



JOURNÉE IRD

COMMENT INTÉGRER L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS L'ACCOMPAGNEMENT DES AGRICULTEURS ?

L'innovation et la R&D au service de l'adaptation des filières

PARTENAIRES :

AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE :



Grandes cultures





14H

Animation de l'après-midi

 Sophie Vallade (ARVALIS), Christophe Vogrincic (Terres Inovia), Pierre Goulard (Chambre d'agriculture Occitanie)

SYSTEME ET CONDUITE DE CULTURES

14H - 16H

Couverts végétaux : quelle adaptation face au changement climatique ?

 Loïc Doussat (Chambre d'agriculture de l'Aude), Romain Raynier (SARL La Peyruque)

Quelles pistes pour faire évoluer les itinéraires techniques dans ce nouveau contexte climatique ?

> *Exemple du maïs : combiner les leviers pour recaler les cycles et s'appuyer sur des modèles pour piloter l'irrigation (projet Climvalley)*

 Sylvie Nicolier (ARVALIS)

Exemple du tournesol : l'adaptation du tournesol au changement climatique : des leviers pour limiter la vulnérabilité et optimiser les bénéfices

 Héléne Tribouillois (Terres Inovia)

L'assolement comme levier d'adaptation face au changement climatique

> *Exemple du projet CLIMASSOL sur des exploitations agricoles de grandes cultures de Nouvelle-Aquitaine*

 Alice Valles (ARVALIS)

ADAPTATION VARIÉTALE

16H - 16H30

Prospective sur de nouvelles variétés : quels travaux de la recherche ?

Evaluation de la tolérance au sec des variétés de soja : quelles perspectives ?

 Héléne Tribouillois (Terres Inovia)

La variété du futur, tolérante à la sécheresse ? Vers un ensemble de variétés adaptées aux scénarios locaux de sécheresse et de chaleur

 Claude Welcker (INRAE)

ÉVOLUTION DES FILIÈRES

16H30 - 16H50

De nouvelles opportunités pour la culture du soja dans le contexte du changement climatique ?

 Philippe Debaeke (INRAE)

Conclusion



Couverts végétaux : quelle adaptation face au changement climatique ?



Romain Raynier (SARL de La Peyruque)

Loïc Doussat (Chambre d'agriculture de l'Aude)

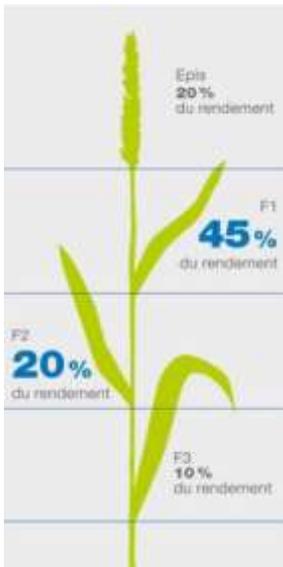
Les prérequis



- Adaptation à la réglementation,
- Optimisation des ressources,
 - Améliorer l'efficacité de l'Azote,
 - Diminution des charges,
- Amélioration des conditions de travail,
- Ecophyto,
 - Améliorer la gestion des bioagresseurs,
 - Alternative aux produits phytosanitaires,
 - sortie du glyphosate,...



ÉCOPHYTO
DEPHY Réseau de Démonstration,
Expérimentation et Production
de références sur les systèmes
économiques en phyto-sanitaires.



Ruissellement & infiltration par JF Ouvry



Tableau 8.1 Capacité d'infiltration (mm/h) de quelques catégories de sols (Gray, 1972).

Catégorie de sol	Sol nu	Culture en rang	Pâturage pauvre	Céréales	Pâturage de qualité	Forêt
I	7,5	12	15	18	25	75
II	2,5	5	7,5	10	12	22
II	1,2	1,8	2,5	3,8	5	6
IV	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Catégorie I : Sols de texture grossière

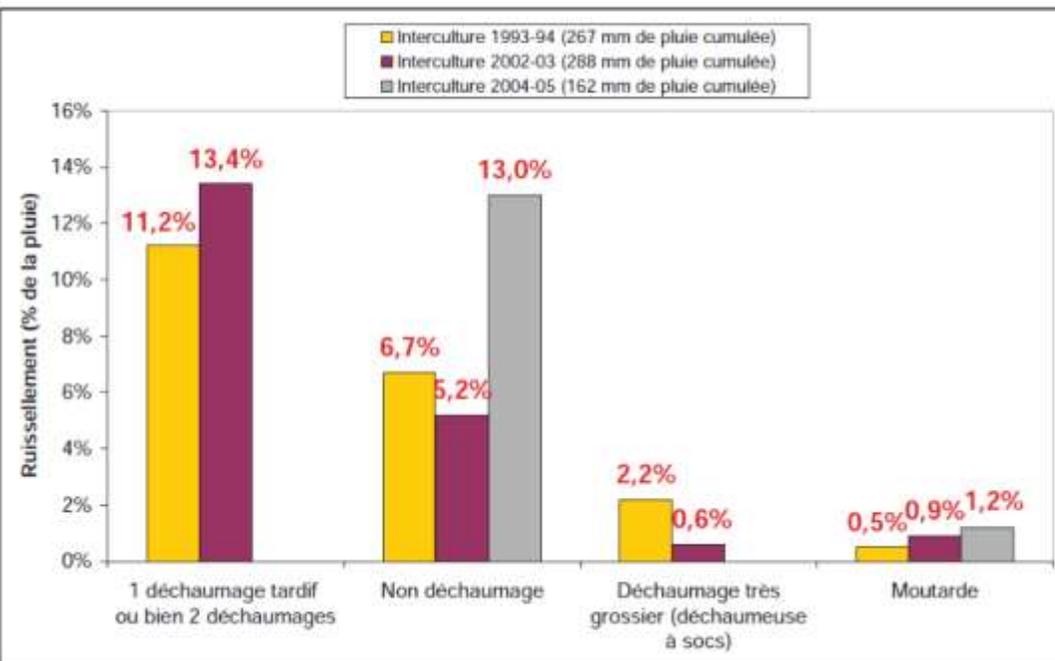
Catégorie II : Sols de texture moyenne

Catégorie III : Sols de texture fine

Catégorie IV : Sols minces

► **Figure 1** : Synthèse de trois années de mesures du ruissellement en interculture : valeurs cumulées du 1^{er} décembre au 31 janvier

(Source : P. MARTIN, INRA et Chambre d'agriculture 76)



Les CIMS de L. Alletto



INRAE



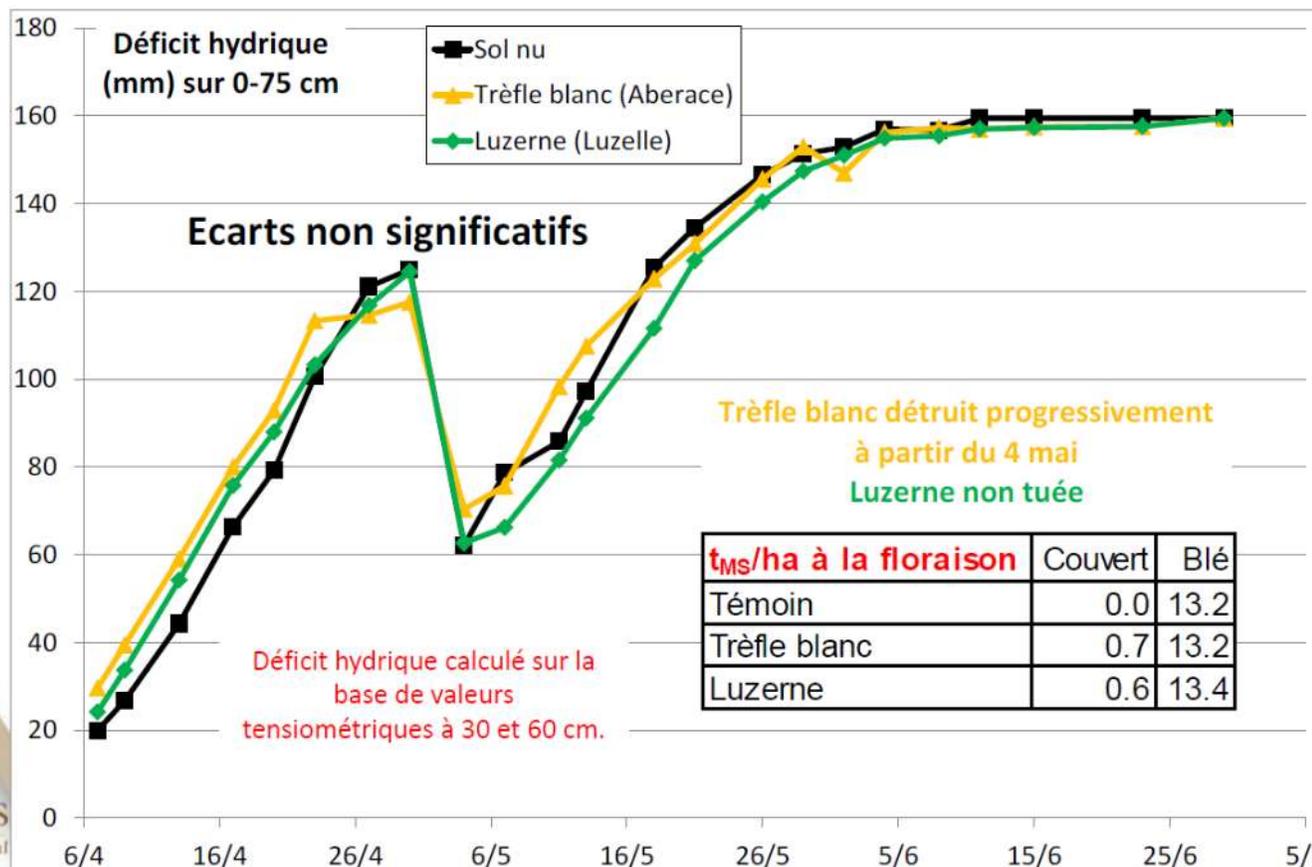
L'effet de la biomasse par JL Verdier



Boigneville 2015 (mai-juin secs) : pas d'effet de couverts bien régulés sur l'eau du sol !

Faible biomasse = faible transpiration ; moins d'évaporation

ARVALIS



➤ Romain Raynier (SARL de la Peyruque)

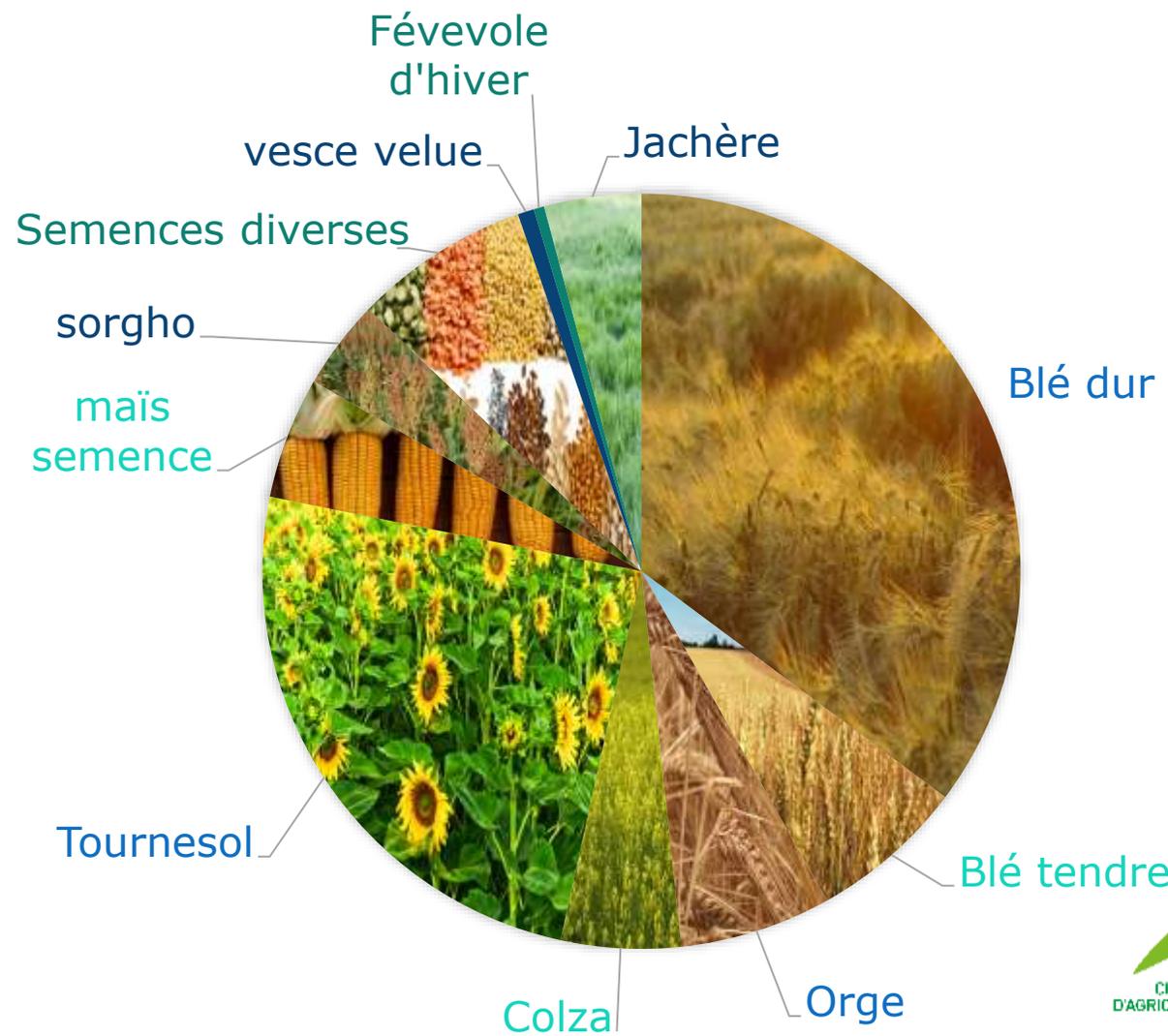


ASSOLEMENT 2023



A Proximité de Castelnaudary (11)

180 ha de Grandes Cultures





Quelles pistes pour faire évoluer les itinéraires techniques dans ce nouveau contexte climatique ?

**Exemple du maïs :
Combiner les leviers pour recalibrer les cycles
et s'appuyer sur des modèles pour piloter l'irrigation
(projet Climvalley)**

Sylvie NICOLIER
s.nicolier@arvalis.fr

▶ **Maïs : combiner les leviers pour recalibrer les cycles et s'appuyer sur des modèles pour piloter l'irrigation**



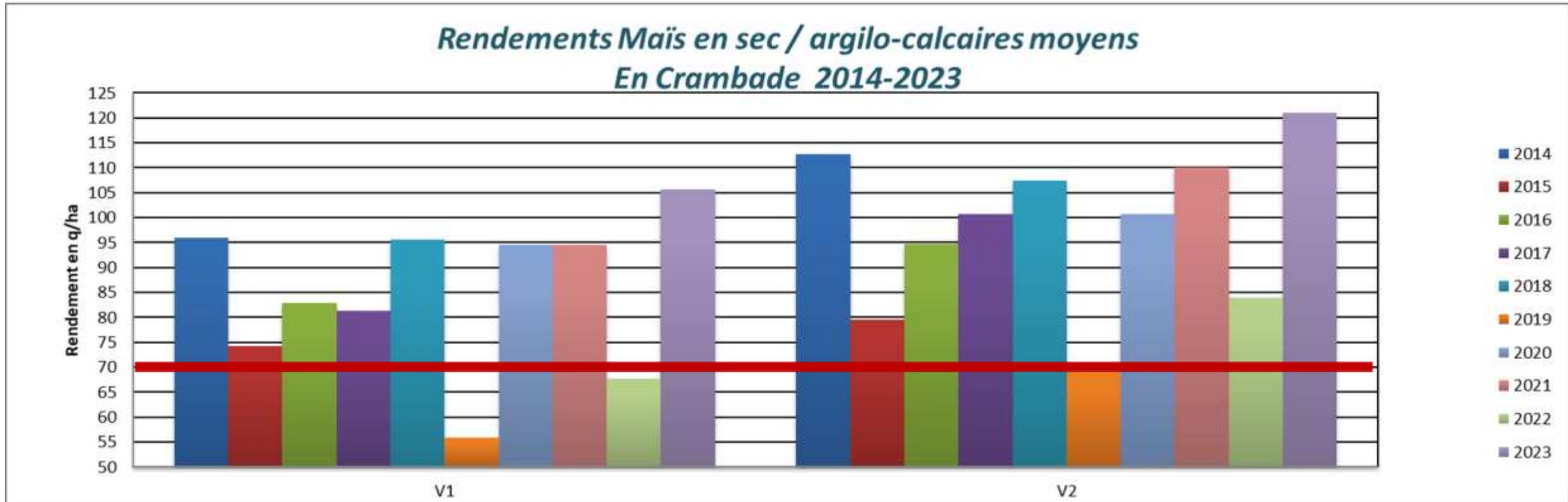
- Recalage du cycle : exemple du maïs pluvial
- Maïs irrigué : combinaison de leviers
- Un projet local en cours : Climvalley
- En guise de conclusion

Maïs : combiner les leviers pour recalibrer les cycles



MAÏS PLUVIAL
Coteaux argilo-calcaires

Maïs pluvial : une forte variabilité interannuelle



Pour la V1, une production rentable 8 années sur 10.

▶ Maïs pluvial : Rappel des points-clés



Mars

Juin

Septembre

Semis précoce
(Mars)

Floraison

Récolte

Une libération du sol
tôt, adaptée à

Variété précoce
(G2, début G3)

Humidité $\leq 15\%$

→ 0 frais de séchage

l'implantation d'une
céréale à paille ou

Choix variétal

d'un couvert dans
des conditions

favorables

RU > 100 mm

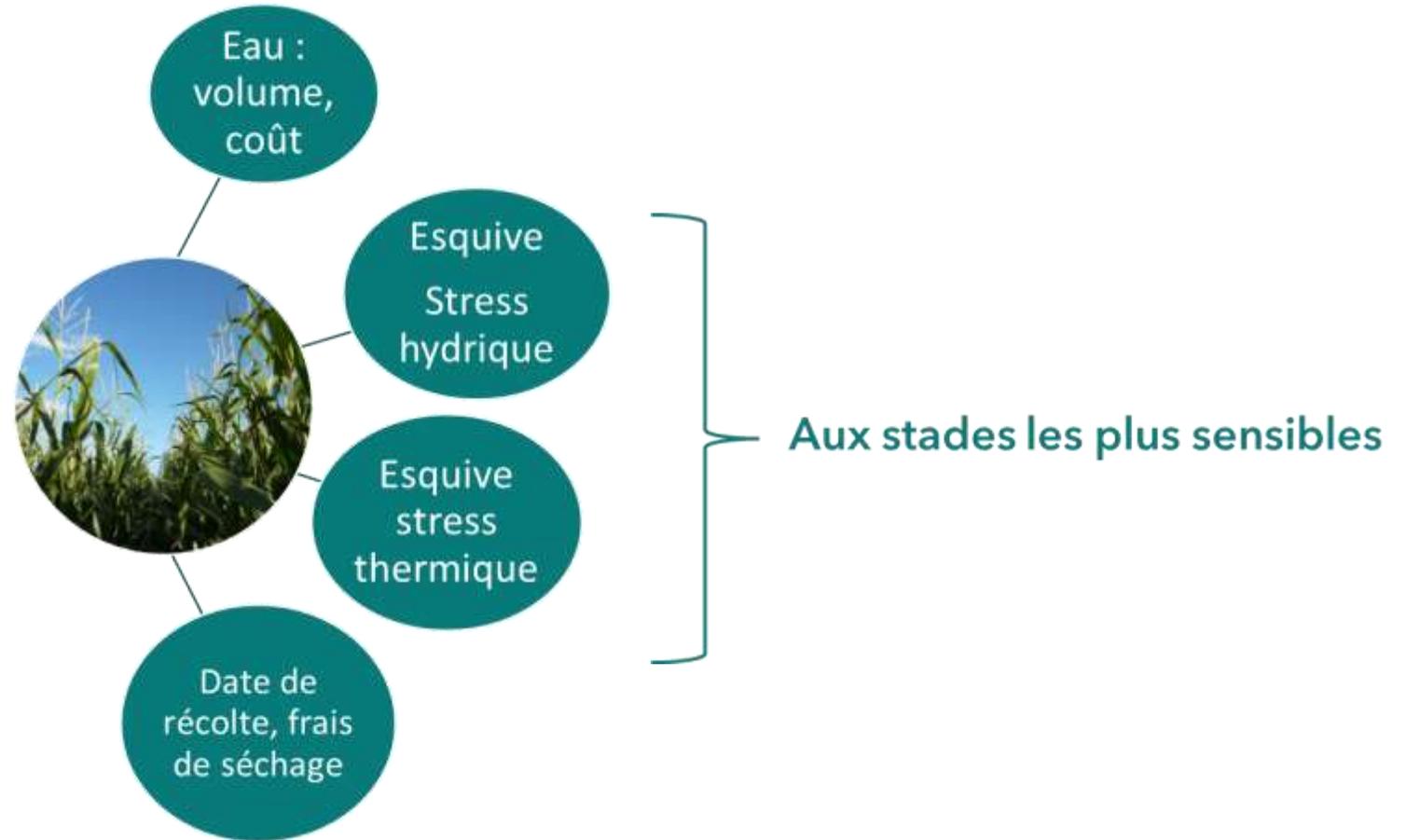


Maïs : combiner les leviers pour recalibrer les cycles

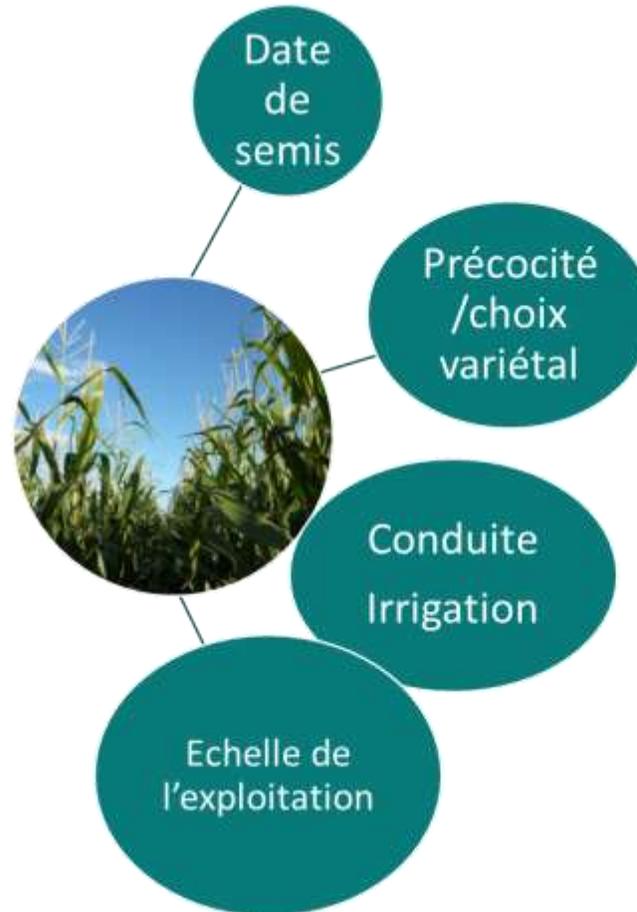


MAÏS IRRIGUE
Vallée de Garonne et affluents

▶ Maïs irrigué : quels enjeux ?



▶ Maïs irrigué : quels leviers d'optimisation ?



Dates de semis et évolution des stades du maïs



Agen, Terrefort moyen (RU 120mm)

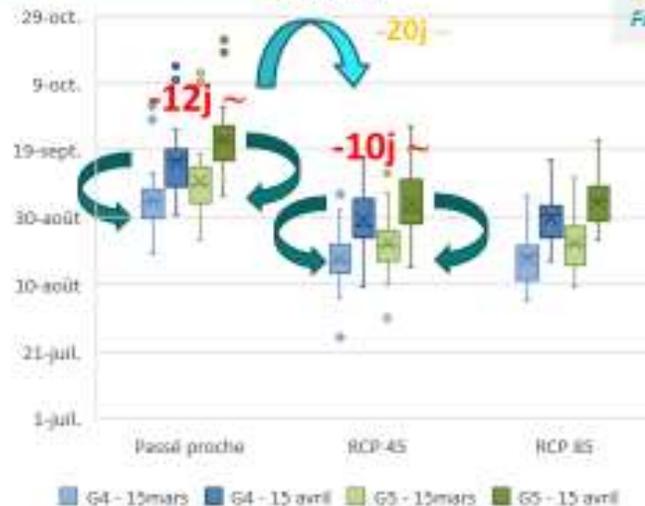
Date H32

Passé 1976-2005

Futur 2033-2064 - RCP 4.5

Futur 2035-2064 - RCP 8.5

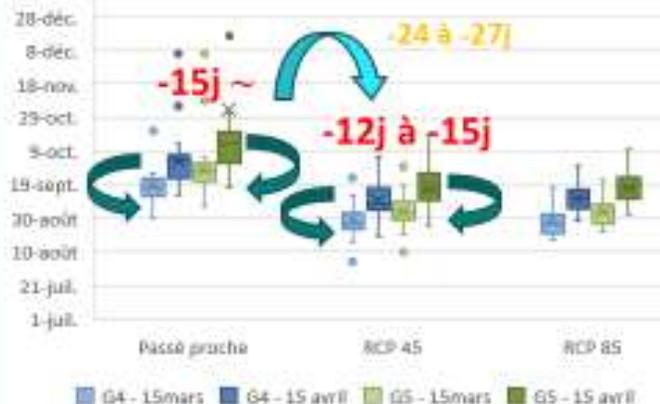
Date de floraison



- Période Semis - Floraison raccourcie de 10 jours supplémentaires avec un semis au 15 mars.
- Semis 15 mars, date de floraison : 25 juin.
- Semis 15 mars, maturité: 15-20 août.

- 15 jours d'avance supplémentaire avec un semis au 15 mars pour atteindre H25 ou H20.
- Semis au 15 mars, H25 atteint fin août début septembre.
- Semis au 15 mars, H20 atteint deuxième décade de septembre.

Date H25



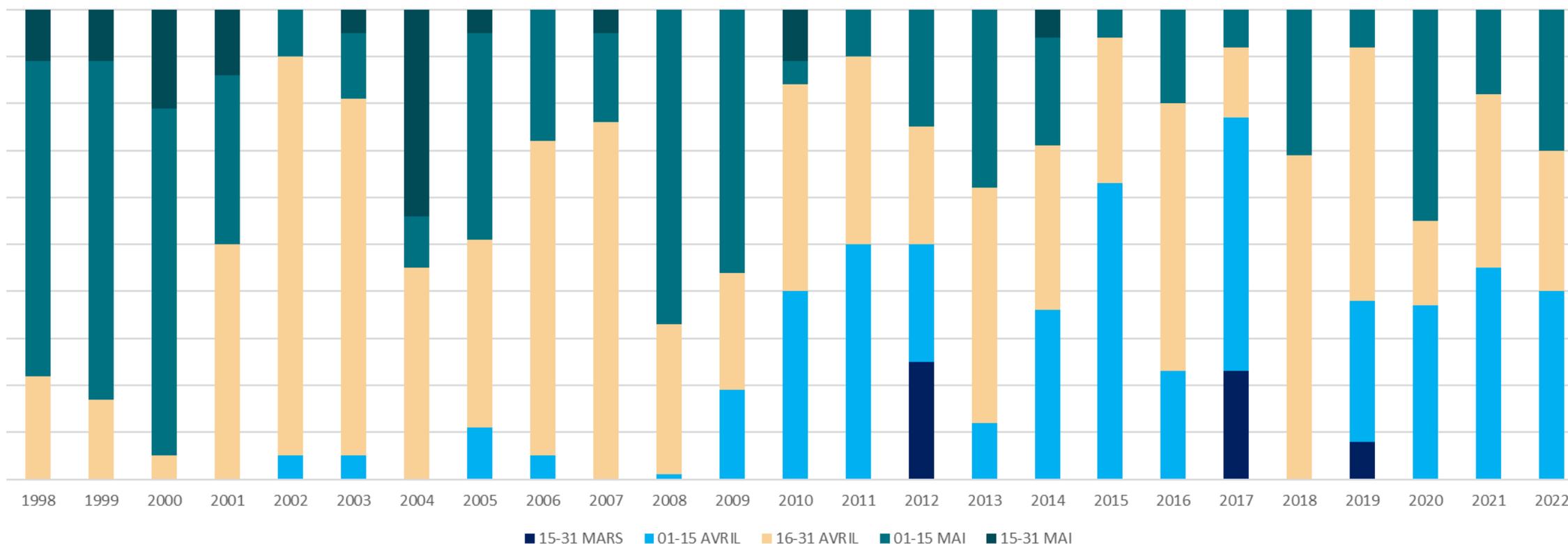
Date H20



▶ Date de semis : précocification visible depuis plus de 10 ans



PERIODE DE SEMIS : VARIETES G5/TARDIVES RESEAU VPI
BASSIN DE LA GARONNE
1998-2022



Une influence des conditions climatiques du printemps

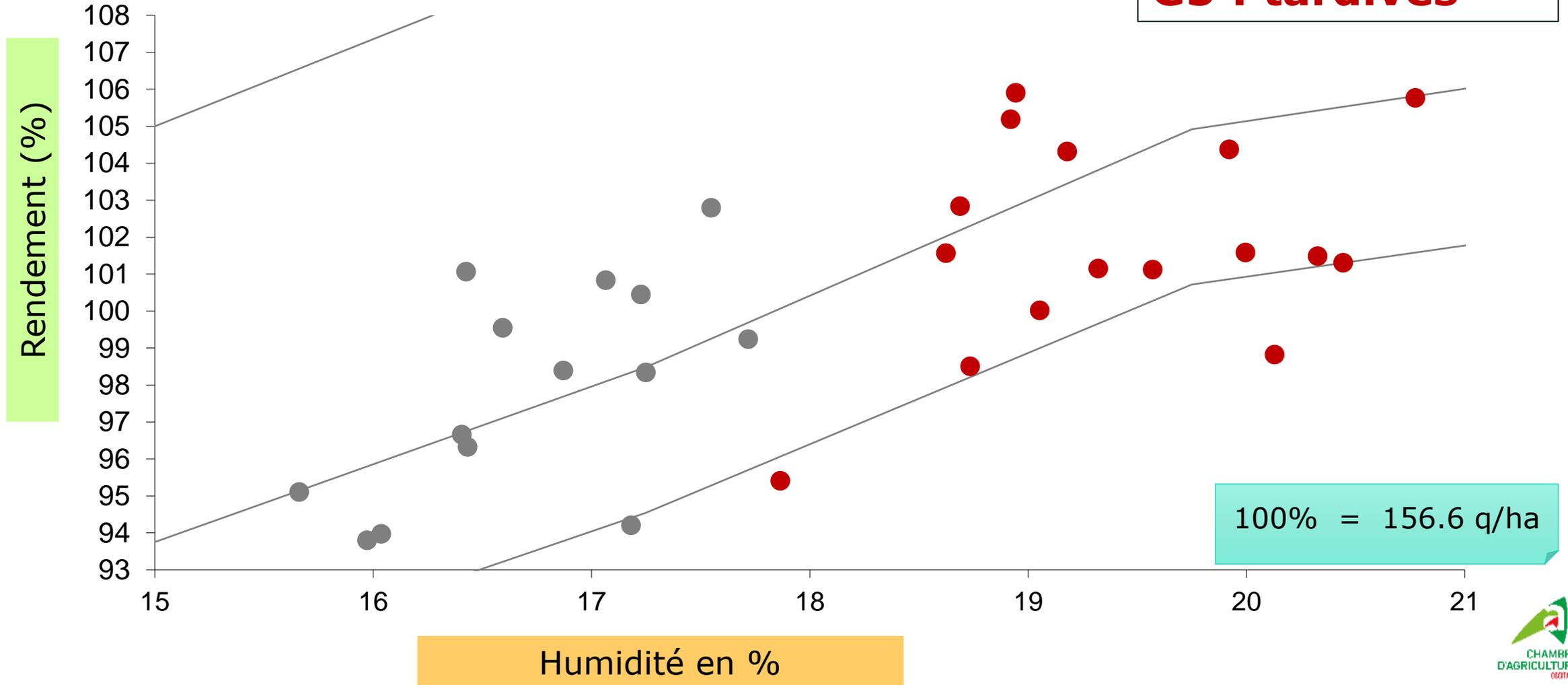
Choix de la précocité : Essais sans stress hydrique limitant

Sites du réseau VPI avec G4 et G5

Comportement rendement/précocité « classique »



G4 : ½ tardives
G5 : tardives



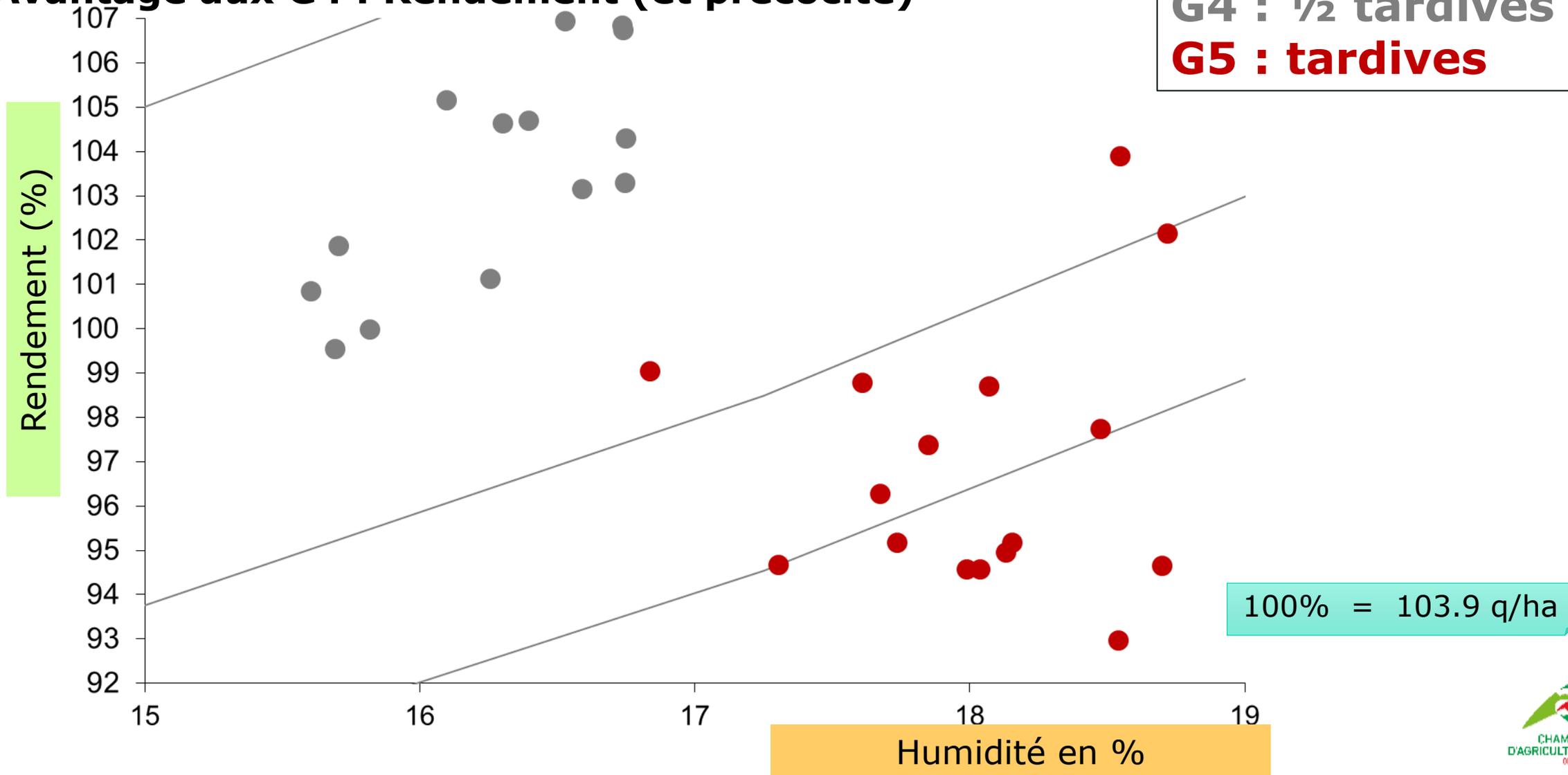
Choix de la précocité : Essais avec stress hydriques et thermiques limitants



Sites du réseau VPI avec G4 et G5

Avantage aux G4 : Rendement (et précocité)

G4 : 1/2 tardives
G5 : tardives



Choix variétal : l'intégralité des informations des variétés de maïs sur :



La référence de l'évaluation variétale



Armaïs
Accueil À propos Les réseaux d'expérimentation Fonctionnalités de l'outil Actualités Nous contacter

Tout savoir sur les variétés à comparer Choisir ma variété Résultats Post-Inscription France

Année d'expérimentation 2022 Type de variétés Grain

Résultats annuels Synthèses plantations

Résultats Post-Inscription 2022 G3 - demi-précoce à demi-tardive Centre, Centre-Ouest et Sud-Ouest

Résultats Post-Inscription 2022 G3 - demi-précoce à demi-tardive Alsace, Als, Bourgogne et Auvergne

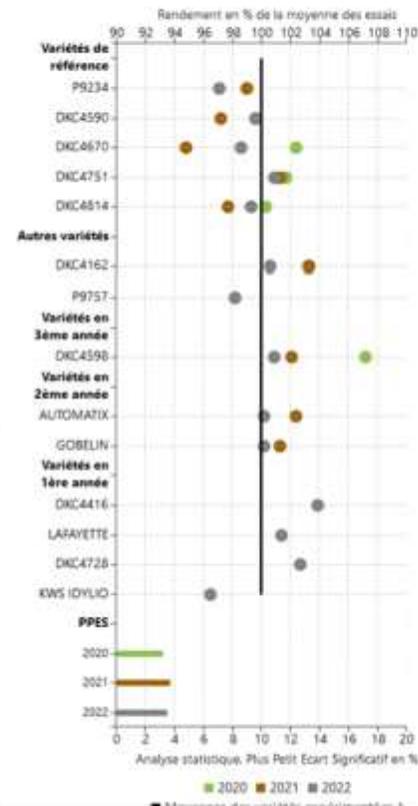
Résultats Post-Inscription 2022 G3 - demi-précoce à demi-tardive Toutes zones de culture - Résultats par potentiel de rendement

Résultats des variétés expérimentées en réseau de Post-Inscription en 2022
G3 - demi-précoce à demi-tardive
Centre, Centre-Ouest et Sud-Ouest

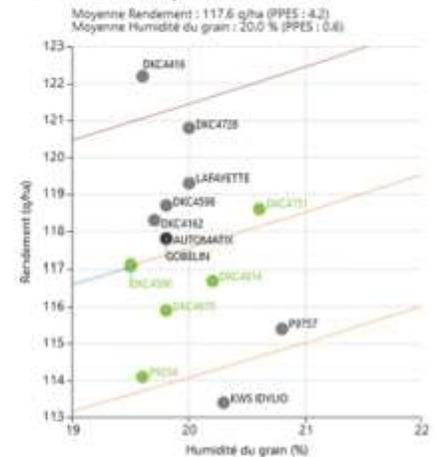
	Année d'inscription	Pays d'origine	Densité (tiges/ha)	Rendement (t/ha)	Régularité du rendement E.T. (%)	Rendement net (t/ha)	Humidité du grain (%)
Zone de regroupement							
Nbre d'essais			10	10	10	10	10
Variétés de référence							
P9234 (RP)	2014	IT	91.3	97.1	3.1	97.4	19.6
DKC4590	2009	HU	92.7	99.6	2.7	100.0	19.5
DKC4670	2017	HU	91.1	98.6	3.6	98.7	19.8
DKC4751	2016	★	91.1	100.9	1.5	100.3	20.6

Résultats des variétés expérimentées en réseau de Post-Inscription en 2022
G3 - demi-précoce à demi-tardive
Centre, Centre-Ouest et Sud-Ouest

Rendements annuels des variétés expérimentées



Rendements, Précocité à la récolte et courbes de rendements nets équivalents*



* Courbes de rendements nets équivalents après prise en compte des frottes et coûts de séchage. Des variétés situées à égale distance d'une courbe sont équivalentes en rendement net.



Résultats Post-Inscription 2022

G4 - demi-tardive

Toutes zones de culture - Résultats par potentiel de rendement

Résultats



Résultats Post-Inscription 2022

G5 - tardive

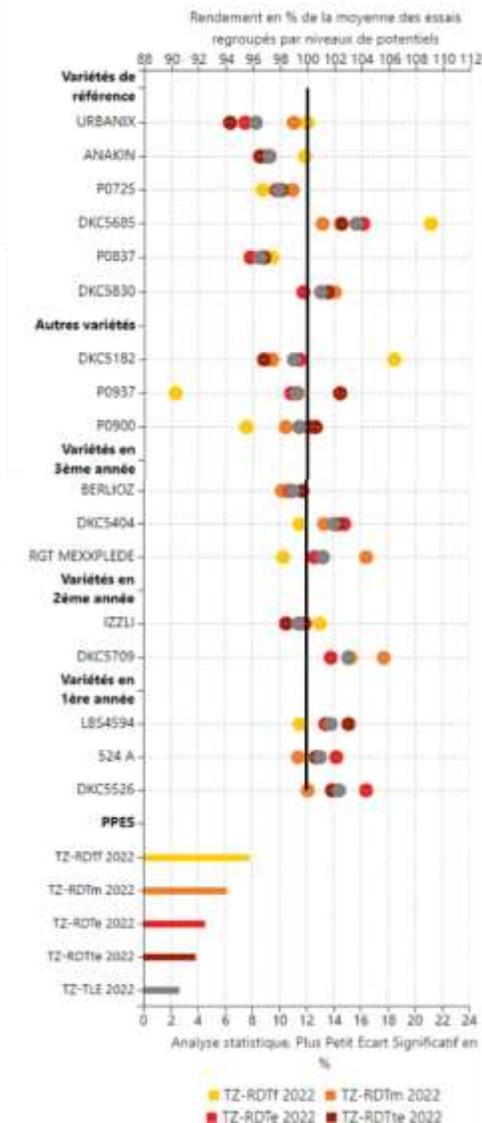
Toutes zones de culture - Résultats par potentiel de rendement

Résultats



- Permet d'évaluer le comportement des variétés dans des conditions stressantes, en contexte limitant

Rendements annuels des variétés expérimentées

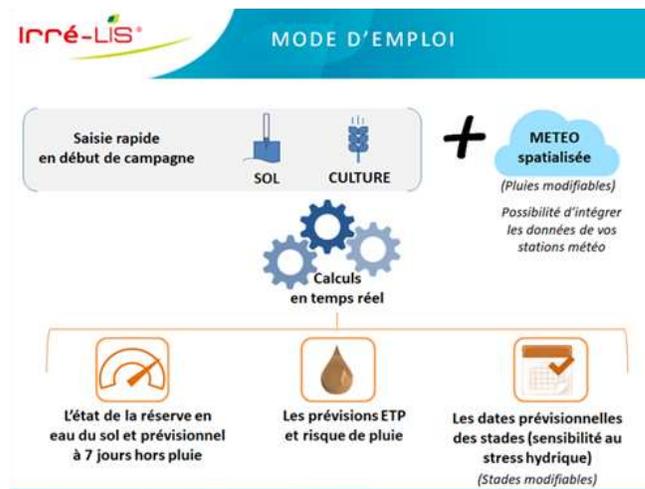


Irrigation : au plus près des besoins

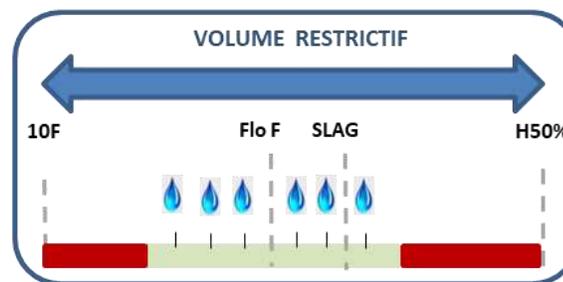
Gestion de volumes limités : Irré-LIS® volume limité



- IRRELIS®



- IRRELIS® volume limité



Volume disponible	Fréquence (jours)	Rythme (mm/jour)	08-juin	16-juin	24-juin	02-juil	10-juil	18-juil	26-juil	03-août	11-août	19-août	27-août
175 mm	8	3,1		25	25	25	25	25	25	25			
150 mm	9	2,8		25	25	25	25	25	25				
125 mm	10	2,5			25	25	25	25	25				

Maïs : combiner les leviers pour recalibrer les cycles

Climvalley, un projet local

« Evaluation de pistes pour améliorer la résilience des systèmes

de production de vallée irrigués à dominante maïs

dans un contexte de changement climatique »

2021-2025

Partenaires



Financeurs :



CLIMVALLEY

Sols de vallées d'Occitanie, terres irrigables



- Double enjeu :

- ① Maintenir la rentabilité des assolements dans les sols de vallée et améliorer la résilience des systèmes ;

- ② S'adapter au changement climatique par l'évolution des assolements, l'adaptation des itinéraires techniques et l'amélioration l'efficience de l'eau (pluviale et d'irrigation).

CLIMVALLEY : 5 ACTIONS



- Action 1 : adaptation des systèmes : à l'échelle de l'exploitation agricole (co-conception et simulation **ASALEE**) et à l'échelle de l'itinéraire technique (co-conception de leviers techniques)
- Action 2 : Déterminer la meilleure stratégie d'irrigation en volume limité par des tests avec l'outil de pilotage de l'irrigation **Irré-LIS®**
- Action 3 : Analyse de la faisabilité des leviers de l'itinéraire technique au travers de l'expérimentation au champ
- Action 4 : Evaluation de la performance des adaptations à l'échelle de l'itinéraire technique, testées avec **SYSTERRE®**
- Action 5 : Communication écrite et orale

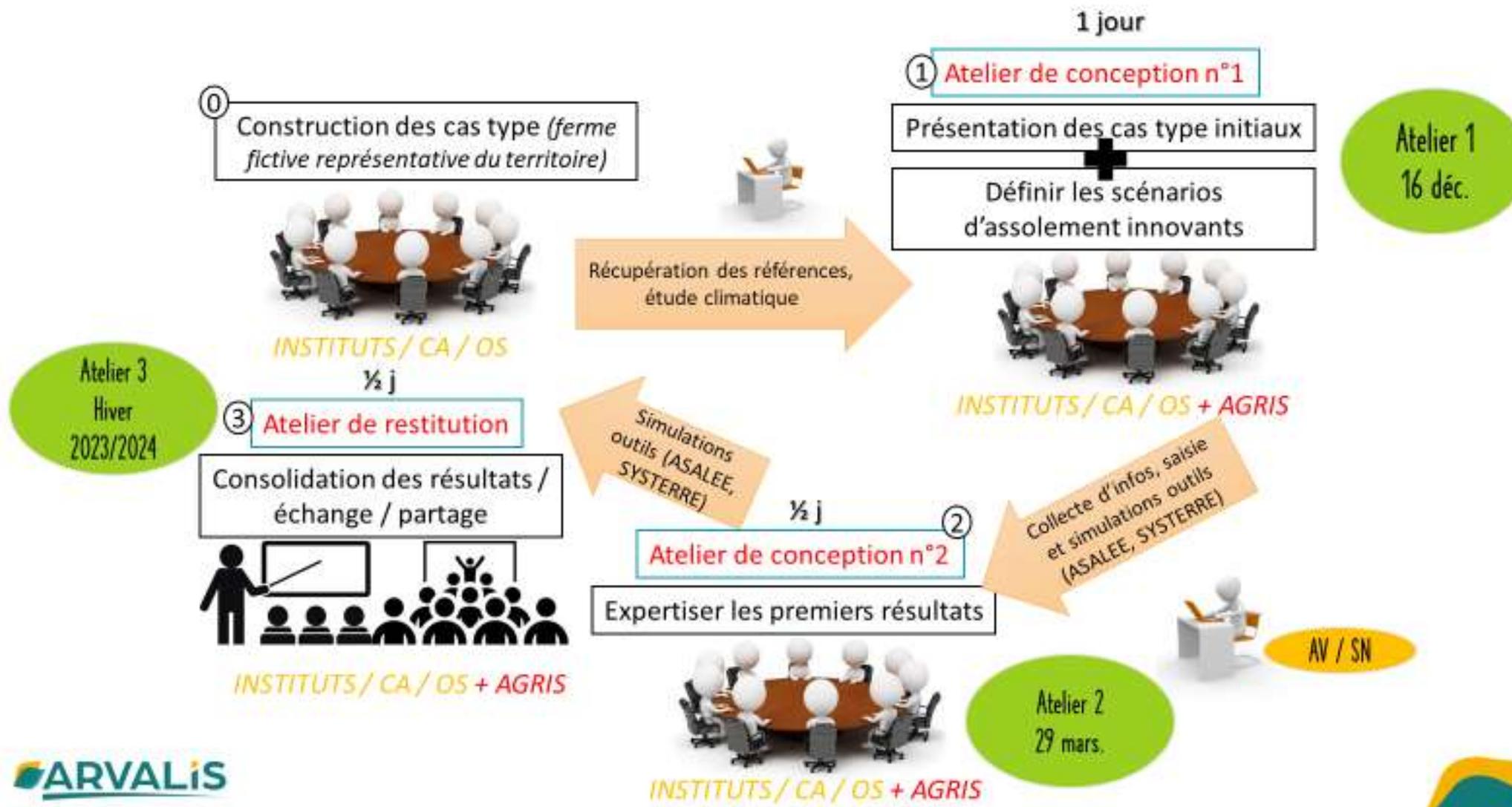
CLIMVALLEY : ACTION 1



- 2 cas-types :
 - Cas-type « grandes cultures »
 - Cas-type « polycultures élevage »



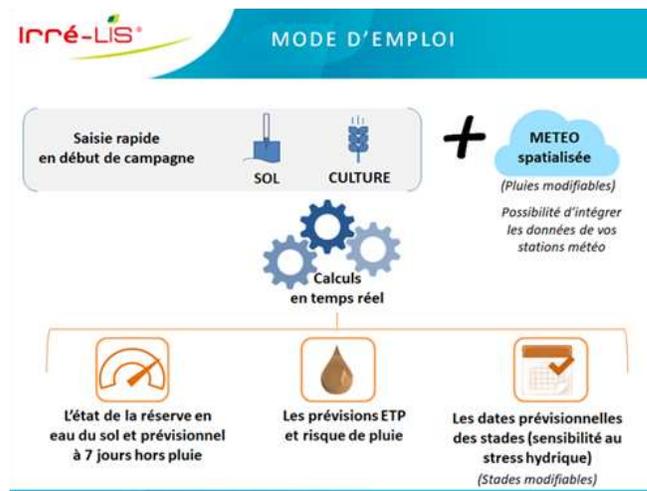
CLIMVALLEY : ACTION 1 / CO-CONCEPTION CAS TYPE GRANDES CULTURES



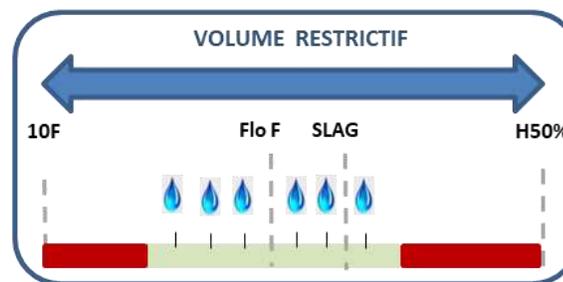
CLIMVALLEY : Action 2 Irré-LIS® volume limité



- IRRELIS®



- IRRELIS® volume limité



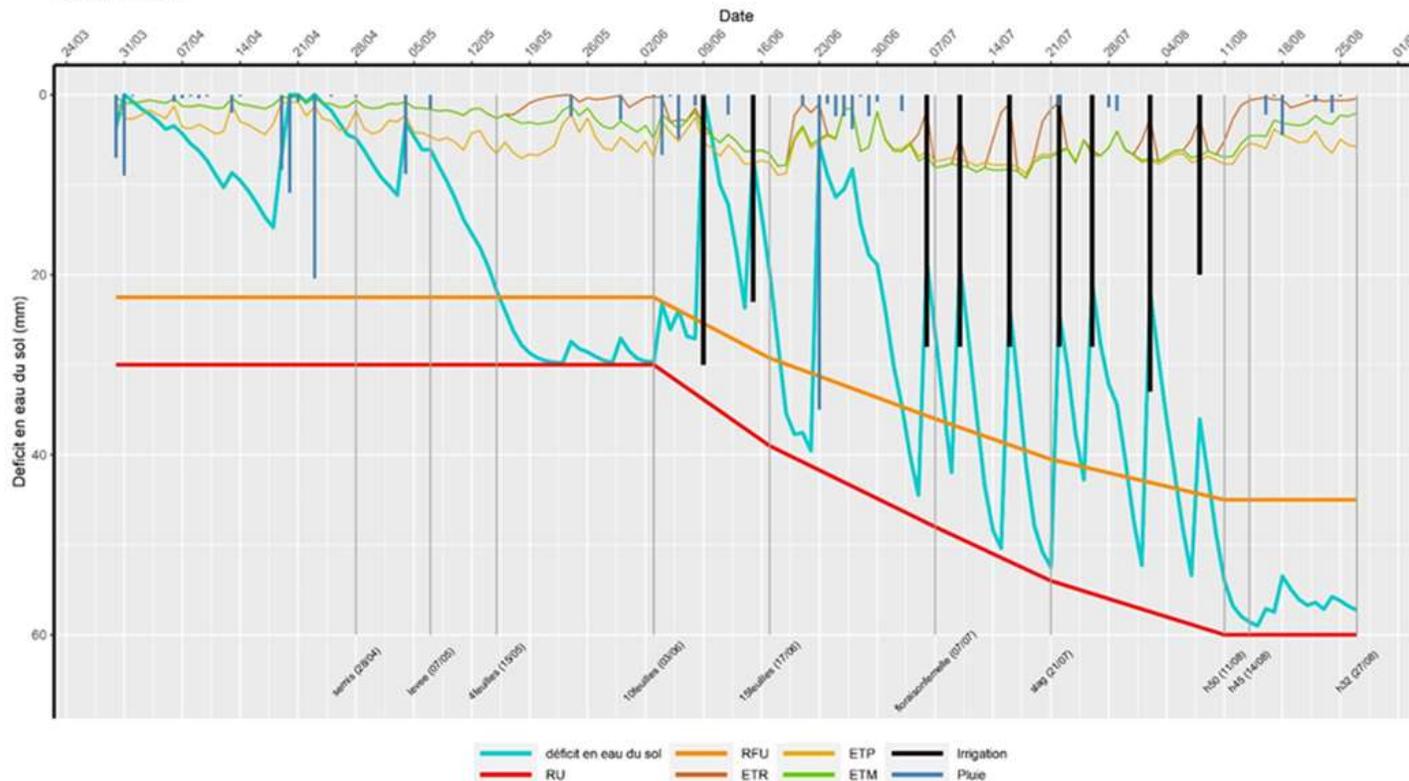
Volume disponible	Fréquence (jours)	Rythme (mm/jour)	08-juin	16-juin	24-juin	02-juil	10-juil	18-juil	26-juil	03-août	11-août	19-août	27-août
175 mm	8	3,1		25	25	25	25	25	25	25			
150 mm	9	2,8		25	25	25	25	25	25				
125 mm	10	2,5			25	25	25	25	25				

CLIMVALLEY : ACTION 3 / au champ

3.A. Essai : 2022 et 2023



Bilan hydrique Irrelis : 9-VL_DKC4598 / maïs
2022, LHERM



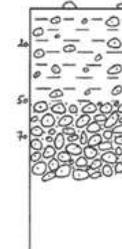
Source : Irrelis (Arvalis)



Unité 1 : Sols caillouteux sableux à limoneux

Fluvisols (RP). Sols peu évolués d'apport alluvial (CPCS).

♦ Description de profil : CACG (1971)
- Basse Plaine de la Garonne à ROQUES.



0-20 cm : LA : Limon sablo-argileux. Caillouteux. Brun pale (10 YR 6/3). Peu humifère. Structure continue à éclats friables. Porosité bonne (galeries de vers). Nombreuses racines.

20-50 cm : A : Limon sablo-argileux. Caillouteux. Brun jaune clair (10 YR 5,5/4). Structure continue à éclats friables. Compact. Porosité assez bonne par galeries.

50-70 cm : S/D : Grave : galets, cailloux et graviers enrobés dans une matrice de sable argilo-limoneux brun jaune clair (10 YR 5/4). Porosité moyenne.

70-120 cm : S/D : Grave : galets emballés dans un sable argileux rougeâtre (5 YR 3/4). Porosité bonne.



CLIMVALLEY : ACTION 3 / au champ

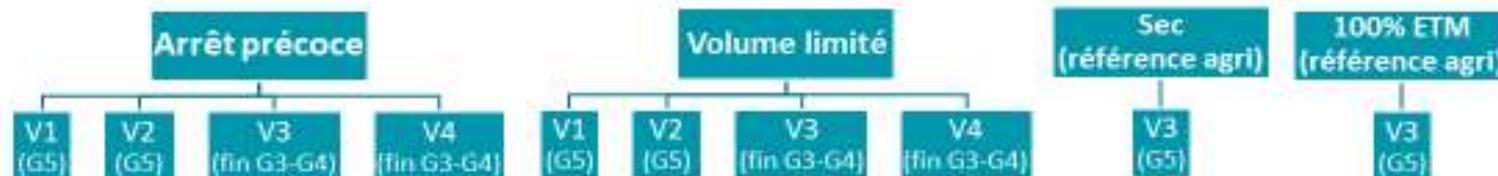


- **Culture principale** : Maïs grain
- **2 régimes hydriques** (volume limité & arrêt précoce) en couverture intégrale + 2 témoins agriculteur (sec & 100% ETM) sous pivot
- **4 variétés testées** (+ la référence agriculteur)
- Faux split plot (irrigation non randomisée), 3 répétitions
- **Facteurs étudiés / modalités mises en œuvre** :



Indicateurs mesurés :

- Composantes de rendement : % humidité, rendement, PMG
- Date floraison femelle
- Sondes : tensiomètres et capacitives



CLIMVALLEY : Action 3 / au champ

3.B. Essais en parcelles agriculteurs 2023 et 2024

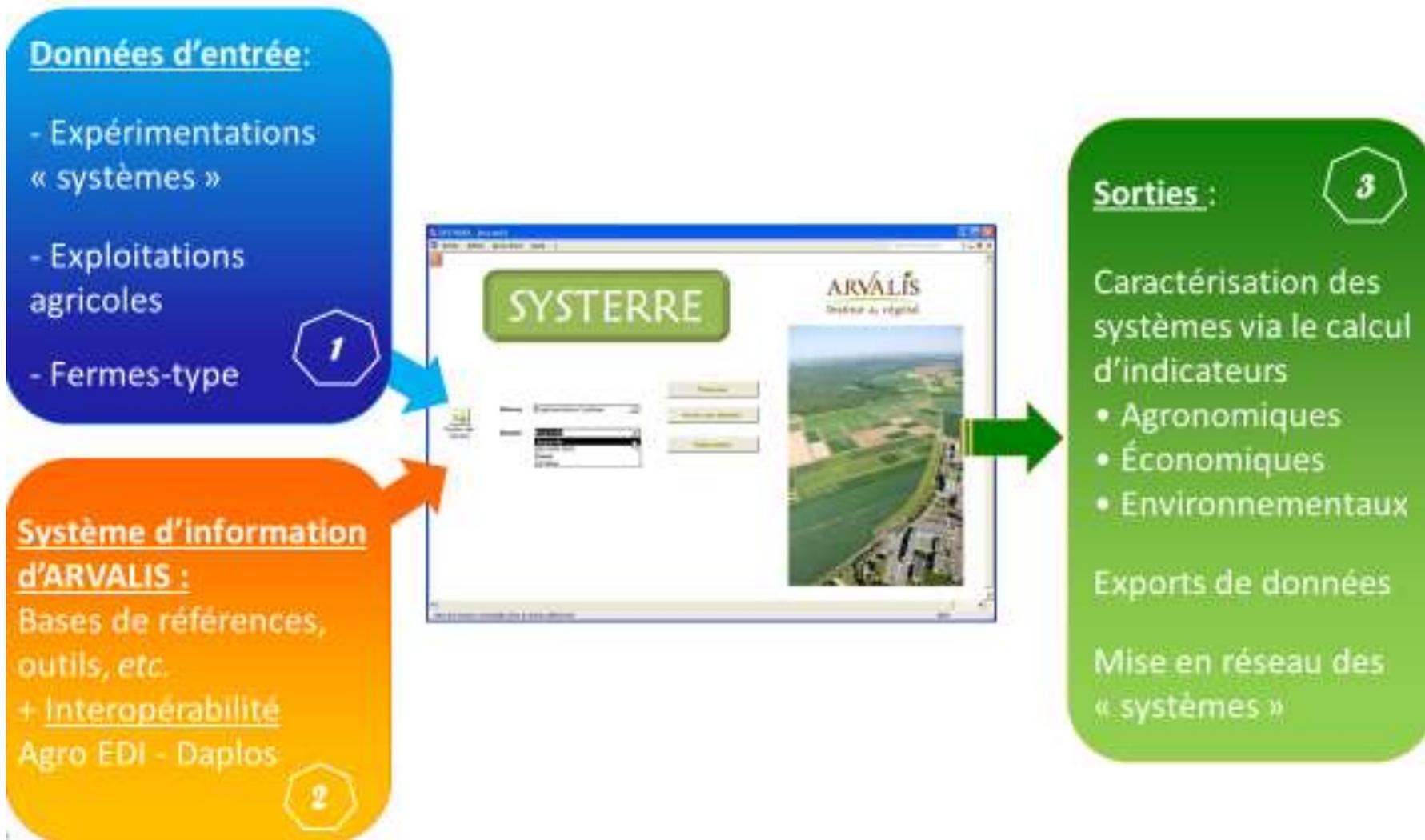


- Deux à trois parcelles agriculteurs par partenaire

- L'objectif du réseau est double :
 - Etudier la faisabilité technique de leviers proposés
 - Valider les résultats obtenus au sein de l'essai sur un territoire plus large.

CLIMVALLEY : ACTION 4 / SYSTERRE®

Evaluation de la performance des adaptations à l'échelle de l'itinéraire technique





Maïs : combiner les leviers pour recalibrer les cycles



En guise de conclusion

▶ En guise de conclusion :



- A l'échelle de l'exploitation, pour répartir les risques en parcelles irriguées :
 - Répartir les risques : implanter plusieurs variétés, tardives et demi-tardives ;
 - Optimiser le choix variétal : résilience, vigueur au départ ;
 - Avoir pour objectif d'être prêt à semer dès mi-mars.

- Un projet local : CLIMVALLEY
 - Optimisation de l'accompagnement hydrique / Maïs irrigué ;
 - Réseau de parcelles : tests de leviers / valorisation de l'eau ;
 - Co-conception : Optimisation de l'eau à l'échelle de l'exploitation ;
 - Dans un objectif de rentabilité économique.



L'adaptation du tournesol au changement climatique : des leviers pour limiter la vulnérabilité et optimiser les bénéfices

Hélène Tribouillois et Nina Rabourdin
Terres Inovia



Plan

1) Principaux impacts écophysiologicals

- Déficit hydrique
- Hausse des températures
- Augmentation [CO₂] atmosphérique
- Evolution des complexes de bioagresseurs

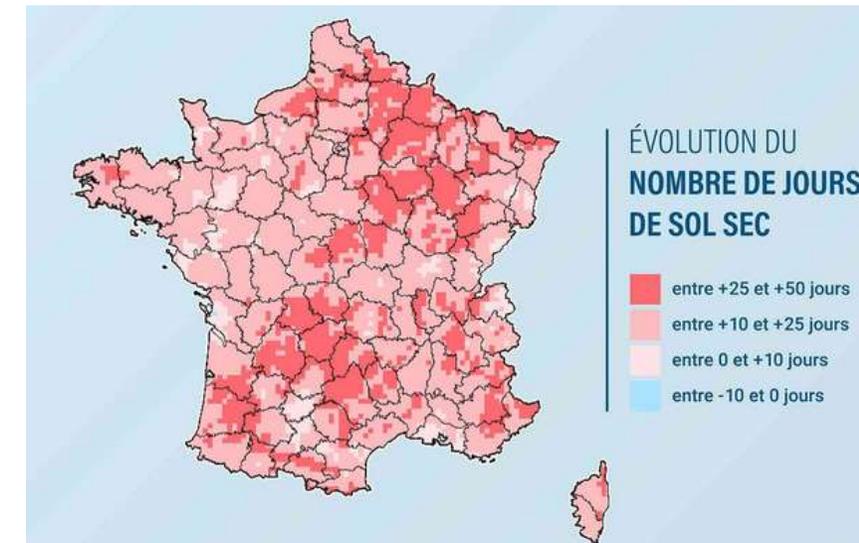
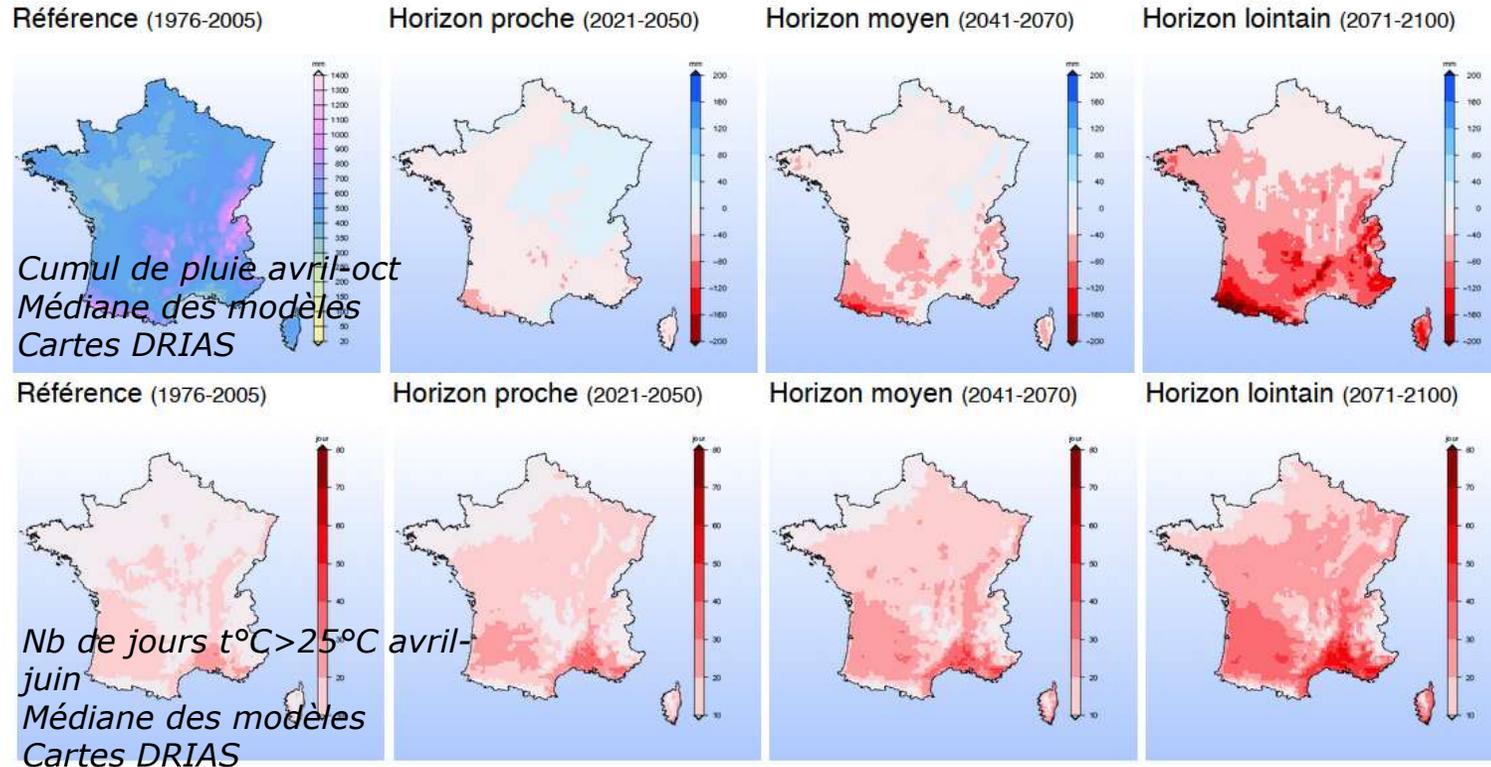
2) Principales stratégies d'adaptation

- Sélection variétale et génétique
- Gestion de l'eau et irrigation
- Opportunités

Moins d'eau disponible en période estivale : principal challenge

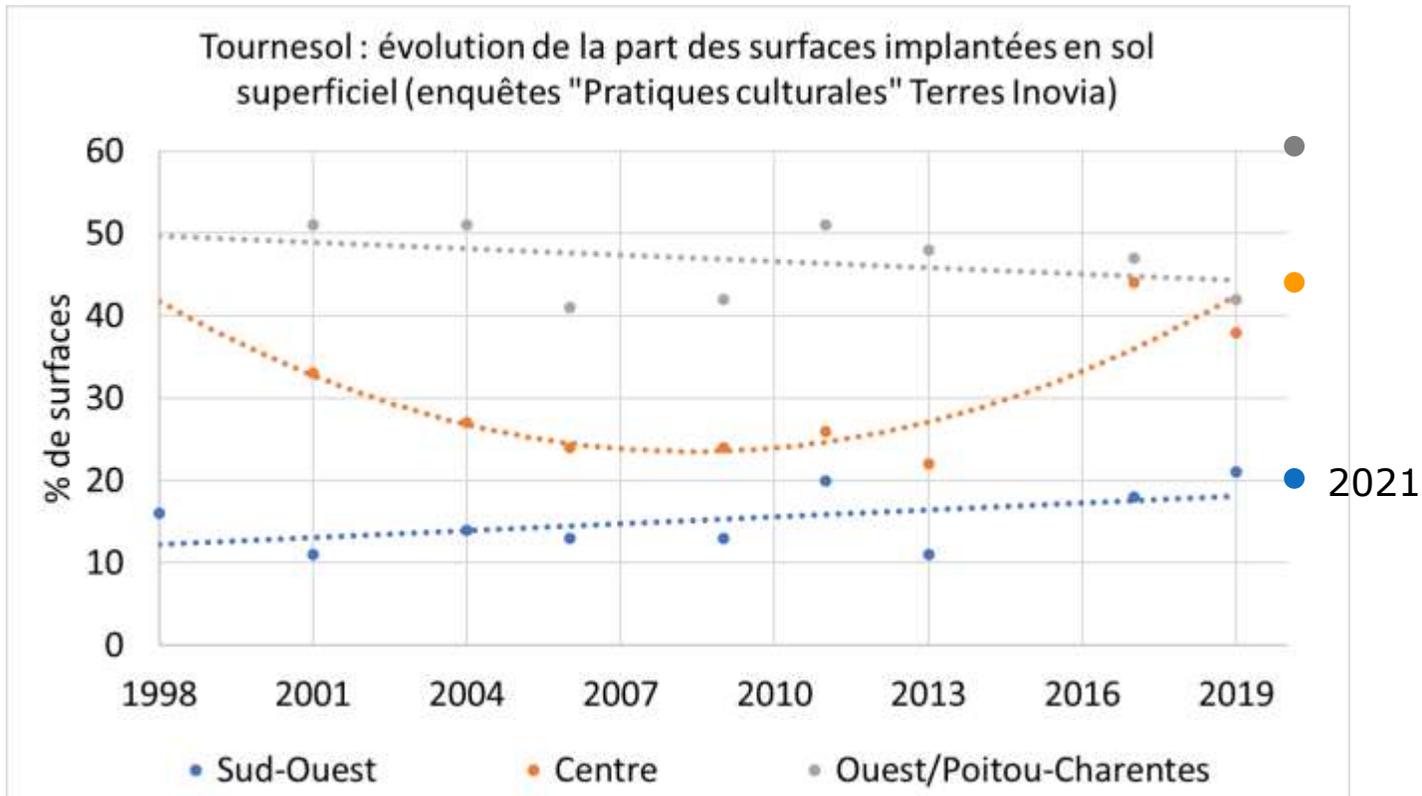


→ Variables hydriques moins bien prédites que les températures et plus de variabilités régionales



- Hausse des températures → forte augmentation d'ETP pendant l'été → **dégradation du bilan hydrique estival**
- Moins bonne satisfaction des besoins en eau pendant l'été- sauf dans les régions du nord

Et une culture largement positionnée en sols superficiels



Sud-Ouest : dans les sols profonds, remplacé partiellement ou totalement par du maïs grain et/ou du soja

Centre : en remplacement du colza, alternative au pois

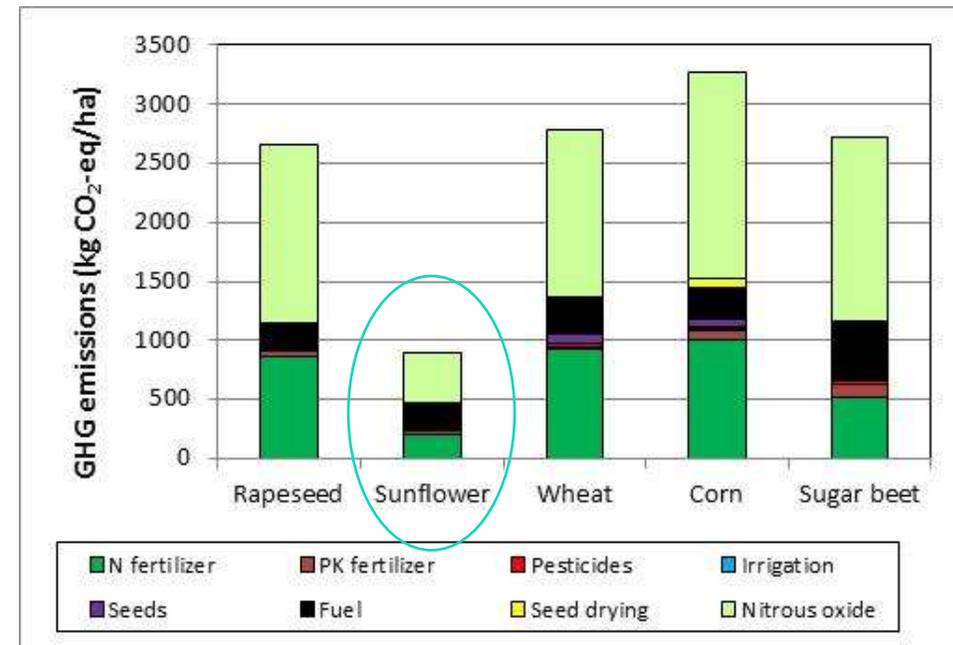
→ Augmente la sensibilité du tournesol à l'exposition au stress hydriques (moins de réserve utile)

Le tournesol, un faible émetteur de GES



Culture à faibles intrants → le tournesol est environ 3 fois moins émetteur de CO₂eq que le colza, maïs et blé en raison de moindre besoins en engrais azotés

Inputs and nitrous oxide emissions		GHG emissions (kg eq. CO ₂ ha ⁻¹)
Mineral N fertilizers	38 kg N ha ⁻¹	200.6
Mineral P fertilizers	29 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	16.6
Mineral K fertilizers	22 kg K ₂ O ha ⁻¹	11.6
Pesticides	3 kg ha ⁻¹	23.1
Seeds	4 kg ha ⁻¹	8.1
Fuel	67 l ha ⁻¹	206.0
Seed drying	354 MJ ha ⁻¹	9.3
Nitrous oxide	0.91 kg N-N ₂ O ha ⁻¹	422.2
TOTAL		897.6



Debaeke *et al.*, 2017, from BIO IS (2010)

1) Principaux impacts écophysiologiques

- Déficit hydrique - Stress hydriques
- Hausse des températures – Stress thermiques
- Augmentation [CO₂] atmosphérique
- Evolution des complexes de bioagresseurs

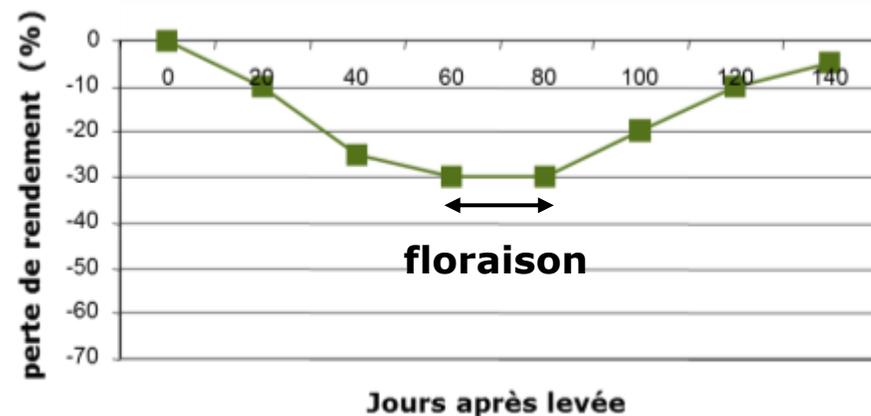
Impacts du stress hydrique



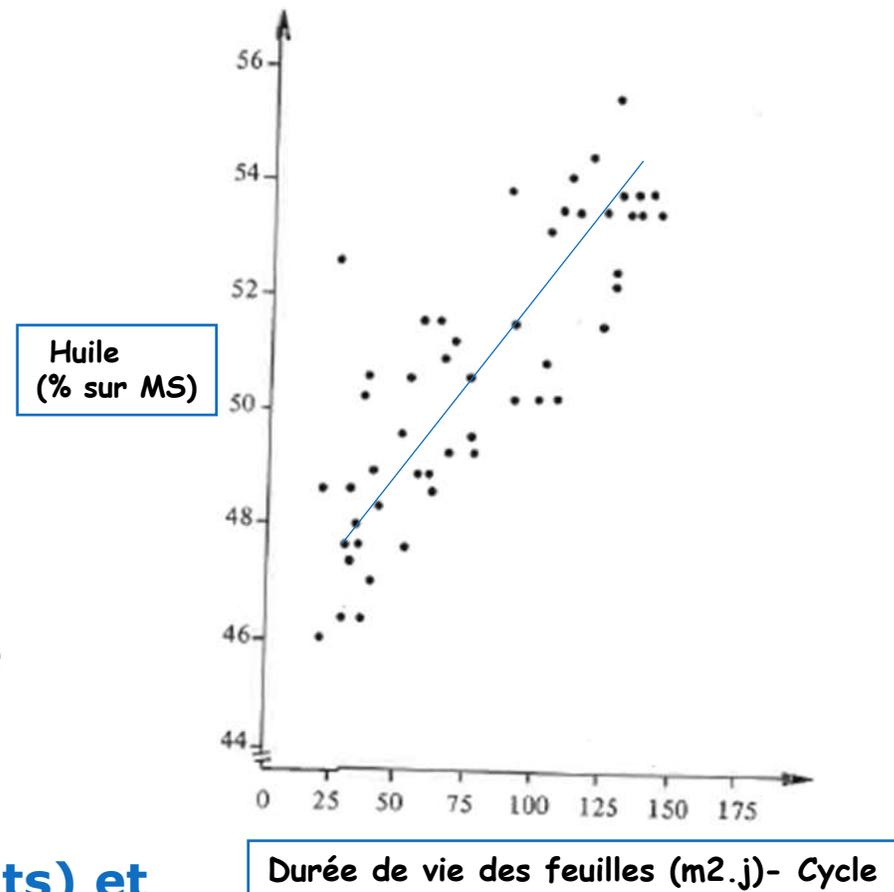
→ Stress hydrique = principal cause de la variabilité du rendement du tournesol

Période de sensibilité maximale à la restriction d'eau

(ici, -50% des besoins pendant 10 jours)



- Réduction de l'expansion foliaire et de l'accumulation de biomasse, accélération de la sénescence des feuilles
- Réduction de la durée de surface foliaire (flo-mat)
→ **réduction de la teneur en huile (jusqu'à -2.5 points) et du PMG**



Une culture relativement tolérante au stress hydrique

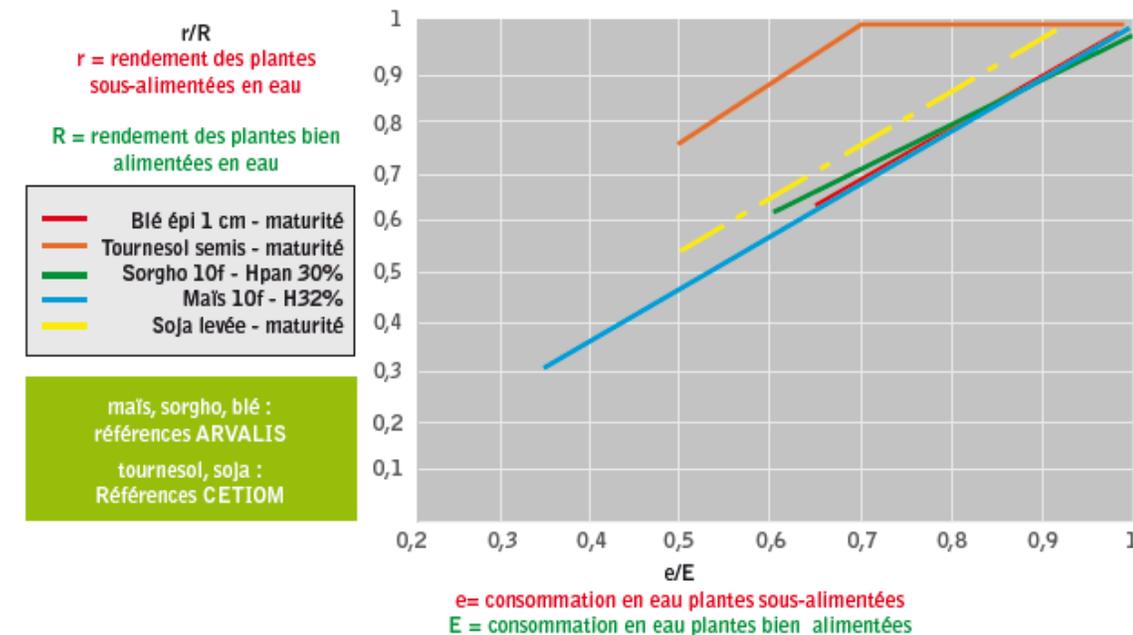


Atouts du tournesol:

- Besoins en eau modérés en comparaison à d'autres cultures
- Capable d'atteindre son rendement potentiel avec seulement 75% des besoins en eau comblé
- Racines profondes et pivotantes (jusqu'à 2m)
- Peut s'adapter en conditions sèches (« endurcissement »)

Cultures	Consommation totale	Optimum
Maïs	520 mm	95 %
Tournesol	550 mm	75 % (420 mm)
Sorgho	450 mm	90 %
Soja	480 mm	90 %

Fonctions de production rendement/consommation d'eau de quelques espèces



Effets des stress thermiques

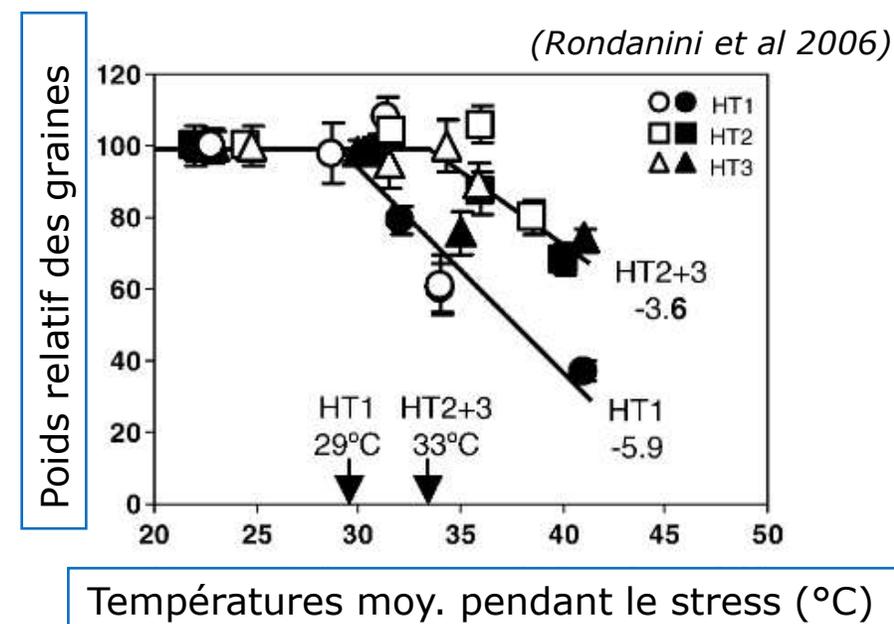


Effets négatifs sur de nombreux traits biochimiques et physiologiques:

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

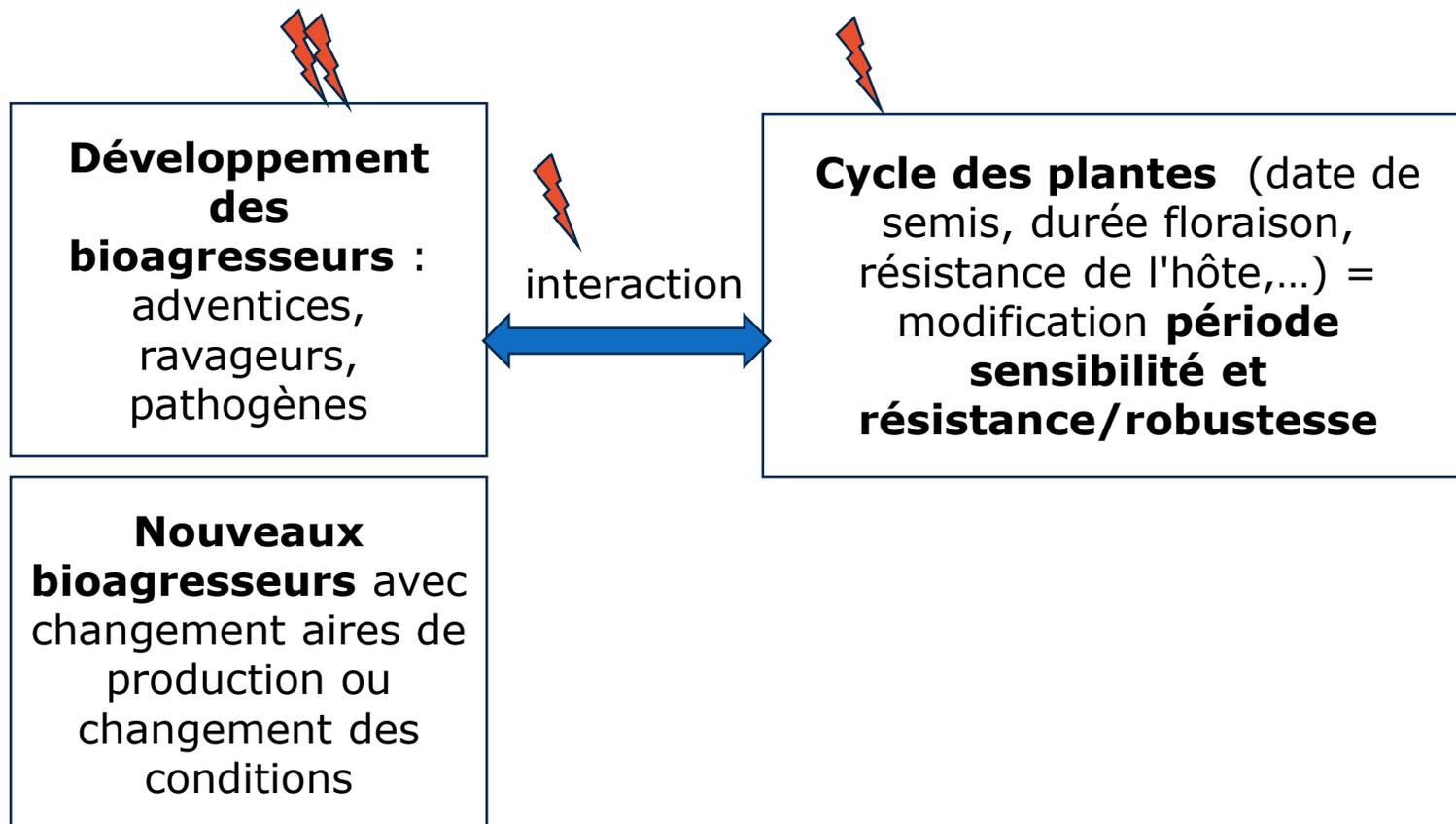
- Températures $>27^{\circ}\text{C}$ pdt phase végétative réduit la croissance foliaire et plafonnement de la photosynthèse.
- $T^{\circ}\text{C} >26-31^{\circ}\text{C}$ pdt formation des fleurs mâles (anthèse) diminue la production de pollen et la fertilité des fleurs (Chimenti & Hall 2001; Moriondo et al 2011).
- Stress thermique ($>29-33^{\circ}\text{C}$) pdt remplissage des graines diminue PMG et teneur huile (Rondanini et al 2006).

- 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



HT1 : stress 10-12 jours après anthèse
 HT2 : 18 jours après anthèse
 HT3 : 24 jours après anthèse

Evolution du complexe de bioagresseurs



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



2) Principales adaptations du tournesol au changement climatique

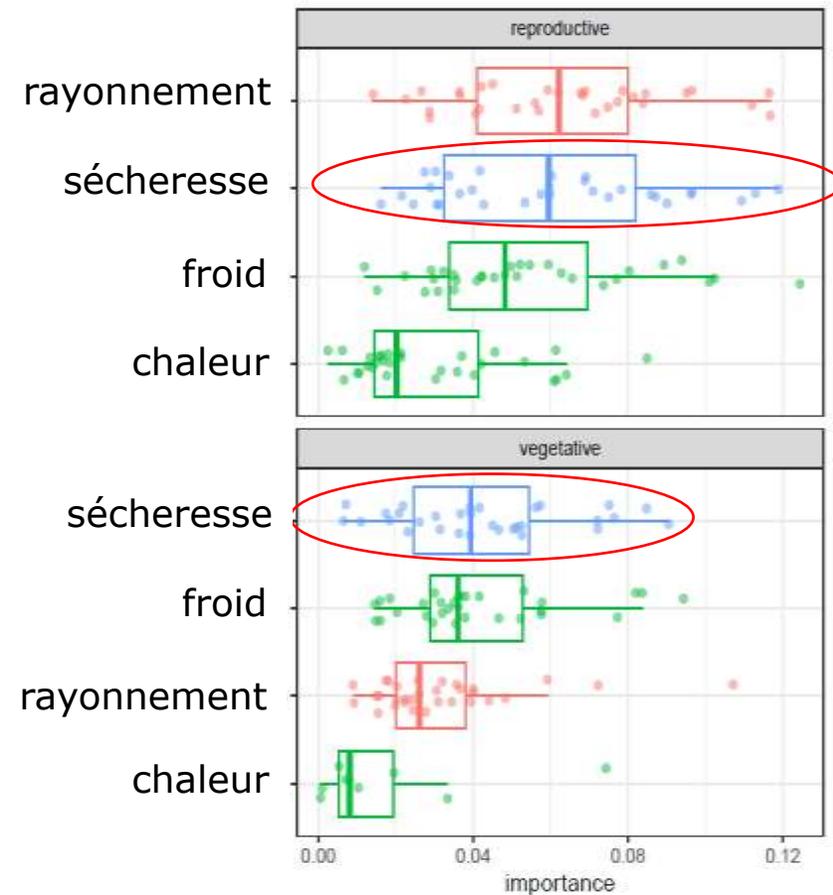
➤ Sécheresse et hausse des températures: s'adapter et tirer des bénéfices



Importance de variables climatiques pour expliquer les écarts de rendement tournesol



S'adapter : réduire la sensibilité (robustesse) et l'exposition (évitement) pour limiter les impacts et augmenter sa capacité d'adaptation pour profiter des opportunités → réduire vulnérabilité face au CC



(projet Demeler 2023; Bial et Casadebaig, 2022)

Tournesol

Déficit hydrique

Sélection & Choix variétal

Pilotage irrigation

Date de semis/précocité

Implantation et culture robuste

Hausse de températures

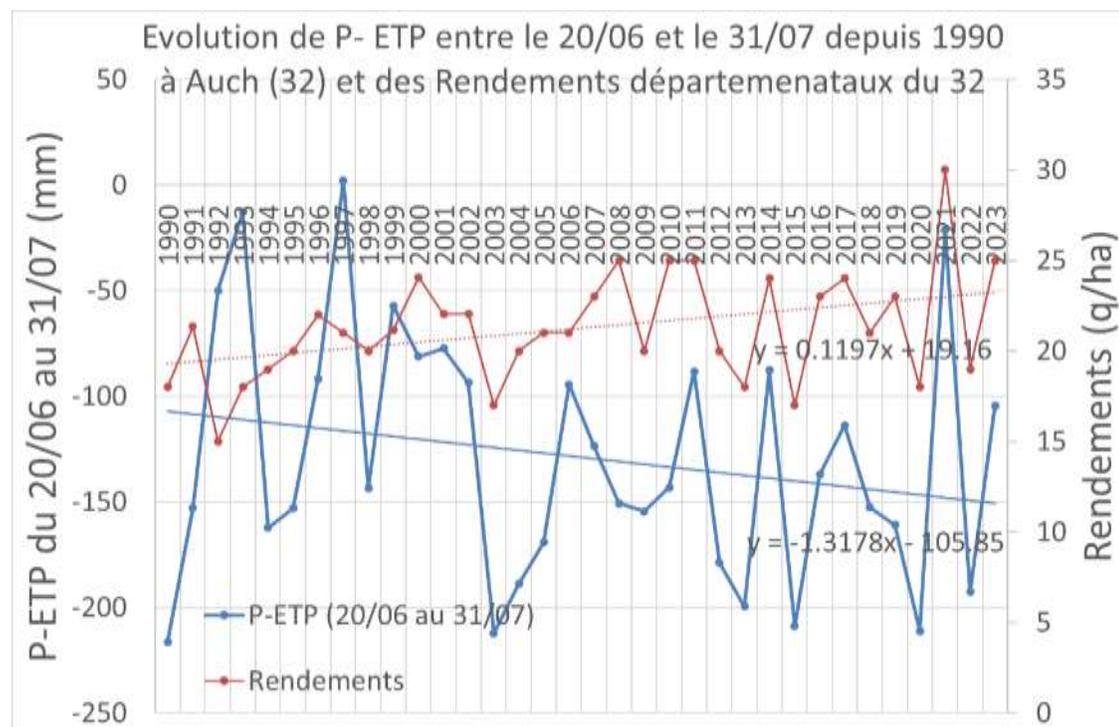
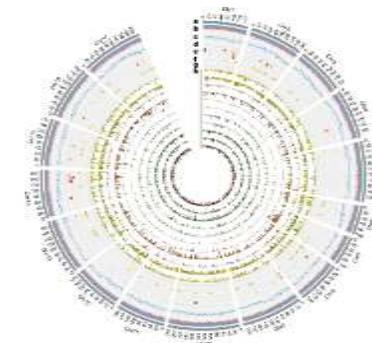
Choix précocité
Culture dérobée

Aires de production

La sélection variétale, un levier majeur

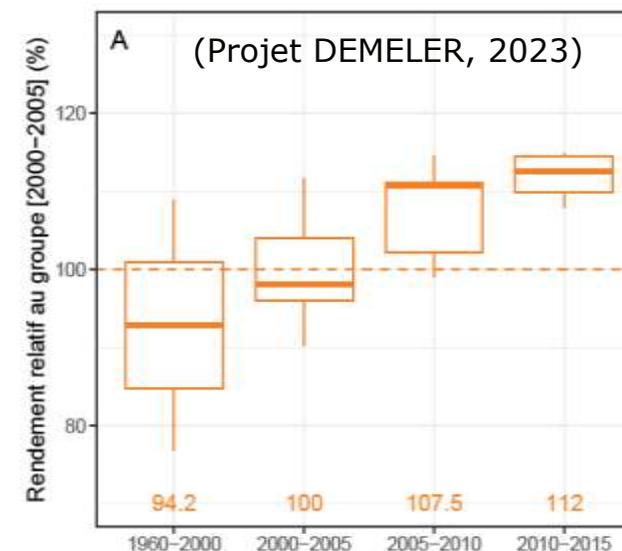


- Le génome du tournesol décrypté: opportunité pour la sélection
- **Exploration de nouveaux traits d'intérêt et idéotypes** pour améliorer la tolérance aux stress, aux maladies/ravageurs, l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la réponse à une élévation de [CO2] atmosphérique



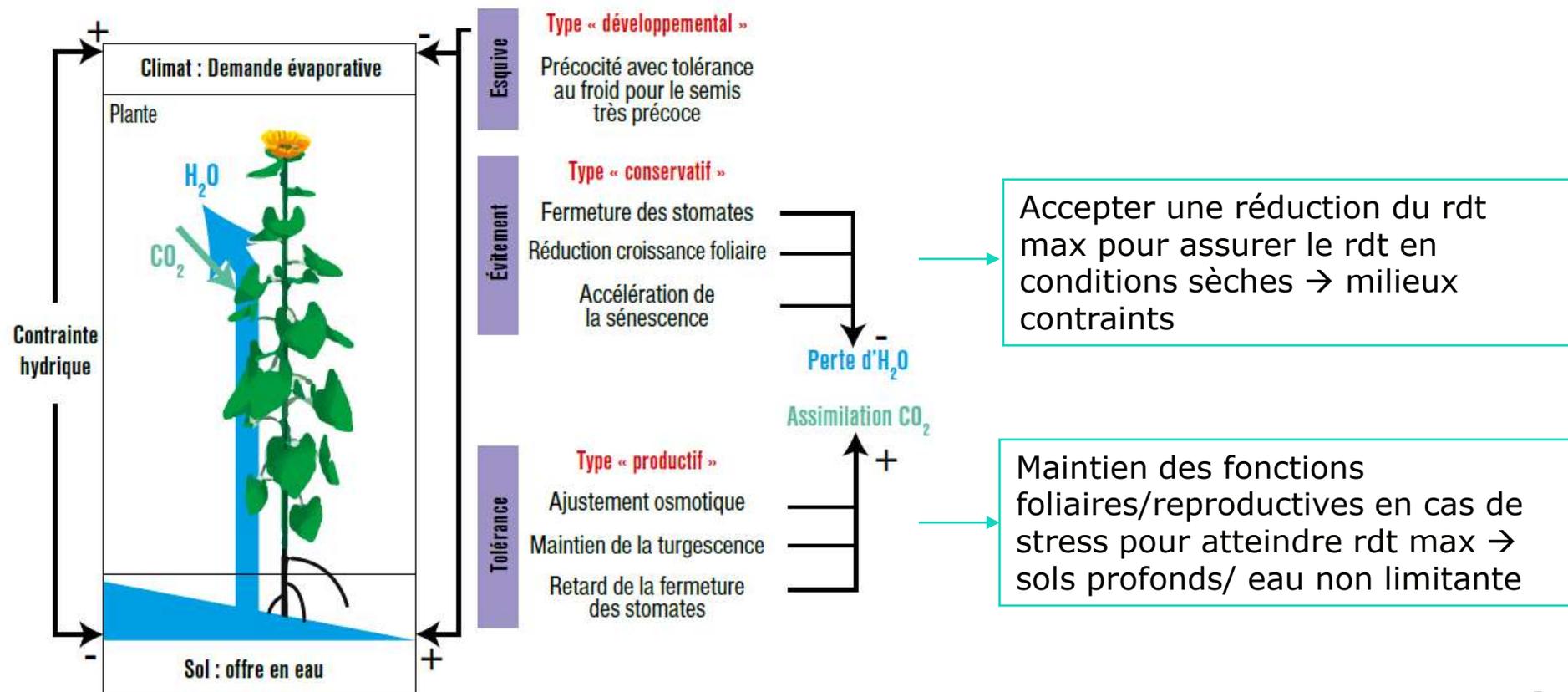
Des rendements qui se maintiennent malgré une augmentation du déficit hydrique estival → **lié au progrès génétique réalisé depuis 1990**

Progrès génétique – 2020/21



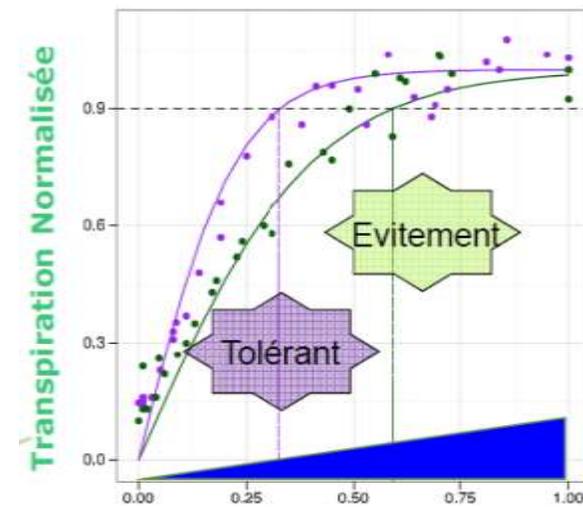
Progrès génétique continu avec **gain moyen de 1% par an**
 Ecart entre oléique et linoléique se resserit
 Teneur en huile aussi améliorée par la sélection: **+3 points en 10 ans**

Différentes stratégies variétales face au stress hydrique



(Maury, 2016)

→ A l'heure actuelle, non converti sous forme de conseil



Fraction d'eau transpirable du sol

Indicateur du fonctionnement hydrique - traduit la tolérance au stress hydrique

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

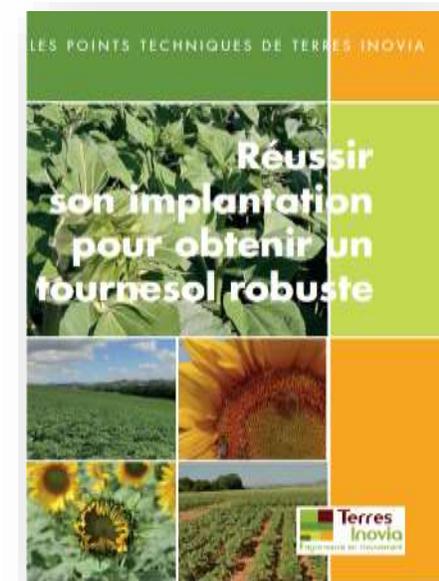
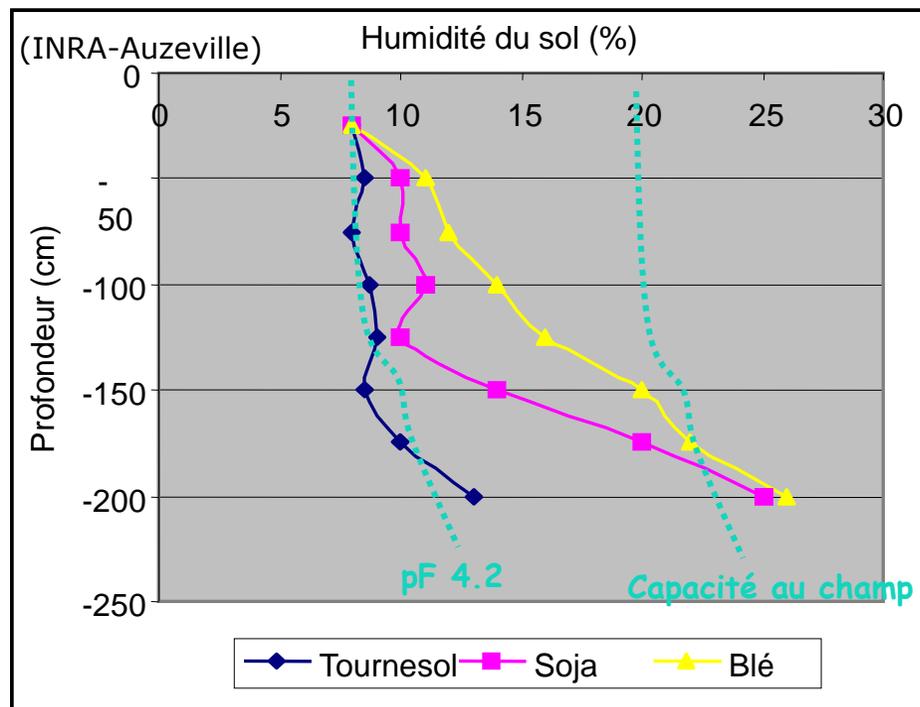
Casadebaig et al., 2008 ;
Rengel et al., 2012 ; projet
Sunyfuel 2008-2011)

Soigner l'implantation pour exploiter au mieux les ressources



→ 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

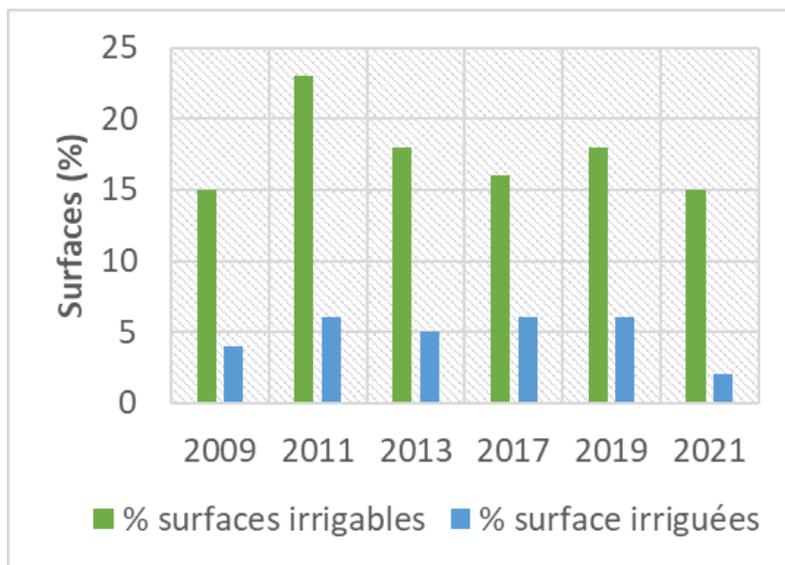


→ Points techniques Terres Inovia pour l'implantation du tournesol ROBUSTE

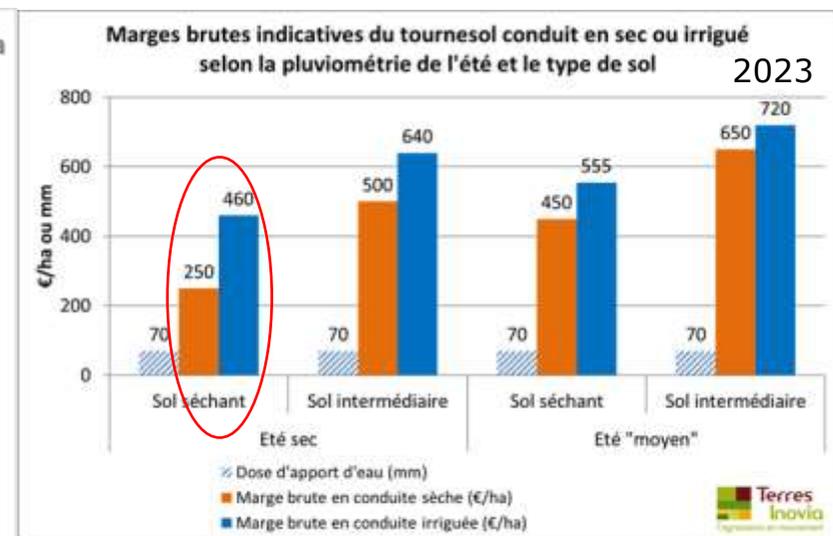
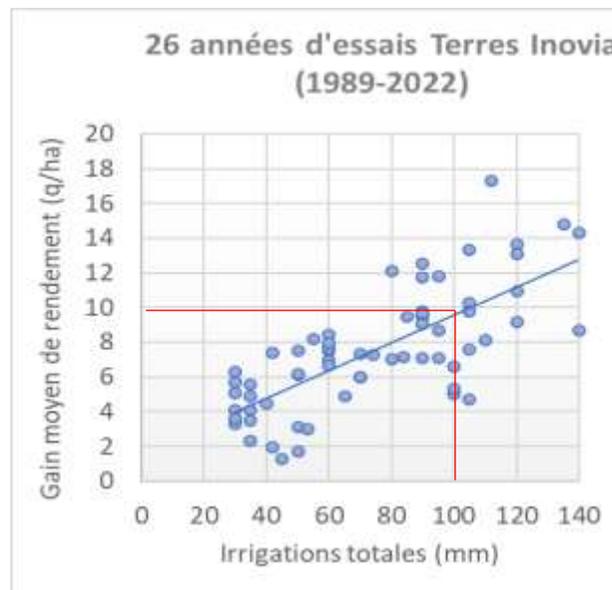
➤ L'irrigation: un levier peu utilisé



Baisse des pluies printanières et estivales + augmentation de l'ETP → **hausse des besoins en irrigation**
Le déficit hydrique en post-floraison = facteur principal expliquant les écarts de rendements (projet Demeler 2023)



2-6% de la sole irriguée (vs 53% en soja)
Un quart des surfaces irrigables de tournesol sont réellement irriguées
Apport total moyen ~50 mm, en 2 tours
→ **une grande marge de progression**



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 €/m³ – V. Lecomte – Terres Inovia

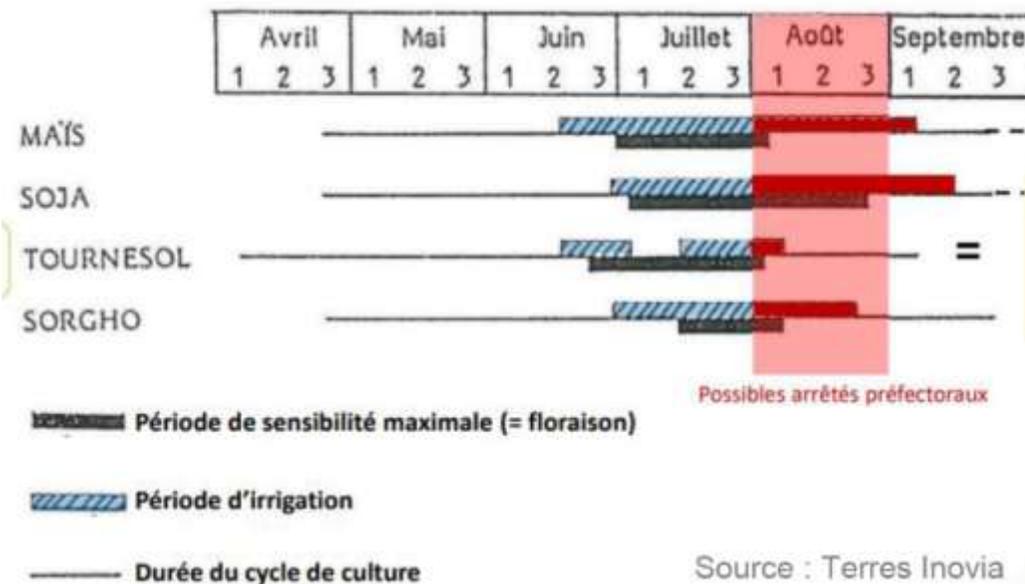
Pourtant, atouts de l'irrigation du tournesol :

- **Très bien valorisée: ~+10q/ha pour 100mm apportés**
- **Bonne valorisation même avec qu'un tour d'eau à floraison**
- Notamment en **sols superficiels** → limite les stress hydriques
- Economiquement intéressant

Anticiper la date de semis pour esquiver les stress



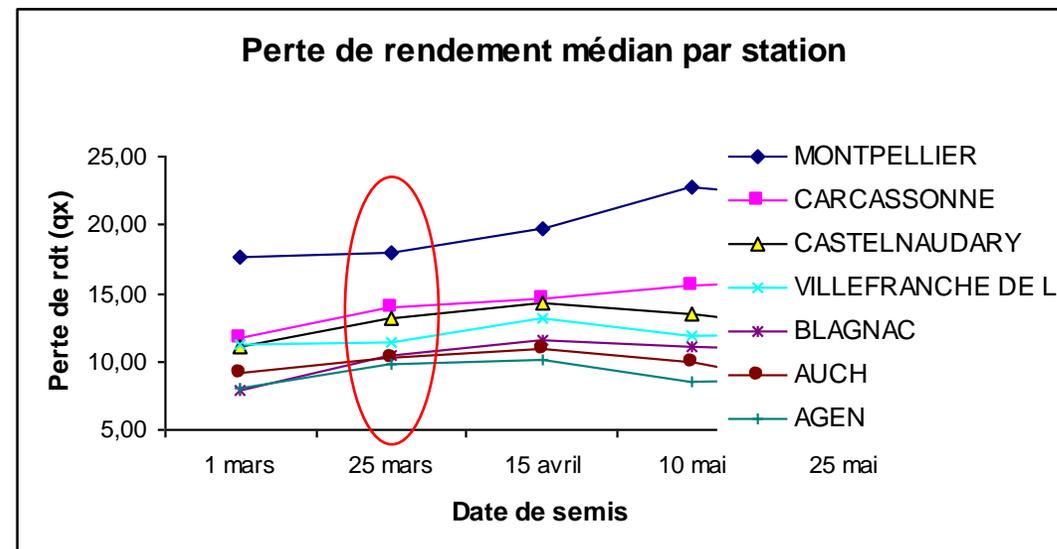
Périodes actuelles moyennes d'irrigation et de sensibilité maximale des cultures au stress hydrique



Avancer les dates de semis pour décaler le cycle cultural et limiter l'exposition au période les plus sensible et les plus stressante

→ **Adapter le choix variétal**: bonne vigueur au démarrage, capable de germer à temp basses

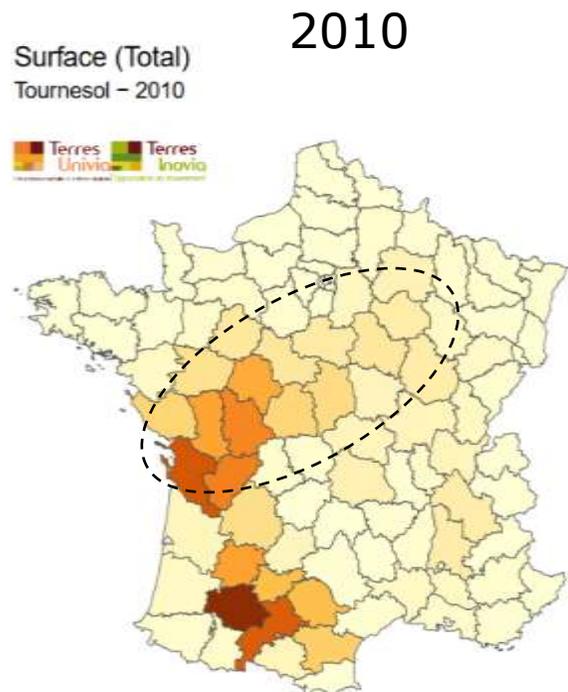
→ Effet combiné réduction durée du cycle (hausse températures) + semis précoce → **variété plus tardive**



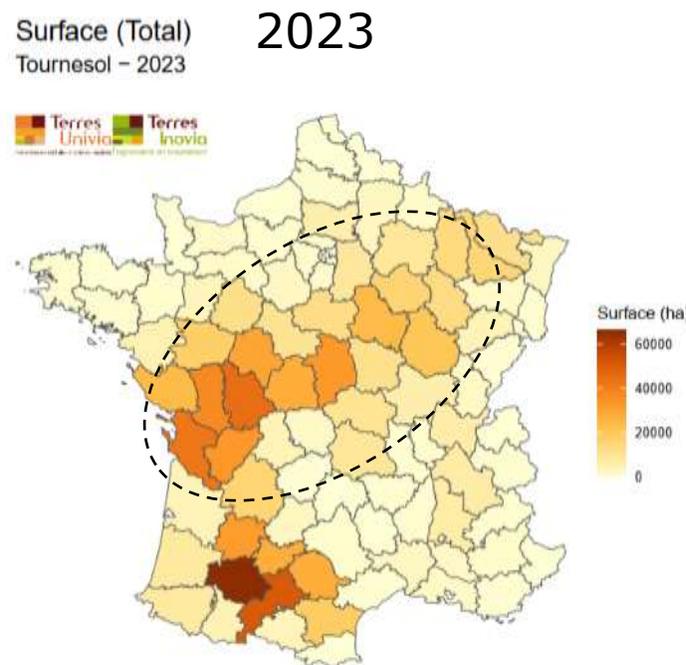
Exemple: Simulations SUNFLO – INRA/CETIOM 2006
7 sites dans le Sud, climat actuel

- Les pertes de rendement (rdt irrigué – rdt pluvial) minimisées avec semis précoce
- Avancer la date de semis de 10-20 jours ne pénalise pas le tournesol dans ces contextes

Evolution des aires de production



Terres Inovia et Terres Univia d'après les données d'Agreste*
(*Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation)



Terres Inovia et Terres Univia d'après les données d'Agreste*
(*Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation)

→ L'augmentation des températures permet une offre climatique plus favorable qui rend la culture du tournesol possible dans certaines régions septentrionales

→ Augmentation et évolution des surfaces vers le centre et le nord, rendue possible par des variétés plus précoces

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

Faire évoluer les précocités conseillées en lien avec la hausse des températures ?



En théorie...

Précoce	Mi-précoce	Périodes
100 %	100 %	2010-2019
93 %	78 %	1990-1999

a) Station de Bourges

Précoce	Mi-précoce	Périodes
100 %	99 %	2010-2019
84 %	66 %	1990-1999

b) Station de Tours

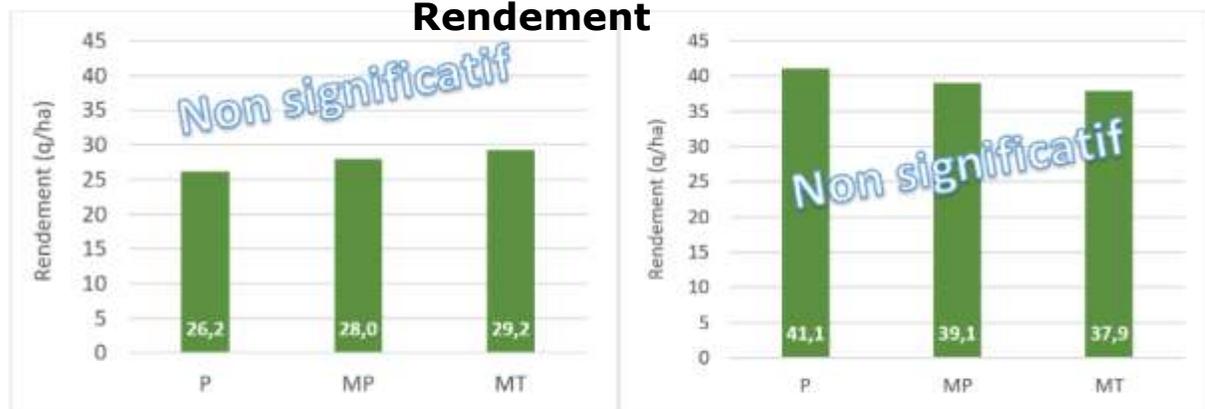


- 9 variétés en 2020 et 7 en 2021 dont 5 en tronc commun
- 8 essais valides en 2020 et 7 essais en 2021

En pratique...

*Probabilité d'atteindre le bon cumul de températures selon la précocité variétales pour deux périodes données 2010-2019 et 1990-1999. Date semis 10 mai.
Données brutes météo France.*

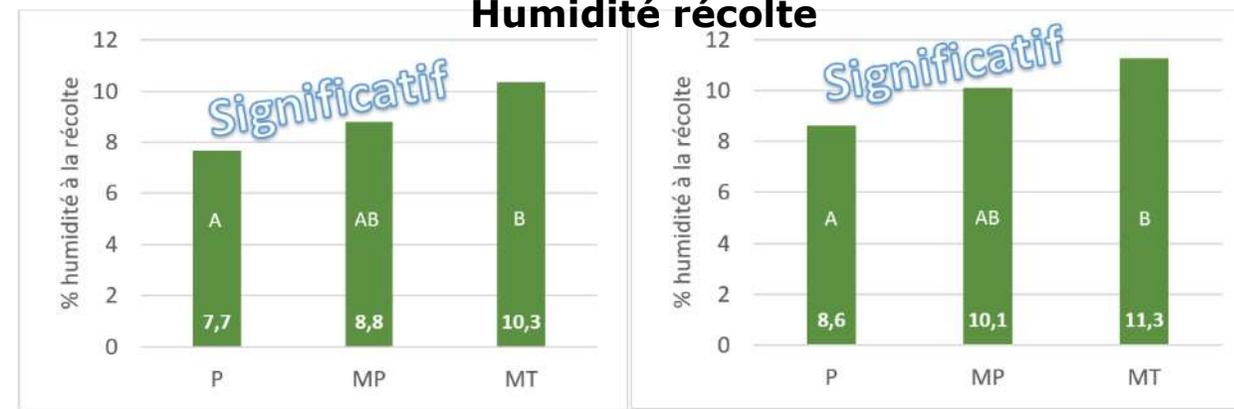
Rendement



a) 2020

b) 2021

Humidité récolte



a) 2020

b) 2021

- **A ce jour, pas de modification du conseil** en région Centre Val de Loire : risques plus élevés que les gains potentiels.
- Ré-évaluation à conduire dans 5 à 7 ans...

▶ Tournesol en dérobé: une opportunité dans le Sud-Ouest



→ La hausse des températures permet une augmentation de la période de culture

▪ **Projet 3C2A 2019-2023**

Rendement moyen obtenu (Sud-Ouest): **8-12 q/ha**

Avec des disparités entre départements.

→ Semis précoce avant mi-juillet

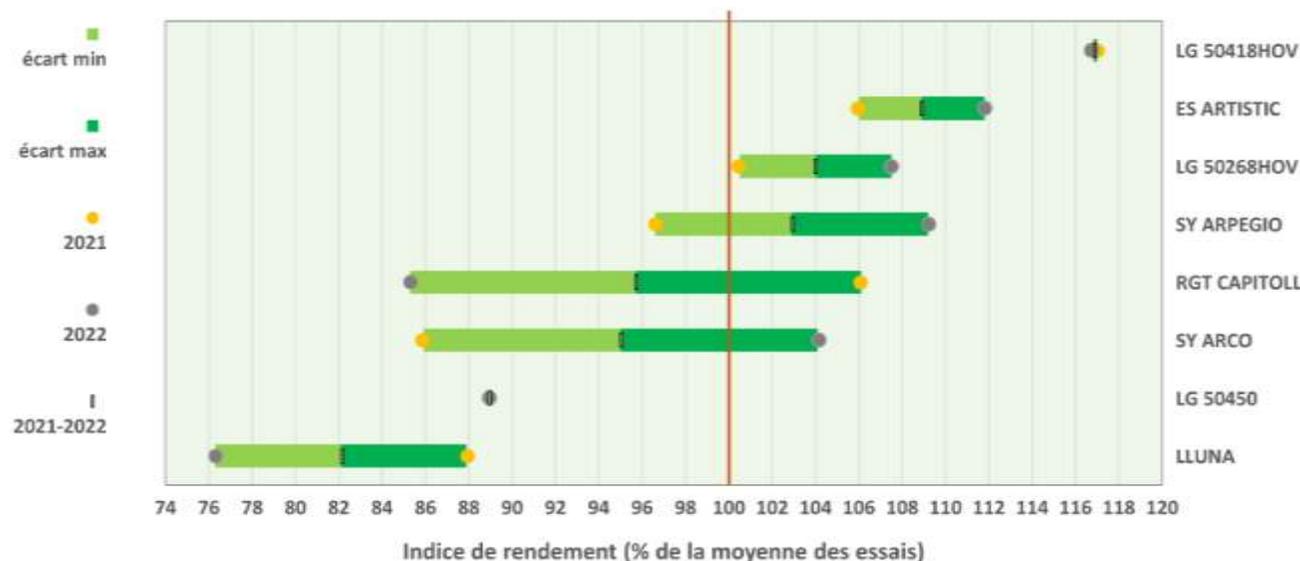
→ Total pluies + irri: ~130 mm

→ **L'irrigation (>60 mm) est déterminante pour la réussite en double culture + eau à la levée**

Plus d'exposition aux stress hydriques et thermiques.

▪ **Evaluation variétale TP en 2021-2022**

En « vraies » conditions dérobées + irrigation

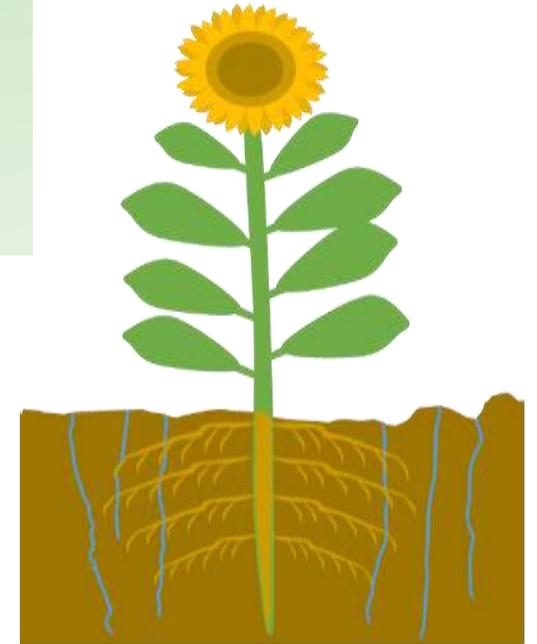


- **Choix variétal** important pour sécuriser la récolte et réduire les frais de séchage (TP ou P)
- Adapter le système de culture pour y insérer le dérobé (précédent avec récoltes précoces et peu de résidus...)
- **Privilégier parcelles irrigables et à bonne réserve hydrique**

Conclusion: une culture plutôt adaptée au changement climatique



- Faible émetteur de GES
 - Mécanismes de tolérance au stress hydrique
 - Des leviers d'action possibles pour s'adapter
 - Avec de nouvelles opportunités territoriales
 - Des innovations sur la tolérance à la sécheresse et sur la précocité
 - Un complexe parasitaire en partie potentiellement négativement affecté par le changement climatique
-
- Mais...
 - Des connaissances à approfondir
 - Des attentes fortes côté génétique
 - Un ensemble d'adaptations de la conduite à évaluer et combiner
 - Des approches de modélisation complémentaires à mobiliser (scénarios prospectifs en climat futur)





L'assolement comme levier d'adaptation face au changement climatique

> Exemple du projet CLIMASSOL sur des exploitations agricoles de grandes cultures de Nouvelle-Aquitaine



Alice VALLES - ARVALIS





Le projet CLIMASSOL



Objectifs du projet

Proposer et évaluer des scénarios d'assolements vis-à-vis de :

- leur résilience face aux aléas climatiques,
- l'efficacité de l'eau d'irrigation,
- leur rentabilité économique

Etapes

- **Co-construction** de scénarios d'assolements avec agriculteurs et acteurs du monde agricole
- Evaluation des exploitations-types (situations initiales) et des scénarios d'adaptation à partir de **simulations climatiques passées et futures**

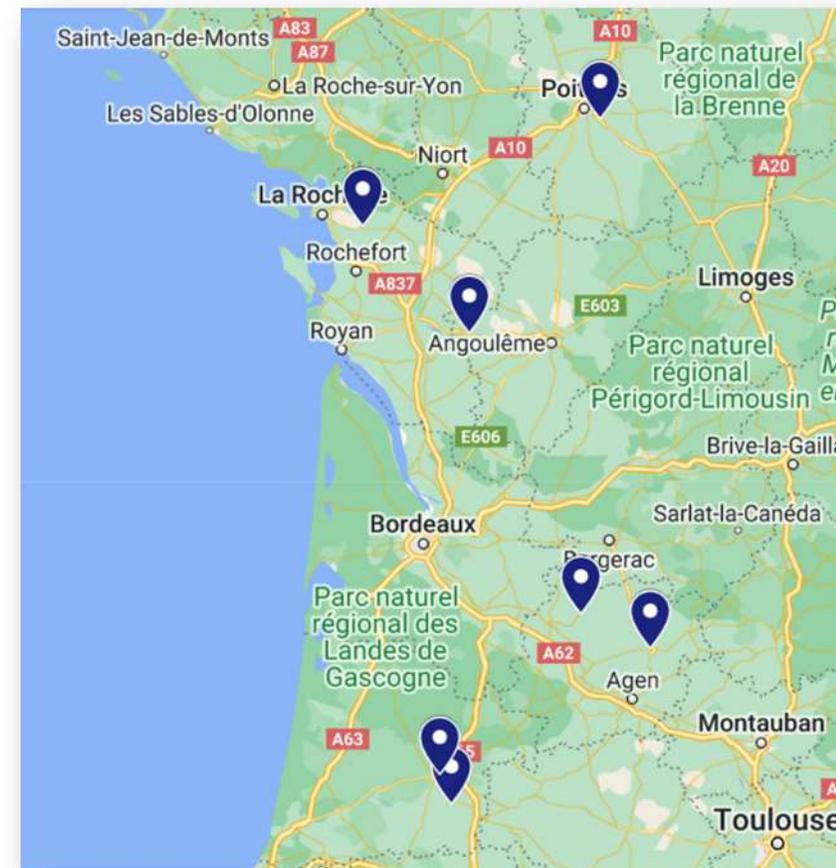
Financement par le Conseil Régional de Nouvelle-Aquitaine



Le projet CLIMASSOL : 7 secteurs d'étude localisés en Nouvelle-Aquitaine

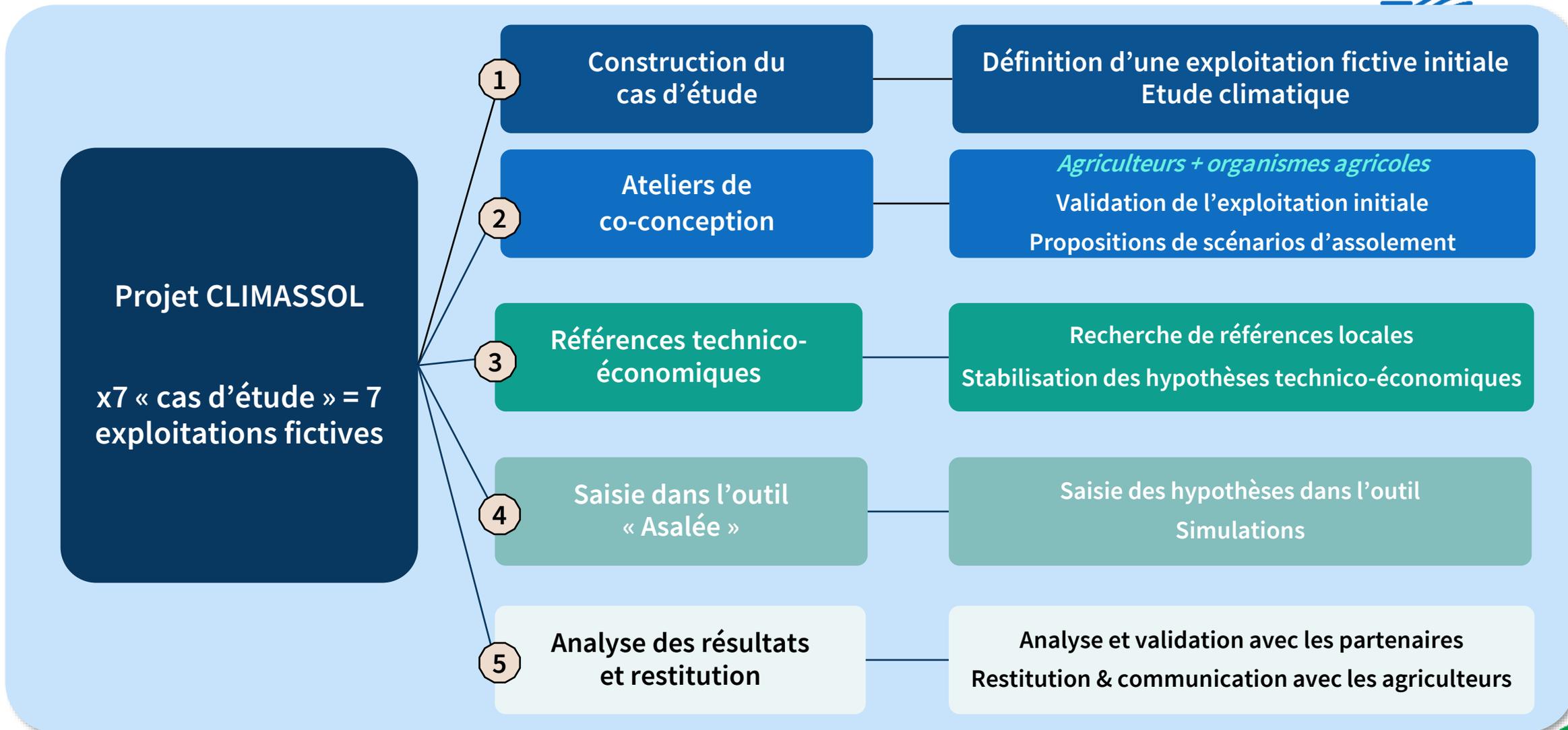


Groupe	Secteur	Partenaire
1	Lot et Garonne – Vallée du Lot	Groupe Terres du Sud
2	Lot et Garonne – Coteaux de Seyches	
3	Landes – Vallée de l'Adour	-
4	Landes – La Midouze	-
5	Charente-Maritime – Groies	Terre Atlantique
6	Charente – Terres de Champagne	Océalia
7	Vienne – Groies	Chambre d'agriculture de la Vienne



Localisation des 7 « cas d'étude » du projet CLIMASSOL

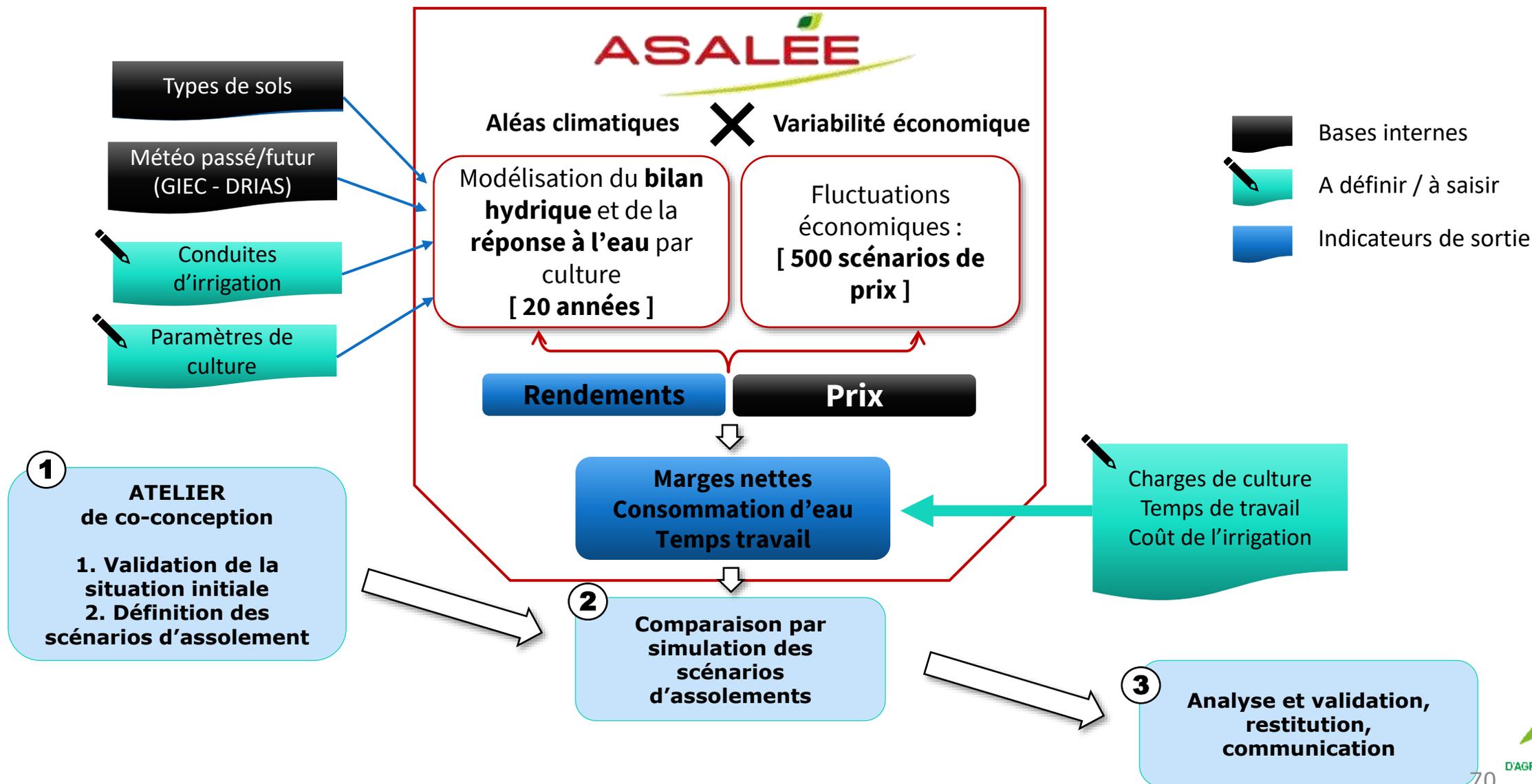
Le projet CLIMASSOL : déroulé de l'étude





La démarche Asalée

ASALEE : outil et démarche de co-conception d'assolements





Objectif de l'outil → Regarder l'impact du stress hydrique sur

- Les rendements
- Les volumes d'eau d'irrigation consommés
- Les marges nettes

Autres effets climatiques non pris en compte par l'outil :



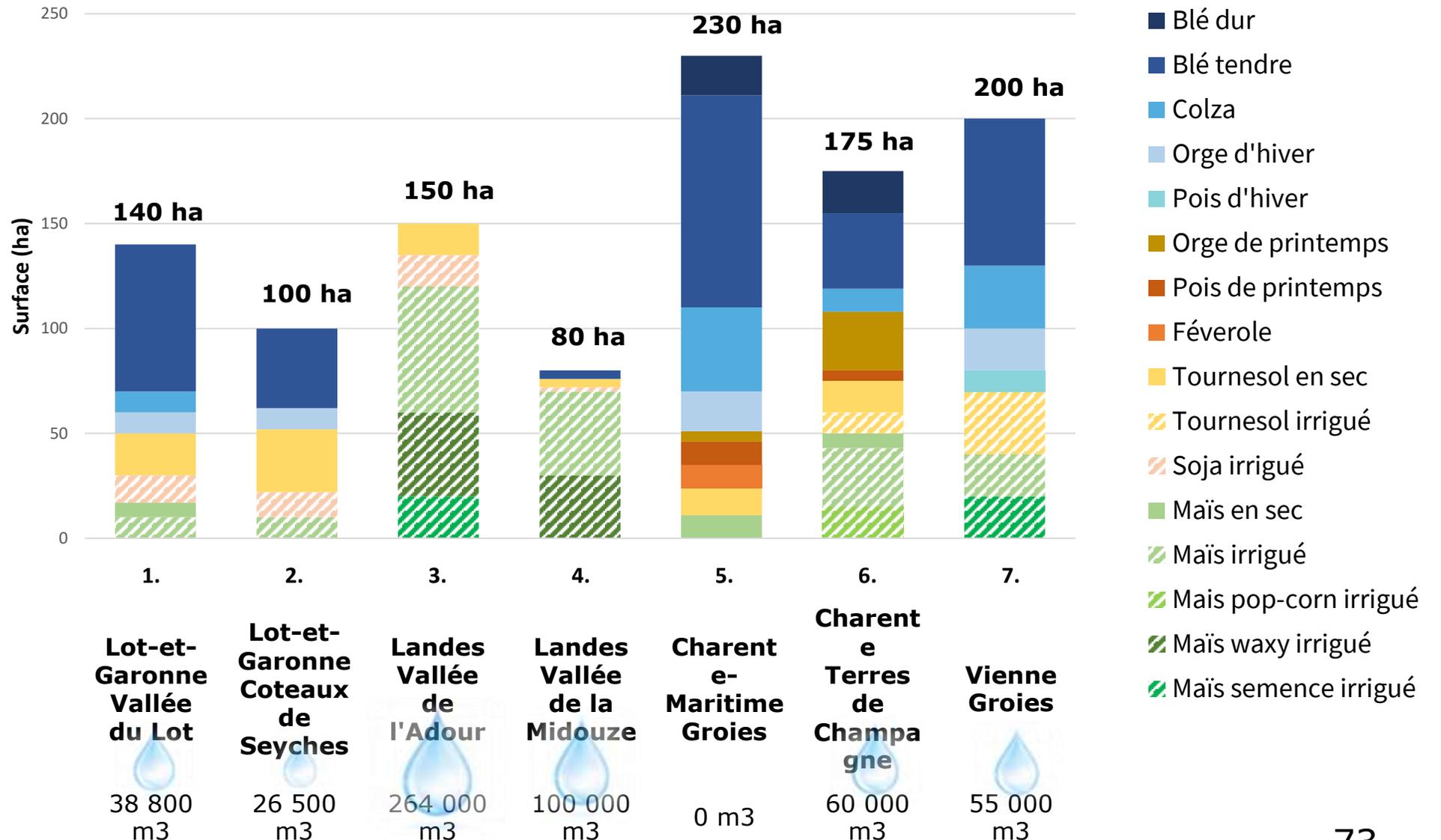
- Stress et échaudage thermique
- Excès d'eau et hydromorphie hivernale
- Stress biotiques ...



Présentation des sept cas d'étude initiaux

Fermes initiales simulées dans le projet CLIMASSOL

Assolements initiaux





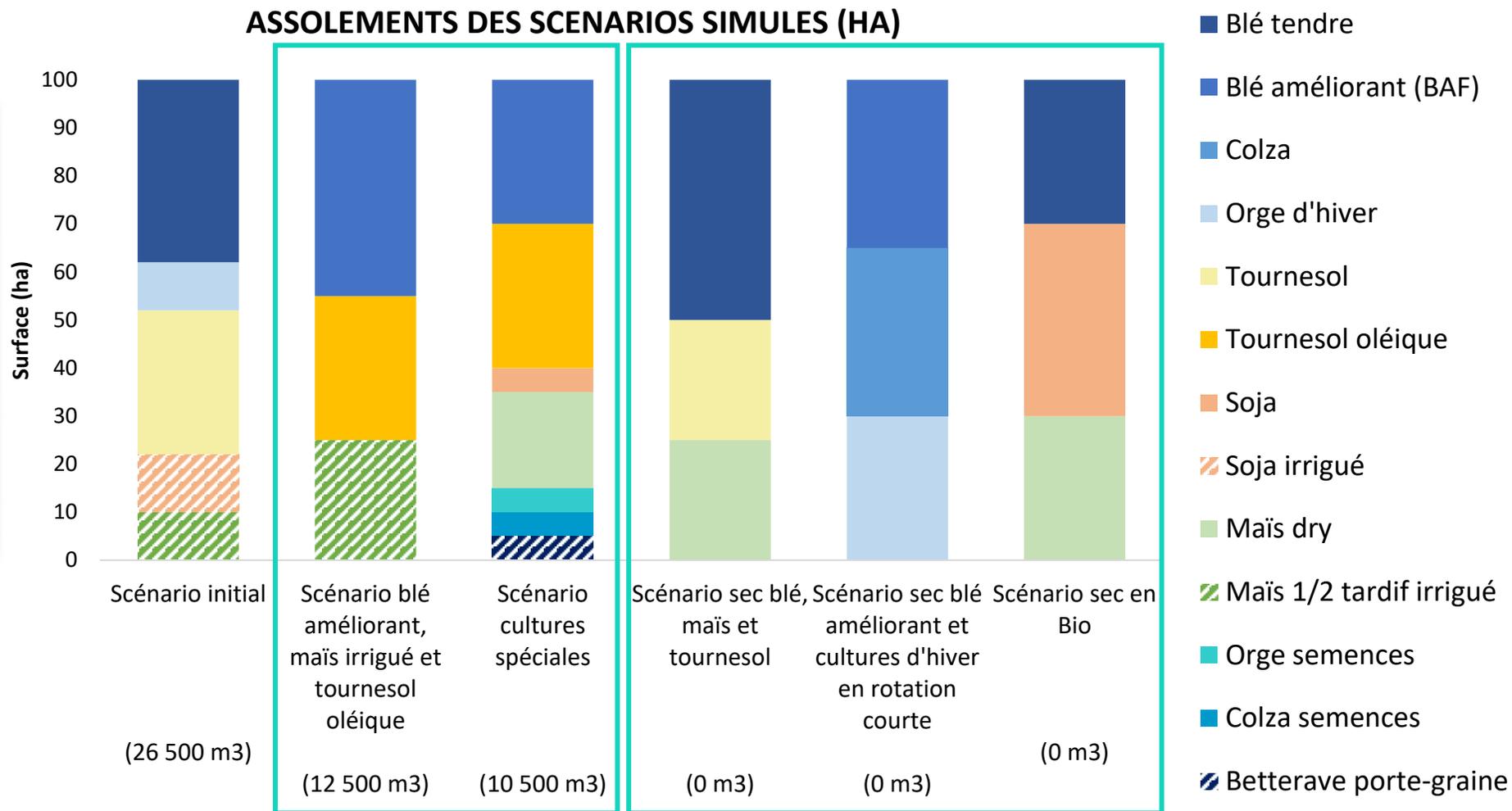
***Comparaison d'assolements :
résultats des simulations en Lot-et-
Garonne***

Scénarios d'assolement

Lot et Garonne - Coteaux de Seyches (100ha)



ASSOLEMENTS DES SCENARIOS SIMULES (HA)



5 scénarios proposés par le groupe « Coteaux de Seyches »

Résultats économiques

Lot et Garonne – Coteaux de Seyches



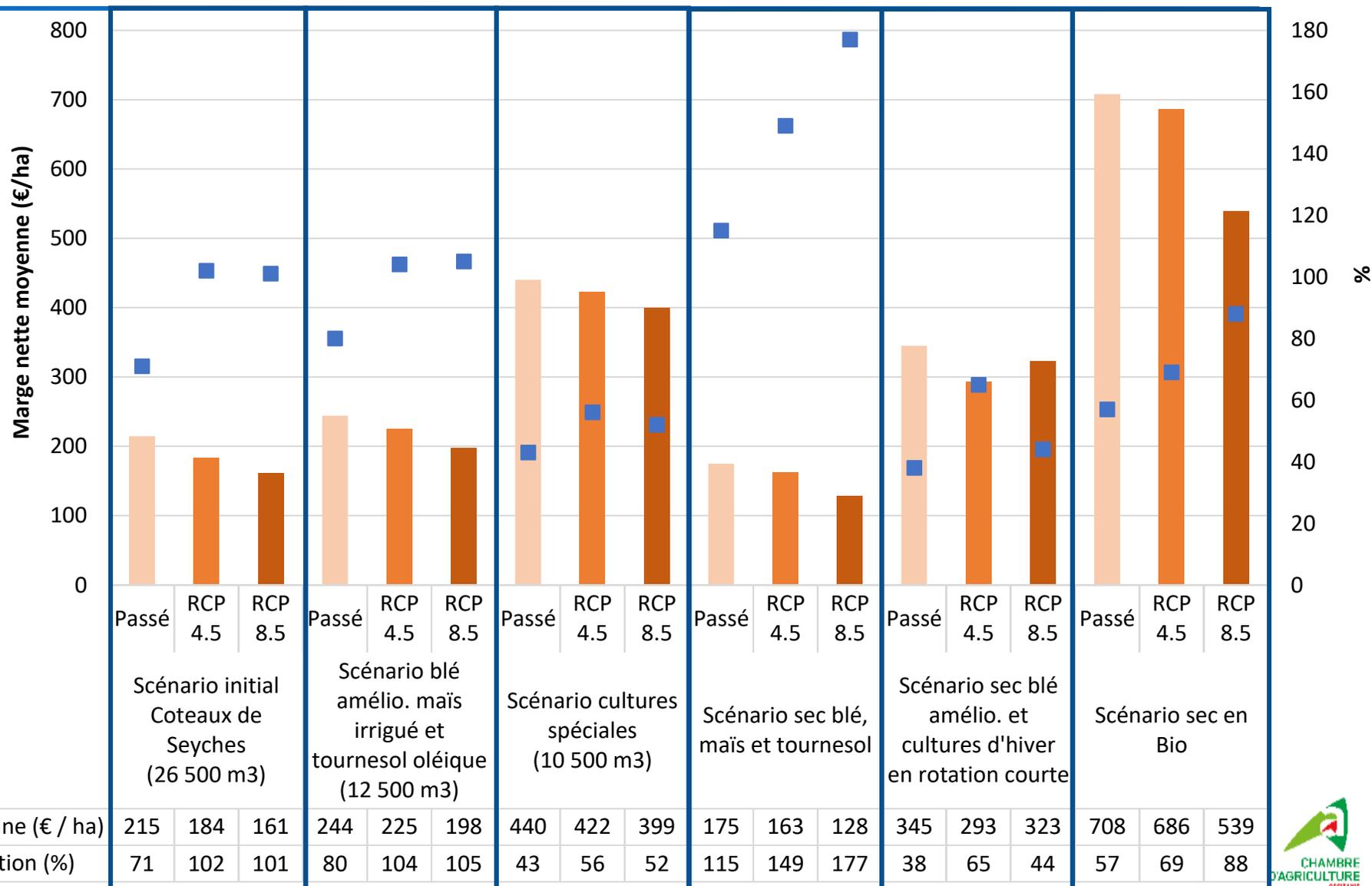
5 Scénarios testés :

2x Réduction de l'irrigation avec introduction de cultures sous contrat → Meilleure MN (*attention méthodo betterave porte-graine*)

1x Simplification de l'assolement dominante culture de printemps → Variabilité importante

1x Simplification de l'assolement en cultures d'hiver en pluvial → Attention aux pb. désherbage

1x Passage en pluvial en bio → bonne rentabilité mais + variable (*attention méthodo bio*)



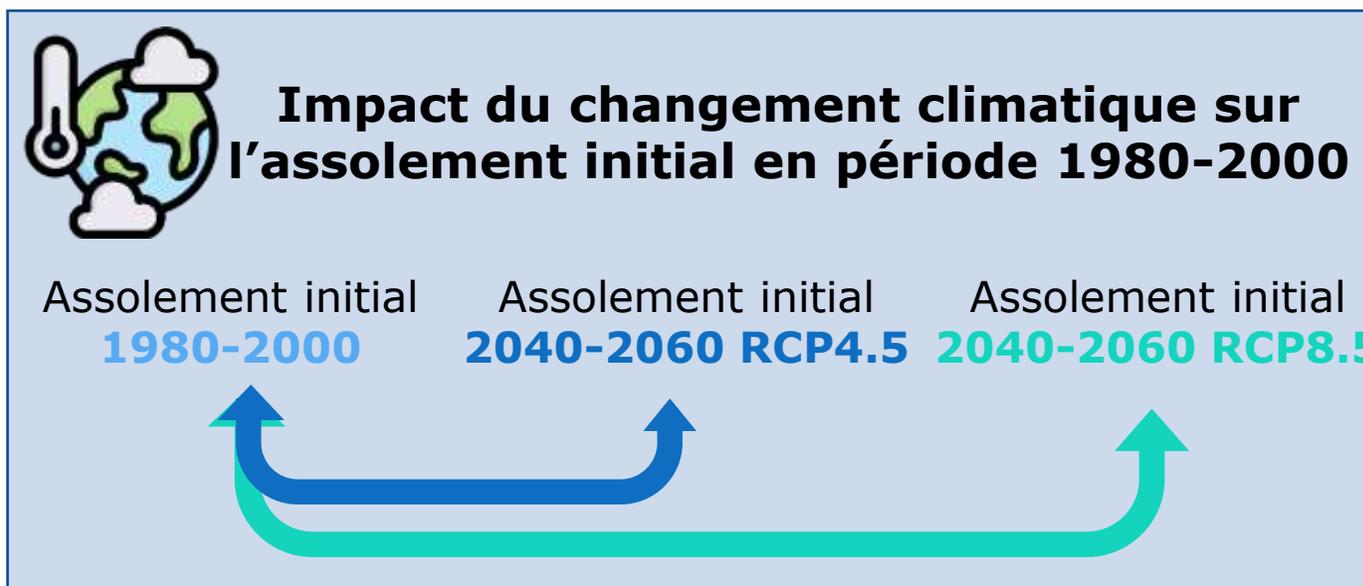
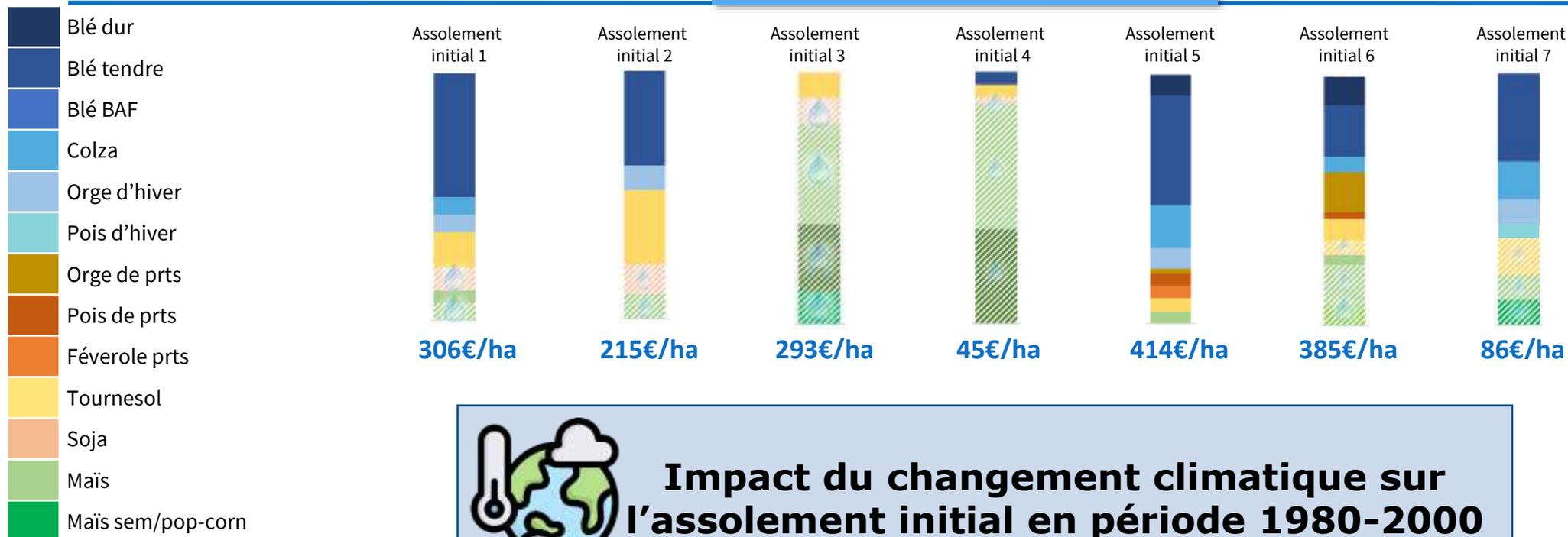


***Comparaison d'assolements :
résultats des simulations multi-
secteurs***

Résultats des simulations multi-secteurs



Assolements initiaux

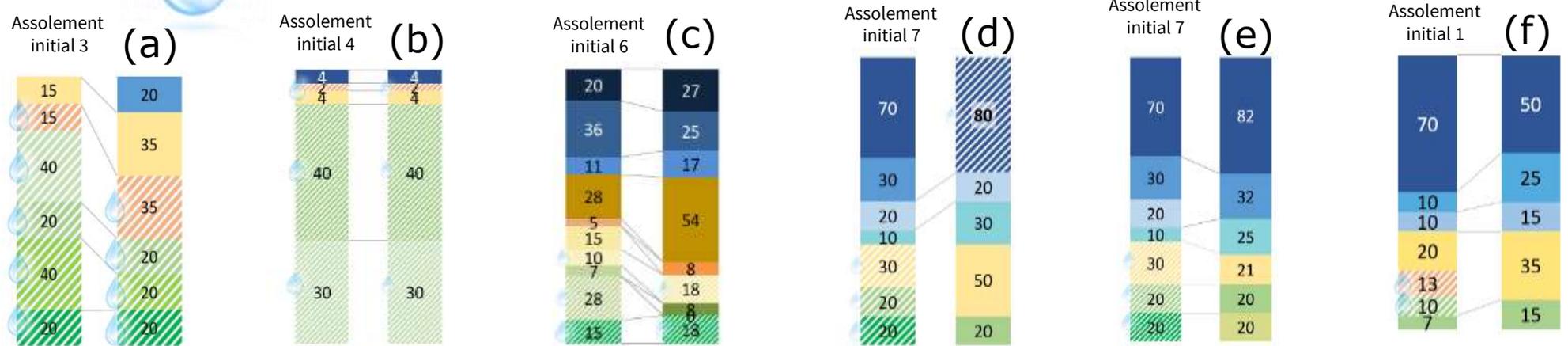


- 2040-2060 (RCP 4.5)
- 2040-2060 (RCP 8.5)

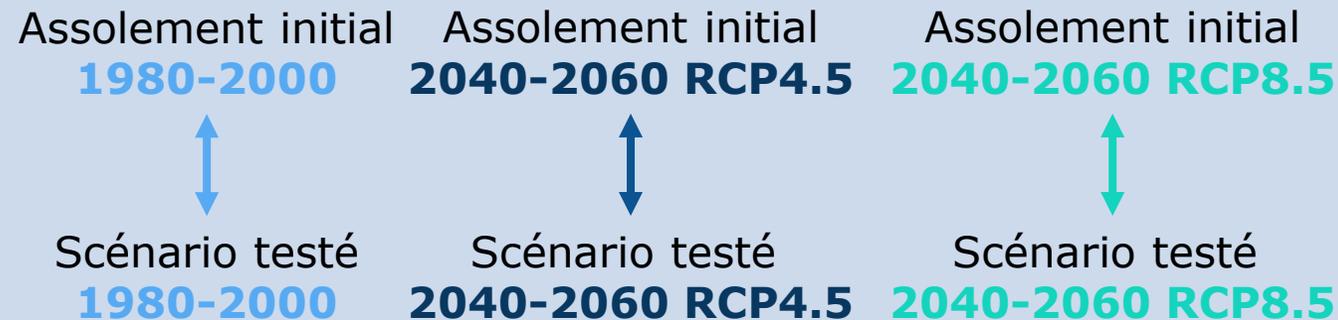
Résultats des simulations multi-secteurs



Comparaison scénarios « Réduction du volume d'irrigation »



Capacité d'adaptation des nouveaux assolements par rapport à l'initial



➤ Résumé



- **Baisse de la marge nette** pour tous les assolements initiaux
- Intérêt de l'adaptation de l'assolement en contexte de changement climatique :
 - **irrigation pour sécuriser le rendement à la culture** mais ! dans un contexte futur à la hausse des besoins en eau
 - **introduction de cultures à plus forte valeur économique** sous réserve de l'accès aux débouchés et de l'accès à l'eau et la structuration de l'exploitation (+ ↗ du temps de travail)
- Les résultats économiques dépendent de **facteurs propres à chaque secteur** : charges, prix de l'eau, SAU, type de sol...
- Intérêt de la **démarche de co-conception** entre des agriculteurs, des experts et des conseillers

Les limites de l'étude :



- Prise en compte uniquement du **stress hydrique** : pas de prise en compte des stress thermiques, excès d'eau, ravageurs et adventices + sensibilité des modèles climatiques = avantage aux assolements à dominante cultures d'hiver
- Des outils de simulation adaptés aux **grandes cultures**
- Toutes les **cultures ne sont pas intégrées** dans ASALEE : travaux en cours (fourrages, lin, pomme de terre...)
- **Références économiques** (charges fixes matériel et main d'œuvre) à améliorer

➤ Pour en savoir plus

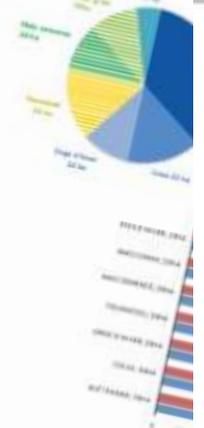
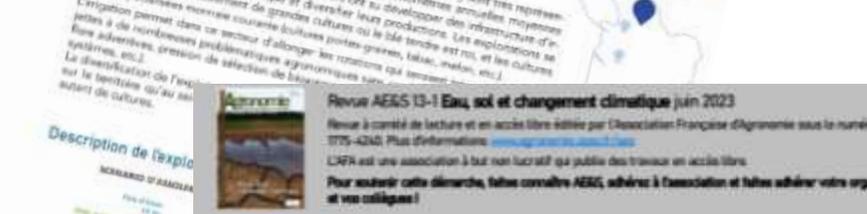
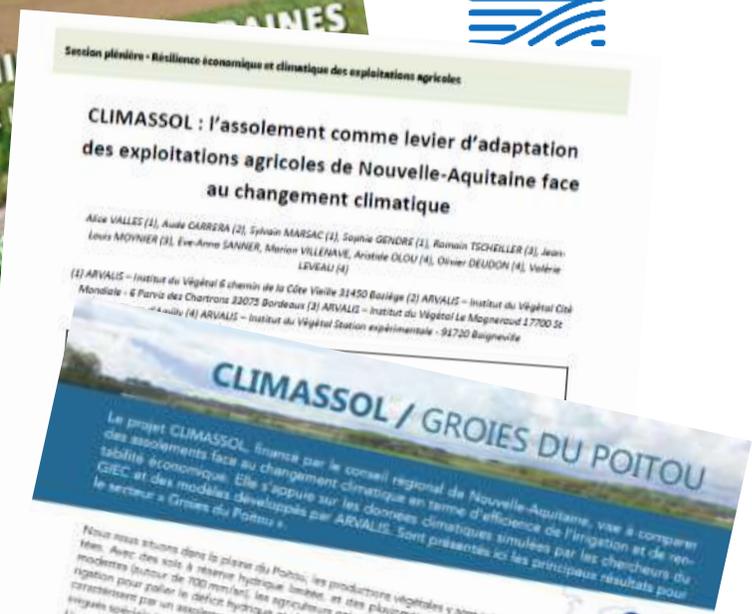
Diffusion auprès des agriculteurs du projet :

- 5 supports 3p à feuilleter & 5 plaquettes web
- Restitutions agriculteurs & partenaires

Quelques articles et présentations orales :

- 3 articles Perspectives Agricoles (publiés en oct 21 & avril 22)
- Présentation + Article actes du Congrès Phloème 2022 (nov 22)
- Présentation Journées de l'Innovation (jan 2023)
- Article dans la revue agronomique AES (publié jui 23)

Pour en savoir plus : <https://agronomie.asso.fr/aes-13-1-12>



Résumé
Le projet CLIMASSOL a pour objectif de proposer et d'évaluer des scénarios d'assolement vis-à-vis de leur résilience face au changement climatique, de l'efficacité de l'eau d'irrigation et de leur rentabilité économique. Sur sept secteurs de Nouvelle-Aquitaine, des scénarios d'assolement d'adaptation ont été co-construits lors d'ateliers participatifs. Sur la base de projections climatiques passées et futures, ces scénarios ont été évalués avec l'outil de comparaison d'assolements ASALEE. Sous l'effet du changement climatique, les assolements proposés ainsi que les assolements actuellement pratiqués subissent tous des baisses de rentabilité à moyen terme. L'irrigation permet de les limiter en compensant une partie des pertes de rendement dues au stress hydrique. Ses résultats obtenus permettent d'apporter aux agriculteurs de premiers éléments de



MERCI POUR VOTRE ATTENTION





Evaluation de la tolérance au sec des variétés de soja *en conditions de production AB*



Cécile LE GALL – Chargée d'étude agriculture biologique – c.legall@terresinovia.fr
Hélène TRIBOUILLOIS – Chargée d'études écophysiologie – h.tribouillois@terresinovia.fr

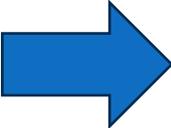


CHAMBRE
D'AGRICULTURE
OCCITANIE

▶ Pourquoi comparer les variétés en sec et en irrigué?



- Au contraire du conventionnel, 50% du soja bio est mené en conditions non irriguées dans le secteur du Sud-Ouest qui comptabilise 75% de la production
- Le soja est fortement pénalisé par l'absence d'irrigation : -30 à -50% de rendement
- Cependant, différentes études ont montré qu'il existe une variabilité génétique au sein de l'espèce vis-à-vis de la tolérance au stress hydrique
 - Plusieurs stratégies d'adaptation existent selon les variétés

- 
- Au sein des variétés commercialisées, existe-t-il effectivement des variétés plus tolérantes?
 - Quels sont les facteurs qui semblent l'expliquer ?
 - Ces variétés présentent-elles un comportement différent en conditions irriguées?

Les essais mobilisés

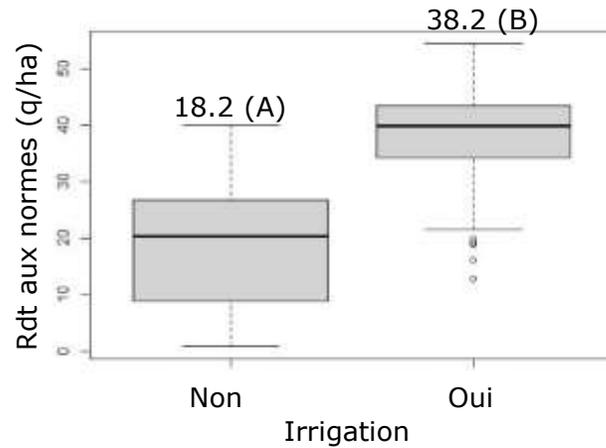
- 9 couples d'essais sec/irrigué menés entre 2016 et 2022
 - Localisés sur le Gers et la Haute Garonne
- Chaque couple d'essais a été mené dans la même parcelle la même année
 - Pas de randomisation de l'irrigation
 - Mais une comparaison qui présente malgré tout peu de biais
- 25 variétés regardées mais uniquement 5 présentes sur tous les essais

Variétés	Nb d'essais où la variété est présente		
	Les deux séries d'essais	Série 2020-2022	Série 2016-2018
ES PALLADOR	18	12	6
ISIDOR	18	12	6
ES CREATOR	16	12	4
RGT SINFONIA	15	10	5
RGT SINEMA	14	9	5
RGT STRAVIATA	8	6	2
WENDY PZO	7	4	3
RGT STOCATA	14	12	2
STEARA	7	1	6
RGT STARBELA	6	6	0
SPHERA	6	0	6
SANTANA	6	0	6
ES INDICATOR	5	0	5
ES INVENTOR	5	0	5
PANORAMIX	4	4	0
ANANDA	4	4	0
ECUDOR	4	0	4
ES GABOR	3	0	3
LUNA	3	0	3
SUMATRA	2	0	2
CELINA PZO	2	0	2
BLANCAS	1	0	1
ES MEDIATOR	1	0	1
SHAMA	1	0	1
SPEEDA	1	0	1
Total général	18	12	6

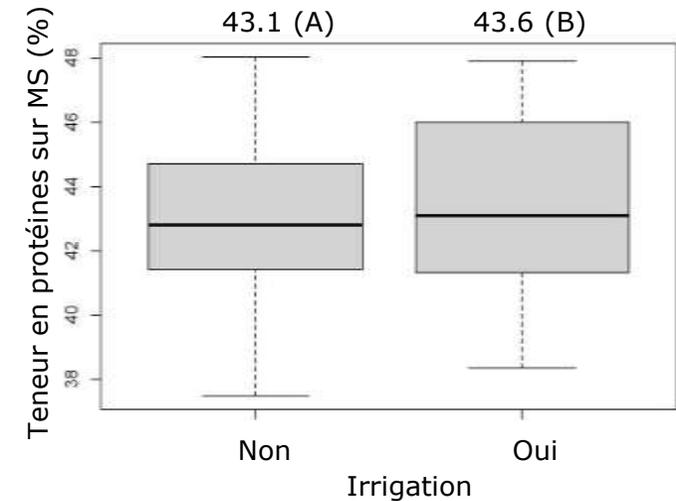
Quel effet de l'absence d'irrigation sur les performances du soja?



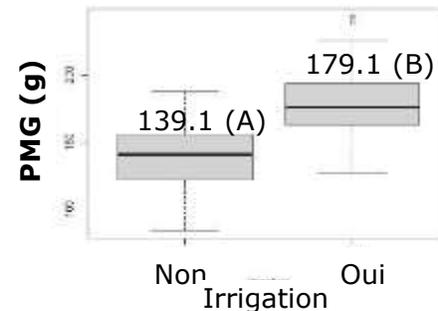
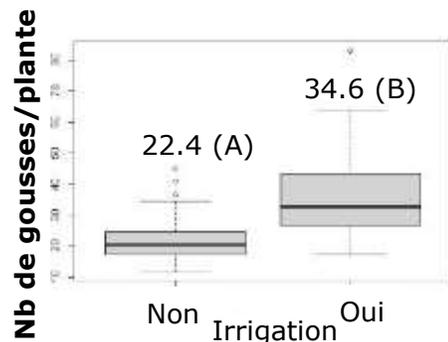
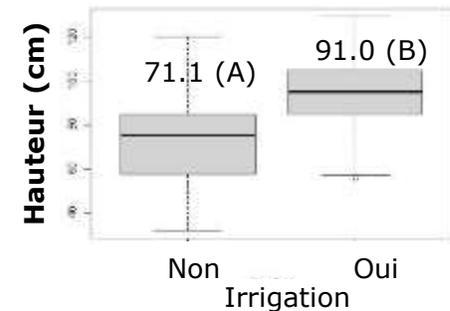
Un rendement diminué en moyenne de 20 q/ha (- 47%)



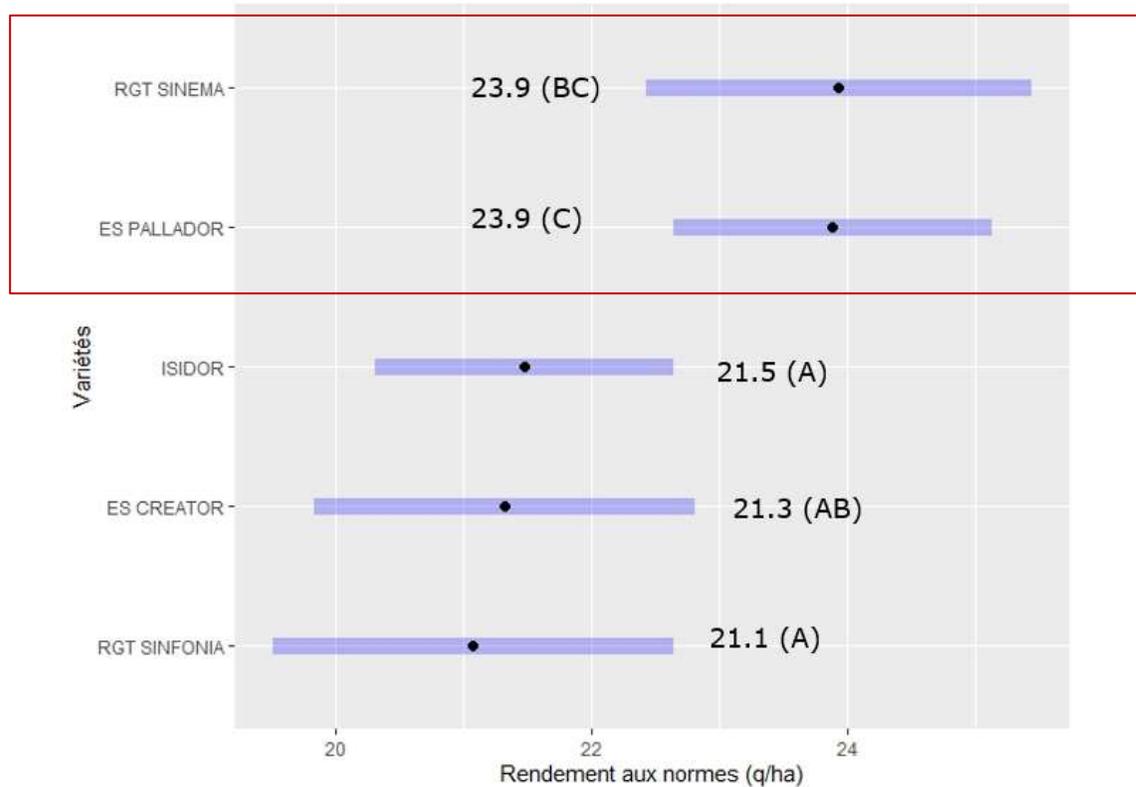
En revanche une teneur en protéines qui est peu affectée



Lié à un plus faible nombre de gousses/plante (-35%), en lien avec une plus faible hauteur (-22%), et un plus petit PMG (-23%).



➤ Certaines variétés sont-elles effectivement plus performantes en sec?

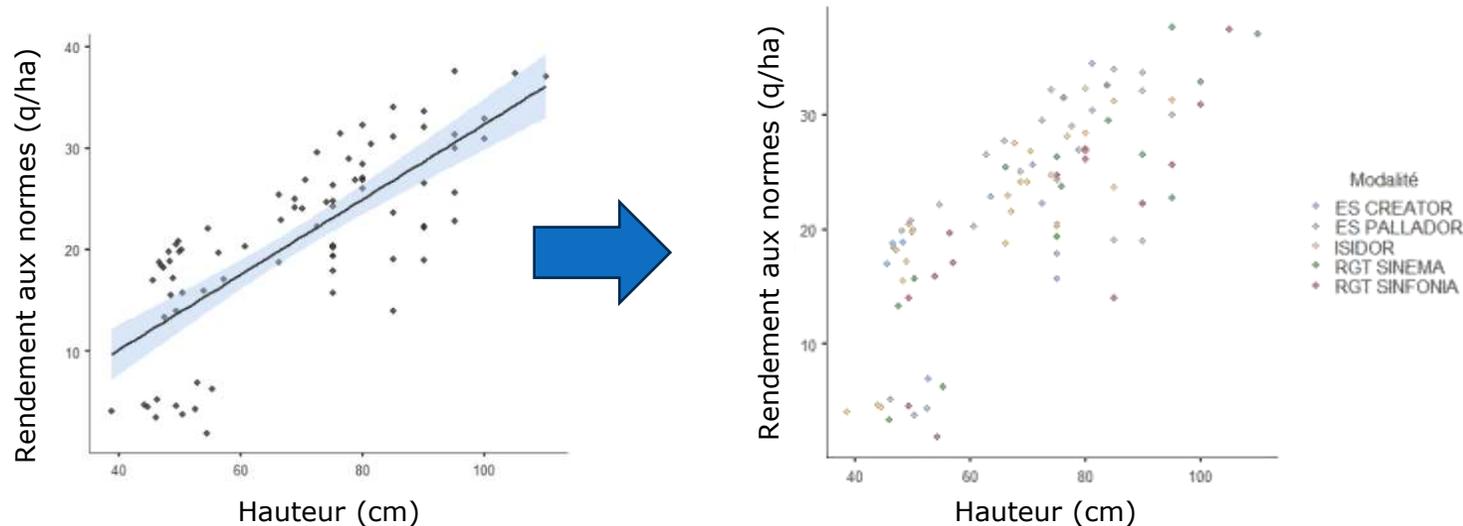


- Un gain significatif pour RGT Sinema et ES Pallador comparativement à Isidor, RGT Sinfonia et ES Creator même si la différence reste relativement faible
- +2.4 q/ha (soit +11%)

Quels facteurs semblent l'expliquer?

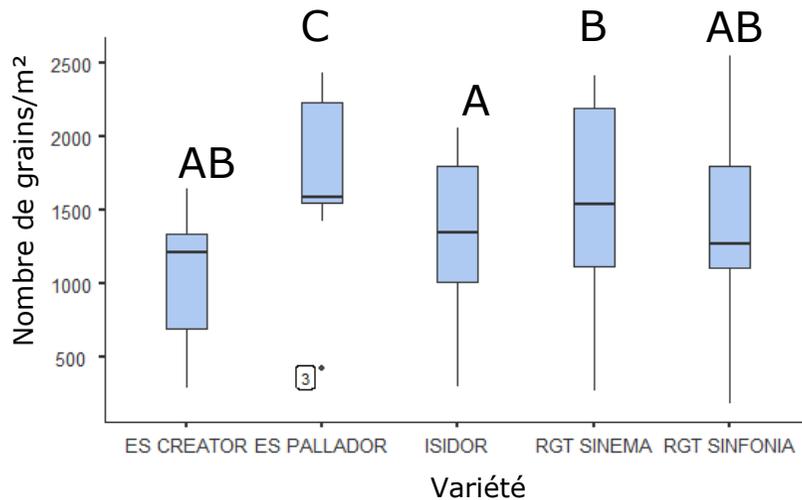


- Au-delà de l'effet variétal, le pédoclimat a un impact majeur sur les résultats des essais
 - L'effet « essai » explique près de 70% de la variabilité des rendements observés contre 7% pour l'effet variétal
 - En revanche, l'interaction d'effet « variété x essai » n'est pas significative => les variétés se comportent de manière similaire sur les différents sites
- Le rendement est ainsi significativement lié à la hauteur des plantes...



- La hauteur mesurée pour chaque variété varie de +/- 7 cm suivant les essais
- La hauteur varie en fonction de la variété mais seule RGT Sinema obtient une hauteur significativement plus élevée qu'Isidor

Quels facteurs semblent l'expliquer?

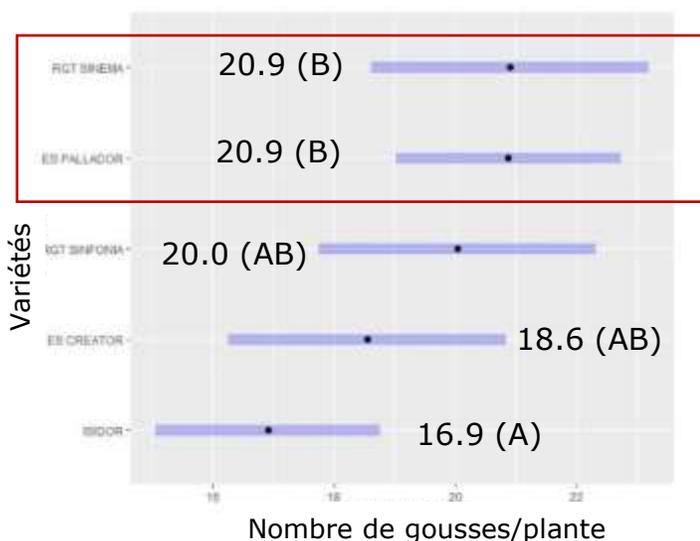


- ES Pallador et RGT Sinema sont les variétés qui présentent quasi systématiquement le plus haut nombre de grains/m² dans les essais alors que Isidor et ES Creator présentent le nombre le plus bas

ES CREATOR	ES PALLADOR	ISIDOR	RGT SINEMA	RGT SINFONIA
1128	1782	1274	1464	1257

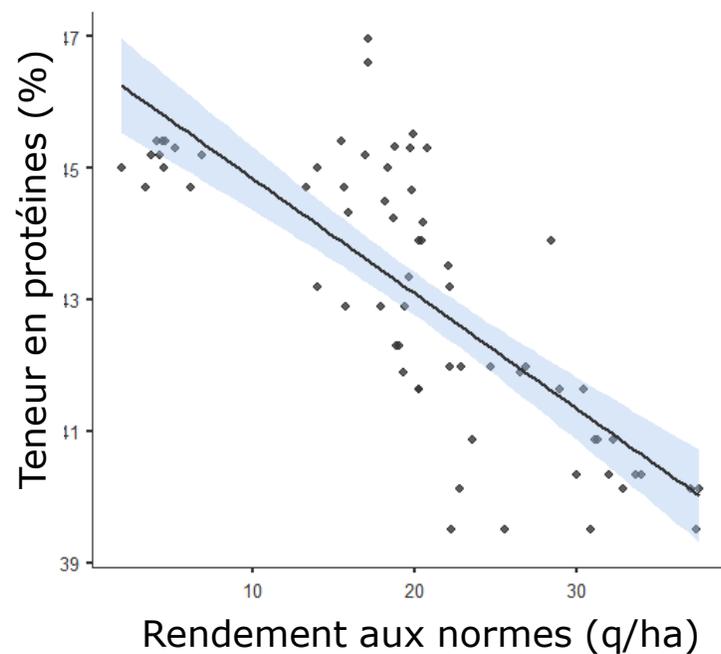
Nb de grains/m² moyen pour les différentes variétés

- La variabilité du nombre de grains/m² est influencée significativement par le nombre de gousses/plante et par le nombre de graines/gousse

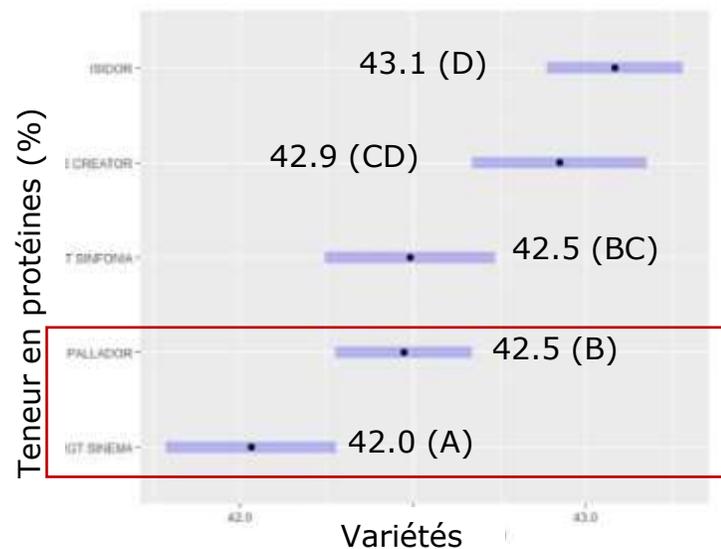


- ES Pallador et RGT Sinema obtiennent un nombre de gousses/plante significativement plus élevés qu'Isidor (+17%)
- ES Pallador obtient également un nombre de graines/gousse plus élevé (+11%) mais pas RGT Sinema

Un teneur en protéines sous influence du rendement en sec

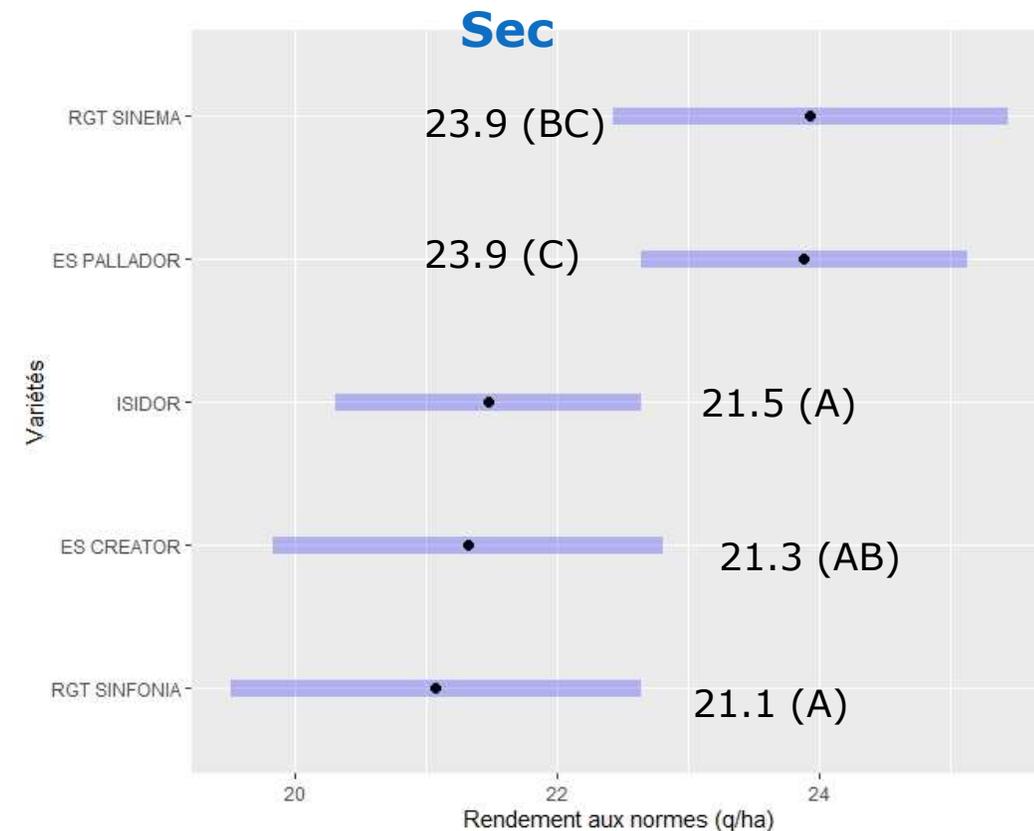
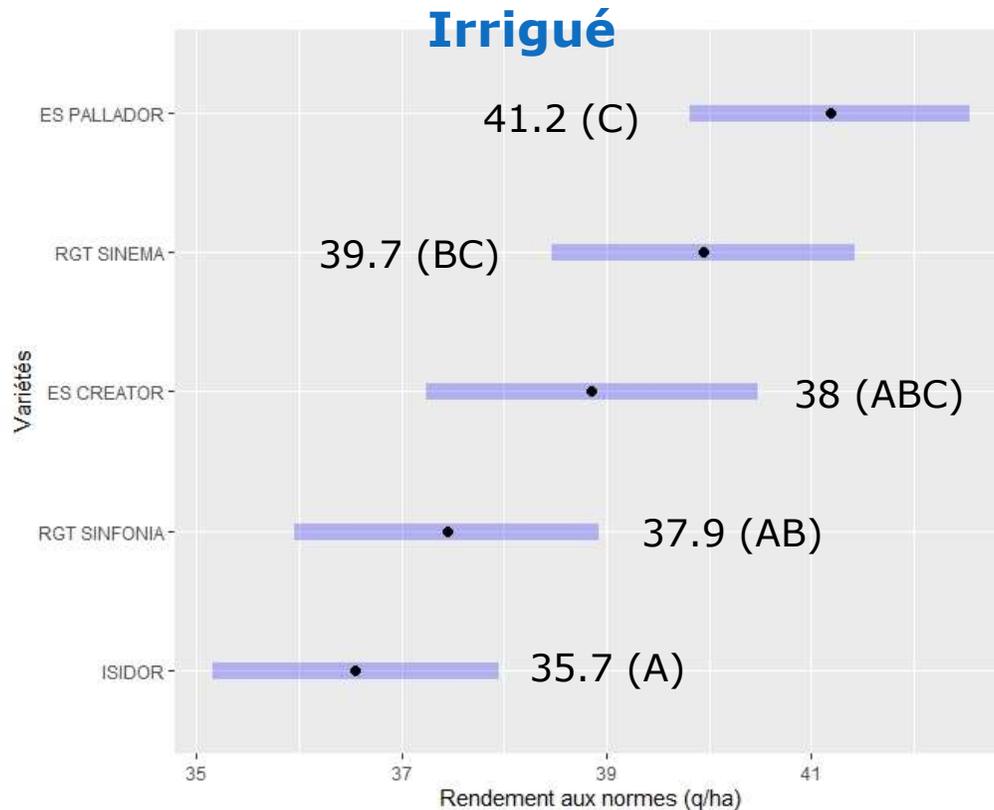


- Une corrélation significative et négative entre le rendement et la teneur en protéines en conduite en sec (non retrouvé en irrigué)
- Les variétés avec les rendements les plus élevés ont des teneurs en protéines plus faibles



+0.6% à 0.9% pour Isidor comparativement à RGT Sinema et ES Pallador

Les variétés ont-elles le même comportement en sec et en irrigué?



➔ Classement proche entre sec et irrigué
Ecart de rendement beaucoup plus prononcé en irrigué ➔ +3.3 à +5.5 q/ha
vs +2.4 q/ha

➤ Conclusions et Perspectives



- Certaines variétés obtiennent de meilleures performances que d'autres en conditions non irriguées → capacité variétale à produire plus de gousses et plus de graines/gousse
- Le classement des variétés sur le critère du rendement n'est pas significativement modifié entre essais en sec et essais en irrigué
- Les travaux restent à approfondir pour:
 - Mieux comprendre les caractères variétaux qui déterminent les différences observées en conditions non irriguées
 - Etudier dans quelle mesure le comportement variétal en conditions non irriguée peut être prédit à partir du comportement observé en condition irriguée → *pour éviter de devoir doubler les essais d'évaluation variétale*



De nouvelles opportunités pour la culture du soja dans le contexte du changement climatique ?

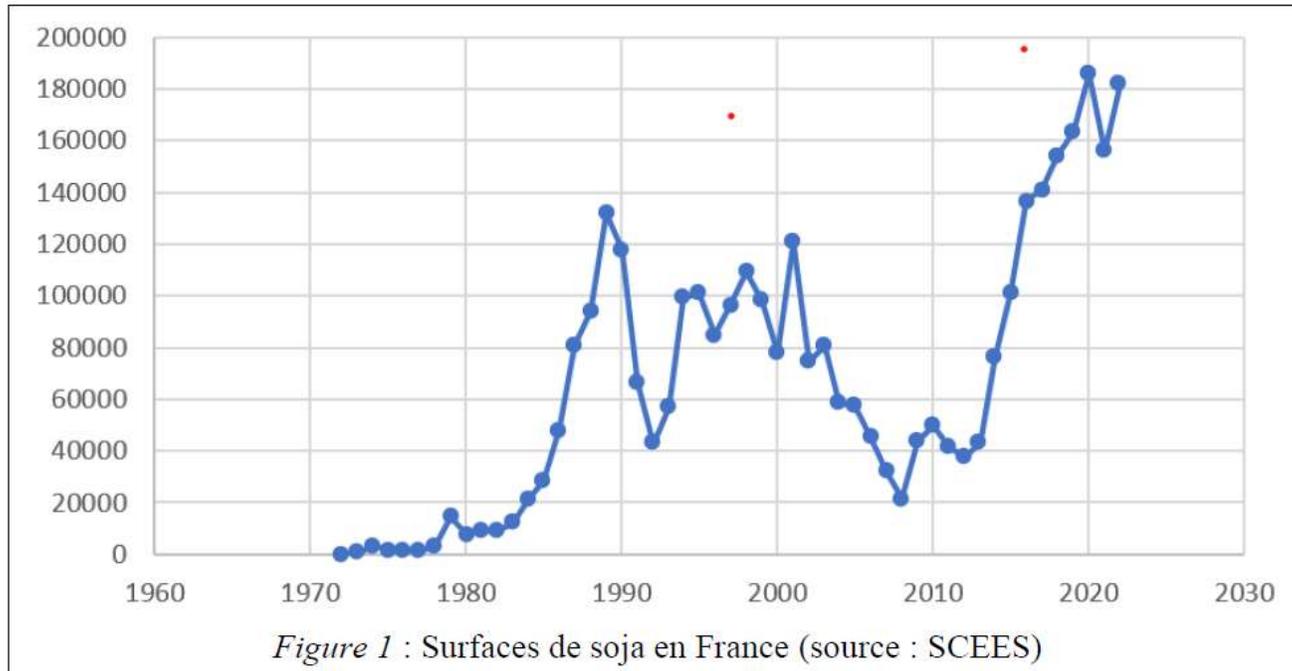


Philippe Debaeke, Julie Constantin

UMR AGIR – Auzeville-Tolosane

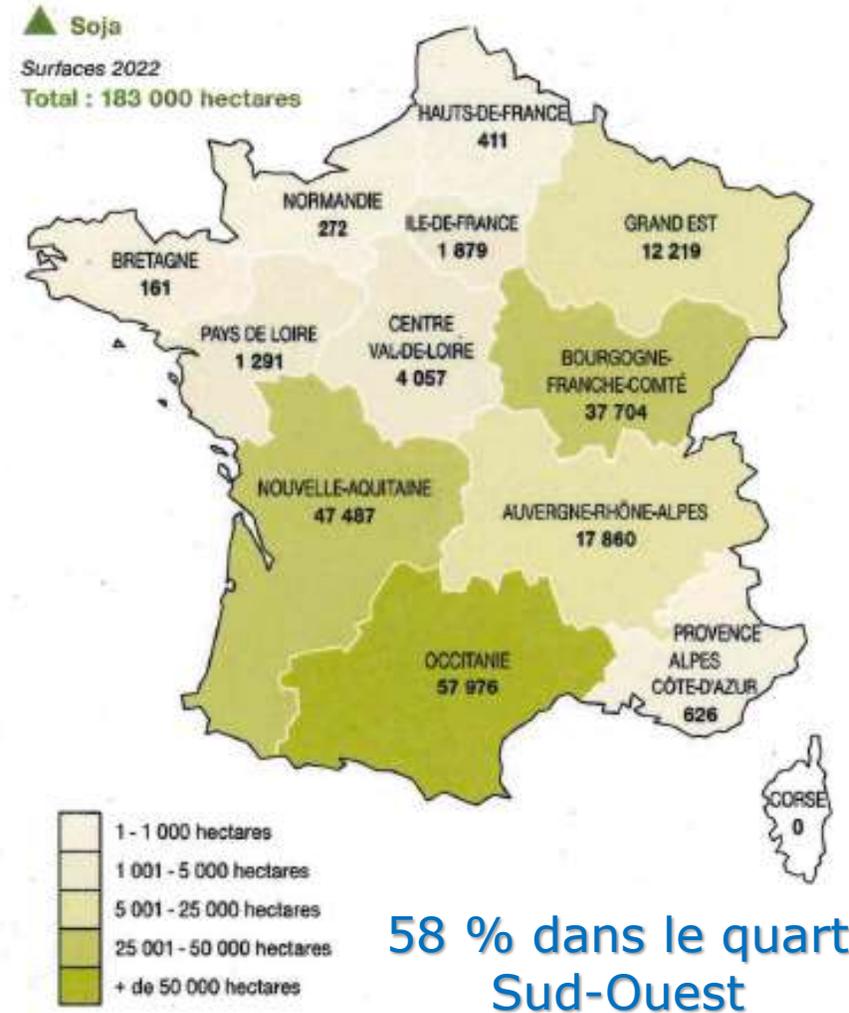


Un nouvel intérêt pour le soja



Economie d'intrants (N, phytos)
Forte teneur en protéines des graines (soyfood)

32 % des surfaces en



Source : Terres Univia d'après FranceAgriMer (PAC 2022)

Un contexte thermique favorable à une extension de l'aire de culture du soja vers le nord

Et si la culture du soja était possible dans les Hauts-de-France ?

Terres et Territoires 06/05/2020

Face au réchauffement climatique, les agriculteurs de l'Oise se mettent au sorgho et au soja. Le Parisien 07/08/2020

Protéines : le soja « made in Normandie » prend son essor près de Bayeux.

La Renaissance 21/01/2021

Du soja en Bretagne ? Panorama des initiatives bretonnes. Le Paysan Breton 11/05/2020

Le soja à la conquête de l'Ouest.

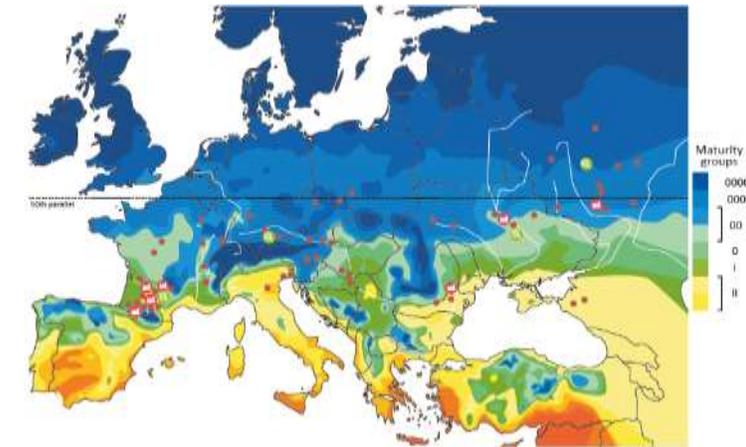
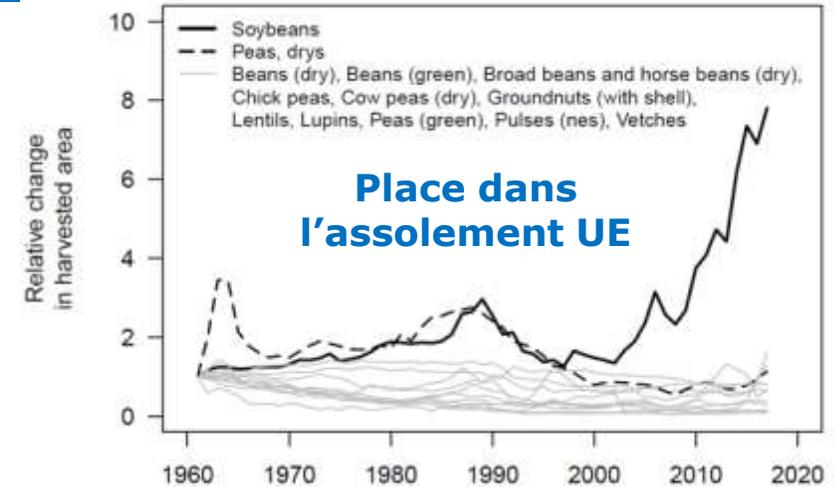
Plein Champ 08/09/2020



© G.Boulch – UniLaSalle
Soja en Picardie

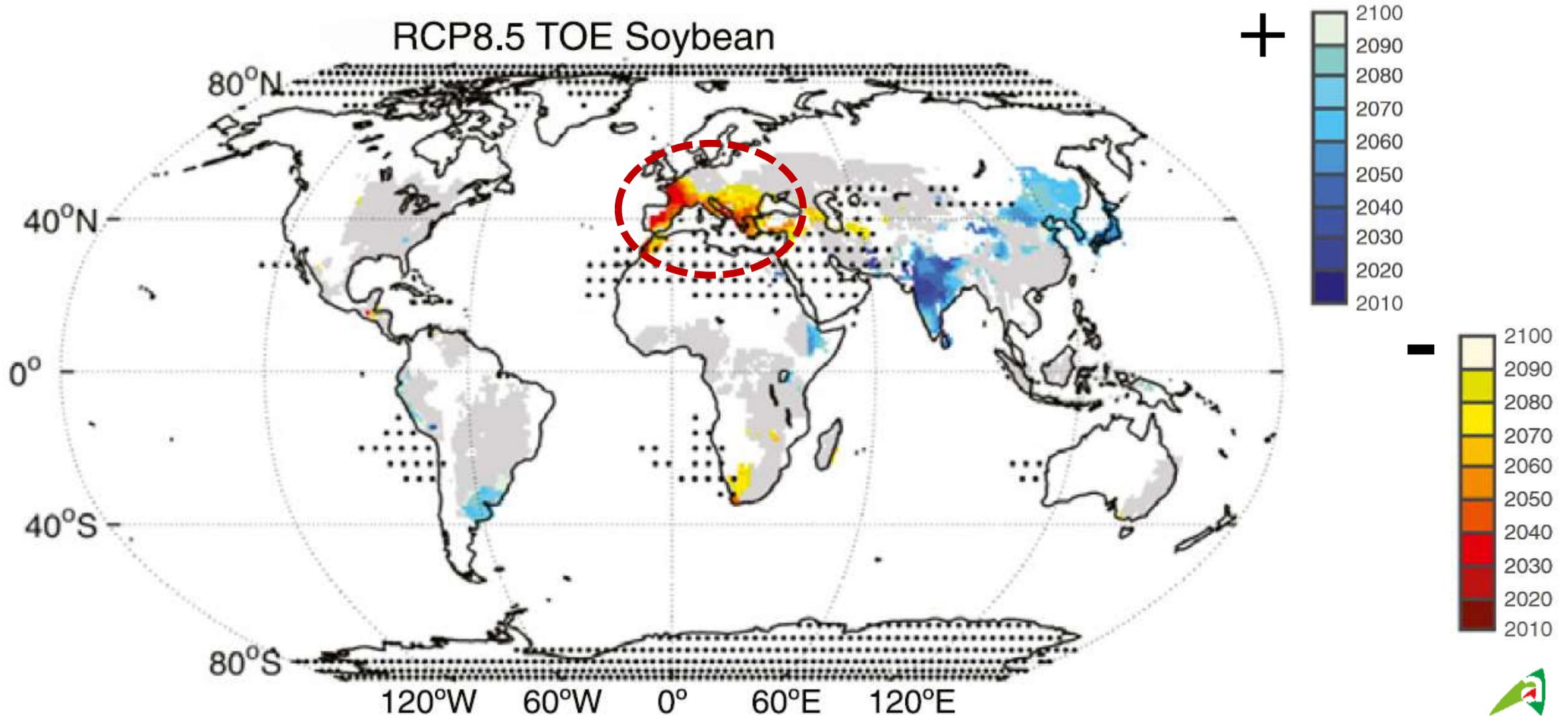


Soja en AB en
Allemagne du Nord



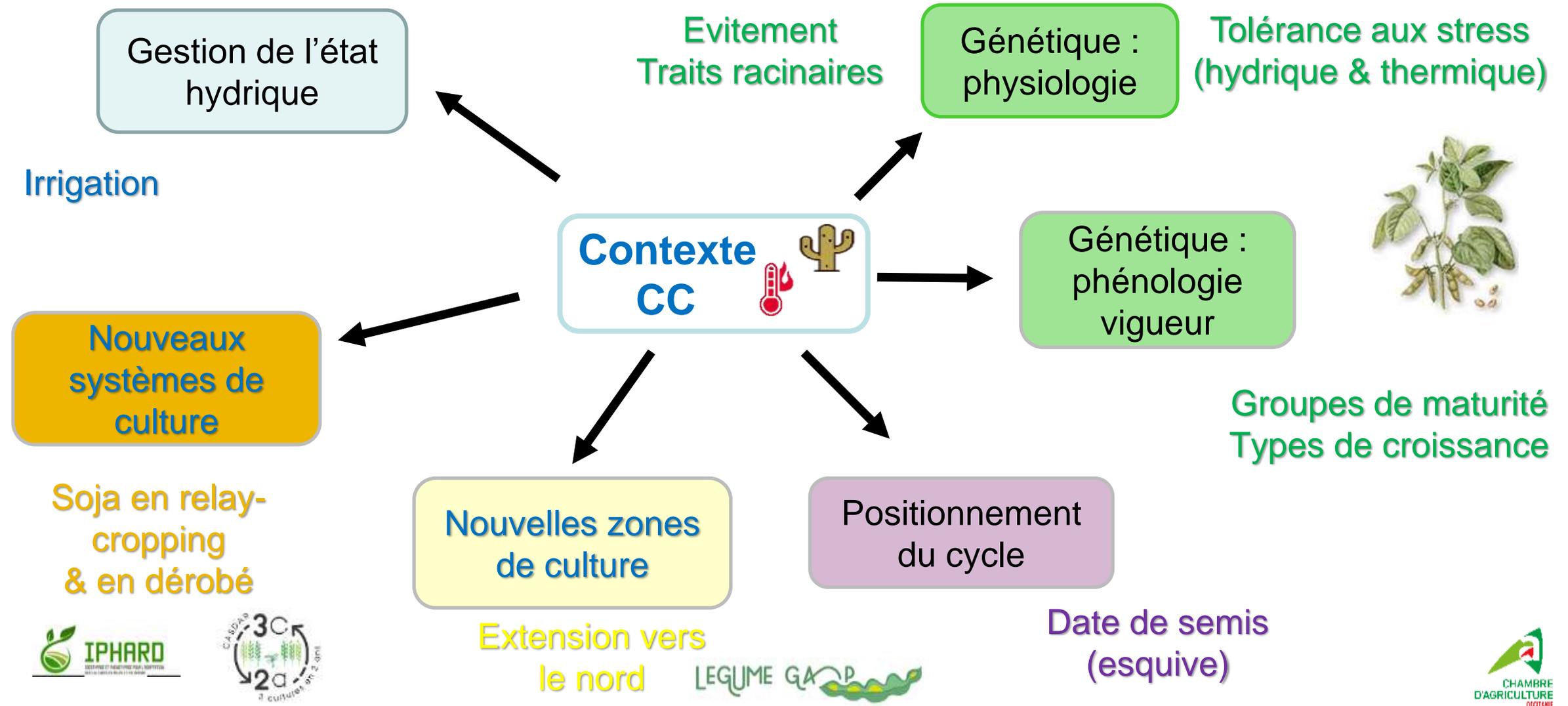
Réseau LIDEA 2023

En Europe, la saison de culture du soja serait affectée la première par un déficit de précipitations (RCP 8.5)

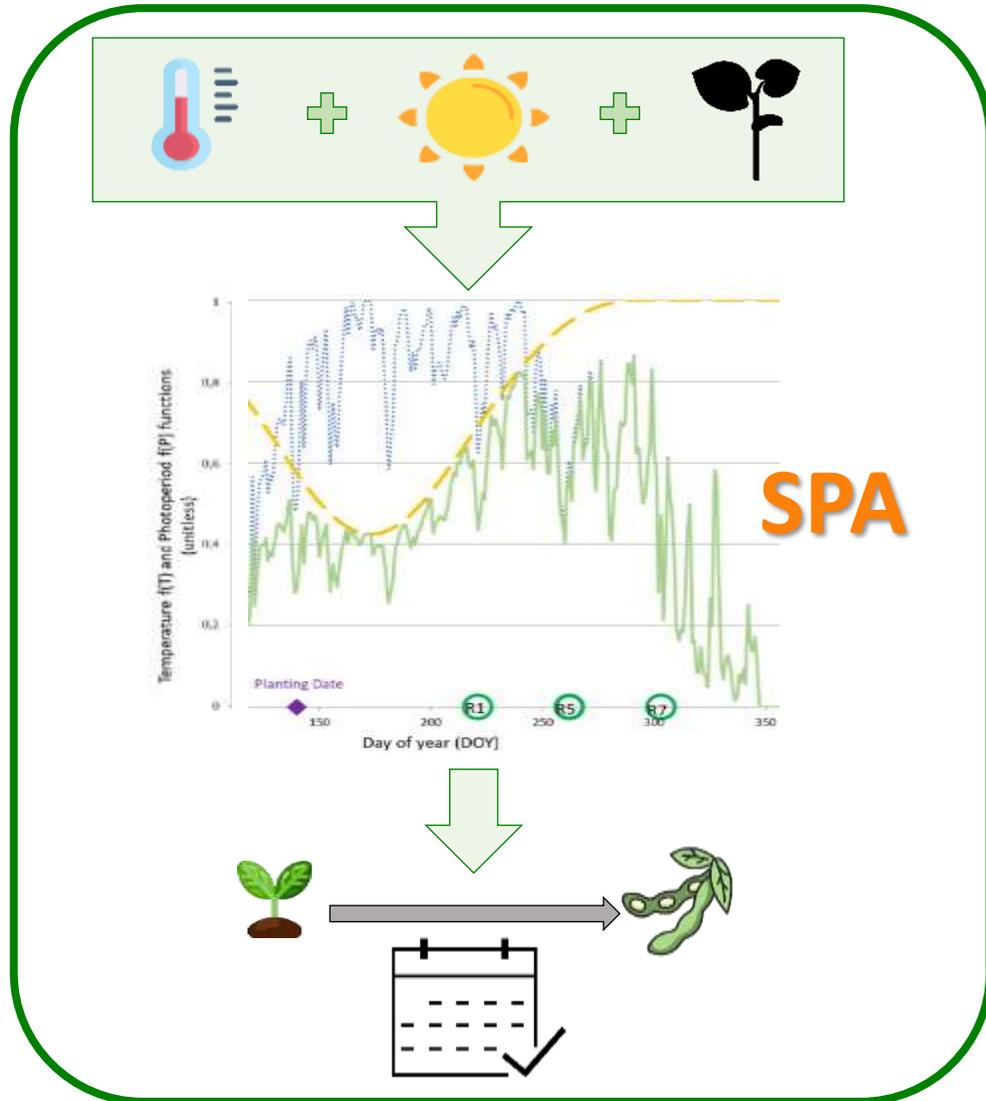


Rojas *et al.* (2019)

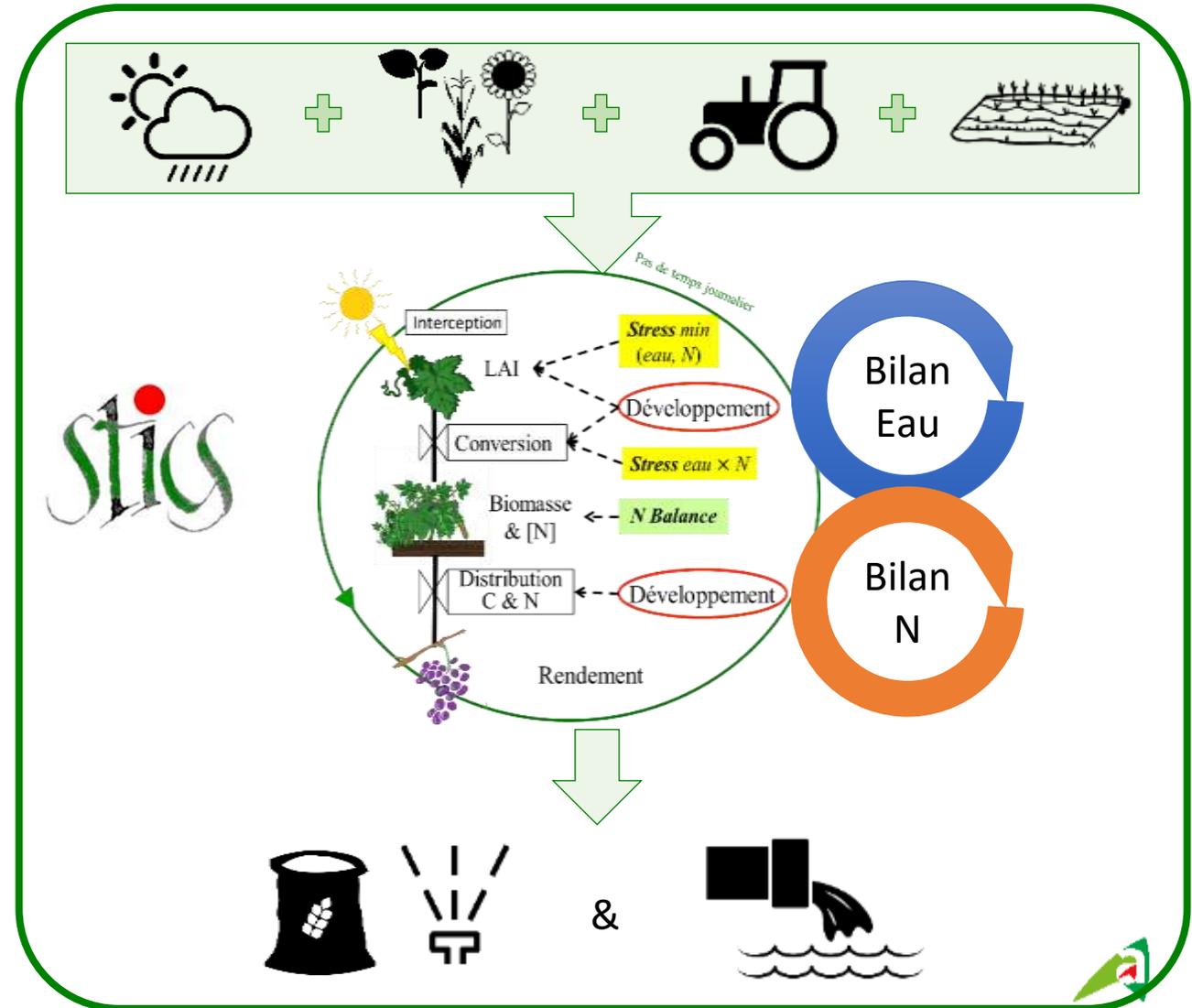
Voies d'adaptation du soja au changement climatique



➤ Modéliser la réponse du soja à l'environnement



(Schoving et al., 2020)



(Brisson et al., 2003)

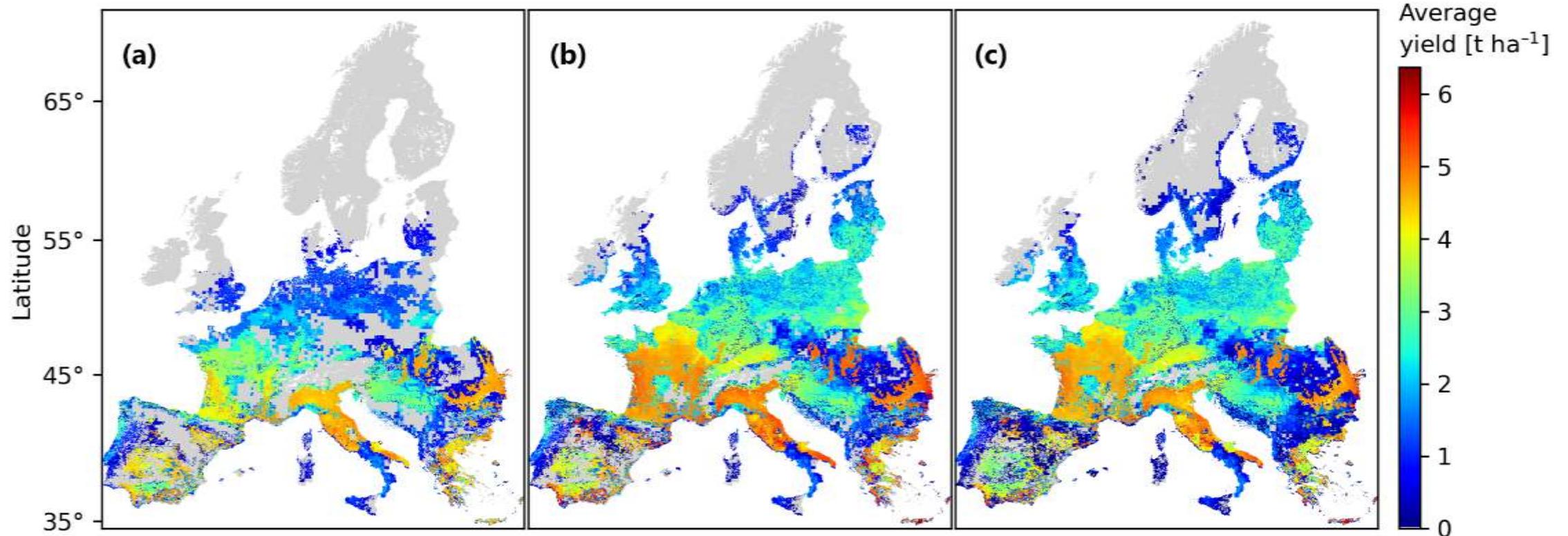
➤ Quel rendement accessible pour le soja en 2050 ?



1981-2010

2040-2069 (RCP 4.5)

2040-2069 (RCP 8.5)



4 modèles de culture (dont STICS) + 5 modèles climatiques

Nendel *et al.* (2023)

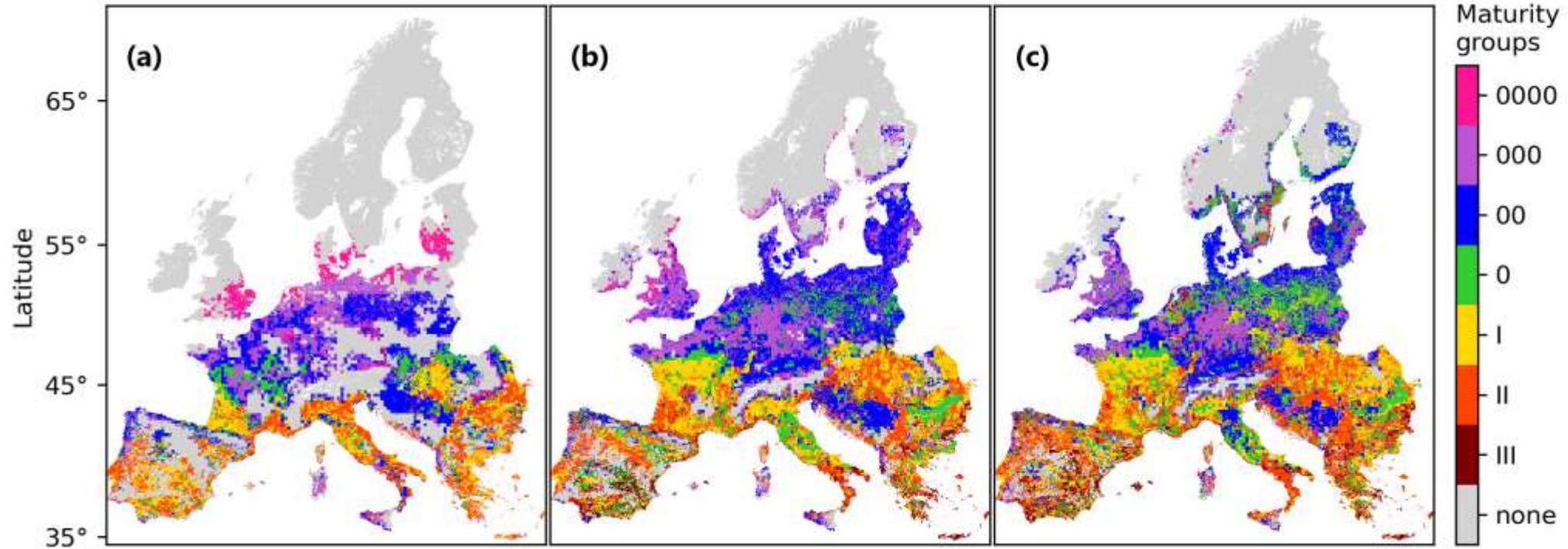
➤ Quel groupe de maturité pour le soja en 2050 ?



1981-2010

2040-2069 (RCP 4.5)

2040-2069 (RCP 8.5)



Nendel *et al.* (2023)

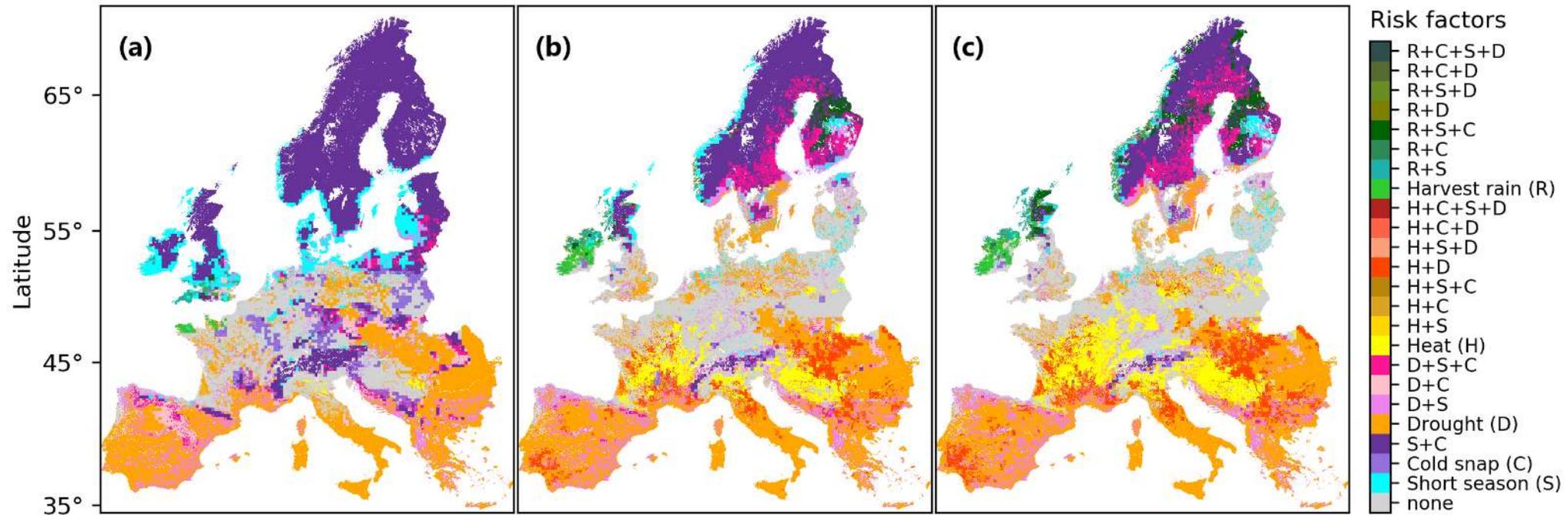
Quels facteurs limitants pour la culture en 2050 ?



1981-2010

2040-2069 (RCP 4.5)

2040-2069 (RCP 8.5)



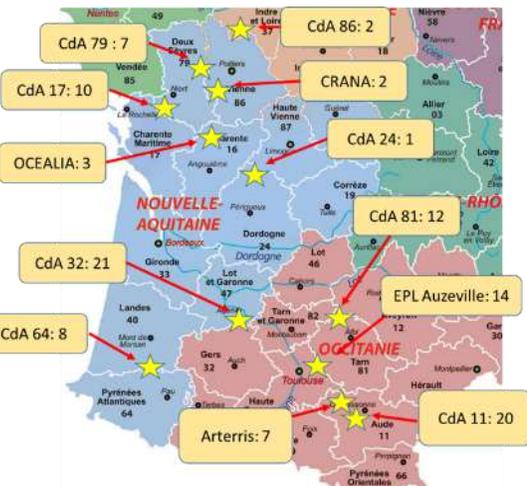
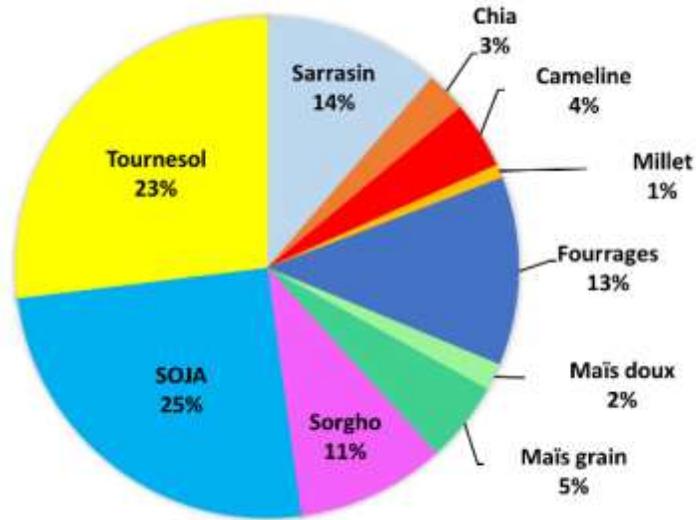
D : sécheresse **(+29 %)** ; H : hautes températures durant la floraison ($> 30\text{ °C}$)
S : saison de culture raccourcie **(-29%)** ; R : conditions humides à la récolte **(+307 %)**
C : épisodes de froid ($< 5\text{°c}$) en Juillet-Août **(-46 %)**

Nendel *et al.* (2023)

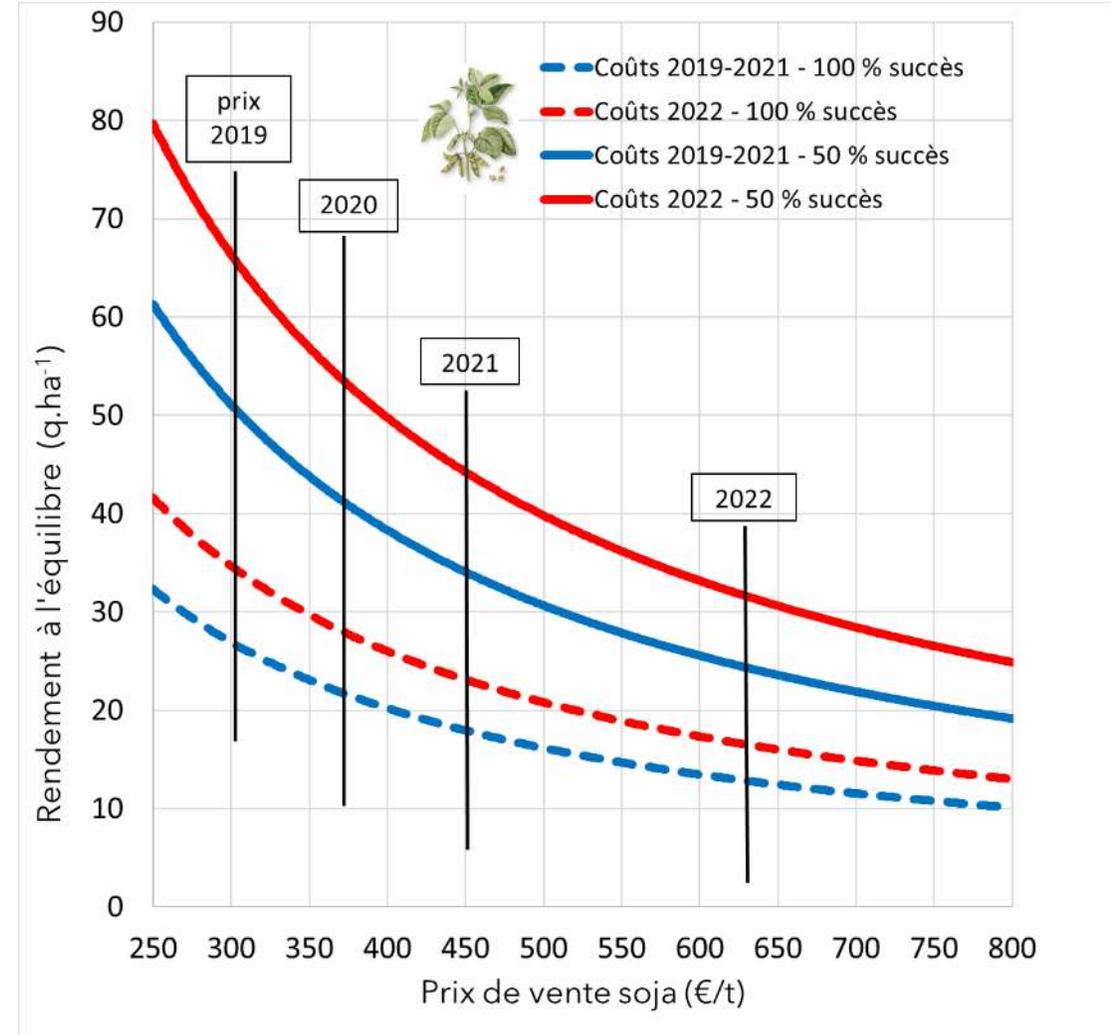
Des opportunités pour le soja en culture dérobée

19 q/ha
(4 – 29 q/ha)

2/3 irrigué



130 parcelles
(2019-22)



Pitchers *et al.* (2023)

➤ Faisabilité du soja en dérobé



Date de récolte 8 années sur 10 (en **bleu** & **vert** : avant le 20/10)

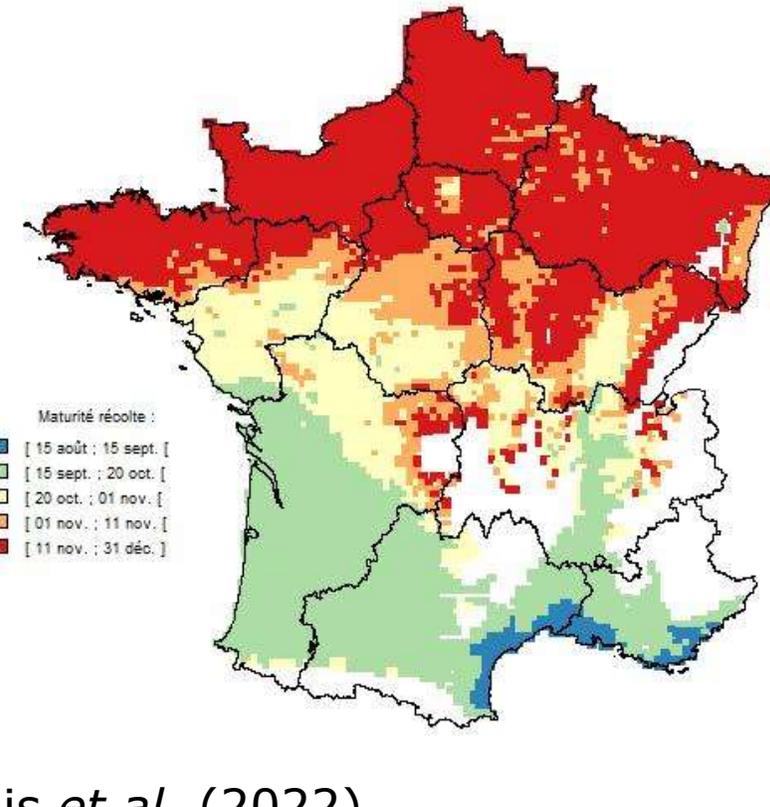
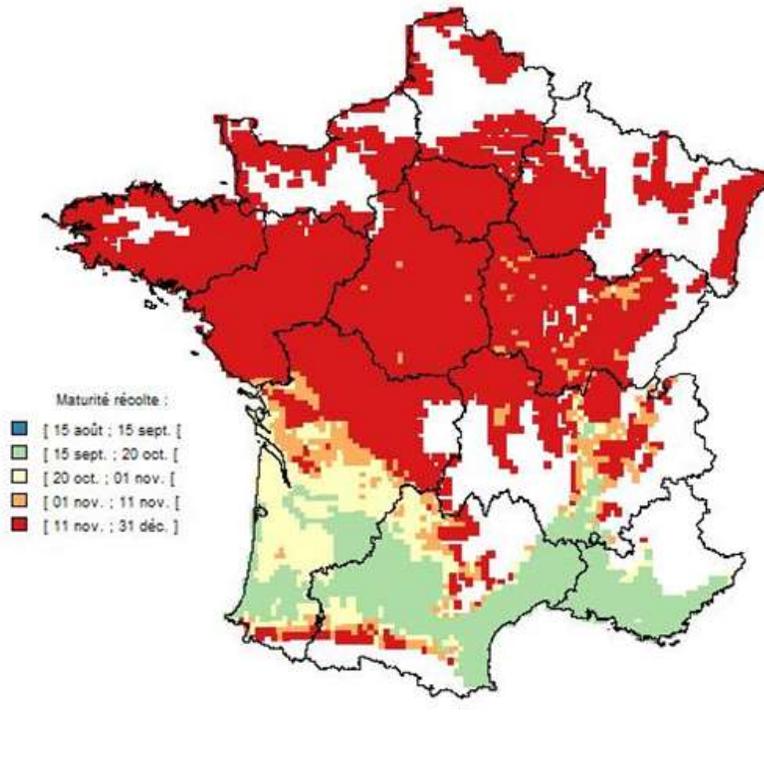
Soja 000 semé le 21/06

Simulations

SPA

2001-2021

2040 -2060



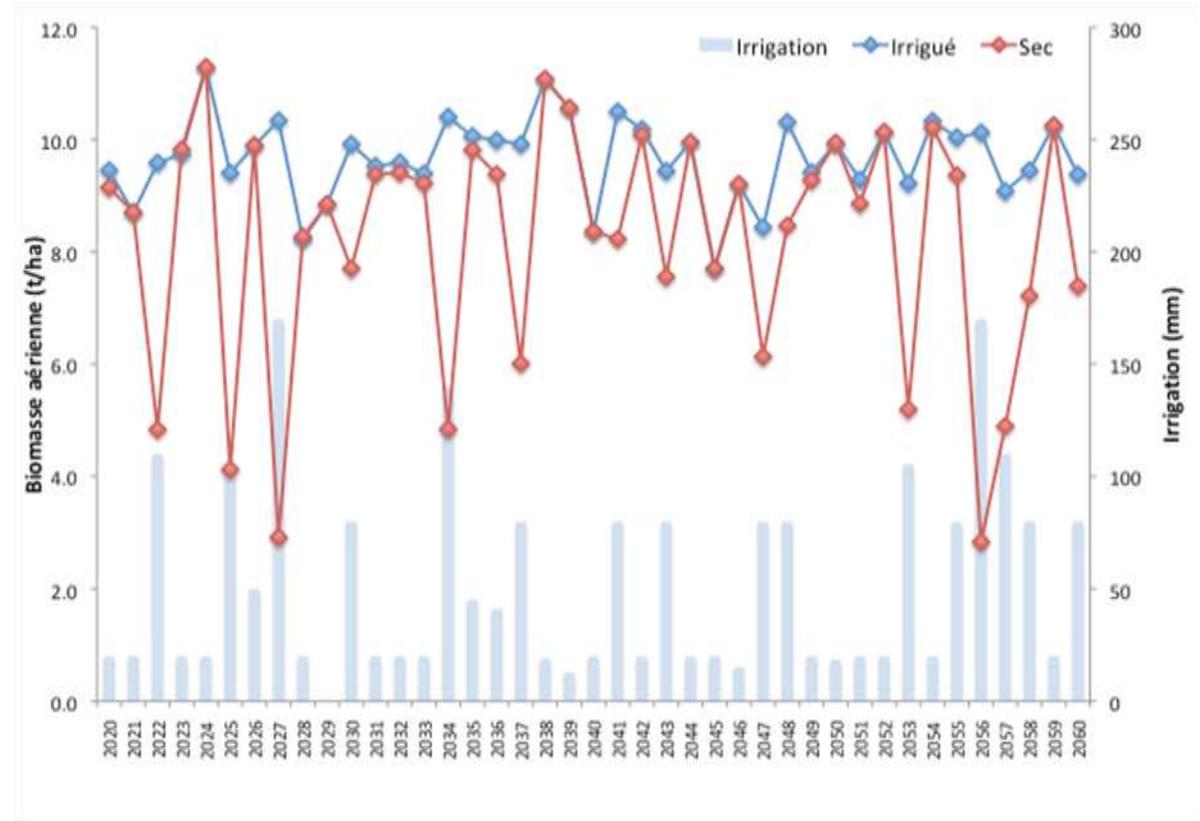
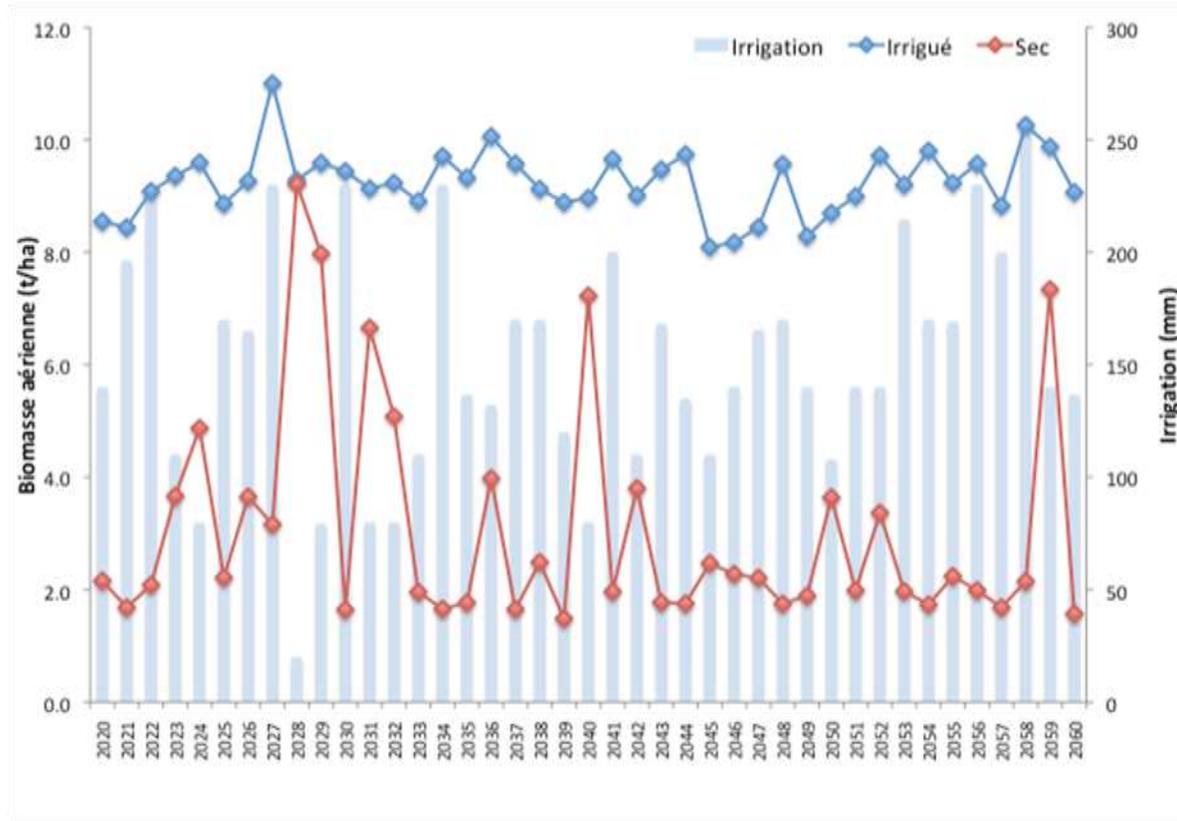
Duchalais *et al.* (2022)

➤ Irrigation du soja en dérobé: besoins en eau et effets sur la croissance



Marsan (32) – RU 121 mm

Aulnay-de-Saintonge (17) – RU 213 mm



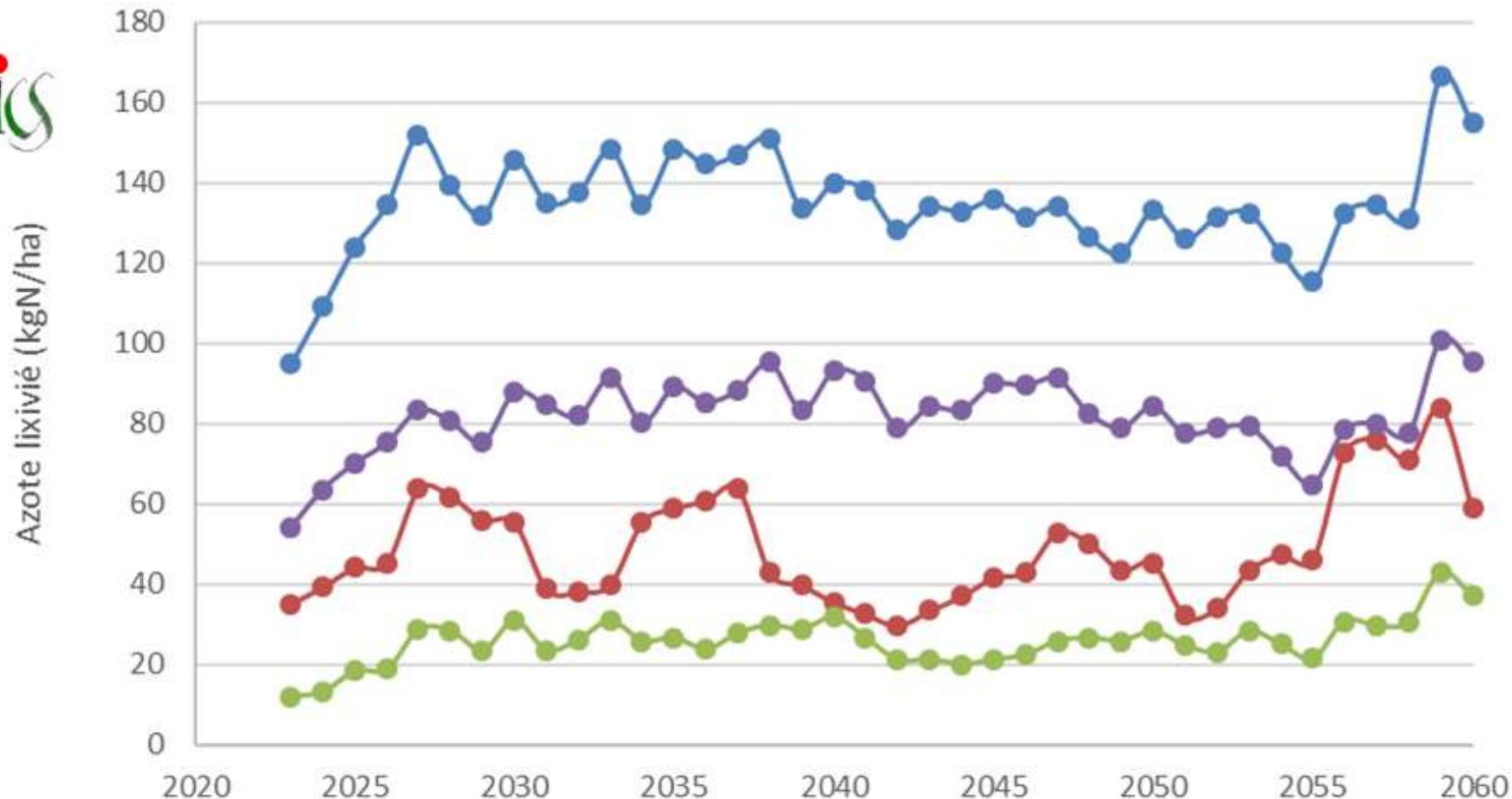
Semis le 29/06 – RCP 8.5 – Période 2020-2060 – variétés 000 à I

Contribution des cultures dérobées à la réduction de la lixiviation de l'azote (29/06 au 15/04)



7 sites Occitanie + Nouvelle-Aquitaine

Sol nu Moutarde
Tournesol Soja





- L'extension du soja en France et en Europe contribue aux services de régulation du climat (GES) et des bioagresseurs (diversification, faible IFT)
- La production locale de soja contribue à réduire la dépendance aux importations de graines et de tourteaux
- Les travaux en cours visent à :
 - Optimiser l'irrigation du soja (Terres Inovia)
 - Mieux valoriser les interactions variétés-milieu-conduite en relation avec la disponibilité en eau (INRAE)
- Des projets public-privé soutenus par l'ANR (Soystainable, Insérer-Les) vont permettre d'intensifier les recherches en partenariat sur le soja

➤ Merci pour leur collaboration !



- CRANA : Nicolas Ferrand,
Sébastien Minette
- CRAO : Julie Pitchers, Manon Pull
- Terres Inovia : Mathieu Abella
- Tous les partenaires du projet
CASDAR 3C2A
- INRAE :
Apolline Duchalais (AGIR)
Hélène Raynal (AGIR)
Pierre Maury (AGIR)
Jay-Ram Lamichhane (AGIR)
Elana Dayoub (AGIR)
Gilles Tison (UE APC)
- Tous les partenaires des projets
INNISOY & LEGUMEGAP

➤ **Merci de votre participation !**



- Pensez à répondre à l'enquête d'évaluation
- Retrouvez les présentations et vidéos de la journée en ligne prochainement sur notre site internet :
 - La synthèse des ressources sur la thématique Adaptation au changement climatique ;
 - Les présentations des intervenants ;
 - Les vidéos des interventions de la matinée en plénière ;
 - Les interviews de certains intervenants des conférences filières.
- Rendez-vous l'année prochaine :
 - Pour le lancement et la mise en œuvre du plan régional d'adaptation et d'atténuation de l'agriculture au changement climatique
 - Lors des prochaines Journées IRD en Occitanie

