



Changement Climatique : état des lieux, conséquences sur les cultures et pistes d'adaptations

ARVALIS
Institut du végétal

Rencontres régionales FRANCEAGRIMER – Grand-Est

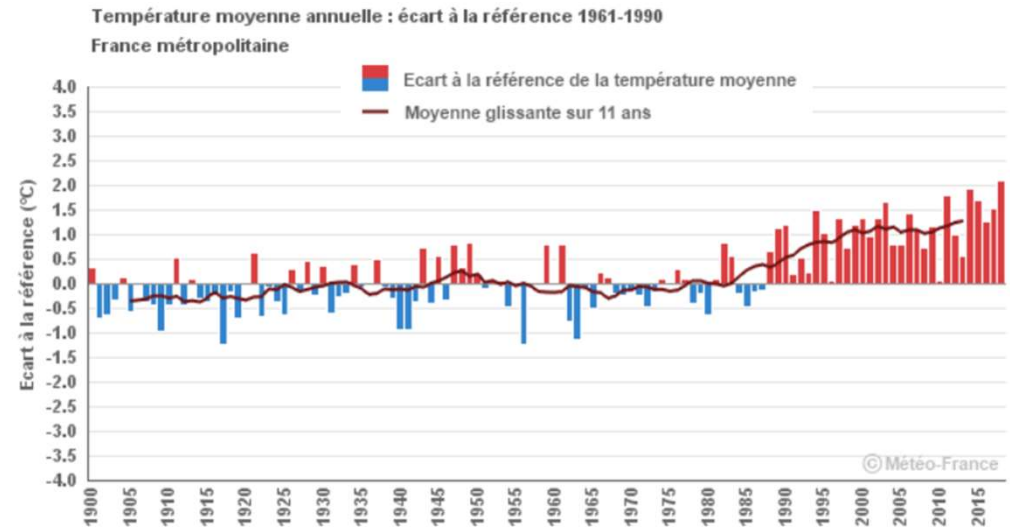
Alexis DECARRIER, 11 février 2021



Réchauffement climatique et extrêmes

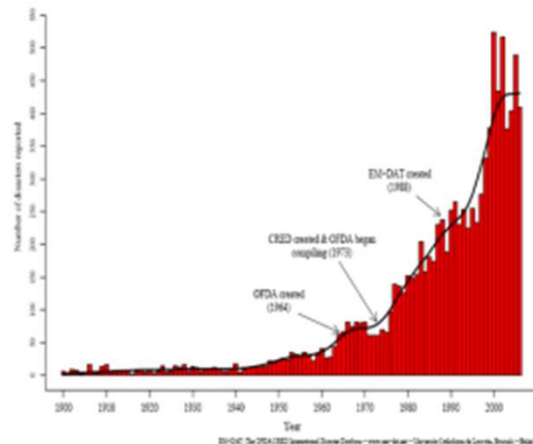
1. Les années les plus chaudes du siècle sont en grande majorité les 25 dernières :

- + 1°C par rapport à 1961-1990
- Gradient nord-ouest → sud-est
- Futur : accentuation

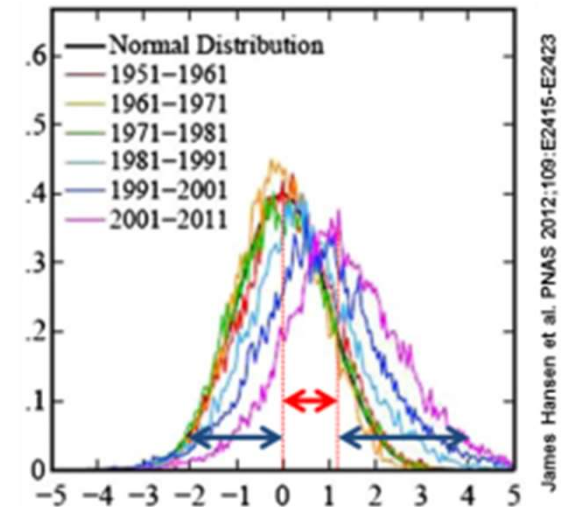


2. Le changement climatique s'accompagne d'une ↑ des événements extrêmes et d'une plus forte variabilité interannuelle : *excès d'eau, sécheresse, faible rayonnement, chaud/froid. Futur = accentuation*

Évolution des désastres naturels période 1900-2006

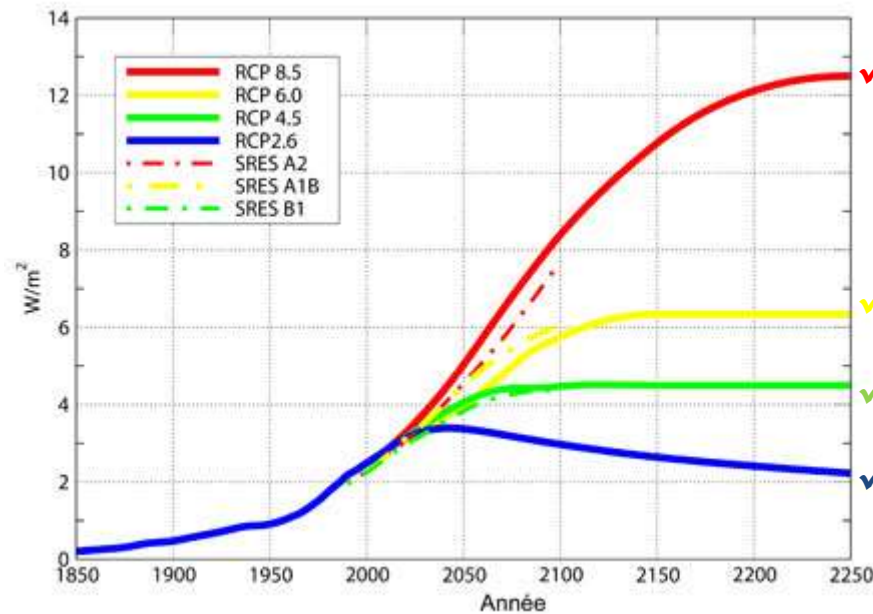


Distribution des anomalies de températures terres de l'hémisphère Nord; base 1951-1980





Différentes projections climatiques Monde



✓ RCP 8.5 : +2.6 °C à +4.8 °C

✓ RCP 6.0 : +1.4 °C à +3.1 °C

✓ RCP 4.5 : +1.1 °C à +2.6 °C

✓ RCP 2.6 : +0.3 °C à +1.7 °C

Évolution du bilan radiatif de la terre ou « forçage radiatif »
en W/m² sur la période 1850-2250 selon les différents scénarios

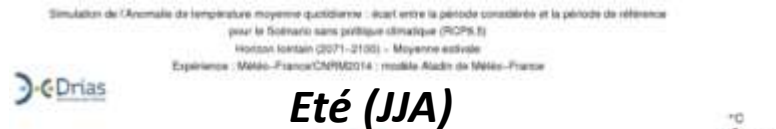
Traduction en terme d'émissions et de concentration en GES :

- RCP 2.6 : Neutralité carbone atteinte avant 2100
- RCP 4.5 et 6.0 : Stabilisation des émissions
- RCP 8.5 : Croissance des émissions



Une variabilité géographique – échelle France

Horizon 2071-2100 :
réchauffement plus marqué en été (+5°C) qu'au printemps (+3°C)
(modèle Météo-France, scénario RCP 8.5)



Anomalies de températures par rapport à 1976 – 2005
(Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL)

Incertitude sur le régime des précipitations

- **disparité régionale et saisonnière : neutre au printemps, sec en été**



Le changement climatique : conséquences sur les cultures

*avant et après le début du réchauffement
(1995 environ)*



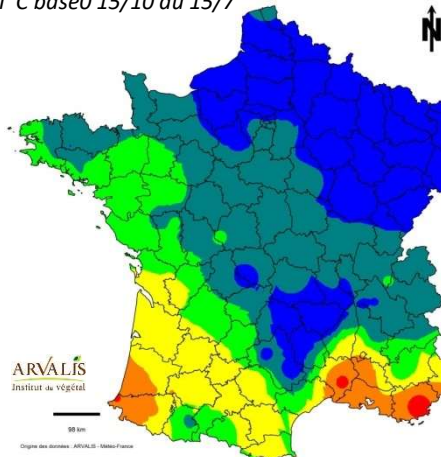
Evolution globale des températures

**Cumuls de T°C base 0 (céréales)
du 15/10 au 15/07**

- +200 °C en moyenne
- soit -10j sur le cycle en 20-30 ans
- Futur : d'ici 2050 avancement des récoltes de 10-15 jours

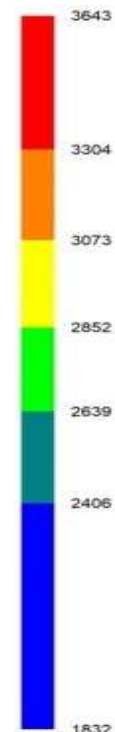
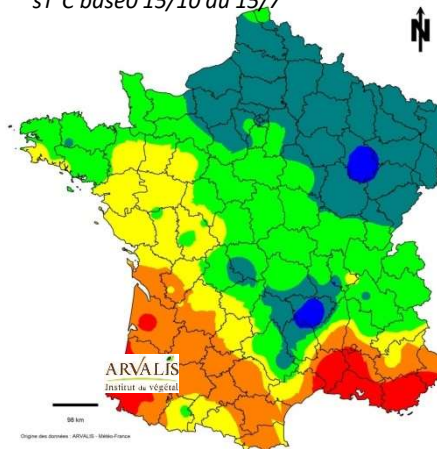
Période 1973-1995

sT°C base0 15/10 au 15/7



Période 1996-2018

sT°C base0 15/10 au 15/7

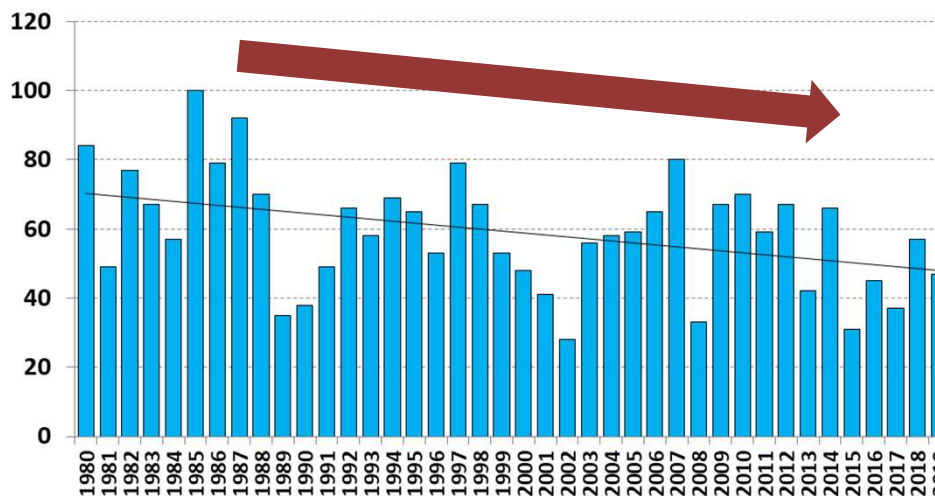


**Des hivers plus doux, ↘ du
nombre de jours de gel :**

- de -3 à -5 j /décennie

Nombre de jours de gel - Fagnières (51)

météo Fagnières INRA



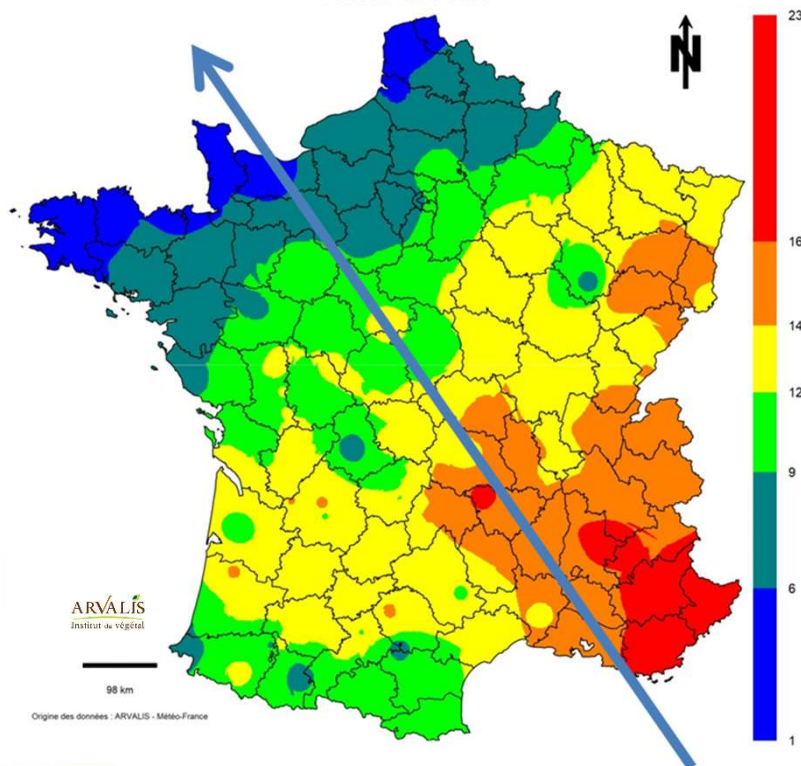


Evolution des températures chaudes

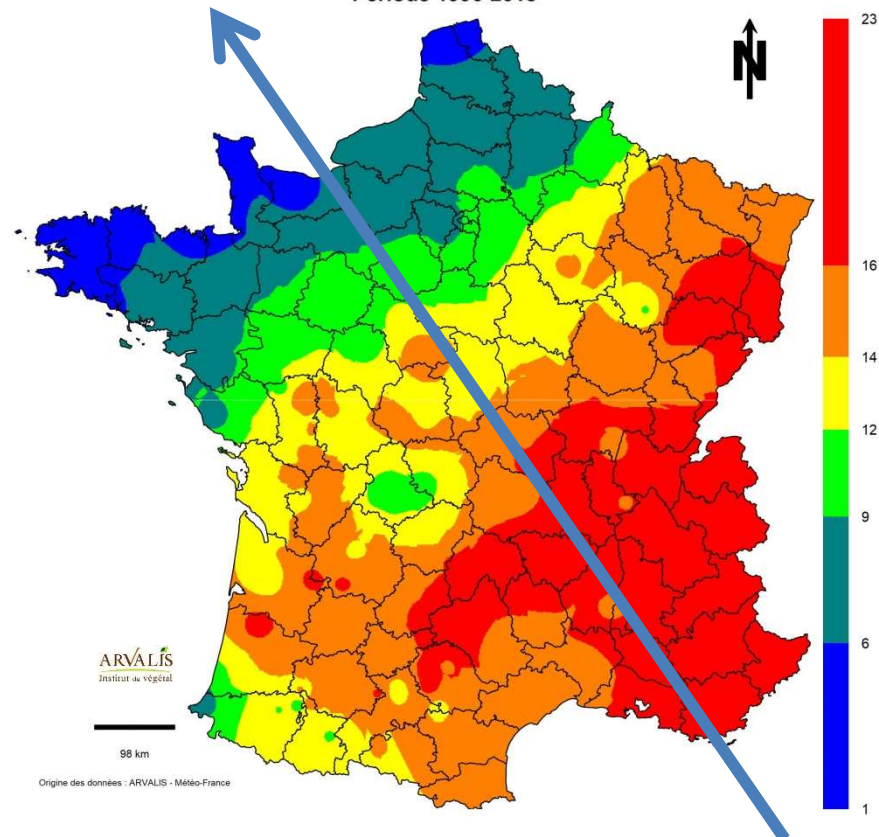
Echaudage céréales : $T^{\circ}\text{max} > 25^{\circ}\text{C}$ entre épiaison et grains pâteux

- +1-2 j échaudant à 4-5j (effet limité par précocité/réchauffement)
- Futur : même tendance (= accentuation)

Nombre de jours avec
 $T_{\text{max}} \text{ sup } 25^{\circ}\text{C}$ entre épiaison et grain pâteux - semis au 15/10 (Apache)
Période 1973-1995



Nombre de jours avec
 $T_{\text{max}} \text{ sup } 25^{\circ}\text{C}$ entre épiaison et grain pâteux - semis au 15/10 (Apache)
Période 1996-2018



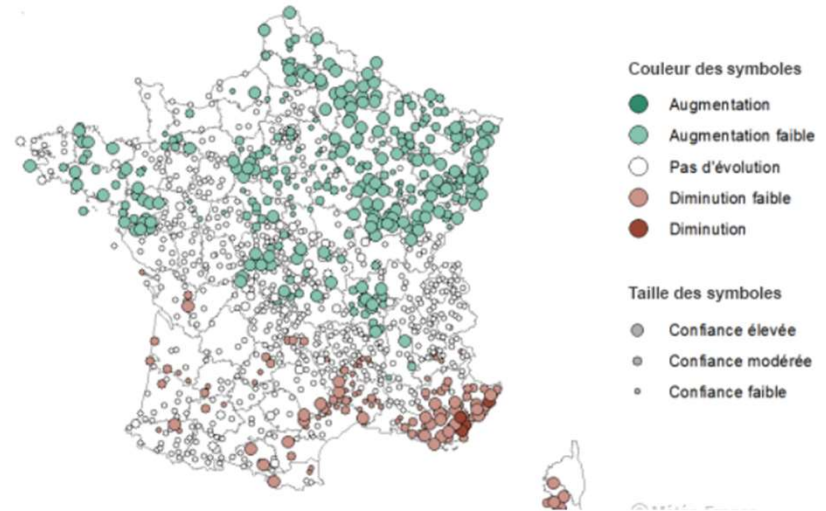


Peu d'évolution au niveau des pluies

Evolution observée du cumul annuel de précipitations sur la période 1959-2009

Pas de tendance forte au niveau des pluies (sauf au sud + de sécheresse / et au nord légèrement + pluvieux)

- Mais effet des T°C sur l'ETP : les sols s'assèchent plus vite (stress hydrique)
- Excès d'eau – structure sols
- Futur : plus de variabilité



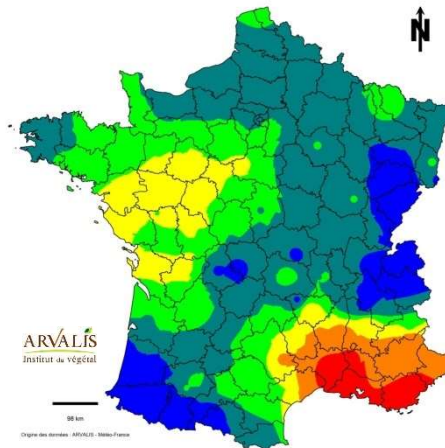
Extension des zones de Déficit en eau

pour les céréales du 15/04 au 30/06

- Sols profonds : le bilan hydrique se dégrade (-30% en 40 ans) mais le stress hydrique subi par la plantes reste faible
- Sols superficiels = + de stress
- Futur : variabilité

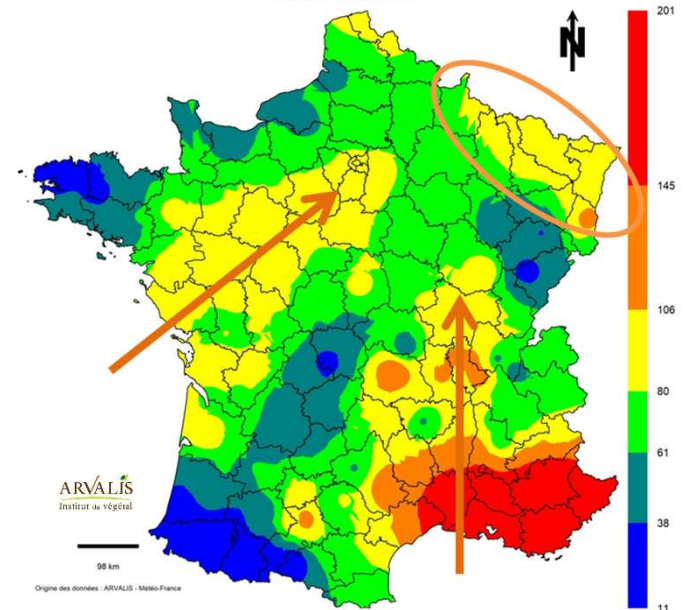
Période 1973-1995

Déficit hydrique 15/04 au 30/06 - semis au 15/10 (Apache)
Période 1973-1995



Période 1996-2018

Déficit hydrique 15/04 au 30/06 - semis au 15/10 (Apache)
Période 1996-2018





Des records climatiques (> décile 8) depuis 1995... et très aléatoires

- ❑ Excès d'eau automne-hiver : 2000, 2001, 2008, 2013, 2014, 2019-2020 (>décile8)
- ❑ Sécheresse automne-hiver : 2018
- ❑ Cycles gel – dégel : 2003 > décile 9
- ❑ Gel tardif 2012 (*après automne-hiver très doux record avance*)
- ❑ Problème de stress azoté montaison (jours sans pluie après apports N) : 1996, 1997, 2002, 2003, 2006, 2007, 2011, 2014, 2015, 2017
- ❑ Excès d'eau fin de cycle : 1997, 2007, 2008, 2016 (extrêmes)
- ❑ Echaudage thermique fin de cycle : 2005, 2006, 2017, 2019, 2020
- ❑ Rayonnement limitant/froid/fortes pluies (méiose/floraison) : 2007, 2008, 2016



Conséquences possibles sur la physiologie des cultures – Cas du BLE TENDRE D’HIVER

Rappel : sur quelles composantes du rendement le climat agit-il plus fortement ?

Sur la physiologie du blé tendre (Gate et al., 2008)

Avancement des stades « Epi 1 cm » et Epiaison de 7 jours entre les périodes 1955-1980 et 1980-2005
Avancement de la date de récolte de 10 jours entre les périodes 1955-1980 et 1980-2005

Le nombre de grains/m²

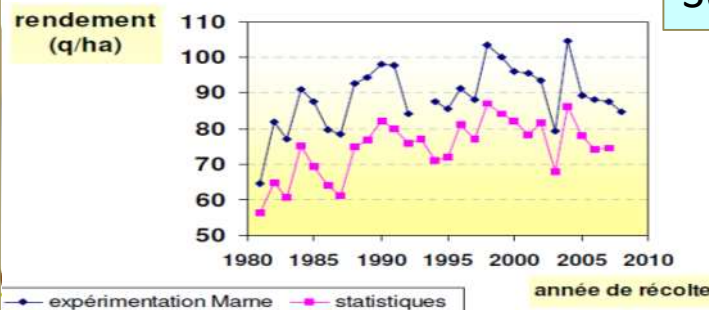
Le nombre de grains/m² est principalement impacté par la **sécheresse/excès d'eau** en cours de montaison.

Le **risque de gel** d'épi perdue - les dégâts provoqués par le gel d'épi sont parfois compensables (Gate et al., 2008).

Le PMG

Le poids de mille grains est impacté par la **sécheresse et l'échaudage** post-épiaison (Gate et al., 2008).

Sur le rendement



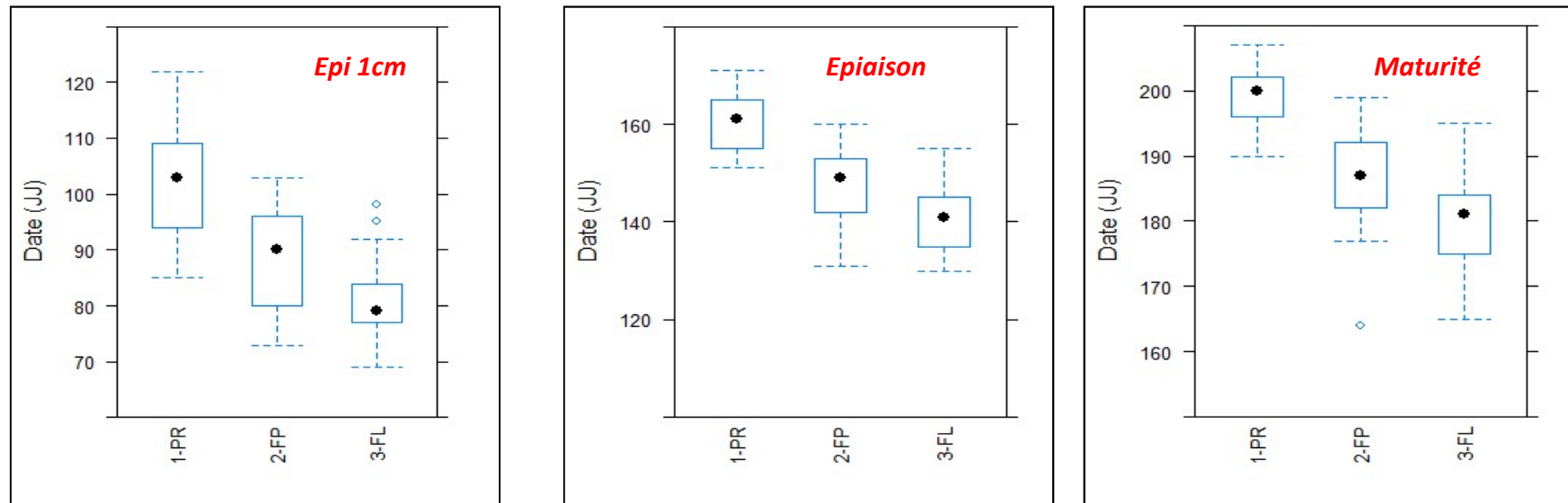
La **variabilité interannuelle** des rendements s'explique plus par le climat que par l'itinéraire technique

Source: Gate et al., 2010



Conséquences possibles sur la physiologie des cultures – Cas du BLE TENDRE D’HIVER

Impact sur les stades du blé et conséquences possibles



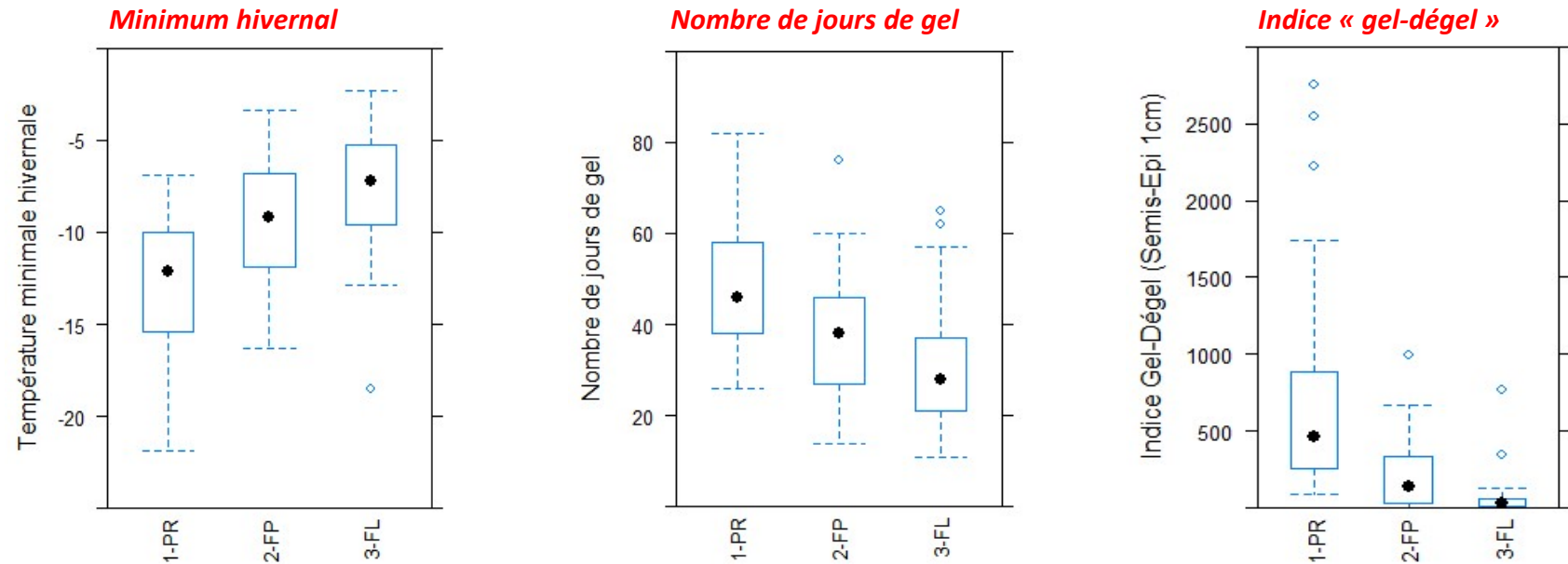
(exemple Rubisko, semé au 10/10, station de Vatry; scénario RCP 4.5; données Aladin-DRIAS-MétéoFrance)

- Epi 1cm est avancé d'environ 15 jours (vers dernière décade de mars)
- La maturité (et donc la récolte) est anticipée de presque 20 jours (fin juin/début juillet)
- ➔ **On raccourcit (en jours) la phase de tallage ; la montaison et le remplissage sont anticipées**
- ➔ **On récolte plus tôt... on peut tenter des dérobées (sous réserve d'eau)**



Conséquences possibles sur la physiologie des cultures – Cas du BLE TENDRE D’HIVER

Exposition au froid



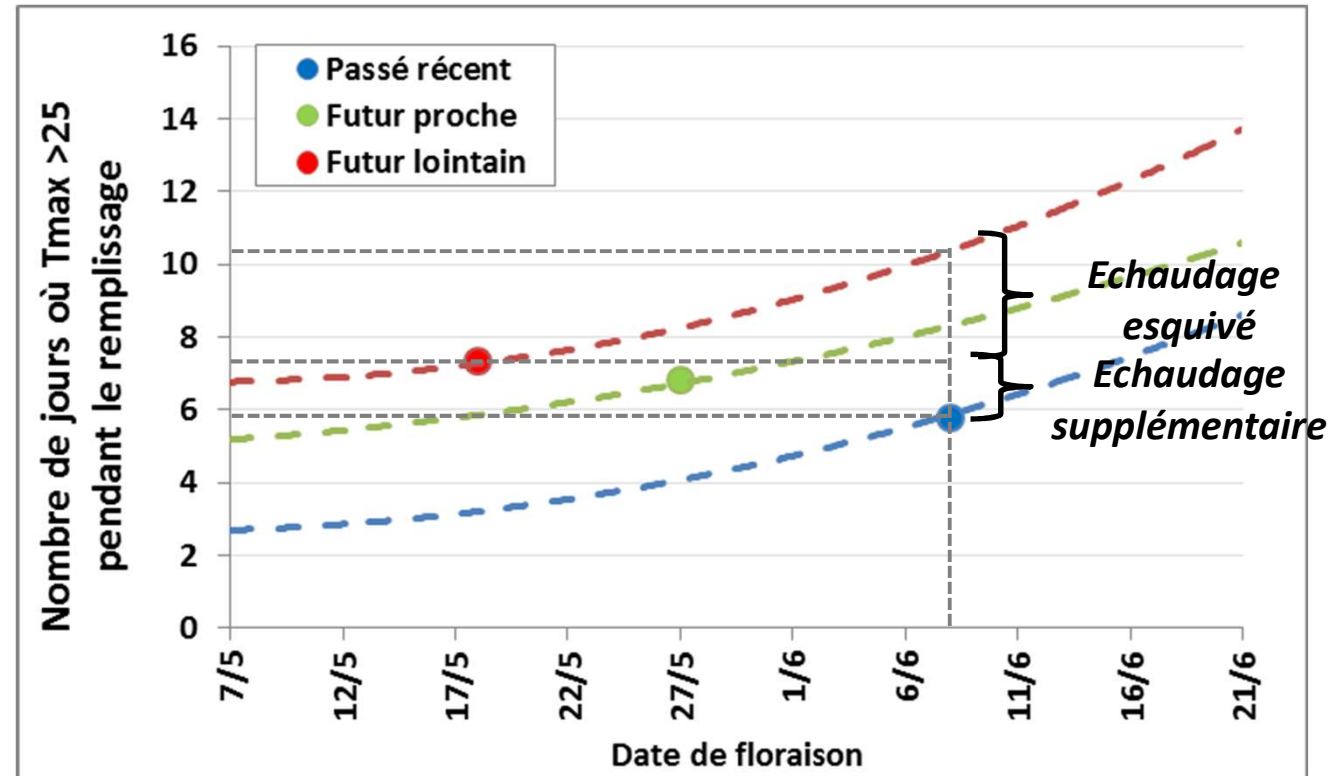
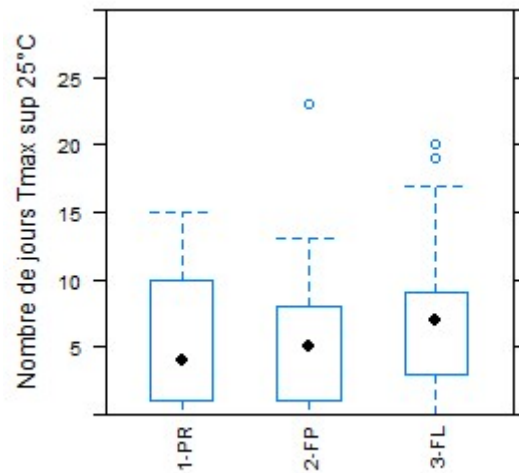
(exemple Rubisko, semé au 10/10, station de Vatry; scénario RCP 4.5; données Aladin-DRIAS-MétéoFrance)

- Les hivers deviennent moins rudes (Tmini atteintes et épisodes de gel)
- On n’observe pas d’augmentation du risque de gel « Epi 1cm » malgré la précocification
- Moins de températures négatives → + de présence prolongée de pucerons
→ Moindre impact retard semis



Conséquences possibles sur la physiologie des cultures – Cas du BLE TENDRE D’HIVER

Exposition au chaud



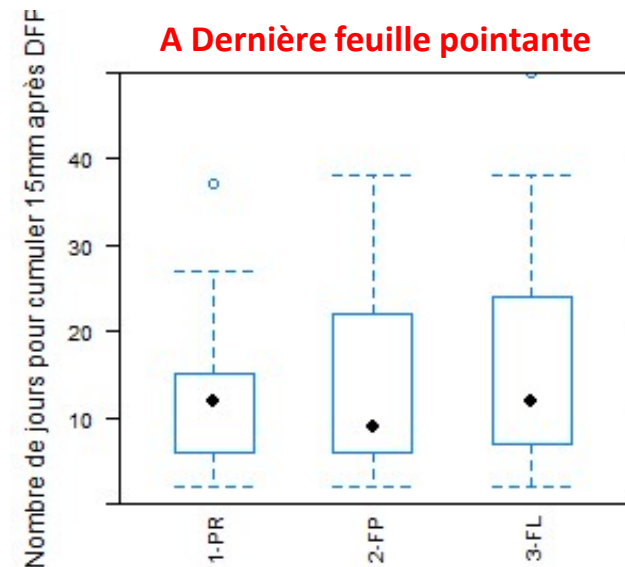
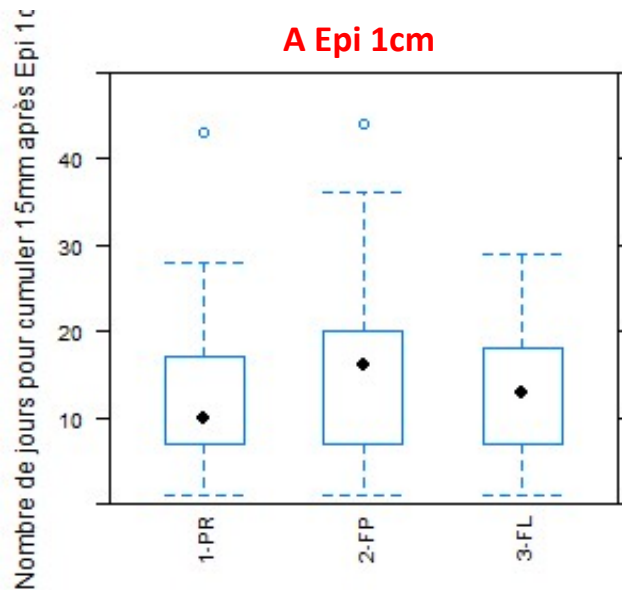
- ➔ L'accélération des stades tout au long du cycle permet aux cultures d'esquiver une partie des stress
- ➔ Si l'on souhaite limiter les impacts des excès thermiques, il faut changer de pratiques



Conséquences possibles sur la physiologie des cultures – Cas du BLE TENDRE D’HIVER

Pluie et valorisation de l’azote

Attention : prévision du régime des précipitations très incertain !

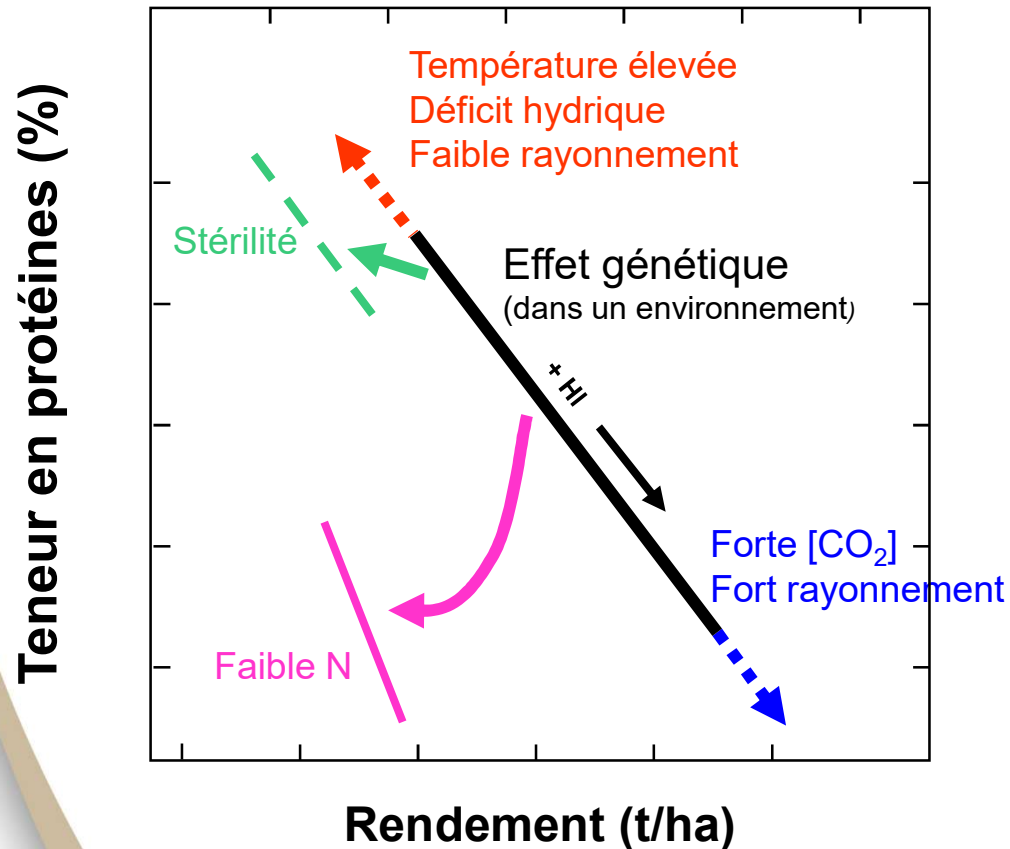


- ➔ Les conditions de valorisation des apports d’azote ne seront pas fortement dégradées
- ➔ Par contre, la variabilité sera plus forte ➔ davantage de décision « au pied levé » (ou formes d’azote moins sensibles)



Conséquences possibles sur la physiologie des cultures – Cas du BLE TENDRE D’HIVER

valorisation de l’azote et élaboration de la teneur en protéines



Eur. J. Agron. (2006) 25, 108-118

Avec le changement climatique, on a 2 effets antagonistes:

- grâce au CO₂ : ↗ du rendement donc ↘ de la teneur en protéines
- À cause des températures élevées: ↘ du rendement donc ↗ de la teneur en protéines

Inconnues:

- Cinétique de minéralisation du sol (température * humidité), stock de MO (résidus, systèmes de culture)
- Progrès génétique
- Règlementation



Conséquences possibles sur la physiologie des cultures – Cas du MAÏS

Durée du cycle : Augmentation T°C → possibilité de semer plus tôt avec une croissance foliaire accélérée. À l'inverse, possibilité de faire une dérobée après un couvert de printemps ?

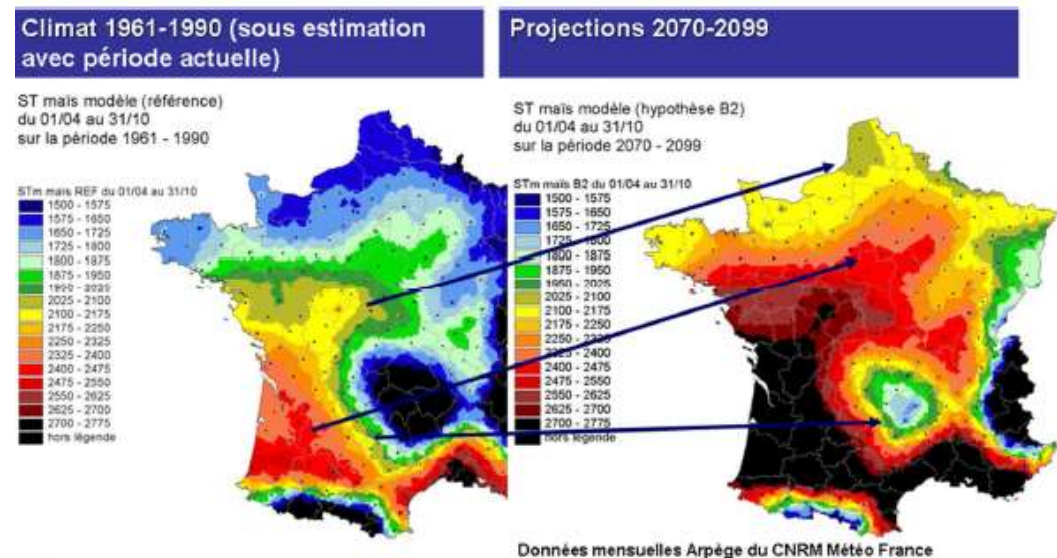
Croissance et rendement :

- Photosynthèse en C4 : impact limité par la hausse des températures → croissance journalière maintenue voire plus importante
- Cycle rallongé : plus de potentiel, ou au contraire cycle plus court pour récolter tôt et sec

Choix variétal : regarder la tolérance au coup de froid tardif (mai-juin)

Irrigation : mécanisme en C4 moins réactif à la hausse du CO2 → besoins en eau constants voire en hausse (hausse rayonnement et biomasse)

Ravageurs : risque de remontée des ravageurs (pyrale ...), cycles + nombreux





Conséquences possibles sur la physiologie des cultures – Cas de la BETTERAVE

Source :
Fabienne
MAUPAS ITB

Durée du cycle : Augmentation T°C → possibilité de semer plus tôt (2/3 sem) avec une croissance foliaire accélérée

Croissance et rendement :

- Racines moins sensibles que les parties aériennes
- Cycle rallongé (+15 à 25% de rayonnement intercepté à date de récolte identique) + effet CO2

Choix variétal : accélération de la création variétale, travailler la montée à graine pour des dates de semis précoces

Désherbage : difficulté accrue avec produits racinaires peu efficaces sur sols secs

Maladies : en hausse, notamment cercosporiose

Conservation en silos : s'adapter aux automnes doux

Progression des rendements : +2%/an, 50% lié au climat !



Conséquences possibles sur la physiologie des cultures – Cas des oléo-protéagineux

Source :
TERRES
INOVIA

Cycle: Réchauffement → ⚡ dégâts de gels ? Floraison plus précoce ?

Croissance et rendement:

- Fort potentiel de croissance automnale
- Baisse du quotient photothermique → ⚡ réussite de nouaison (fleurs en siliques)

Implantation : étape clé → sécheresse du lit de semence (Etude Climator)

Ravageurs: le cycle des insectes s'adapte
(ex: Grosse Altise, initialement un seul vol à l'automne → aujourd'hui + 1 vol en sortie d'hiver H) → pontes et dégâts de larves accrus
Difficultés de maîtrise

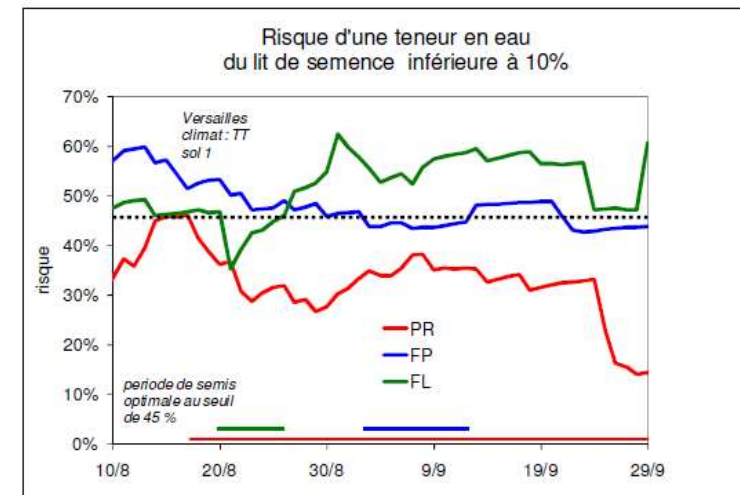


Figure 1: Risque de sécheresse du lit de semence (10 premiers cm) par période sur la base d'un seuil de 10% de teneur en eau pondérale.



Conséquences possibles sur la physiologie des cultures – Cas des oléo-protéagineux

Source :
TERRES
INOVIA

Accélération du cycle (en j par °c) :
+ 4 jours en floraison et + 9 jours à la récolte

Possibilité de **variétés plus tardives**
→ hausse de productivité

Allongement des intercultures ?
Opportunités pour 3 cultures en 2 ans ?

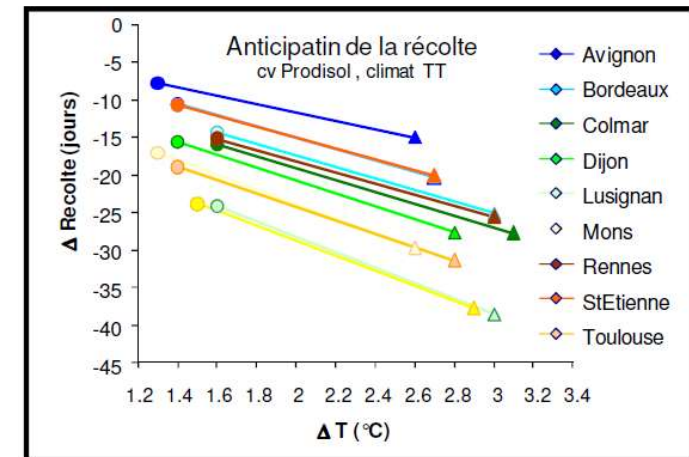
Impact des températures élevées sur la **fertilité du pollen** : températures seuils :
35 à 37°C

Aussi :

Difficulté pour la mise en œuvre des stratégies d'esquive (date de semis)

Accentuation du facteur limitant « eau » (Sud)

Les effets positifs (plante C3) de l'augmentation en CO2 de l'atmosphère seront effacés par les effets négatifs du stress hydrique.





Conséquences sur les cultures : résumé

- **Grace à l'esquive**, les stress de fin de cycle ne **devraient pas pleinement frapper les céréales d'hiver**
- Les **cycles plus courts** vont **limiter les besoins en eau, mais aussi le potentiel** → selon l'espèce et la ressource en eau, il faudra sans doute raccourcir (blé en zone séchante) ou rallonger (maïs irrigué) la durée du cycle
- Les **effets conjugués** de la **hausse en CO₂** et **hausse des températures** sont **incertains**, sur le rendement comme sur les teneurs en protéines
- **Récolte : anticipée**, pouvant laisser place à des dérobées ou CIVE, sous réserve d'eau
- Les projections se font « toutes choses égales par ailleurs », ce qui conduit à **fortement sous-estimer**:
 - Les formes **d'optimisation des systèmes de culture**
 - Les **potentialités de nouvelles techniques** (yc génétique)
 - Les **interactions avec les bioagresseurs**
- Le poids des **attentes sociétales et des contraintes réglementaires** et par conséquent les modifications de pratiques voire de systèmes de cultures vont également peser **lourd**



FOCUS SUR QUELQUES PISTES TRAVAILLÉES OU A TRAVAILLER

Génétique et amélioration variétale

- Des techniques de sélection plus performantes et plus rapides : phénotypage /génotypage haut débit
- Tolérances aux stress climatiques
- Tolérances aux bioagresseurs

Augmenter et sécuriser la production

- Date de semis
- Développer l'irrigation
- Outils de pilotage
- Sécuriser : bouquet variétal
- 2 à 3 cultures / an , 3 cultures en 2 ans

Diversification Complémentarités territoriales, Anticipation

- Adaptation des soles (+/-), diversification des productions
- Caractériser la production avant récolte : allotement, mélanges post récolte...

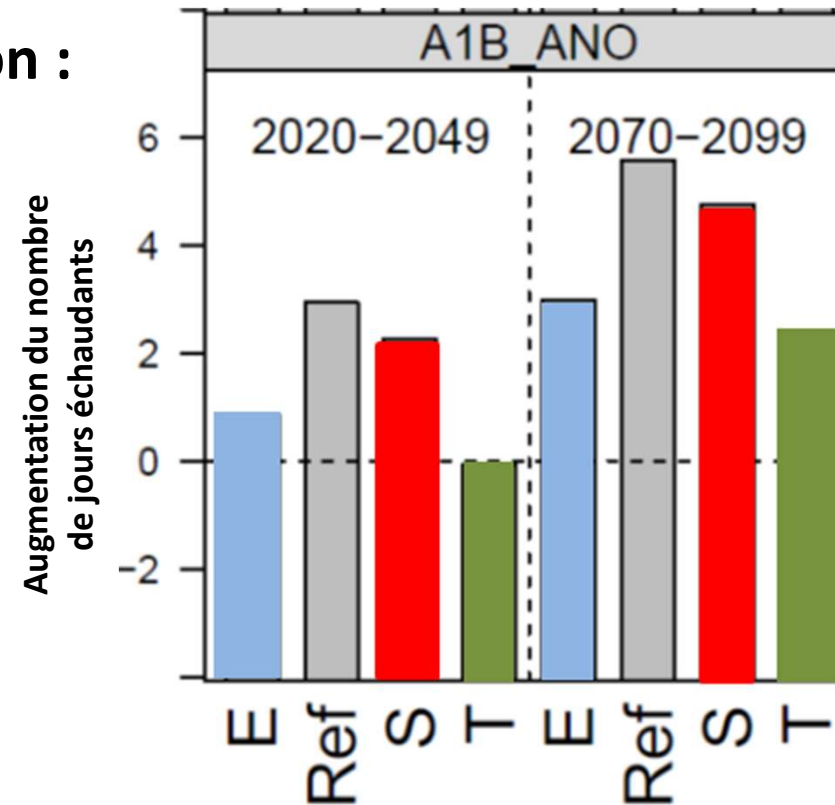


Tolérance au stress climatique réflexions initiales

Test de 3 stratégies d'adaptation :

- Semis 20/10 → 20/09
- Blé avec précocité d'orge
- Tolérance +1°C

- Anticipation des semis = fausse bonne idée
- Variété précoce = intéressant (*quid résistance au gel et potentiel de rendement?*)
- Variété plus tolérance : déplacement du seuil de confort d'1°C : meilleure parade



Ref : pas d'adaptation
S : semis précoce
E : variété précoce
T : variété tolérante

Source: projet Climator, 2010



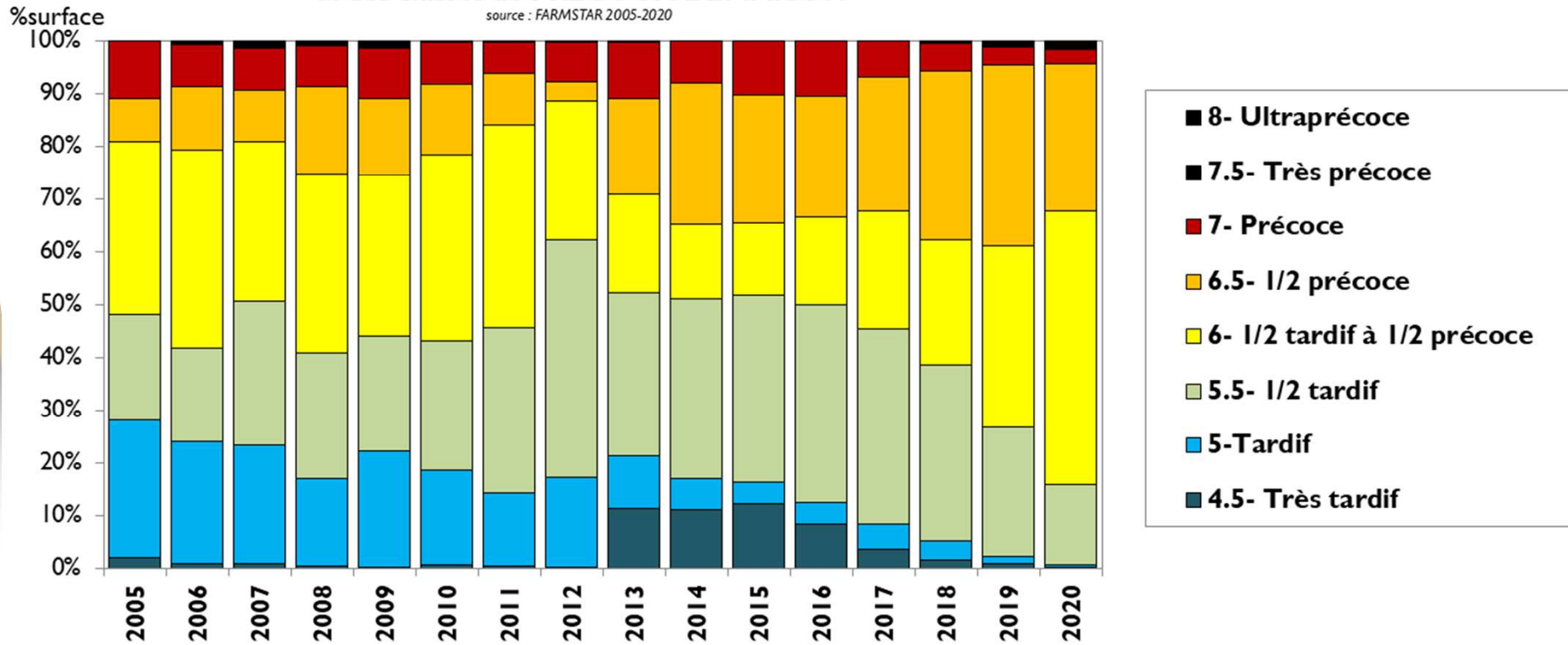
Evolution des précocités variétales (blé)

Pour gérer les fins de cycle stressantes (T°C et sec), les agriculteurs ont déjà commencé à faire évoluer les précocités variétales
(les variétés tardives sont en retrait en productivité car affectées par le climat de fin de cycle)

EVOLUTION DU PANEL VARIETAL BLE [CHAMPAGNE]
et des classes de PRECOCITE EPIAISON

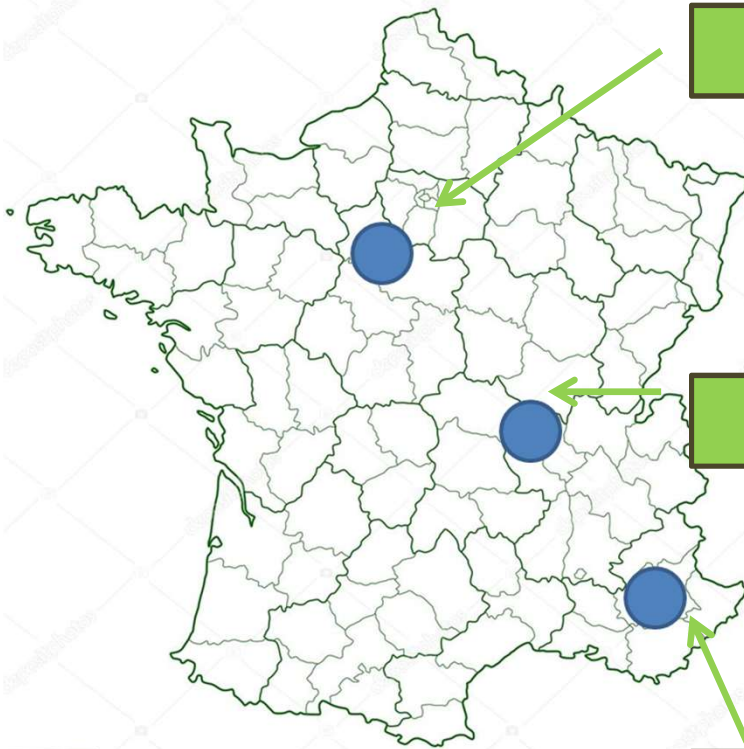
ARVALIS
Institut du végétal

source : FARMSTAR 2005-2020





Tolérance au stress climatique outils de phénotypage



Sécheresse blé et maïs



Dispositif PhenoField sur la station d'Ouzouer le Marché (41)

Sécheresse maïs



La phénomobile sur la station ARVALIS de Gréoux Les Bains (04)

Sécheresse et échaudage blé





Travaux d'association phénotype - génotype

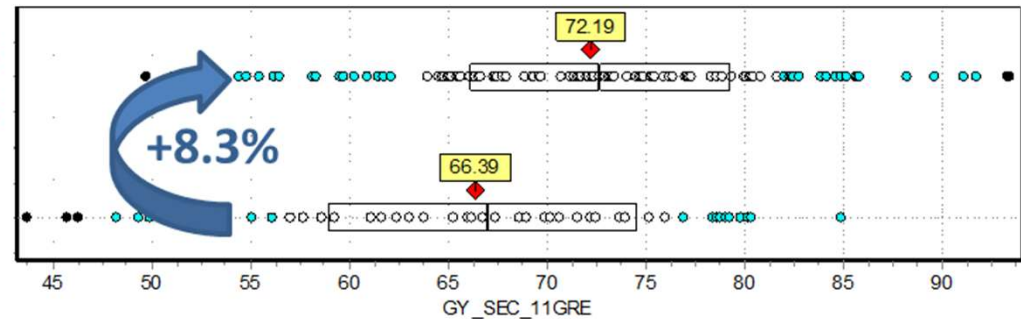
Tolérance à la sécheresse : exemple d'un marqueur identifié sur le chromosome 5B ayant un impact significatif en modalité SEC pour les 2 années de phénotypage

Les variétés ayant le marqueurs QTL5BSEC font plus de rendement en conduite « sec »



Impact du QTL 5B SEC sur le rendement en modalité SEC 2011 :

AVEC
QTL5BSEC
SANS
QTL5BSEC



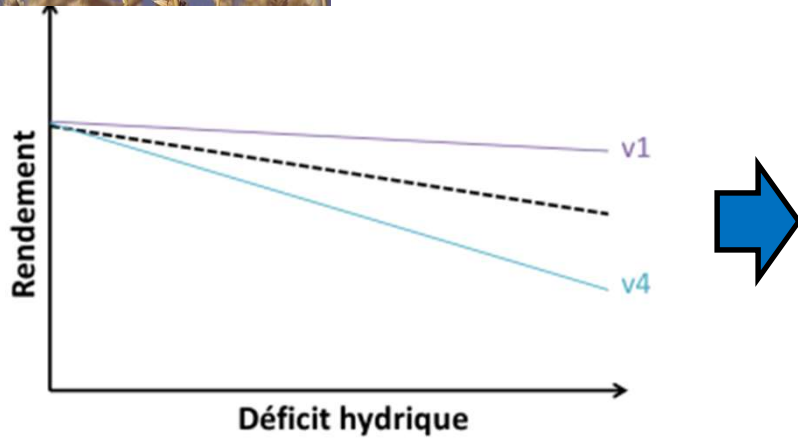
Valorisations du phénotypage/marqueurs

Caractériser rapidement et finement les variétés pour améliorer la préconisation variétale aux producteurs

Appui à la sélection (assistée par marqueurs) : disposer de variétés intéressantes plus rapidement

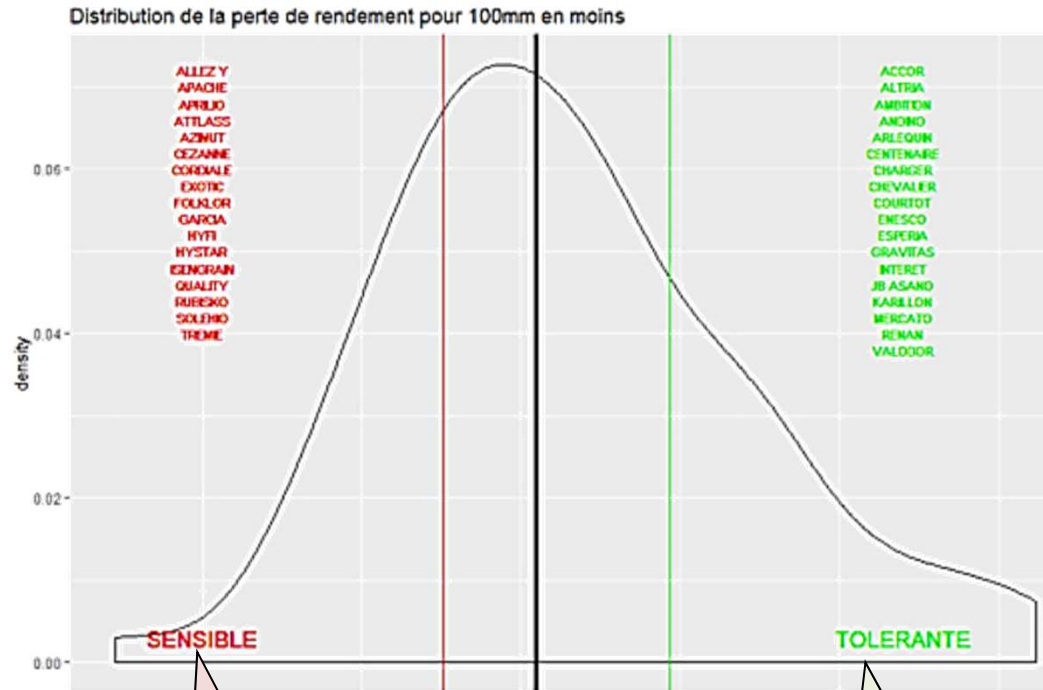


Tolérance du blé tendre au stress hydrique



Avec 10 essais, environ 90% des variétés sont bien classées : tolérantes/sensibles
 Simulations à refaire avec des dispositifs dédiés (sec/irrigué, Phénofield)

Données Vgene 2012-2015 (35 essais)

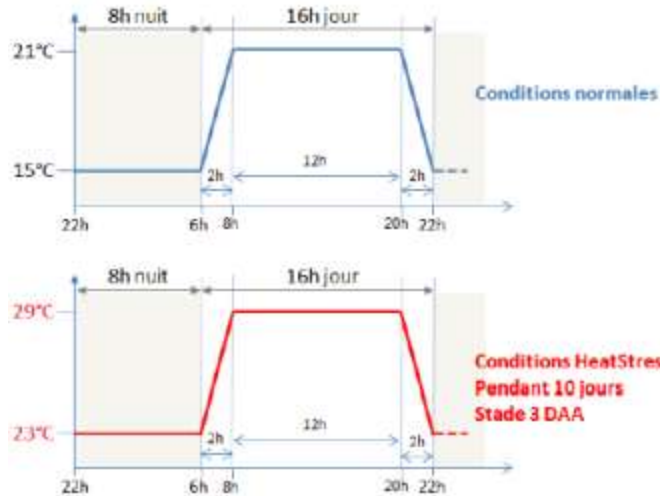


Variétés « sensibles »
 Pertes ≥ 23 q/ha pour 100 mm DH

Variétés « tolérantes »
 Pertes ≤ 15 q/ha pour 100 mm DH

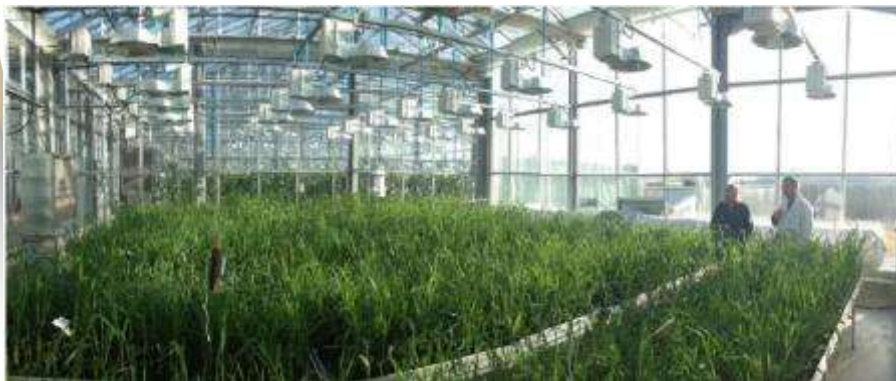
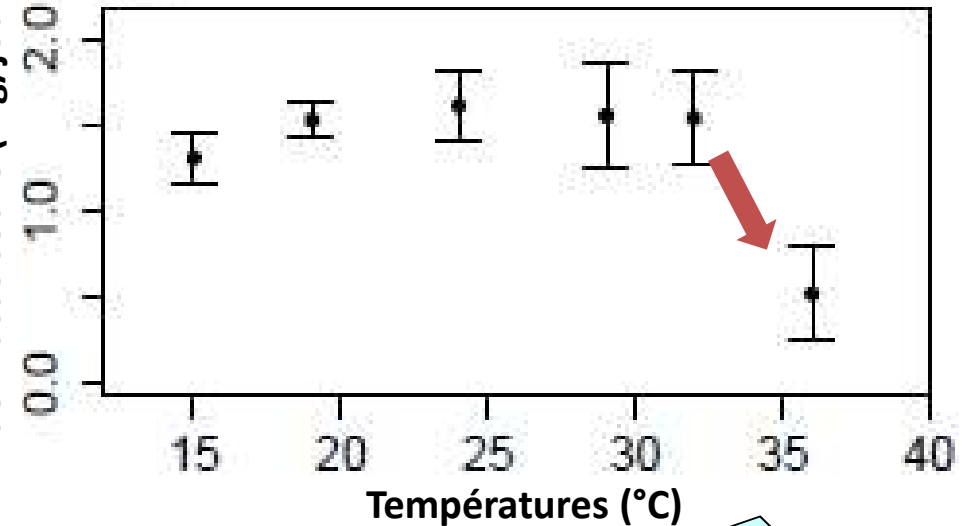


Travaux sur l'échaudage thermique



Vitesse maximale d'accumulation
de masse sèche (mg/jour)

(c) INRA-Arvalis, 2016 – résultats provisoires



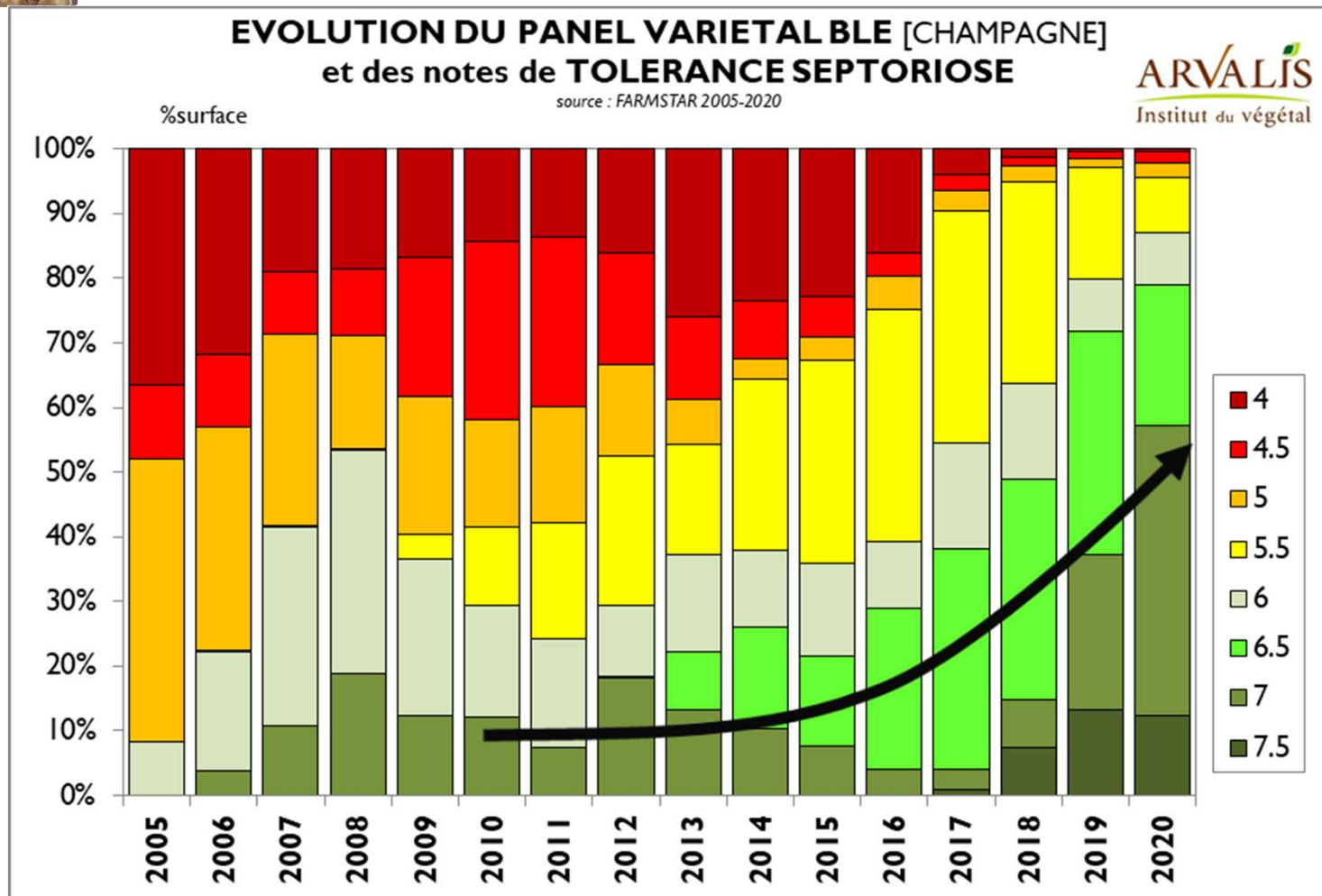
Le seuil de 32-35°C ressort dans les travaux récents sur l'échaudage thermique lors du remplissage

(par contre, en tendance, plus il fait chaud, plus le ratio R_g/T diminue, et on raccourcit davantage la durée de remplissage qu'on ne stimule la photosynthèse)

Des travaux en cours sur l'identification de variétés tolérantes vis-à-vis des températures chaudes
(Projet FSOV HeatWheat – Illustrations Biogemma)



Variétés tolérantes aux maladies



La recherche en matière de sélection a porté ses fruits, notamment vis-à-vis des maladies (cas de la septoriose sur blé tendre d'hiver)



FOCUS SUR QUELQUES PISTES TRAVAILLÉES OU A TRAVAILLER

Génétique et amélioration variétale

- Des techniques de sélection plus performantes et plus rapides : phénotypage /génotypage haut débit
- Tolérances aux stress climatiques
- Tolérances aux bioagresseurs

Augmenter et sécuriser la production

- **Date de semis**
- **Développer l'irrigation**
- **Outils de pilotage**
- **Sécuriser : bouquet variétal**
- **2 à 3 cultures / an , 3 cultures en 2 ans**

Diversification Complémentarités territoriales, Anticipation

- Adaptation des soles (+/-), diversification des productions
- Caractériser la production avant récolte : allotement, mélanges post récolte...



Moins de pertes de rendement au décalage de date de semis des espèces d'automne : exemple du blé

Figure 1 : synthèse pluriannuelle date de semis du blé en Barrois

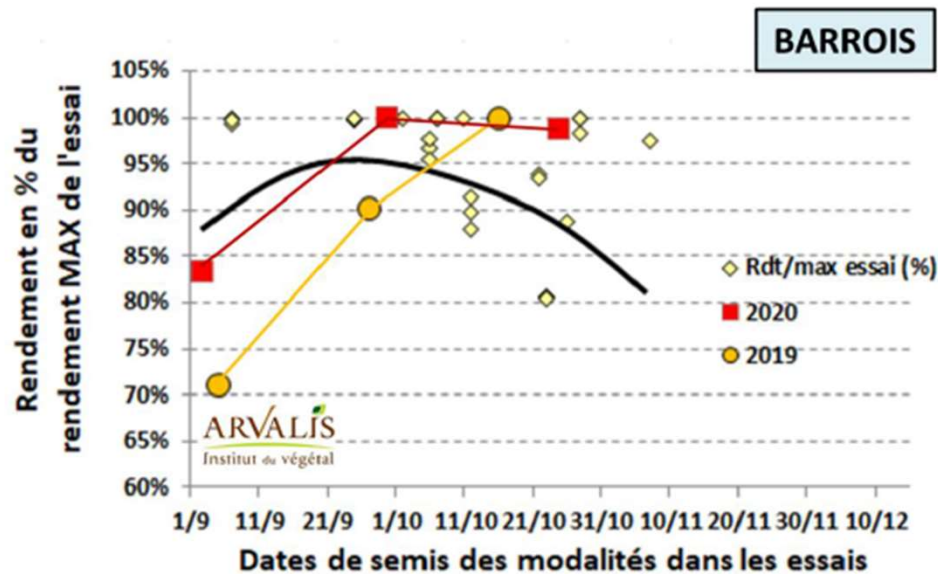


Figure 3 : Résultats essai 2020 (Cuperly - 51) : rendements en q/ha selon la date de semis

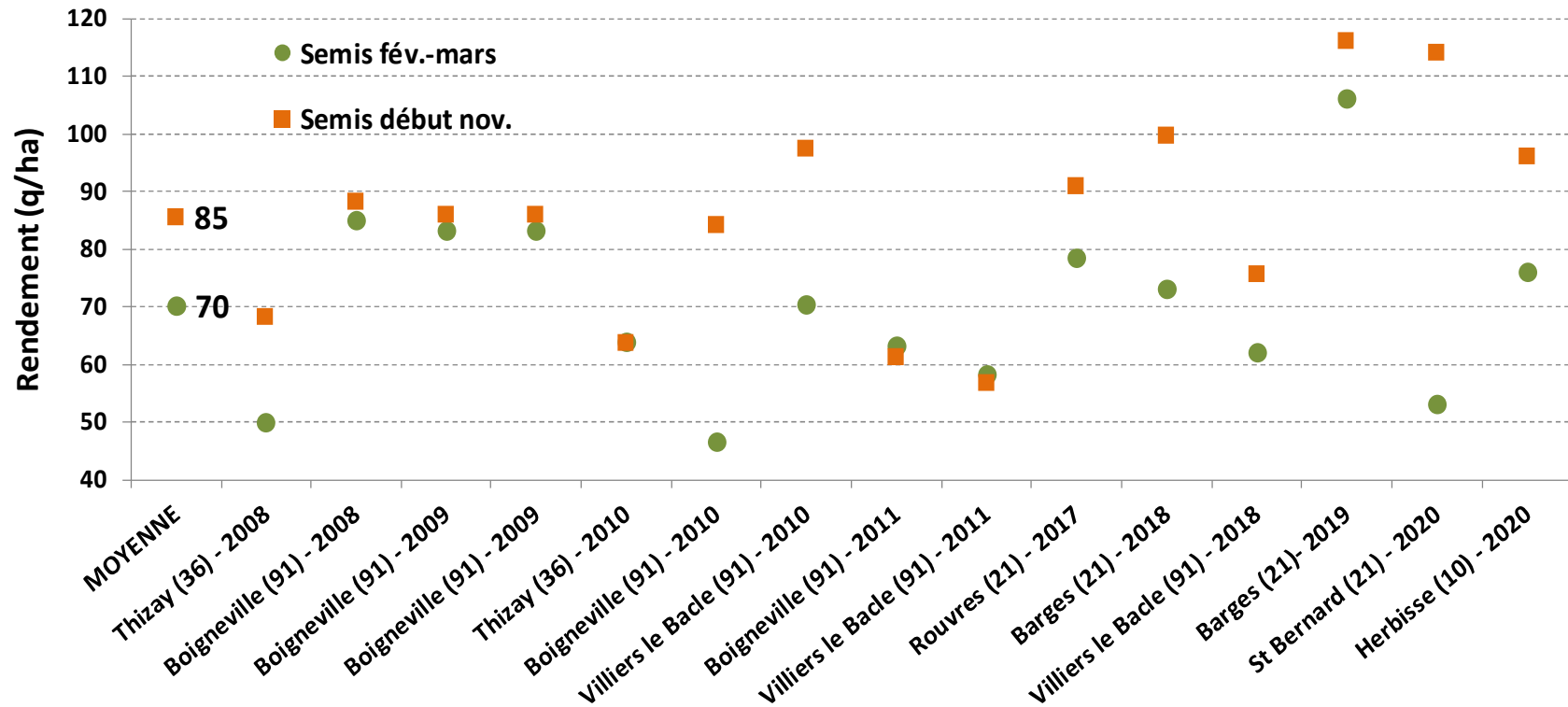
	Rendement pour une date de semis classique (14 oct)	Rendement pour une date de semis tardive (11 nov)	Ecart
LG ABSALON	98.8	92.5	6.3
WINNER	99.2	90.1	9.1
TENOR	94.4	89.6	4.8
CHEVIGNON	105.4	88.9	16.5
RUBISKO	91.3	88.7	2.6
HYKING	104.8	87.1	17.7
PROVIDENCE	105.1	86.6	18.5
KWS EXTASE	104.5	86.0	18.5
UNIK	93.6	85.3	8.3
AUTRICUM	99.3	84.8	14.5
RGT CESARIO	96.7	84.4	12.3
FILON	89.6	84.1	5.5
GRIMM	101.8	83.9	17.9
RGT PERKUSSIO	95.2	81.3	13.9
GRAVURE	90.2	81.0	9.2
HANSEL	94.9	80.3	14.6
KWS TONNERRE	88.9	79.2	9.7
TALENDOR	94.3	78.9	15.4
SY ADORATION	94	78.2	15.8

Les pertes sont moins fortes à décaler les dates de semis. Le décalage de 20 jours permet de mieux gérer les pressions bio-agresseurs (désherbage et pucerons/JNO) et offre les meilleurs résultats en rendement NET

Des variétés plus « aptes » au décalage de date de semis



Semis plus précoce des espèces de printemps : exemple de l'orge de printemps

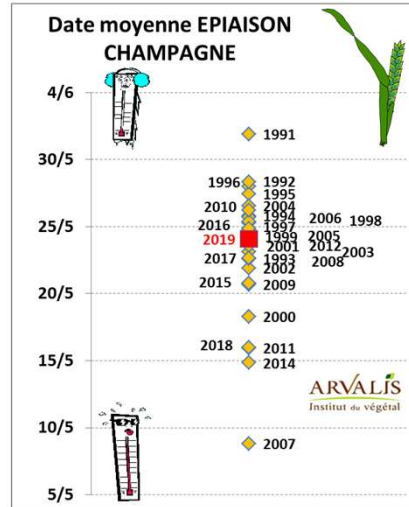
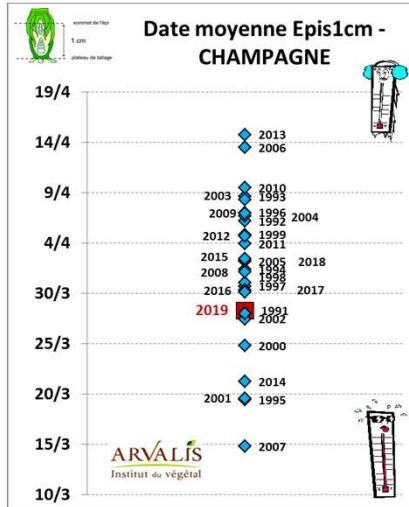


Rendements dé plafonnés (+10 à 15%) en moyenne et sécurisés dans les contextes pédoclimatiques où les semis de printemps sont à risque (ex : argilocalcaire superficiel)

**Intérêt moins marqué en sols profonds (ex : Craie)
ou en situations irrigables**



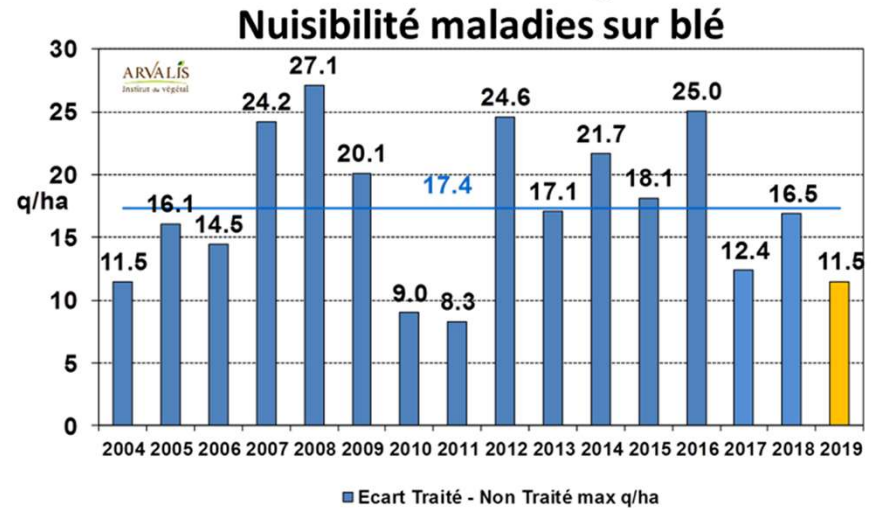
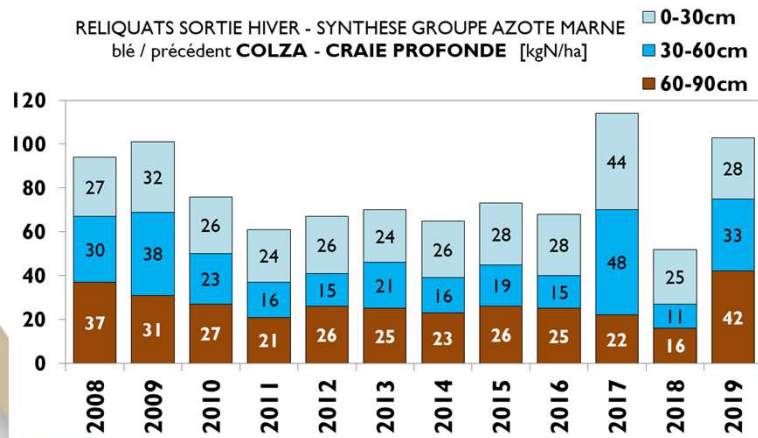
Variabilité au niveau des cultures : s'adapter à l'année grâce aux OAD



Extrêmes climatiques = 3 semaines à 1 mois d'écart sur les stades entre 2 années consécutives !

Extrêmes climatiques = des nuisibilités des bioagresseurs qui varient du simple au triple selon l'année !

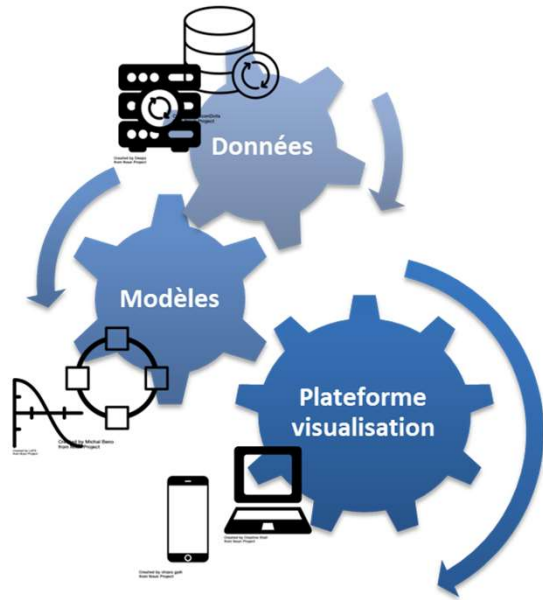
Extrêmes climatiques = reliquats azote variables (RSH), stress N plus fréquents au printemps



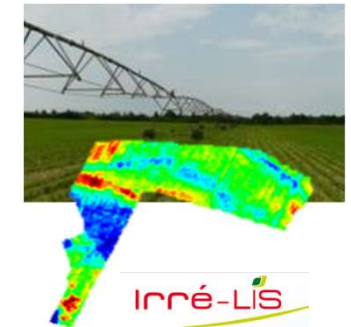
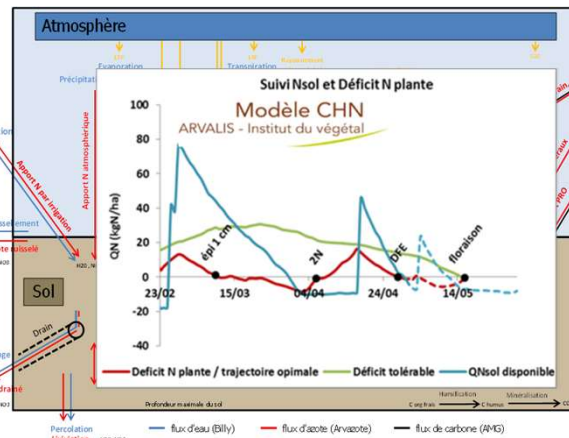
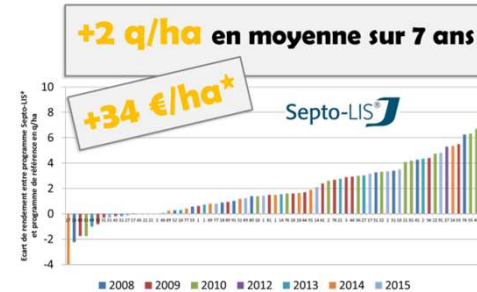


Les Outils d'Aide à la Décision

Outils d'Aide à la Décision



- Diagnostiquer la situation
- Pour pouvoir s'adapter à l'offre climatique, au potentiel et aux risques de l'année
- Optimiser les intrants (ajuster la dose N aux besoins, améliorer le CAU, protéger au bon moment...)
- Tout en maintenant productivité et qualité



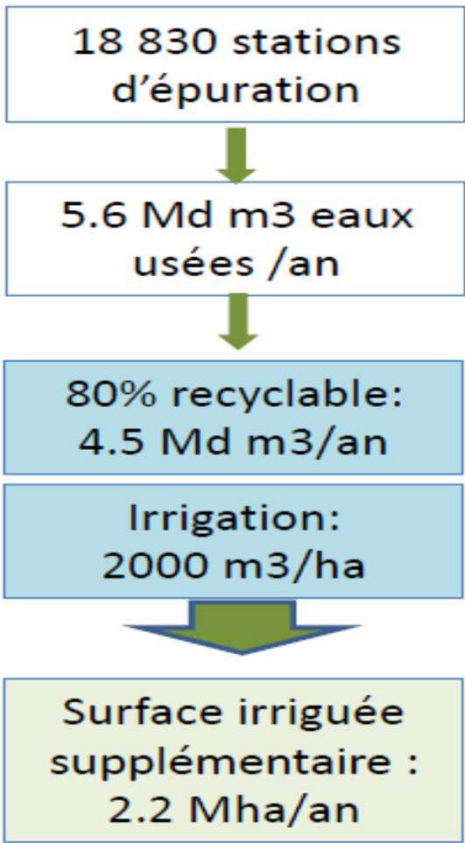
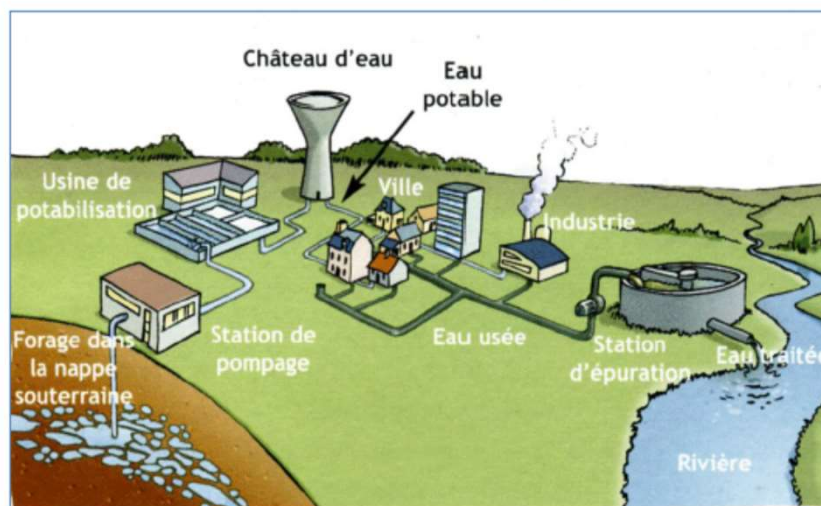


+ de stress hydrique en sols superficiels : développer l'irrigation pour régulariser la production et qualité



En céréales : +2q/ha pour 10 mm

... Et si les eaux usées étaient recyclées pour l'irrigation en France ?



Nourrir +25 M personnes pendant un an



+ 10 Mt maïs

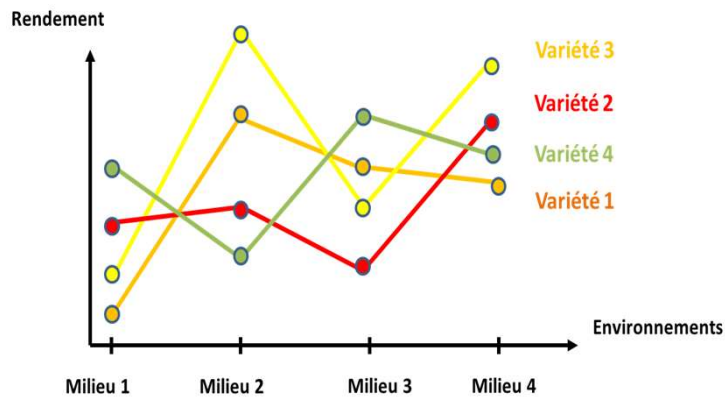
ou
+ 13 Mt banane

Surface irriguée actuellement: 1.5 Mha/an



Diversifier les stades dans la plaine

Effet sur les aléas: valoriser la diversité des variétés/des cultures pour amortir les extrêmes...



Passer d'une **préconisation** « à la variété » (on fait rentrer la dernière nouveauté la plus productive/la plus rentable) à une **préconisation de complémentarité** au sein d'un bouquet variétal

...voire même étendre la réflexion à un bouquet de cultures, d'ateliers

			Critères physiologiques										Tolérance maladies et verse					Critères spécifiques			Critères qualité									
Bouquets	Rendement du bouquet	Stabilité du rendement	Année d'inscription	Lignée/hybride	Alternativité	Précocité montaison	Précocité épisaison	Froid	Hauteur	Germination sur pied	Verse	Tolérance globale (hors RV)	Piétin verse	Oidium	Rouille Jaune	Septo	Rouille Brune	Fusariose des épis	Risque mycotoxines (DON)	Helminthosporiose	Aridatoïne	Résistance aux mosaïques	Cécidiomyces orange	Chlorotauron	Classe qualité	PS	Protéines	P/L à 11% de protéines	W	
+ Bouquet 1																														
Parcelle 1	ARMADA	✓	2013	L	3	4	7	6	3,5	6	4	5	3	6	7	5	5	5	5	nb	\$	\$	\$	\$	BP	5	5	0,6-1145		
Parcelle 2	ATOUPIC	!	2014	H	2	3	7,5	6,5	3,5	2	6,5	4	3	5	5	4	5	5,5	5	nb	\$	\$	\$	\$	BP	5	5	0,5-1150		
Parcelle 3	CELLULE	✓	2012	L	5	4	6,5	6	3,5	3	7,5	6	3	6	5	5	5	4	8	b	\$	\$	\$	\$	BPS	6	6	1,6-1170		
+ Bouquet 2																														
Parcelle 1	ARMADA	✓	2013	L	3	4	7	6	3,5	6	4	5	3	6	7	5	5	5	5	nb	\$	\$	\$	\$	BP	5	5	0,6-1145		
Parcelle 2	ATOUPIC	!	2014	H	2	3	7,5	6,5	3,5	2	6,5	4	3	5	5	4	5	5,5	5	nb	\$	\$	\$	\$	BP	5	5	0,5-1150		
Parcelle 3	FRUCTIDOR	!	2014	L	2	2	6	6,5	3,5	5	6,5	6	3	7	6	5	5	6,5	5	nb	\$	\$	\$	\$	BPS	6	6	0,9-1155		
+ Bouquet 3																														
Parcelle 1	ATOUPIC	!	2014	H	2	3	7,5	6,5	3,5	2	6,5	4	3	5	5	4	5	5,5	5	nb	\$	\$	\$	\$	BP	5	5	0,5-1150		
Parcelle 2	HYFI	!	2013	H	3	3	7	6,5	4,5	5	6,5	6	3	6	6	6	6	7	6,5	7	nb	\$	\$	\$	\$	BP	5	5	0,5-1150	
Parcelle 3	HYSTAR	✓	2008	H	3	3	7	6,5	4,5	5	6,5	5	2	6	6	6	6	5,5	5	6	nb	\$	\$	\$	\$	BP	6	6	0,2-1110	



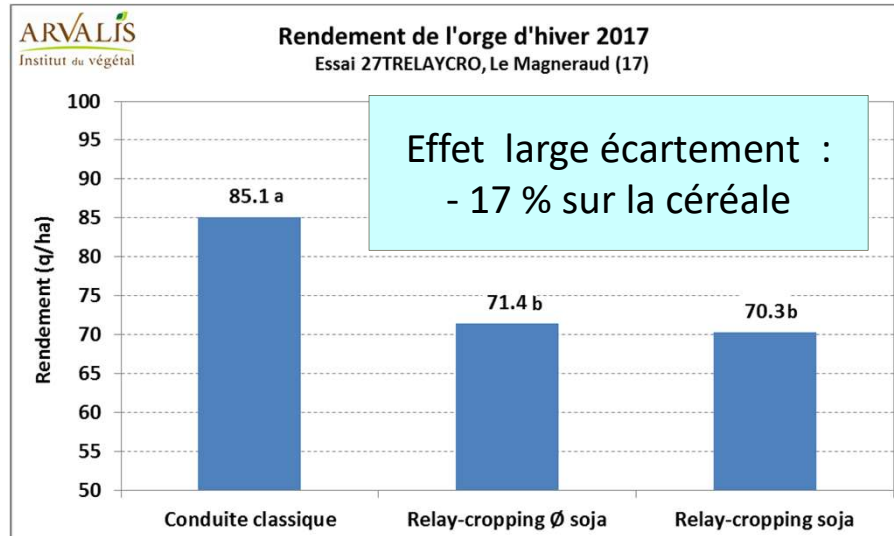
Récoltes plus précoces : tenter 2 à 3 récoltes par an (dérobées, relay cropping)

2 cultures de vente dans la même année sur une même parcelle
semis d'une culture relai (exemple soja) à sa date normale dans une autre (exemple orge
d'hiver) avec récolte à date différente

Essai Arvalis Le Magneraud 2017, 2018



Faisable techniquement
Maîtriser la concurrence
entre espèces, notamment
vis-à-vis de l'eau et la lumière
=> Trouver le meilleur
compromis





FOCUS SUR QUELQUES PISTES TRAVAILLÉES OU A TRAVAILLER

Génétique et amélioration variétale

- Des techniques de sélection plus performantes et plus rapides : phénotypage /génotypage haut débit
- Tolérances aux stress climatiques
- Tolérances aux bioagresseurs

Augmenter et sécuriser la production

- Date de semis
- Développer l'irrigation
- Outils de pilotage
- Sécuriser : bouquet variétal
- 2 à 3 cultures / an , 3 cultures en 2 ans

Diversification Complémentarités territoriales, Anticipation

- **Adaptation des soles (+/-), diversification des productions**
- **Caractériser la production avant récolte : allotement, mélanges post récolte...**



Produire de la biomasse à vocation énergétique

CIVE et méthanisation



- **CIVE : une opportunité**

- pour améliorer la qualité agronomique des sols
- pour augmenter la performance économique de l'exploitation,
- pour produire de la biomasse pour un usage hors alimentaire (importance de la méthanisation)
- pour favoriser l'émergence d'une économie circulaire

→ **Ajout d'une fonction économique aux fonctions agro-environnementales**

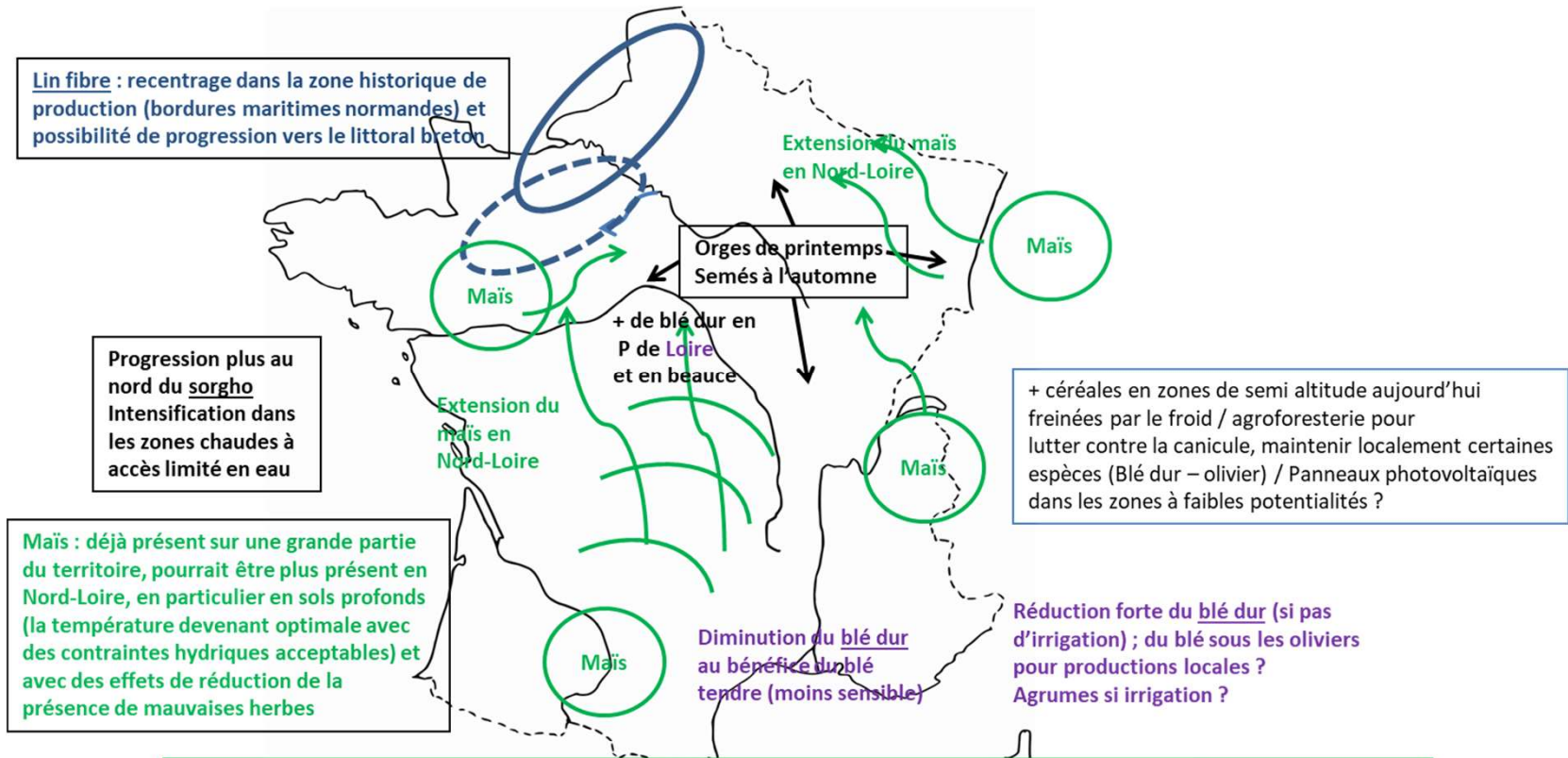
- Bien **identifier les successions** et potentiels pédoclimatiques
- CIVE : une **culture à part entière**
- Bien **évaluer ses coûts**
- Besoin de R&D complémentaire pour apporter des recommandations régionalisées

CIVE d'hiver : semées fin d'été/début automne et récoltées au début du printemps (graminées, asso graminée+lég) – **exemple avant OP**

CIVE d'été : semées en été et récoltées au début de l'automne (tournesol, maïs, sorgho, moha) – **exemple après OH ou colza**



La France en 2050 (il y a donc beaucoup d'incertitudes) !



- ❖ Atténuer les impacts des événements climatiques : **une plus grande diversité d'espèces et de variétés différentes** au sein des exploitations / Des **variétés améliorées génétiquement**
- ❖ Développement de pratiques **valorisant l'augmentation de l'offre thermique** :
 - ❖ Semis plus précoces des espèces de printemps (stratégie d'esquive des risques de fin de cycle)
 - ❖ Semis plus tardifs des espèces d'automne (diminution des risques parasitaires avec maintien de la productivité)
 - ❖ 2 récoltes en 1 an : relay-cropping, 2 cultures en 1 an
- ❖ Développement de pratiques agro-écologiques pour **mieux conserver l'eau** : semis sous des couverts végétaux



- Développer l'accès à l'eau** pour valoriser le potentiel de diversification des espèces, car demain ce sera plus un problème de variabilité, de répartition des précipitations que de quantité cumulée sur l'année
- ❖ Stocker l'eau quand elle est en excès pour l'utiliser si besoin en conditions sèches
 - ❖ Recycler davantage les eaux usées (2% en France, 80% en Israël)



En résumé :

**En tendance + chaud, + de variabilité/aléatoire,
bilan hydrique plus tendu en sols superficiels (\nearrow ETP)...**

...mais des outils déjà à disposition pour d'adapter (OAD, génétique / précocité et résistances bio-agresseurs, calage cycle) ... et demain (bouquet, variétés plus tolérantes aux stress climatiques, réflexion sur la gestion de l'eau)

Des opportunités aussi ! Op automne, diversification, CIVE, relay-cropping

MERCI DE VOTRE ATTENTION

