

# Changement climatique : quels impacts et quels leviers d'adaptation pour le tournesol et le soja ?

Hélène Tribouillois – Terres Inovia

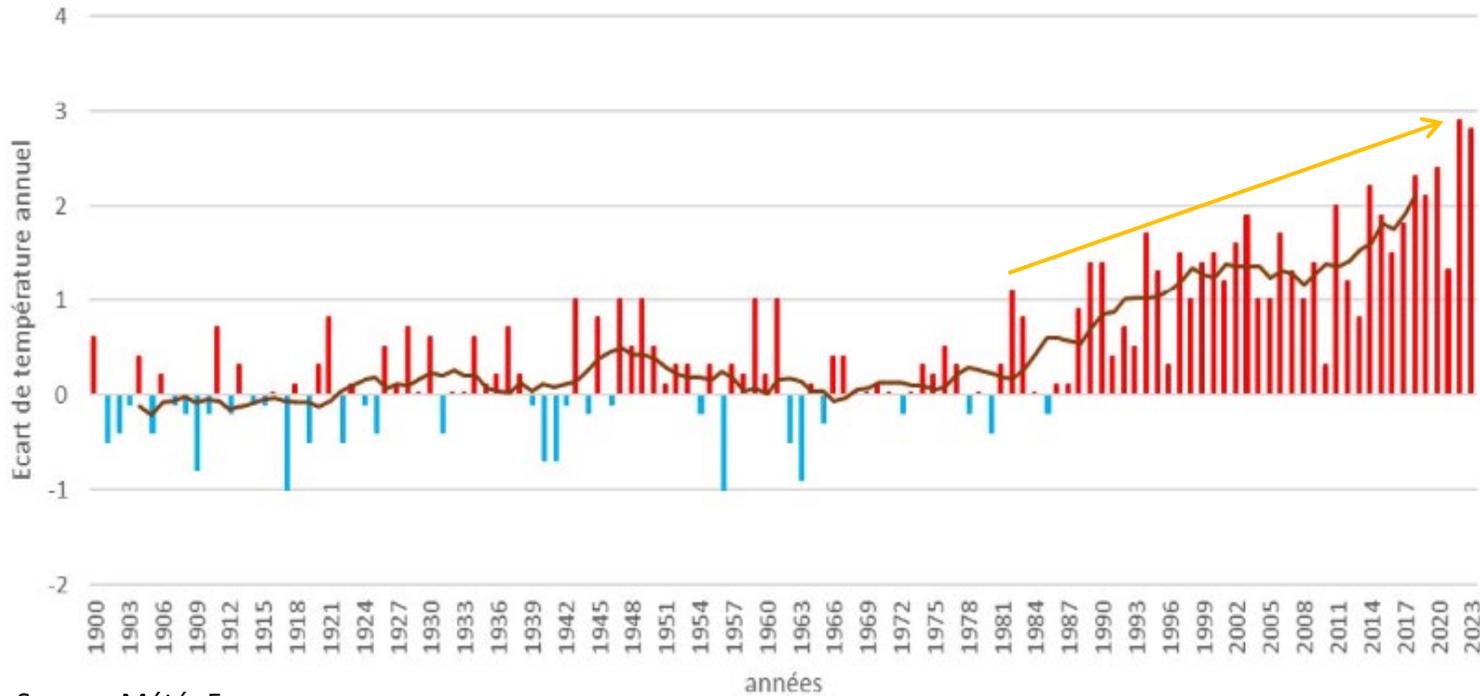


# Le changement climatique : une réalité déjà en cours

Données observées

Moyenne sur la France métropolitaine

Températures moyennes annuelles France  
écart à la référence (1900-1930)



Source: MétéoFrance

Ecart à la normale (1961-1990) en °C

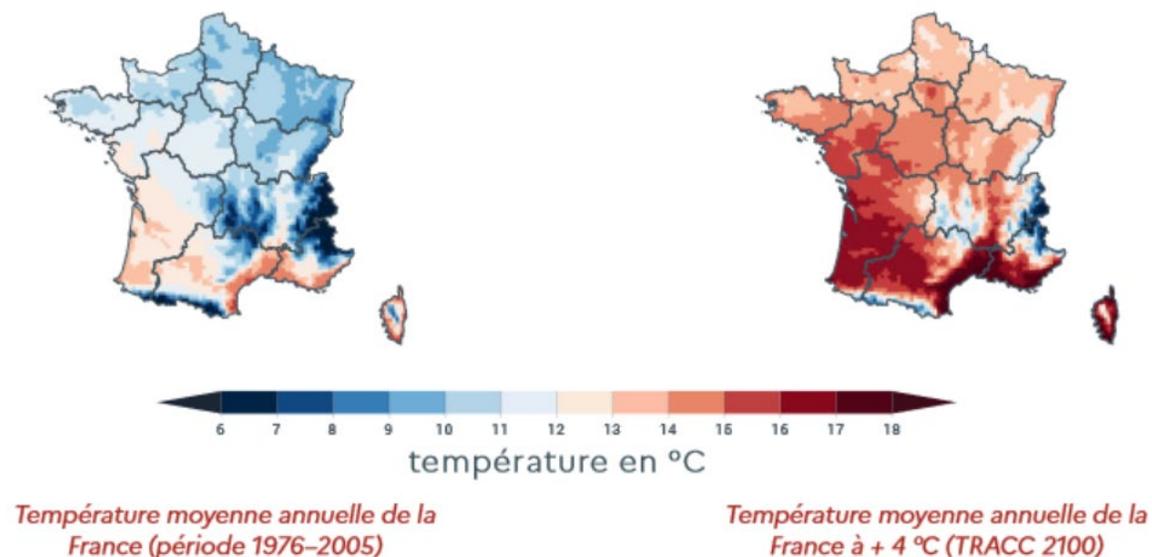
Accélération du changement climatique à partir de 1987

Augmentation des températures moyennes de **+ 0.3°C** par décennie depuis 1990

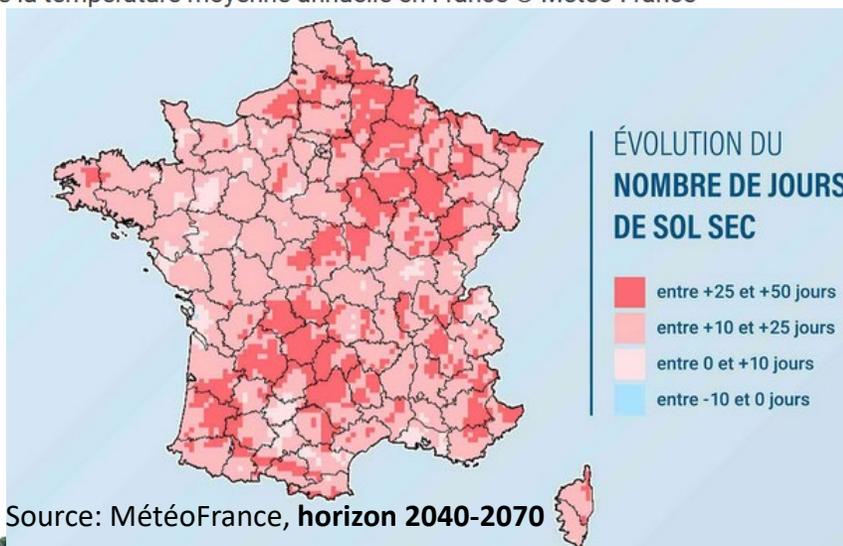
2024 : l'année la plus chaude jamais enregistrée à l'échelle planétaire



# Les prévisions pour le climat futur de la France



Évolution de la température moyenne annuelle en France © Météo-France



Source: MétéoFrance, horizon 2040-2070

- Forte **hausse des températures** moyennes +4°C en 2100
  - Climat de la moitié Sud → climat actuel de l'Andalousie
- Evolution des précipitations présente des incertitudes importantes :
- **Précipitations stables** mais avec des **disparités** (saisonniers et régionales)
  - Légère baisse sur le Sud-Ouest (échelle annuelle)
  - Dominante de hausse en hiver et baisse en été
- **Assèchement** des sols plus intense et plus long
- **Forte augmentation d'ETP pendant l'été** → **dégradation du bilan hydrique estival**, challenge principal pour les cultures d'été



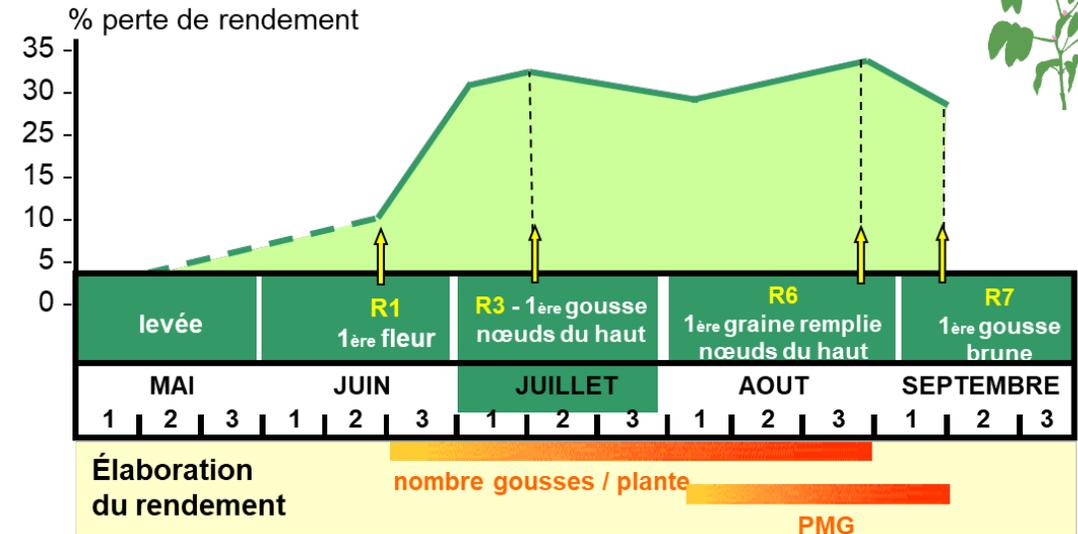
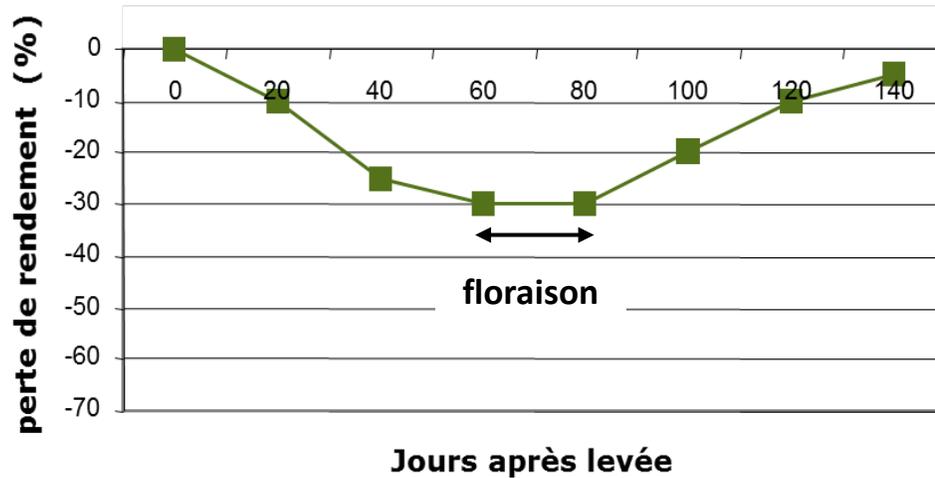
# 1- Des situations de stress hydrique plus fréquentes



→ **Stress hydrique** = principale cause de la variabilité du rendement du tournesol et du soja



## Sensibilité à la restriction d'eau (ici, -50% des besoins pendant 10 jours)



- Sensibilité maximale au stress hydrique à partir de la floraison puis pendant le remplissage des graines, avec un effet allant jusqu'à -30% de rendement
- **A floraison** : réduction de l'expansion foliaire et de l'accumulation de biomasse, altération de la fécondation/ floraison-fructification → **Réduction du nombre de graines / ou le nombre de gousses**
- **Après floraison** : accélération de la sénescence des feuilles → **Limitation du remplissage des graines, donc du PMG**  
→ **Réduction de la teneur en huile et en protéines**



# 2- Des situations de stress thermique plus fréquentes



→ **Stress thermique:** Effets négatifs sur de nombreux traits biochimiques et physiologiques:

- Réduction la durée de la floraison → réduction du nombre de graines
- Augmentation de la respiration (nocturne) → réduction de l'accumulation nette d'assimilats
- Augmentation de l'évapotranspiration → augmentation des besoins en eau

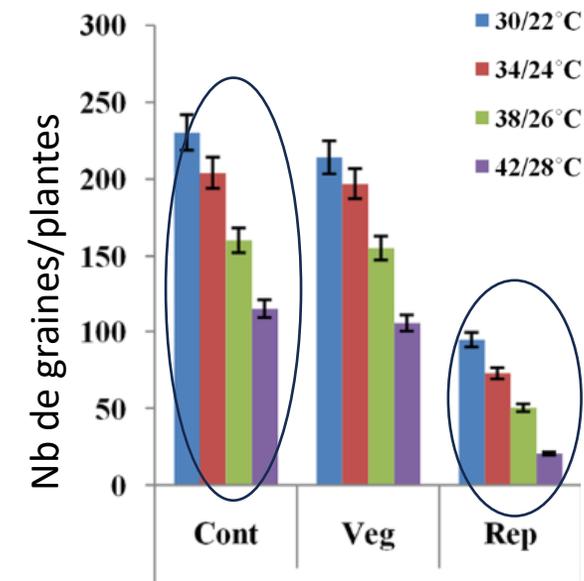
Seuils de tolérance augmentent au fur et à mesure du cycle:

- Température **>27-28°C** pdt **phase végétative** réduit la croissance foliaire et plafonnement de la photosynthèse.
- Température **>26-31°C** pdt **formation des fleurs** mâles (anthèse) diminue la production de pollen et la fertilité des fleurs (*Chimenti & Hall 2001; Moriondo et al 2011*).
- Température **>29-33°C** pdt **remplissage des graines** diminue PMG et teneur huile (*Rondanini et al 2006*).



- Températures **> 28-30°C** réduit le rendement et PMG, avec des réductions significatives allant jusqu'à 50% à 42°C.

- Stress thermique **souvent étudié en relation avec le stress hydrique** → aggravation des impacts
- Effets négatifs sur les pollinisateurs: modification de comportement des abeilles et modification des ressources disponibles

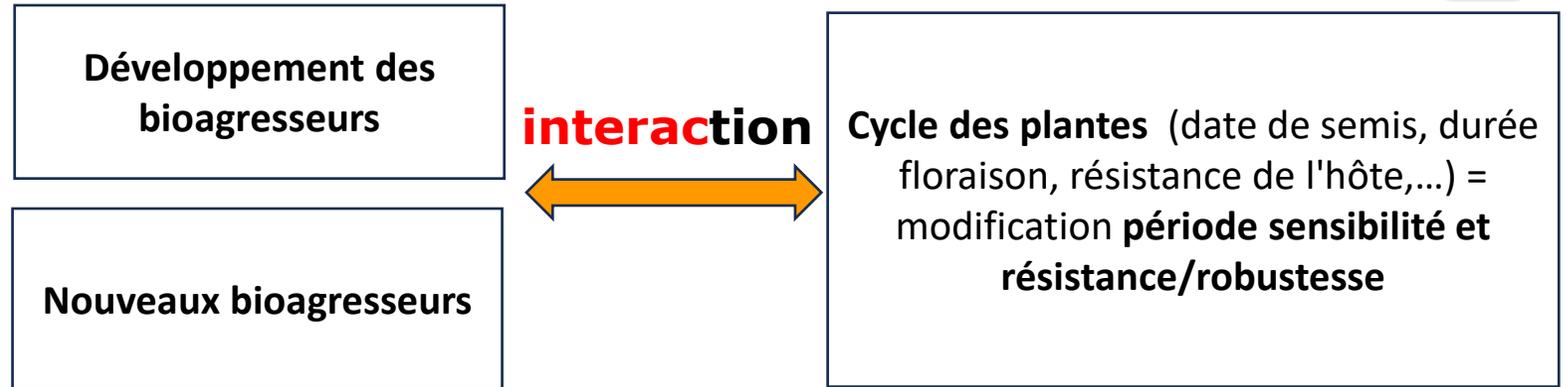


*Jumrani et Bhatia, 2018*

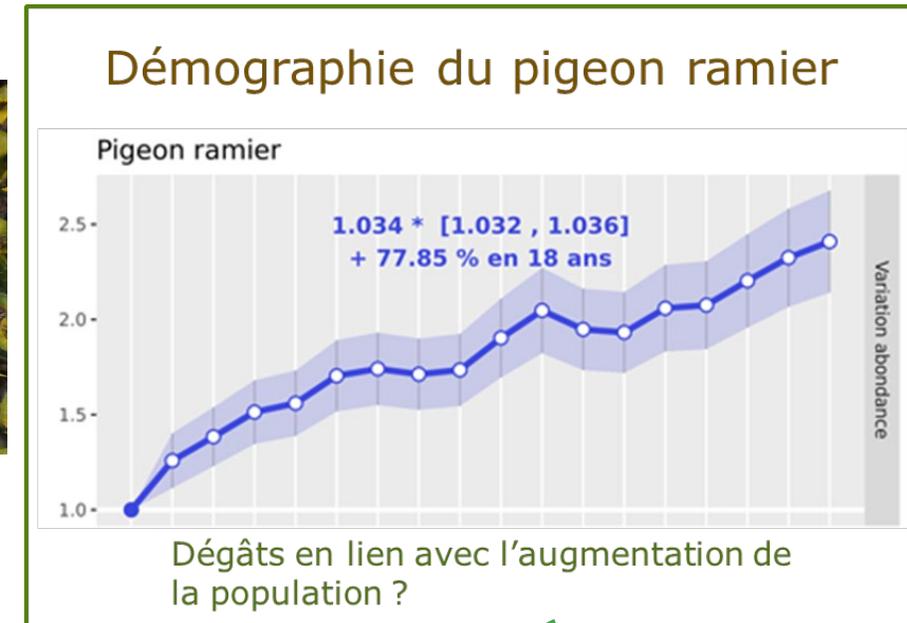
2 variétés de soja, 3 périodes de stress hydriques (non stressé en eau, stress au stade végétatif, stress hydrique stade repro -2.5MPa foliaire), serre, temp jour/nuit



# 3- Une évolution du complexe des bioagresseurs - tournesol



Impact du CC sur complexe bioagresseurs-plantes <i>(à dire d'expert TI)</i>	Tournesol
Favorable	Orobanche, pucerons, verticillium
Plutôt favorable	Macrophomina Rhizopus
Neutre	
Plutôt défavorable	Mildiou, sclérotinia sur capitule, phoma sur tige, rouille blanche
Défavorable	Phomopsis



# Leviers d'adaptation liées au changement climatique

1) Progrès génétique et sélection variétale

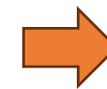
2) Optimiser les ressources en eau

3) Pratiques agricoles pour des cultures robustes et améliorer la fertilité des sols

4) Anticiper les dates de semis pour esquiver les stress

5) Opportunités liées au CC

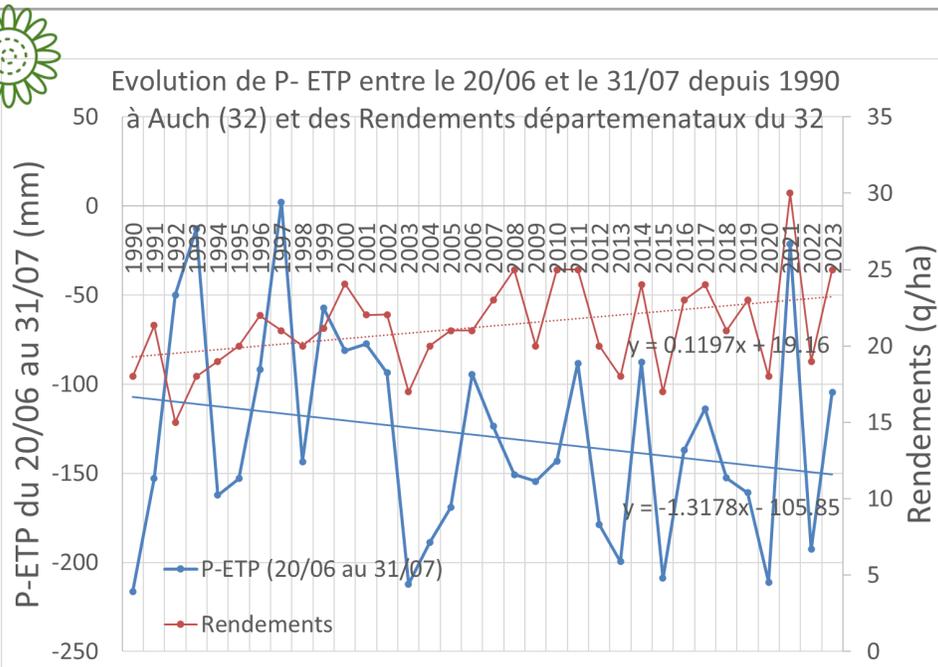
6) Connaissance des bioagresseurs et recherche de moyens de lutte



Non traité dans la présentation

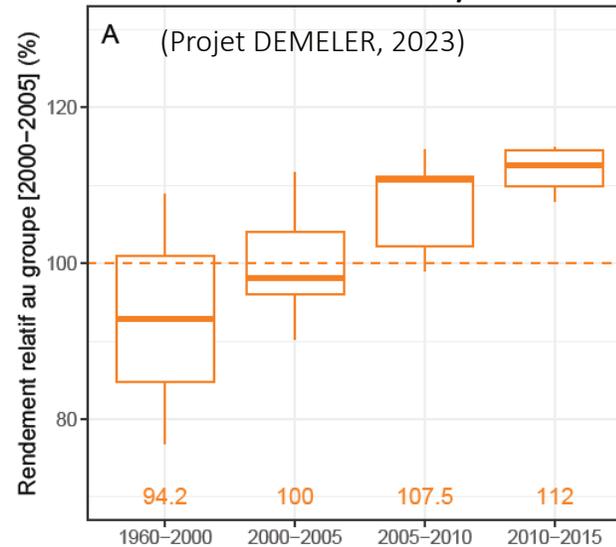


# 1) Le progrès génétique, un levier majeur

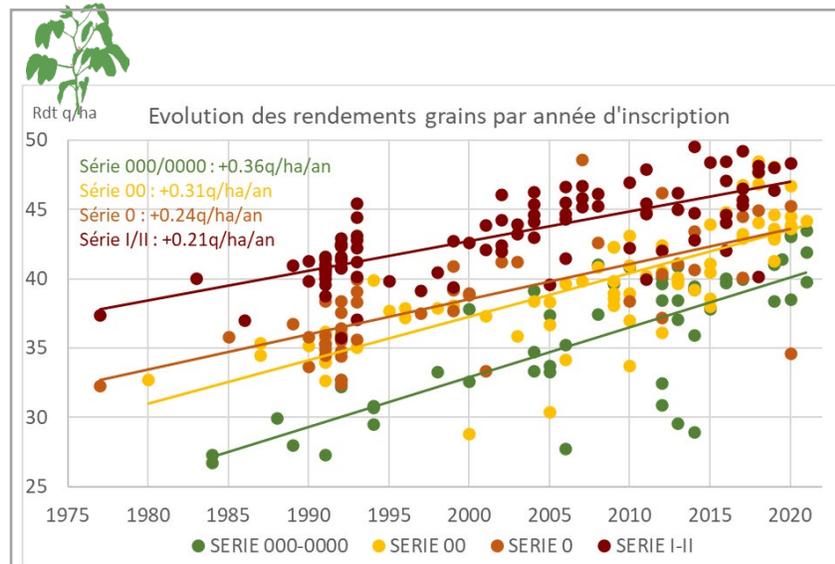


Des rendements qui se maintiennent malgré une augmentation du déficit hydrique estival → **lié au progrès génétique réalisé depuis 1990**

## Progrès génétique tournesol – 2020/21



Progrès génétique continu avec **gain moyen de 1% par an**  
Teneur en huile aussi améliorée par la sélection: **+3 points en 10 ans**

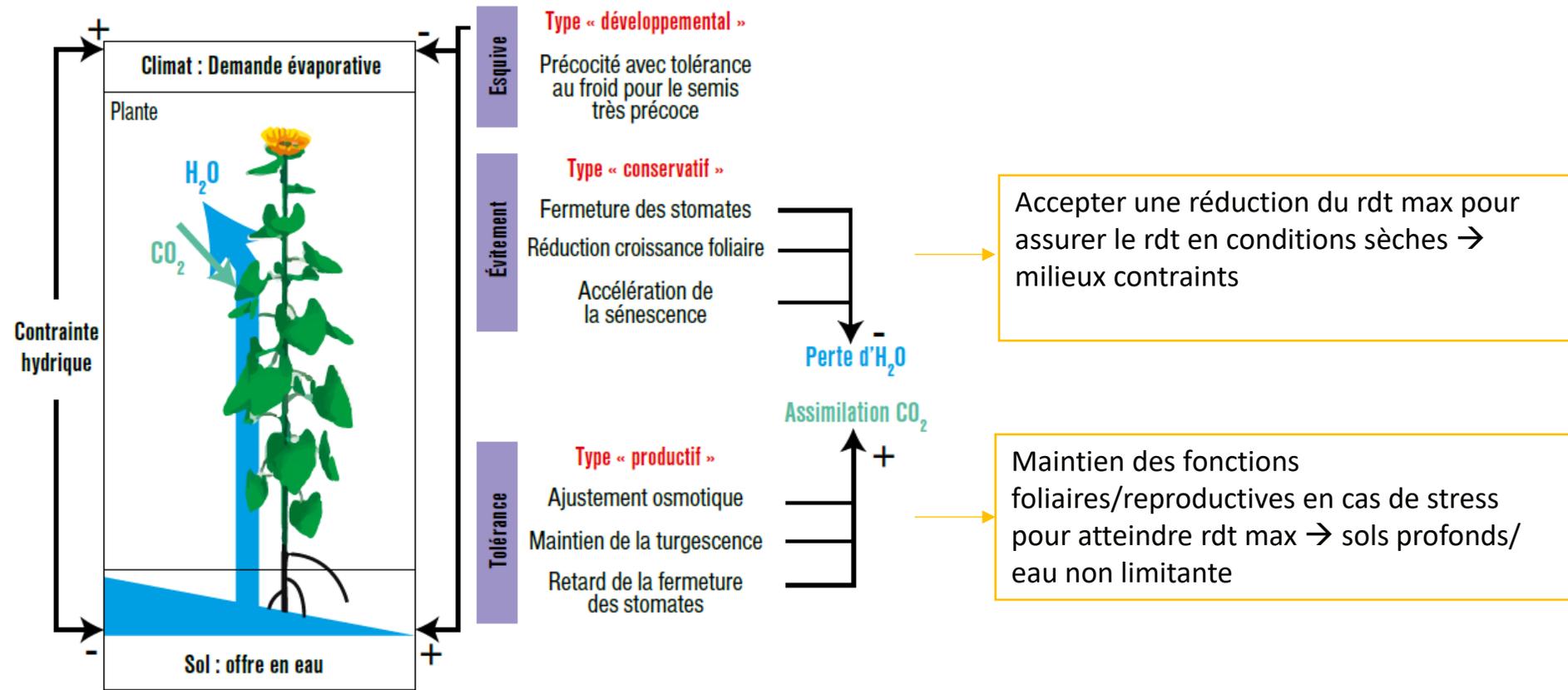


272 variétés évaluées dans 775 essais

Amélioration du rendement de **0.27q/ha/an**  
Amélioration de la teneur en protéines (**0.5 point en 10 ans**), hauteur de la 1ère gousse, la tolérance à la verse  
**+0.36 q/ha/ha pour série 000/0000** : pour une culture plus au nord



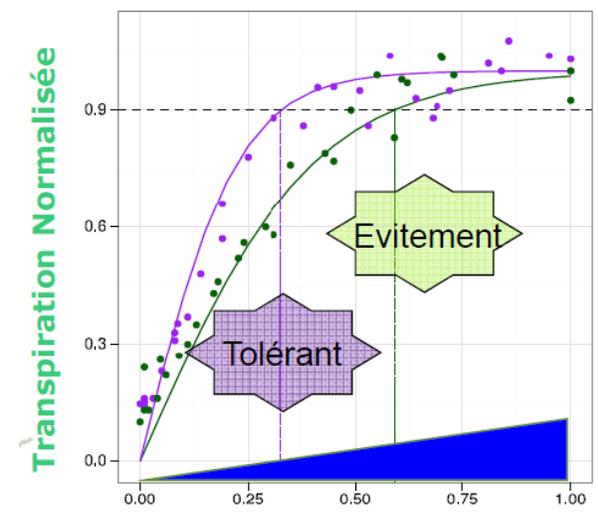
# Différentes stratégies variétales face au stress hydrique



Accepter une réduction du rdt max pour assurer le rdt en conditions sèches → milieux contraints

Maintien des fonctions foliaires/reproductives en cas de stress pour atteindre rdt max → sols profonds/ eau non limitante

**Mêmes stratégies identifiées chez le soja**



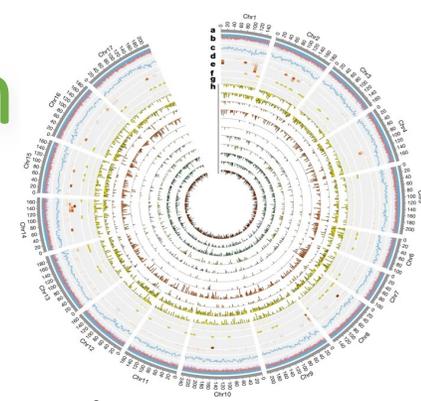
Fraction d'eau transpirable du sol

Indicateur du fonctionnement hydrique - traduit la tolérance au stress hydrique

→ A l'heure actuelle, non converti sous forme de conseils directement applicables au champ (tests au champ prévus en 2026 TI)



# Des projets de recherches pour soutenir la sélection de variétés plus tolérantes



→ Les génomes du tournesol et du soja décryptés: opportunité pour la sélection

→ **Exploration de nouveaux traits d'intérêt et idéotypes** pour **améliorer la tolérance aux stress** (hydrique, thermique : froid en début de cycle), **aux maladies/ravageurs, l'efficacité de l'utilisation de l'eau**

- 
- Une offre de **variétés très précoces** qui s'étoffe – retour d'anciens bassins historique (quart Nord-Est) – cultures en dérobées dans Sud-Ouest
  - Des efforts de sélection sur des variétés moins sensibles aux maladies (Verticillium)



Design **d'idéotype racinaire** pour résister à la sécheresse (*Dayoub et al., 2021*)

- Augmenter l'acquisition des ressources et la vigueur
- Plus de racines latérales et système racinaire plus profond



→ **Projet HelEx (lancé en 2023) : recherches variétales sur l'amélioration au stress hydrique et thermiques à partir de tournesol sauvage extrêmophile, pollinisation, qualité des graines, nouvelles techniques de sélection**

→ **Projet Soystainable (lancé en 2023) : alimentation hydrique, tolérance au froid, symbioses**



# 2- Optimiser les ressources en eau

Dégradation du confort hydrique estival → **hausse des besoins en irrigation**



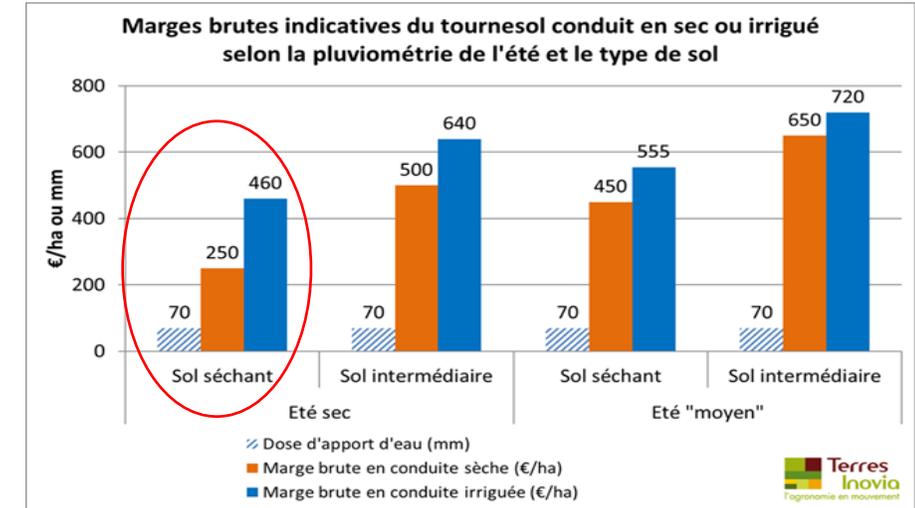
L'irrigation du tournesol : un levier majeur pour limiter les stress

- Culture valorisant de faibles volumes d'eau: ~+1.2 q/ha par 10 mm apportés
- Bonne valorisation même avec qu'un ou deux tours d'eau à floraison, notamment en sols superficiels → Intérêt du tournesol dans systèmes irrigués avec volumes contraints

## Etat des lieux 2023 - Tournesol

- 2-8 % de la sole totale est irriguée (vs 53% en soja)
- 30% des surfaces irrigables de tournesol sont réellement irriguées

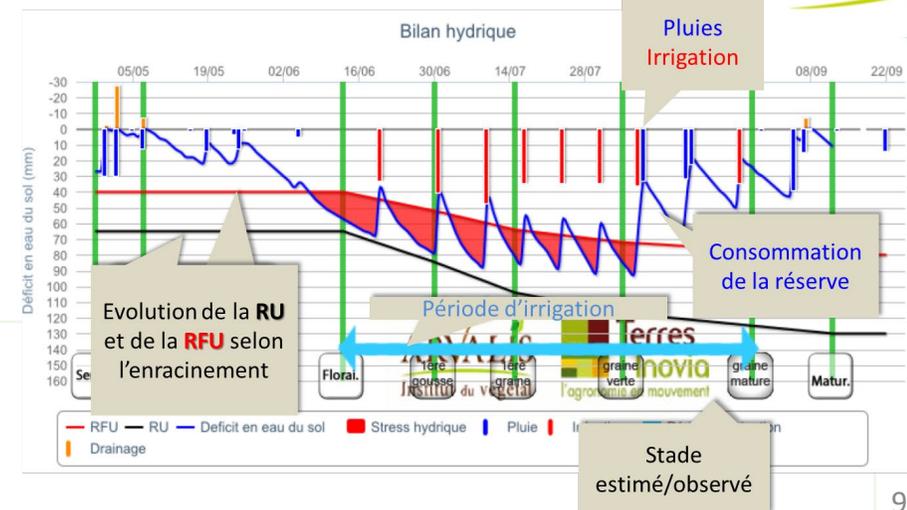
-> une grande marge de progrès



Données d'entrée pour les simulations: 2 apports de 35 mm d'eau, marges brutes hors aides avec prix de vente du tournesol de 500 €/t et un coût de l'eau de 30c €/m<sup>3</sup> – V. Lecomte – Terres Inovia



Irré-LIS®



## Le pilotage: un outil indispensable pour optimiser l'irrigation

L'irrigation doit permettre d'assurer le parcours idéal de croissance

Ex : Pilotage à l'aide de bilan hydrique comme Irré-lis-soja pour connaître le stock d'eau et l'évolution des besoins, pour prendre des décisions éclairées en temps réels et ajuster les pratiques



# 3- Pratiques agricoles pour des cultures robustes et améliorer la fertilité des sols

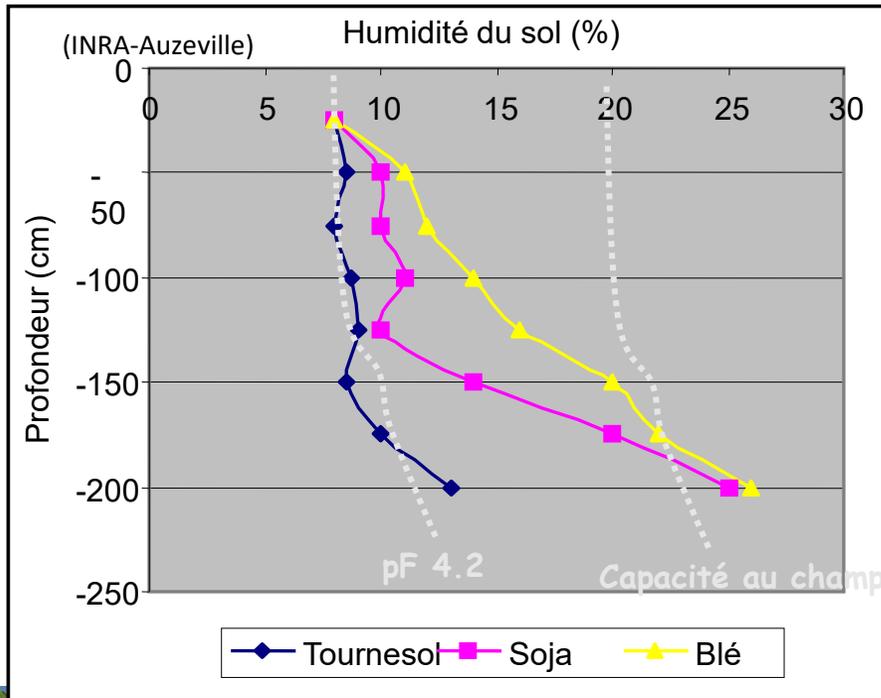


→ Soigner l'implantation pour exploiter au mieux les ressources :

Réussir l'implantation favorise l'obtention d'un **Tournesol Robuste**® : exprime son potentiel en n'étant limité ni par son peuplement, ni par sa surface foliaire, ni son enracinement

→ La **préparation du sol** (sol non compacté) et la **qualité d'implantation** sont cruciales pour un enracinement profond et une bonne captation des ressources notamment hydriques

Profil de dessiccation max. du sol à la récolte



**Projet Insérez Les (2023)** pour mettre au point des légumineuses robustes dont le soja

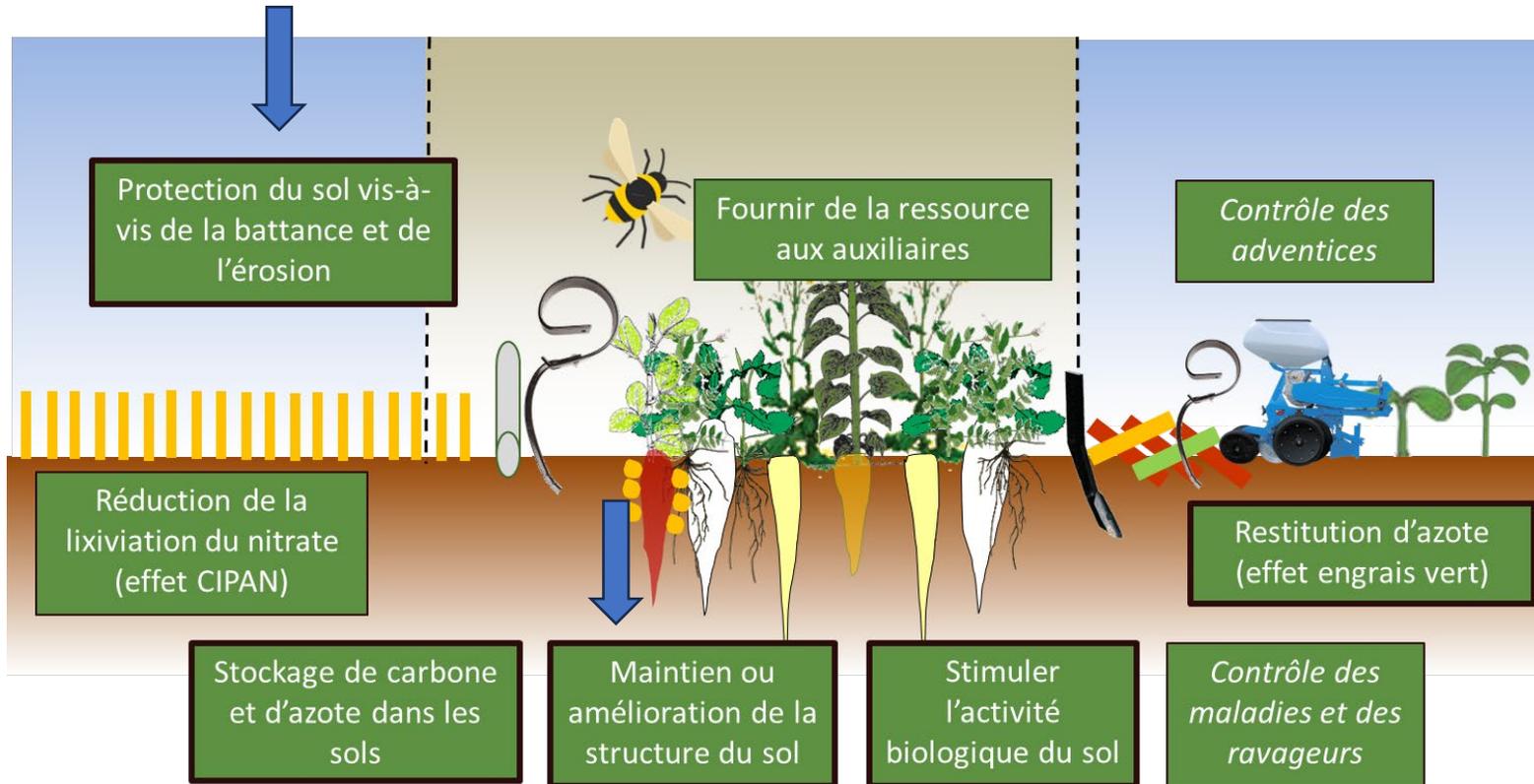
+ thèse qui débute pour identifier les facteurs limitants actuels et futur et les aires de production

→ Point technique Terres Inovia



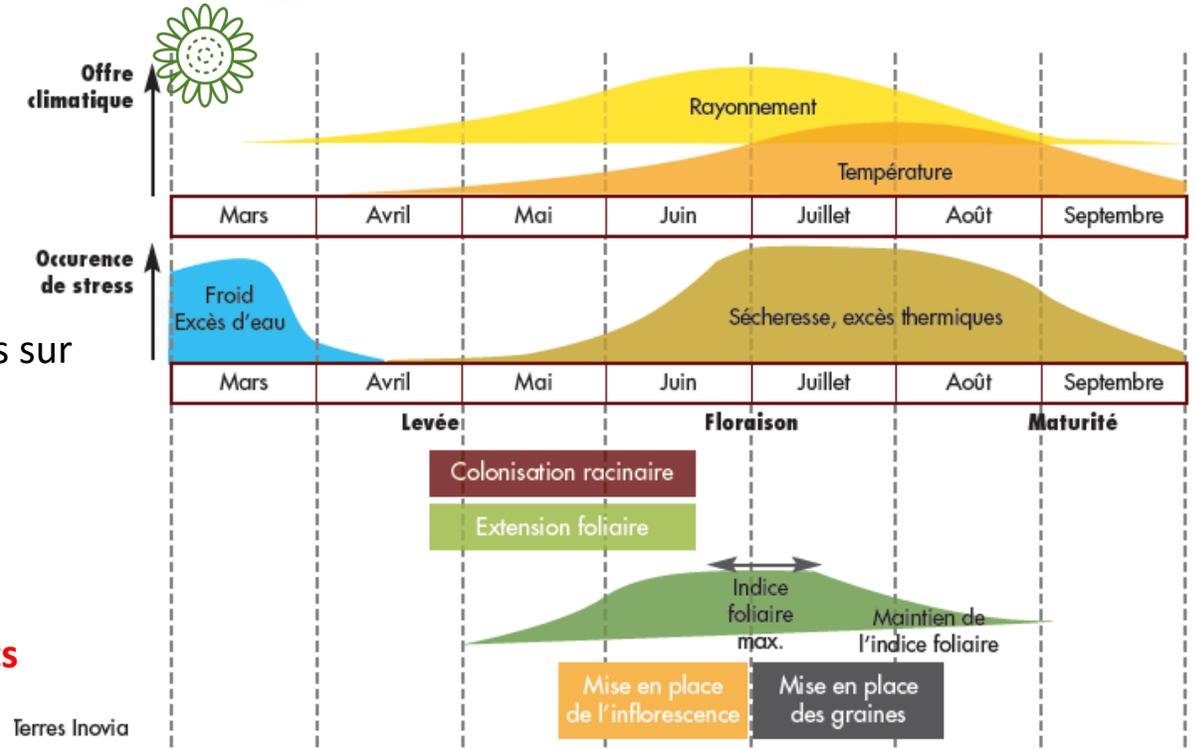
## → Concilier atteinte des bénéfices des couverts végétaux d'interculture et réussite des cultures

Les pratiques vertueuses à l'échelle du système de culture permettent aux cultures une meilleure tolérance face aux stress abiotiques et biotiques.

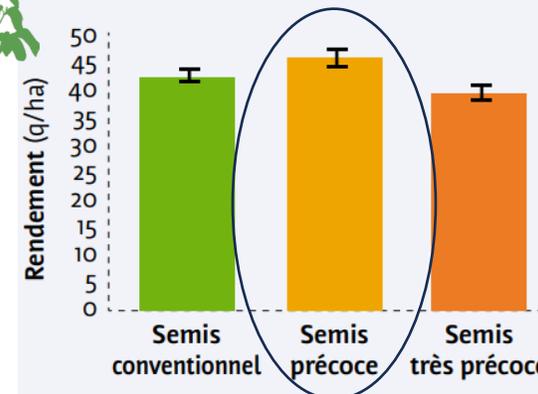


# 4- Anticiper les dates de semis pour esquiver les stress ?

- Semis plus précoces pour limiter l'exposition aux périodes les plus sensibles et les plus stressantes
- Economie de 1 à 2 tours d'eau pour cultures irriguées
- En profitant du réchauffement anticipé des sols
- Des premières études (en conventionnel) encourageantes en ce sens sur tournesol et soja mais qui doivent être renforcées (simulations/expérimentations)
- Plus d'exposition aux bioagresseurs
- **Enjeux:** vigueur au démarrage, capable de germer et supporter des températures basses => **importance d'axer la sélection sur ces sujets**
- **Problématiques supplémentaires liées à l'agriculture biologique :** gestion des adventices etc...



Terres Inovia



Moyenne des 5 années d'essais – irrigué (2010-14)  
Effet neutre ou positif sur le rendement  
Jusqu'à +10q/ha de plus en semant 1 mois plus tôt une variété tardive

- *Simulations prévues pour le tournesol en climat actuel et futur dans le projet « PEI Gestion du stress hydrique et bio solutions » en 2025*
- *Un réseau d'expérimentation soja multisites et multipartenaires pour évaluer l'effet du semis précoce pour l'esquive de stress x effet variété x conduite hydrique (projet Soystainable, essais prévus 2024-2026)*

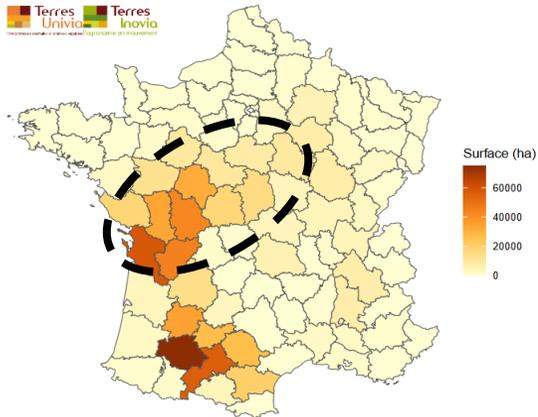


# 5- Une évolution des aires de production déjà en cours



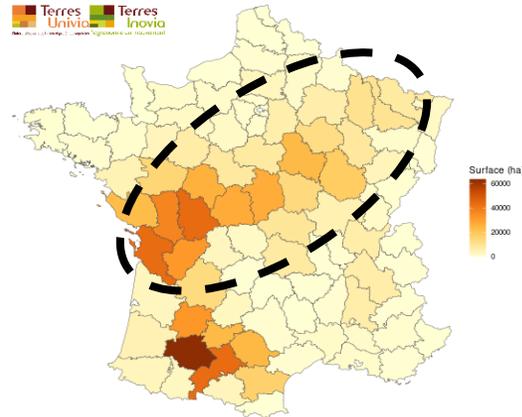
Surface (Total)  
Tournesol - 2010

2010

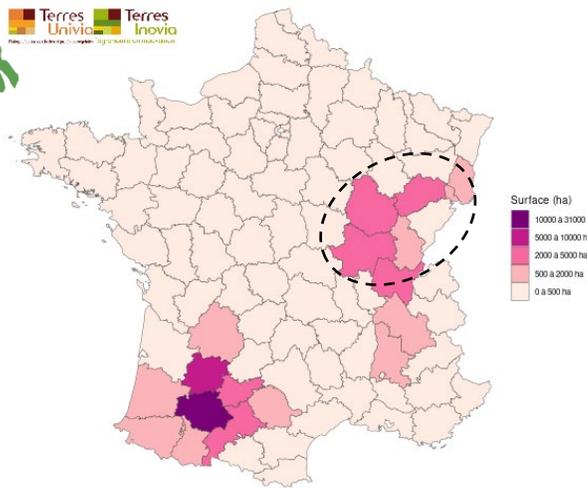


Surface (Total)  
Tournesol - 2024

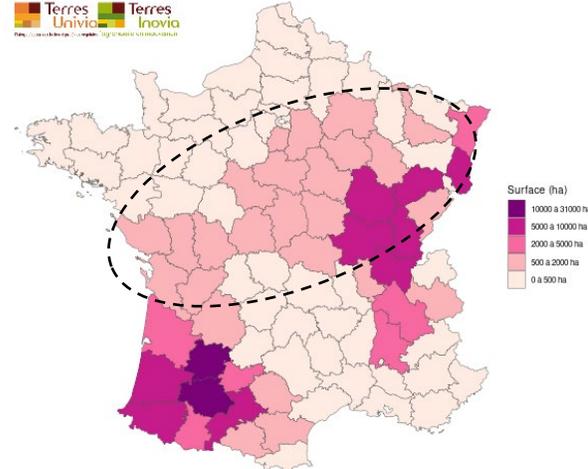
2024



Surface (Total)  
Soja - 2010



Surface (Total)  
Soja - 2024



→ L'augmentation des températures permet une **offre climatique plus favorable** qui rend la culture du tournesol et du soja possible dans certaines régions septentrionales (durée du cycle raccourcie)

→ Enjeu: intégration d'une nouvelle culture dans un système en place

→ Dans le Sud-Ouest, en climat futur : possibilité d'évolution vers des zones avec plus d'altitude ? Piémont pyrénéen, Aveyron...?

## De nouvelles opportunités pour le dérobé aussi!

- Semis précoce, sur parcelle à sol profond
- **L'irrigation est déterminante pour la réussite en double culture + eau à la levée**
- Choix variétal important pour sécuriser la récolte et réduire les frais de séchage (TP ou P)
- Des variétés plus tardives possibles dans le futur (simulations)
- Mais: plus d'exposition aux stress hydriques et thermiques



# Conclusion et perspectives

- Des attentes fortes côté génétique
- Plusieurs leviers et des opportunités de pratiques dont certaines sont conditionnées par un accès suffisant à l'eau
- Un ensemble d'adaptations de la conduite à évaluer et à combiner
- Une approche systémique essentielle (fertilité des sols, SdC)
- Des connaissances à maintenir et approfondir (ex: bioagresseurs)
- Des approches de modélisation complémentaires à mobiliser (scénarios prospectifs en climat futur)

→ plusieurs projets en cours ou à venir



# Merci pour votre attention !

