pendant 2 ans** dans des réseaux d'essais multi-locaux du CTPS
- **Evaluation suivant des critères visant à orienter le progrès** fonction des besoins des filières et des politiques agricoles au travers de protocoles VATE
 - Plan SPAD et Plan SPAD2
 - Protocoles intégrant des conditions non traitées, conduites bas-intrants y compris irrigation, bonus/malus sur la tolérance aux maladies ...
- Le résultat en nombre de variétés :
 - **550 variétés nouvelles inscrites** au catalogue officiel français des variétés chaque année
 - **6200 variétés répertoriées** au catalogue français (+ 4 000 variétés d'espèces agricoles et + 2 200 variétés d'espèces potagères)
 - **34 500 variétés disponibles** au Catalogue européen

Les apports du progrès génétique pour répondre aux impacts du changement climatique

De multiples impacts du changement climatique

Les conséquences du changement climatiques :

- Réchauffement climatique
- Dérèglement climatique avec des épisodes extrêmes plus fréquents
- Évolution des maladies et des populations d'insectes

La contribution du progrès génétique pour répondre aux impacts du changement climatique peut être illustrée selon 3 axes :

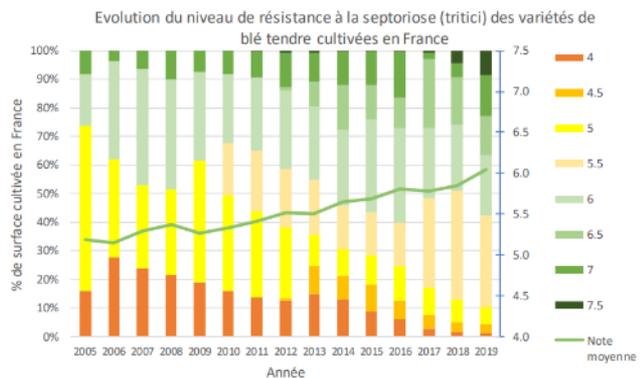
- La tolérance aux maladies et aux insectes
- L'adaptation aux contraintes climatiques (froid, stress hydrique,...)
- La contribution à l'entretien des sols

Illustrations du progrès génétique apporté par la sélection

Développement de variétés plus résistantes aux maladies

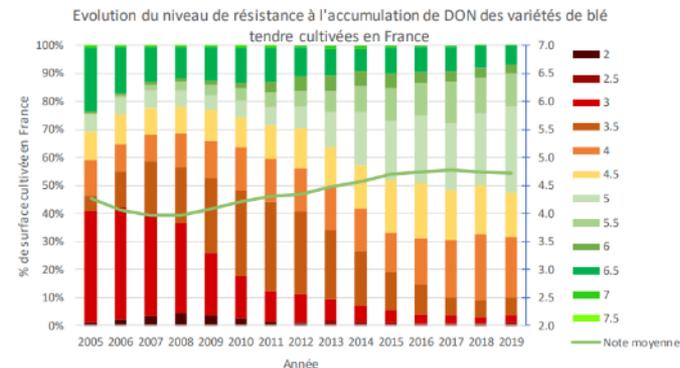
Impact du changement climatique sur l'évolution des maladies (aires de répartition, souches,...) couplé à une réduction de l'utilisation des PPP :

- En blé tendre, la sélection a permis de faire progresser le niveau de résistance des variétés aux principales maladies fongiques



Note moyenne 2005 : ≈ 5,2
 2019 : ≈ 6

Source : ARVALIS
 Surfaces de culture par variété, Enquête FAM
 Cotations des variétés, ARVALIS, CTPS/GEVES



Note moyenne 2005 : ≈ 4
 2019 : ≈ 4,7

Source : ARVALIS
 Surfaces de culture par variété, Enquête FAM
 Cotations des variétés, ARVALIS

Illustrations du progrès génétique apporté par la sélection

Développement de variétés plus résistantes aux maladies

Comparaison des profils de résistances variétales (2008 – 2018)

Variété	Verse	Piétin verse	Oidium	Rouille jaune	Septoriose	Rouille brune	Fusa. (DON)	Céci. O.
CAPHORN	6	3	6	7	6	6	3	S
APACHE	7	2	5	7	4.5	4	6.5	S
ŠANKARA	7	5	8	6	6	3	3.5	S
MENDEL	6.5	3	5	7	6	4	3.5	S
TOISONDOR	7	2	6	2	7	8	3	S
SOISSONS	5.5	2	7	6	5	2	4.5	S
PR22R58	6	(2)	4	(9)	5	8	2	S
MERCATO	7	3	7	8	5	6	4.5	S
ISENGRAIN	5.5	1	6	7	6	3	3	S
ORVANTIS	4.5	2	5	4	4	3	3	S
AUBUSSON	5	2	7	5	4	3	4	S
DINOSOR	7.5	2	6	9	4	2	3.5	S
ROSARIO	6	3	6	7	5	5	3	S
KORELI	5.5	1	7	6	7	6	4	S
PALEDOR	7	3	6	4	6	6	4	S
Moy.	6.2	2.4	6.1	6.3	5.4	4.6	3.7	

Les 15 variétés les plus cultivées en France en 2008 (FAM)

Notes de résistances (de 1 sensible à 9 résistant) (CTPS / ARVALIS)

Les 15 variétés les plus cultivées en France en 2018 (FAM)

Variété	Verse	Piétin verse	Oidium	Rouille jaune	Septoriose	Rouille brune	Fusa. (DON)	Céci. O.
FRUCTIDOR	6.5	3	7	7	6.5	6	5	
RUBISKO	6.5	2	6	7	5.5	7	5	R
CELLULE	7.5	3	6	6	5.5	3	4.5	S
BOREGAR	5.5	7	6	5	6	2	4	R
OREGRAIN	7	2	4	4	5	4	6.5	R
SYLLON	5.5	6	8	6	6.5	5	4	
NEMO	6.5	2	5	3	5.5	5	4	R
LG ABSALON	5.5	6	8	7	7.5	7	5	
BERGAMO	6.5	2	4	6	5.5	5	5.5	S
APACHE	7	2	5	7	4.5	4	6.5	S
AREZZO	6	2	6	7	6	3	4.5	S
RGT SACRAMENT	6.5	2	5	7	5.5	7	4.5	S
CREEK	7.5	(3)	7	5	6	2	4	
CHEVIGNON	5.5	3	7	7	7	6	5	
DESCARTES	6.5	5	4	8	5.5	5	5.5	
Moy.	6.4	3.5	5.9	5.8	5.8	4.8	5	

Illustrations du progrès génétique apporté par la sélection

Développement de variétés plus résistantes aux maladies

250 programmes de recherche en cours pour introduire des résistances aux nombreuses maladies et parasites existants sur les espèces potagères...

Exemples de résistances pour quelques espèces

Espèce	Hautes résistances non contournées à ce jour	Résistances performantes à ce jour	Résistances en cours d'introduction ou d'amélioration
Haricot	<ul style="list-style-type: none"> . Anthracnose du haricot . Graisse du haricot . Virus de la mosaïque commune du haricot (BCMV) 	<ul style="list-style-type: none"> . Rouille commune du haricot . Virus de la mosaïque de la luzerne (AMV) . Virus de la Mosaïque jaune (BYMV) 	<ul style="list-style-type: none"> . Fusarium, Rhizoctonia, Aphanomyces . Pourriture blanche (<i>Sclerotinia</i>) . Virus de la mosaïque du concombre (CMV)
Melon	<ul style="list-style-type: none"> . Fusariose du melon . Virus de la criblure du melon (MNSV) 	<ul style="list-style-type: none"> . Fusariose jaunissante et flétrissante . Oïdiums . Puceron du melon . Virus de la mosaïque de la pastèque (WMV) . Virus de la mosaïque du concombre (CMV) . Virus de la mosaïque jaune de la courgette (ZYMV) 	<ul style="list-style-type: none"> . Oïdium (nouvelles races) . Bactériose du melon (<i>Pseudomonas syringae pv. aptata</i>)

Illustrations du progrès génétique apporté par la sélection

3 Développement de variétés plus résistantes aux insectes

Le changement climatique induit une pression ravageurs plus importante

- Attaques de pucerons plus longues et plus intenses liées aux hivers plus doux et retrait des solutions PPP
 - Développement de variétés d'orge tolérantes JNO



- 1ère variété de blé tendre tolérante JNO inscrite au Catalogue FRA
- Travaux en cours sur la sélection de variétés de betteraves tolérantes JNO

Illustrations du progrès génétique apporté par la sélection

Développement de stratégies pour contrer la pression des insectes

Le changement climatique induit une pression ravageurs plus importante

- Sur colza, pression grosses altises et charançon de plus en plus forte et non contrôlée en l'absence de PPP
 - Développement de stratégies d'associations : Exemple des GreenPack



Un pack prêt à l'emploi pour 1 hectare



Développement de stratégies pour contrer la pression des insectes

Pourquoi associer des légumineuses au colza ?

Restitution d'azote

- Restitution de 25 à 35 unités d'azote à l'automne par rhizo-déposition ou enrichissement de la rhizosphère, et au printemps par minéralisation des résidus de couvert
- Certaines espèces restitueront plus rapidement l'azote que les autres, c'est le cas des légumineuses à port étalé (trèfles, lentilles...)

Réduction de la pression adventices

- Par phénomène de concurrence avec les légumineuses
- Désherbage de pré-levée déconseillé
- A privilégier dans les parcelles sans problématiques de désherbage

Perturbation des insectes

- Réduction de l'impact des grosses altises et des charançons du bourgeon terminal sur la culture du colza
- Peu d'effets sur les petites altises

Développement de stratégies pour contrer la pression des insectes

Pourquoi associer un colza à floraison très précoce à notre variété performante?

Car c'est une méthode alternative de contrôle des méligèthes.

Elle consiste en un semis d'un colza très précoce à floraison avec le colza variété d'intérêt.

Le colza très précoce attire les méligèthes et laisse la variété d'intérêt exprimer tout son potentiel.

Efficacité démontrée depuis plus de 5 ans

Gain de temps en évitant au moins 1 traitement insecticide

Augmentation du seuil d'intervention

Meilleure protection :

- De l'utilisateur
- Des auxiliaires et des abeilles



4 Développement de variétés plus tolérantes au froid

Le réchauffement climatique se traduit par des stress thermique et hydriques en fin de cycle plus intenses

Adaptation des pratiques culturales et déploiement de stratégies d'évitement

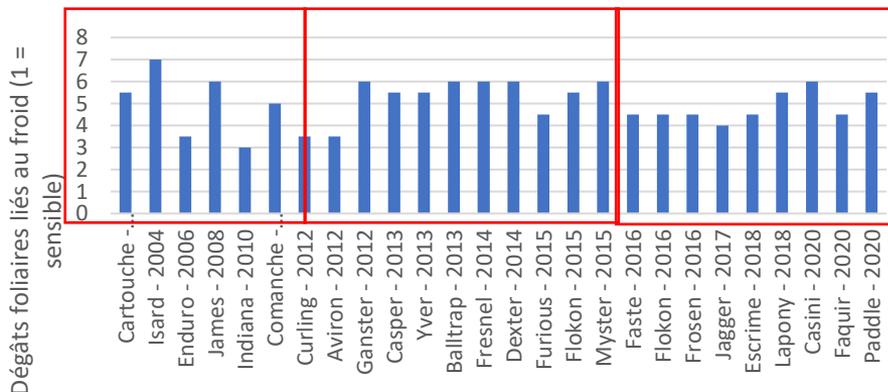
- Accompagnement de ces évolutions par la sélection de variétés adaptées à ces nouvelles pratiques :
 - Ex du maïs dry sélectionné pour son adaptation aux semis précoces pour être à maturité avant les périodes de risques de sécheresse afin de maintenir sa productivité

Illustrations du progrès génétique apporté par la sélection

Développement de variétés performantes plus tolérantes au froid

Le réchauffement climatique s'accompagne également d'un dérèglement climatique qui se traduit notamment par des épisodes de gels tardifs nécessitant des variétés plus résistantes au gel

Evolution des notes de froid (dégâts foliaires) sur les variétés de pois d'hiver depuis 2004



Variabilité importante sur la résistance au froid de 2004 à 2012.

Variétés avec une bonne résistance au froid suite à l'hiver très rigoureux de 2012.

Variétés avec des niveaux de froid plus régulières (mais moins de très sensible).

Méthodes d'évaluation :

Observations champ (opportuniste)

Observations champ + mises en place de tests spécifiques

Observations champ + mises en place de tests spécifiques + utilisation de la génomique (QTL, marqueurs moléculaires)

4 Développement de variétés plus tolérantes au froid

Des travaux de sélection contribuant à faire évoluer la physiologie des plantes et permettant de plus longues périodes de production

- **Haricot** : germination à basse température
- **Carotte et épinard** : adaptation aux jours courts en Scandinavie

Sélection de variétés hybrides

- Plus résilientes aux aléas climatiques ou environnementaux
- Présentant de meilleurs rendements, à niveau d'intrants équivalents
 - **Piment** : Variétés hybrides vigoureuses ayant un système racinaire important qui compense la sensibilité au froid. Plus précoce et produisant sur un cycle plus long de récolte.

Illustrations du progrès génétique apporté par la sélection

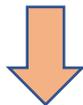
Développement de variétés plus tolérantes au stress hydrique

Le réchauffement climatique s'accompagne d'une limitation de la ressource en eau et de périodes de stress hydriques plus importantes

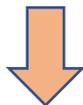
- Les sélectionneurs mettent en place des essais en conditions irriguées et non irriguées pour identifier les variétés les plus performantes en conditions limitantes
- Pour le sorgho par exemple, la catalogue oriente l'inscription vers les variétés les plus performantes en condition de faible apport en eau :
 - Évaluation des variétés en conduite classique et bas-intrant (eau, azote et densité de semis)

Une nouvelle approche de la culture du maïs

CONTEXTE



STRATEGIE
CULTURALE



SELECTION
VARIETALE

Diverses situations où le maïs trouve sa place



- 1- Allonger une rotation courte (Tournesol/ blé) en culture sèche
- 2- Réduire mon nombre de passages d'irrigation sur certaines parcelles
- 3- (Re) Introduire la culture de maïs sur des parcelles +/- séchantes et les récolter le + sec possible.

Identification des objectifs

Des itinéraires techniques appropriés

- date et densité de semis, fertilisation
- matériel semis- récolte
- humidité récolte → objectif: limiter les frais de séchage

une culture rentable

Chaque contexte nécessite un choix variétal précis.

- précocité adaptée
- sélection issue d'une expérimentation spécifique (les variétés sortent de leur contexte habituel de culture)

Une gamme adaptée à chaque contexte

Une nouvelle approche de la culture du maïs

5

PREUVES TERRAIN

- UN DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL SPÉCIFIQUE

Zone Stressless H₂O Précoce



- 2 CRITÈRES ESSENTIELS DE SÉLECTION

- Performance rendement dans ces conditions spécifiques
- Humidité récolte faible



Illustrations du progrès génétique apporté par la sélection

Développement de variétés plus tolérantes au stress hydrique

Le réchauffement climatique s'accompagne d'une limitation de la ressource en eau et de périodes de stress hydriques plus importantes

Le choix des espèces peut être un levier d'adaptation

- Par exemple, la fétuque élevée est plus pérenne et plus rustique que le ray-grass et tolère mieux les fortes températures et le manque d'eau
- La sélection peut accompagner ces évolutions en adaptant les espèces aux besoins des utilisateurs

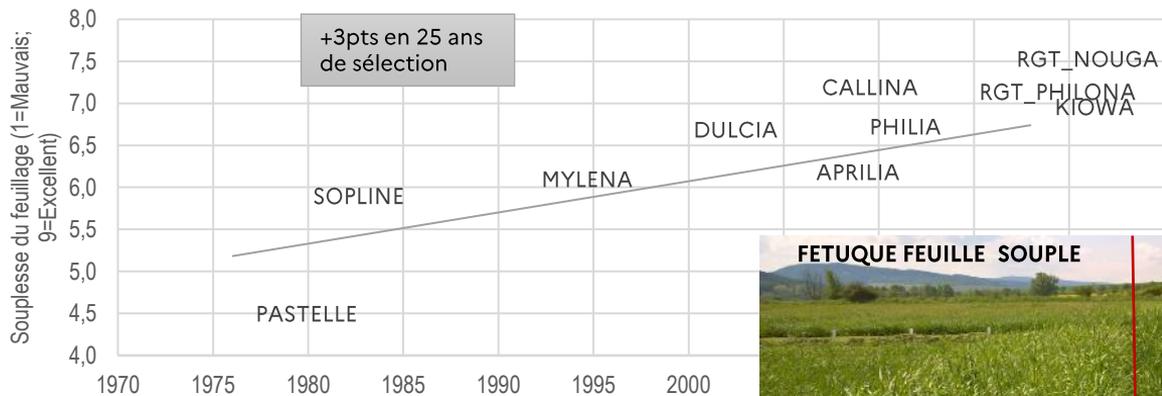


- La sélection a ainsi permis d'améliorer la valeur alimentaire / digestibilité et la souplesse de la fétuque élevée
- Cela permet de remplacer le ray-grass par la fétuque élevée dans les zones à fort risque de stress hydrique

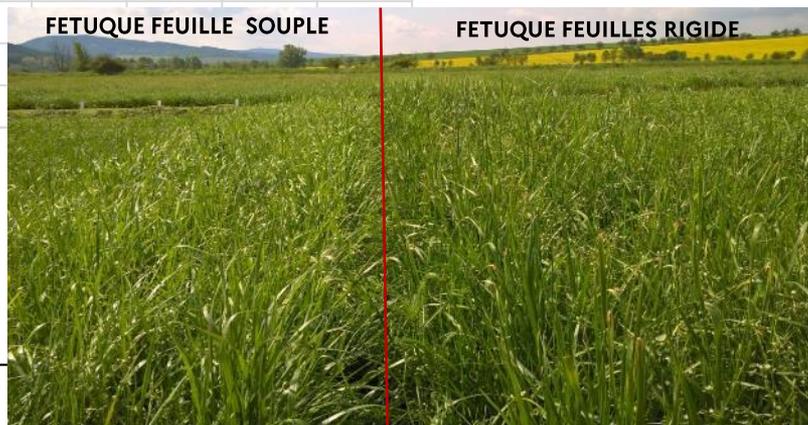
Illustrations du progrès génétique apporté par la sélection

Développement de variétés plus tolérantes au stress hydrique: progrès génétique de la fétuque élevée (souplesse)

Flexibilité des variétés de fétuque élevée en fonction de leur année d'inscription



Données RAGT 2n



Développement de plantes de services

Le développement de couverts végétaux et de plantes de services constituent des leviers potentiels pour maintenir le capital du sol et limiter l'évaporation de l'eau

- Diversification de **l'offre apportée aux agriculteurs** par les entreprises semencières via notamment la fourniture **de plantes de services**
 - amélioration du stockage de l'eau dans les sols
 - gestion des nuisibles
 - captation de CO₂
 - gestion d'adventices
 - fertilisation des sols
- Sélection de **nouvelles espèces ou de nouveaux types variétaux**, mise au point d'**associations d'espèces** etc...

Développement de plantes de services – quelques exemples

Apport de la sélection sur le développement de variétés de moutarde résistantes aux nématodes à kyste : utilisation avant l'implantation de betterave sucrière

- Amélioration du niveau de résistance aux nématodes à kyste pour limiter la prolifération des nématodes
- Amélioration également de la vitesse de couverture du sol pour la maîtrise des adventices

Variété	Année d'inscription	Résistance de niveau H1 à <i>H. schachtii</i>	Résistance de niveau H2-H3 à <i>H. schachtii</i>
Floraine	2018	X	
Ludique	2000		X
Metex	1991		X
Sirene	2012	X	
Sito	1996		
Venice	2016	X	
Verdi	2017	X	

NB : H1 - niveau de résistance le plus élevé

Illustrations du progrès génétique apporté par la sélection

Développement de plantes de services – quelques exemples

Développement de gamme de couverts agronomiques en travaillant sur les associations d'espèces

Exemple :

Composition	Densité kg/ha	BÉNÉFICES AGRONOMIQUES DU COUVERT						DATE DE SEMIS					Observations	
		Effet structurant	Matière organique	Couverture du sol	Comportement face à l'azote			Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.		
					Capte	Produit	Restitue							
Tournesol, moha fourrager, nyger	20	++	+++	+++	+++		++							A valoriser en CIVE
Moutarde d'Abyssinie, trèfle d'Alexandrie, trèfle de Perse	5 à 8	+++	+++	+++	+++	++	++							Production de biomasse
Avoine rude, vesce, trèfle de Perse, trèfle d'Alexandrie	25	++	++	+++	++	+++	+++							Disponible en bio
Lin, sarrasin, fenugrec, nyger, chia, phacélie, aneth	12-15	++	++	+++	+++	+	++							Un mélange créé pour amplifier l'action des auxiliaires de culture
Sarrasin, moutarde brune, phacélie	15	++	++	++	+++		+							Le nettoyeur des sols
Chia, radis chinois, phacélie, tournesol, vesce de Bengale	10	+++	+++	++	+++	++	++							Améliore la structure
Radis chinois, Phacélie, Mauve, Tr.Alexandrie, Vesce pourpre	10	+++	+++	+++	+++	+	+							Haut potentiel de biomasse pour semis précoce
Avoine rude, phacélie	25	++	++	++	++		++							Mélange économique mixte
Radis chinois, phacélie, chia, vesce érigée	12	+++	++	+++	+++	++	++							Grande aptitude à s'implanter en conditions sèches
Radis chinois, phacélie, trèfle d'Alexandrie	7,5	+++	++	+++	+++	++	++							Facilité d'implantation et de destruction
Vesce de Narbonne, fenugrec, vesce érigée, phacélie	40	+	++	++	+++	+++	+++							Le booster azoté
Avoine rude, vesce commune	20 à 40	++	++	+++	++	++	++							Le couvert de base

En conclusion...

La sélection un levier pour répondre aux enjeux du changement climatique

- Au cours des 20 dernières années, la sélection a permis d'apporter des réponses pour améliorer :
 - **La résistance aux maladies et aux insectes**
 - **La tolérance au froid**
 - **La tolérance au stress hydrique**
- Ces progrès ont été orientés par les besoins des filières et des transitions agricoles et illustrent la manière dont **la sélection peut constituer un levier pour répondre aux enjeux du changement climatique**
- Le levier génétique ne peut à lui seul permettre de répondre aux nombreux défis auxquels l'agriculture est confrontée. C'est la **combinaison de différents leviers** qui permettra d'apporter les solutions opérationnelles.
- L'eau reste un élément essentiel pour les plantes et l'accès facilité à l'eau pour des applications d'appoint est indispensable

En conclusion...

La sélection un levier pour répondre aux enjeux du changement climatique

- Les entreprises de sélection **intègrent déjà dans leurs programmes les enjeux du changement climatique et de la durabilité de l'agriculture** et poursuivent cet objectif
- Pour intensifier ce travail, **des soutiens à l'amélioration des plantes sont nécessaires** :
 - Par un **cadre réglementaire adapté** aux progrès scientifiques
 - Par des **dispositifs d'incitation** à encourager ou renforcer (CIR, CASDAR,...)
 - Par le développement **d'outils d'aide à la sélection**
 - Par les partenariats publics-privés en mettant en **cohérence les stratégies de recherche** et en favorisant les **approches combinatoires**
- Objectif de **répondre au défi climatique tout en conservant une activité semencière leader sur notre territoire**