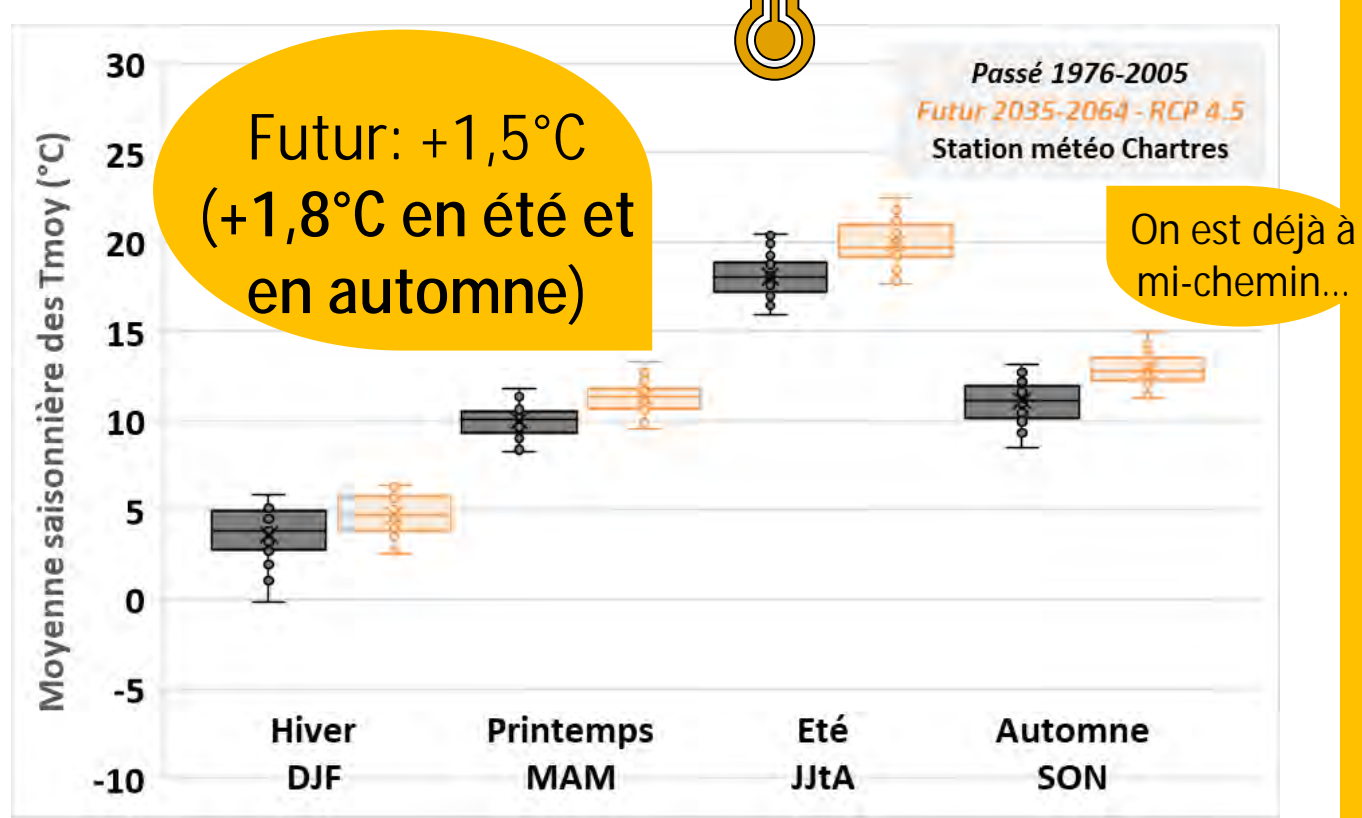
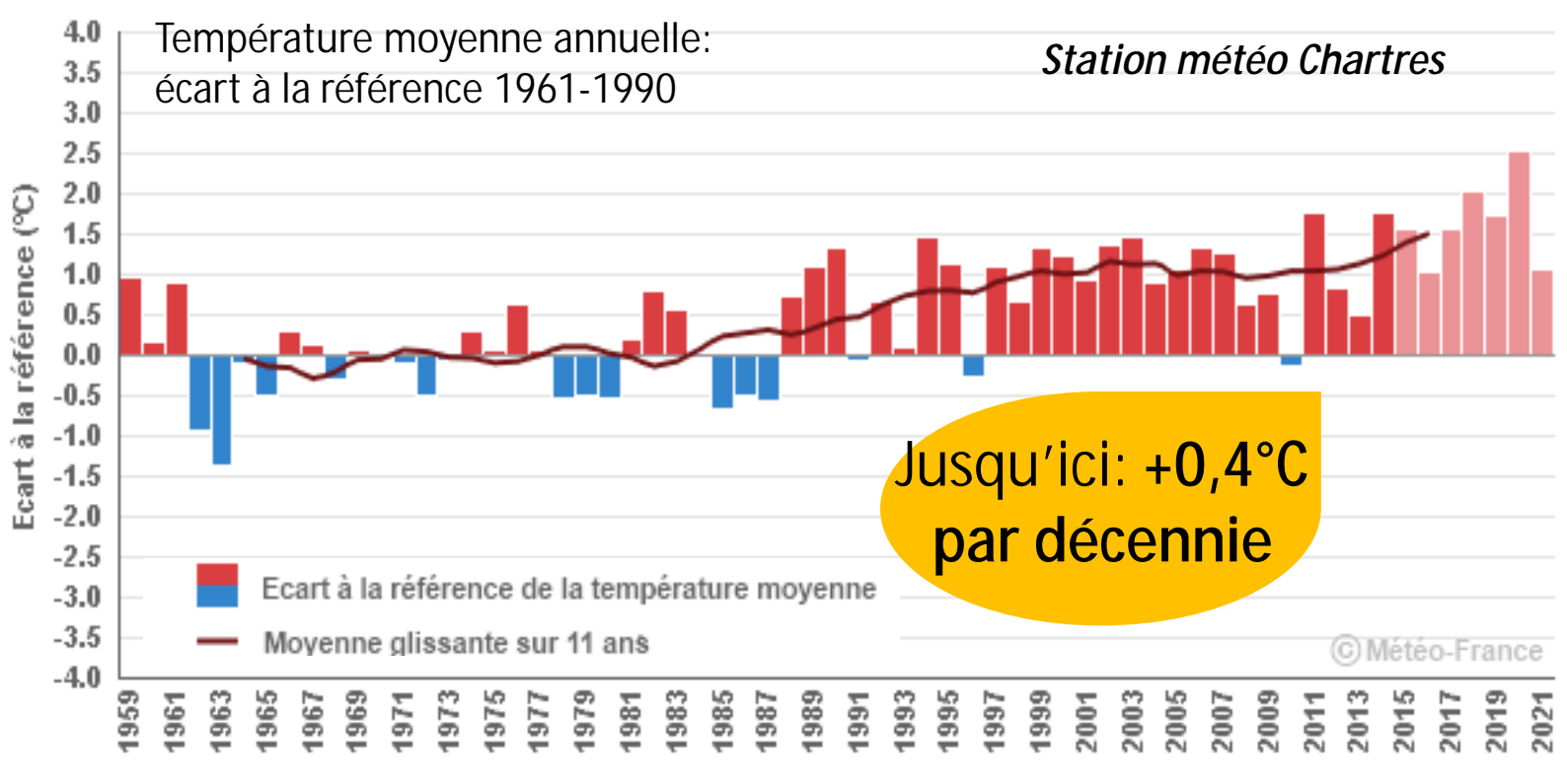


Espace 3 :

**CHANGEMENT
CLIMATIQUE**

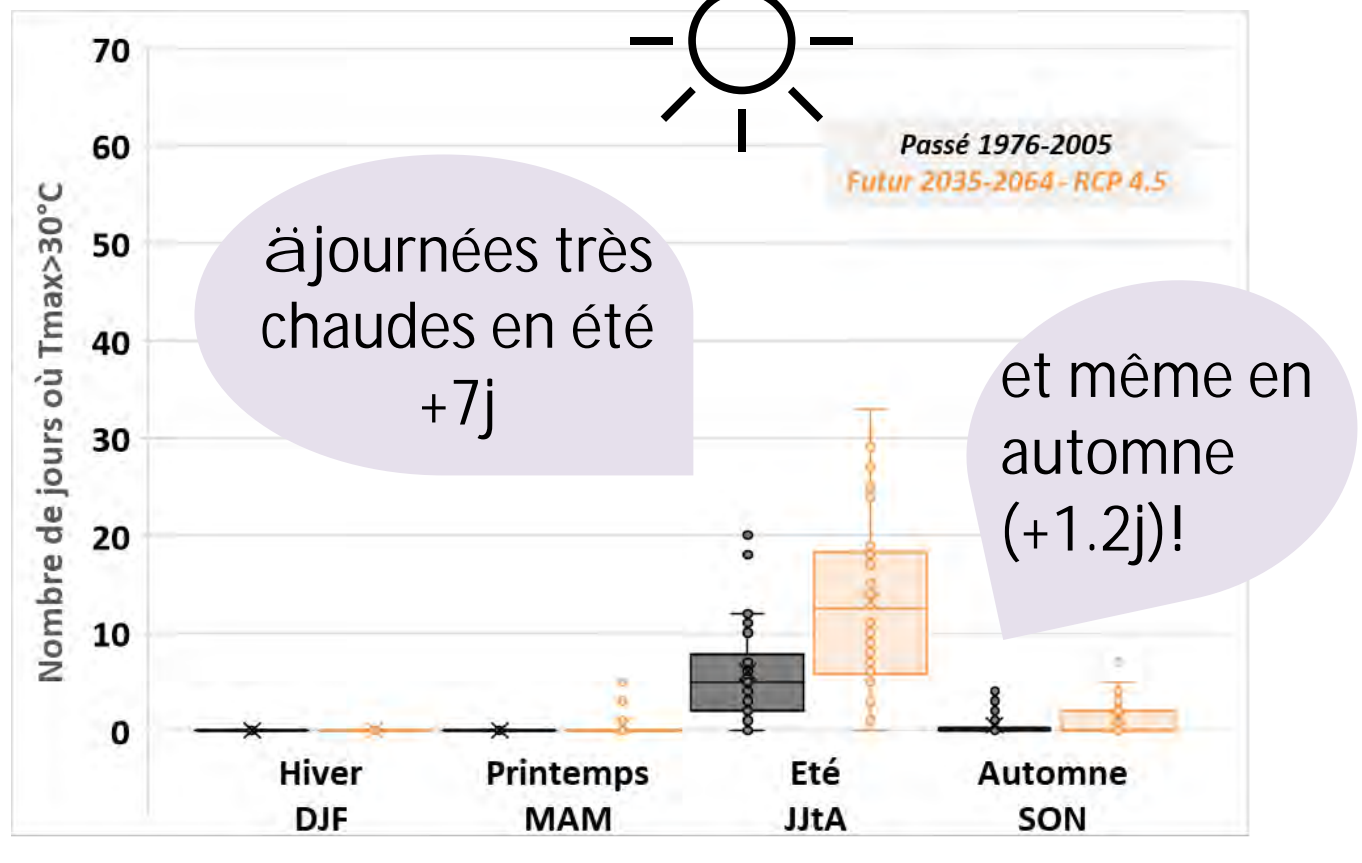
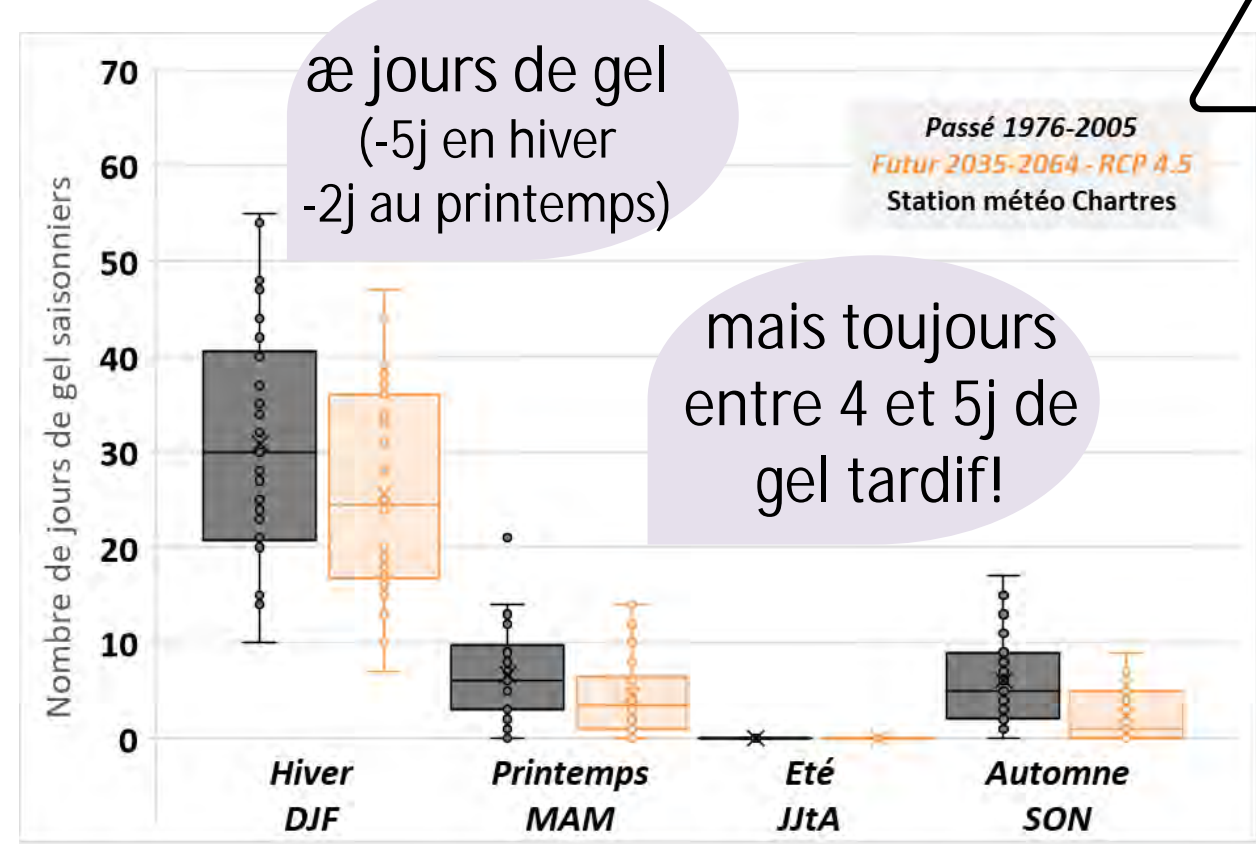
Il fait et fera + chaud

Une augmentation des températures moyennes



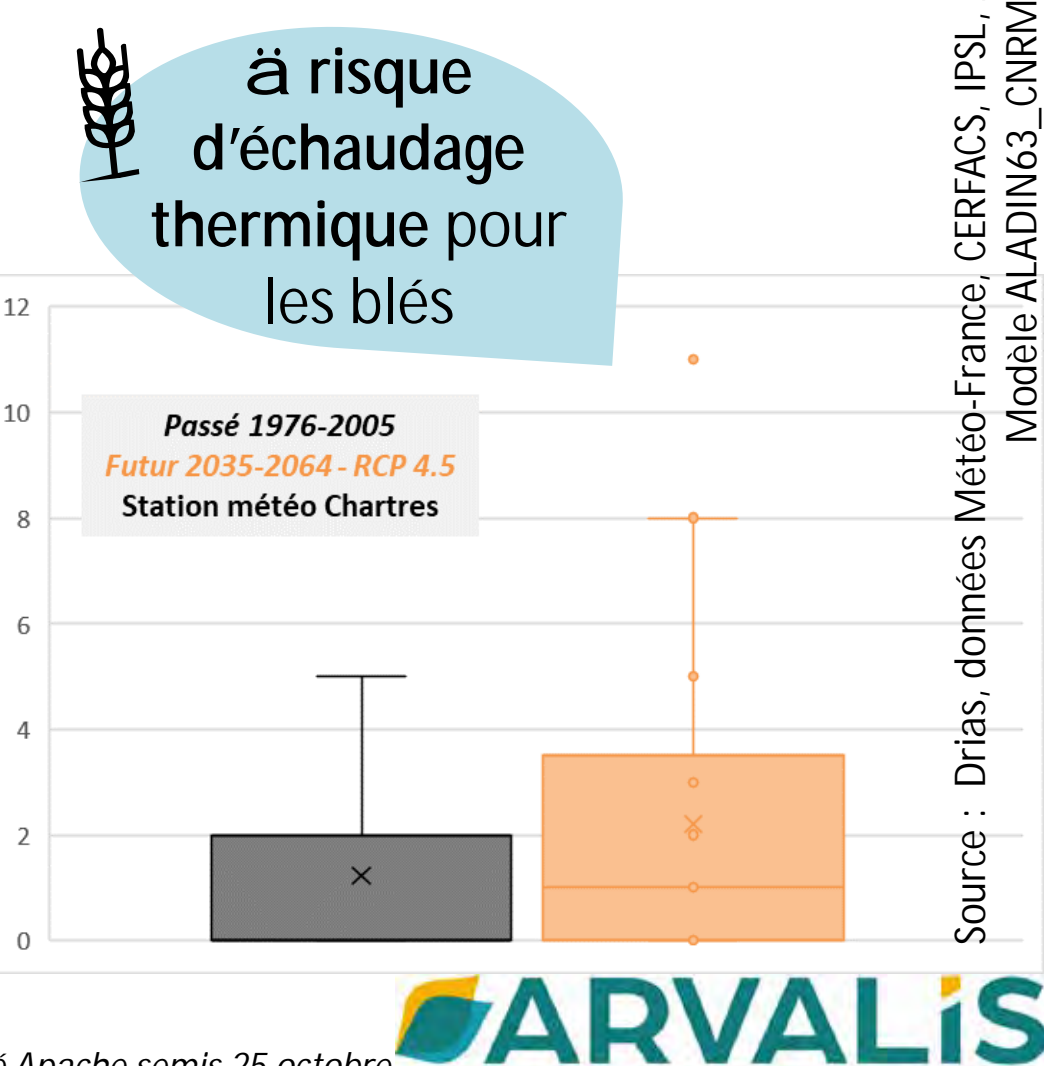
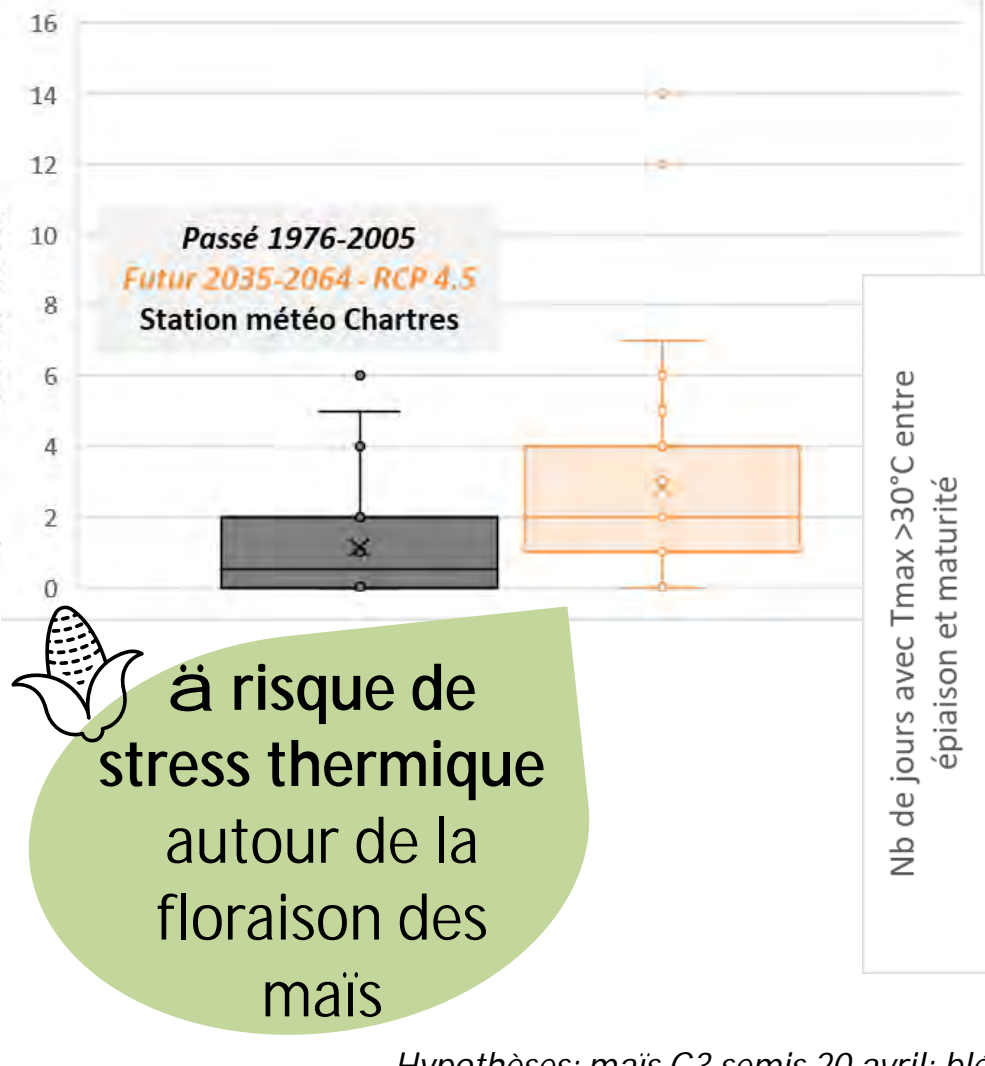
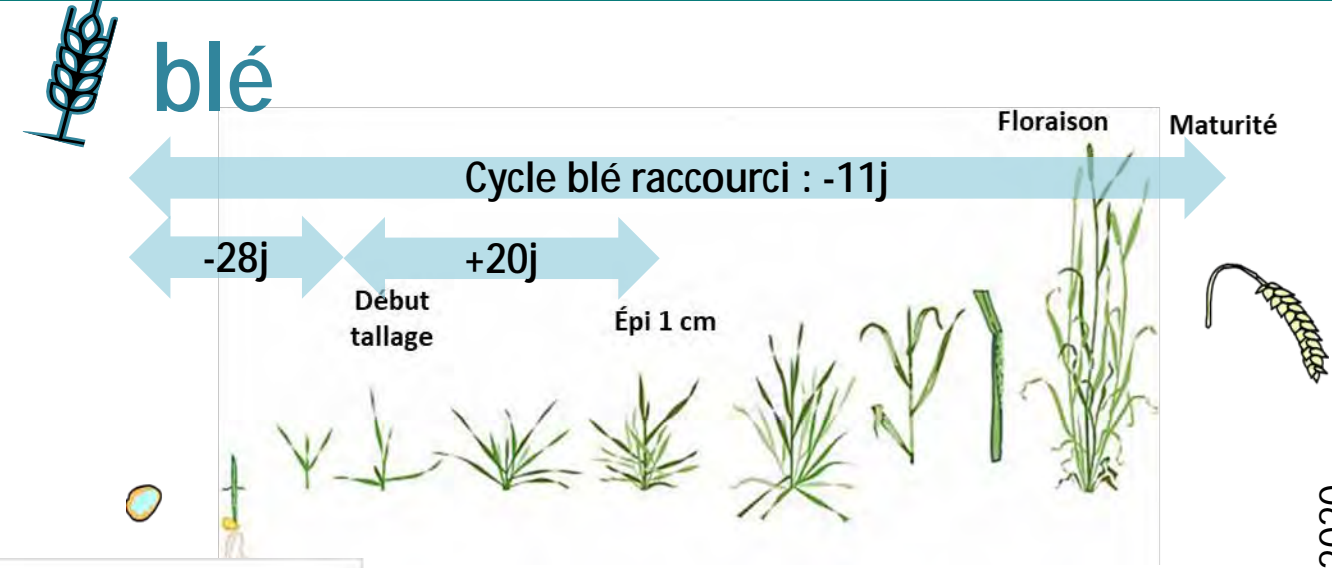
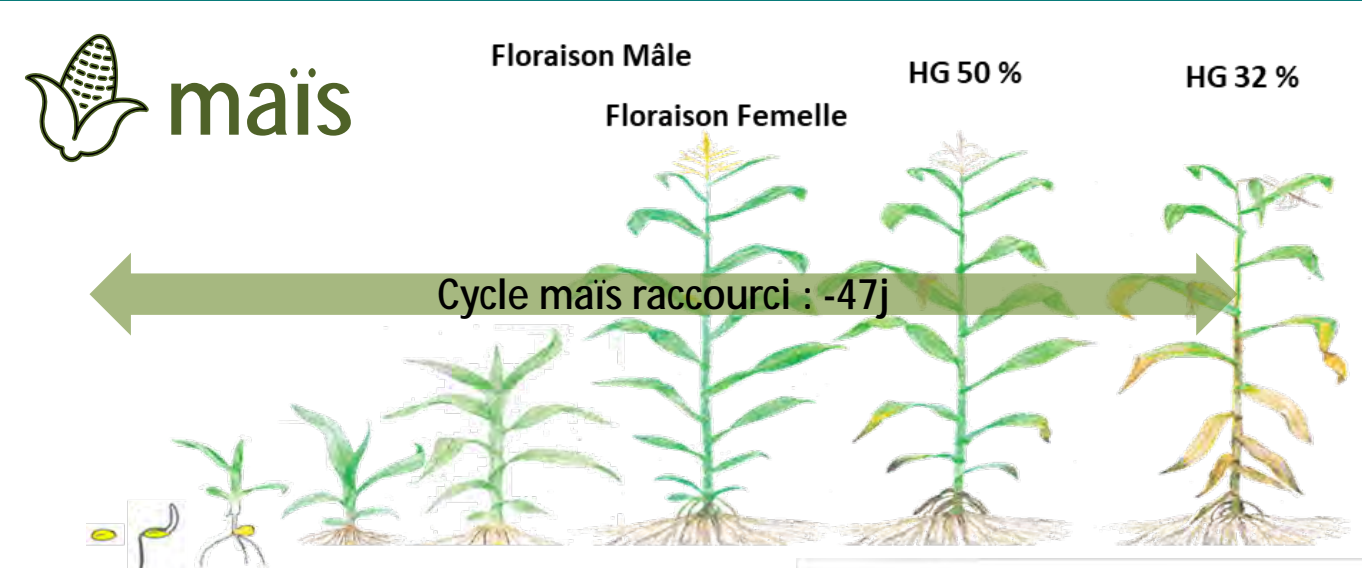
Source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL, 2020.
Modèle ALADIN63_CNRM-CM5

Attention aux extrêmes !



Source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL, 2020.
Modèle ALADIN63_CNRM-CM5

Risques et opportunités pour les cultures

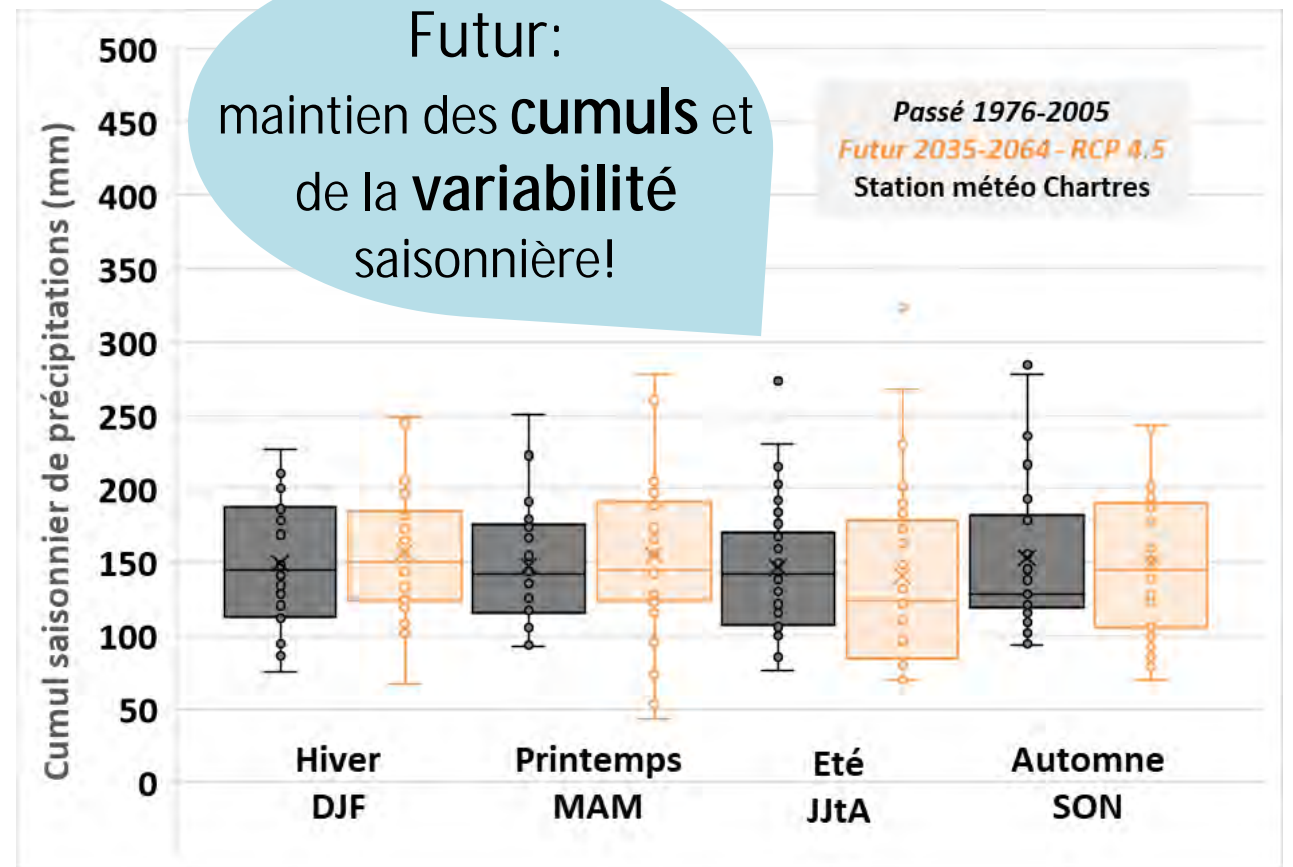
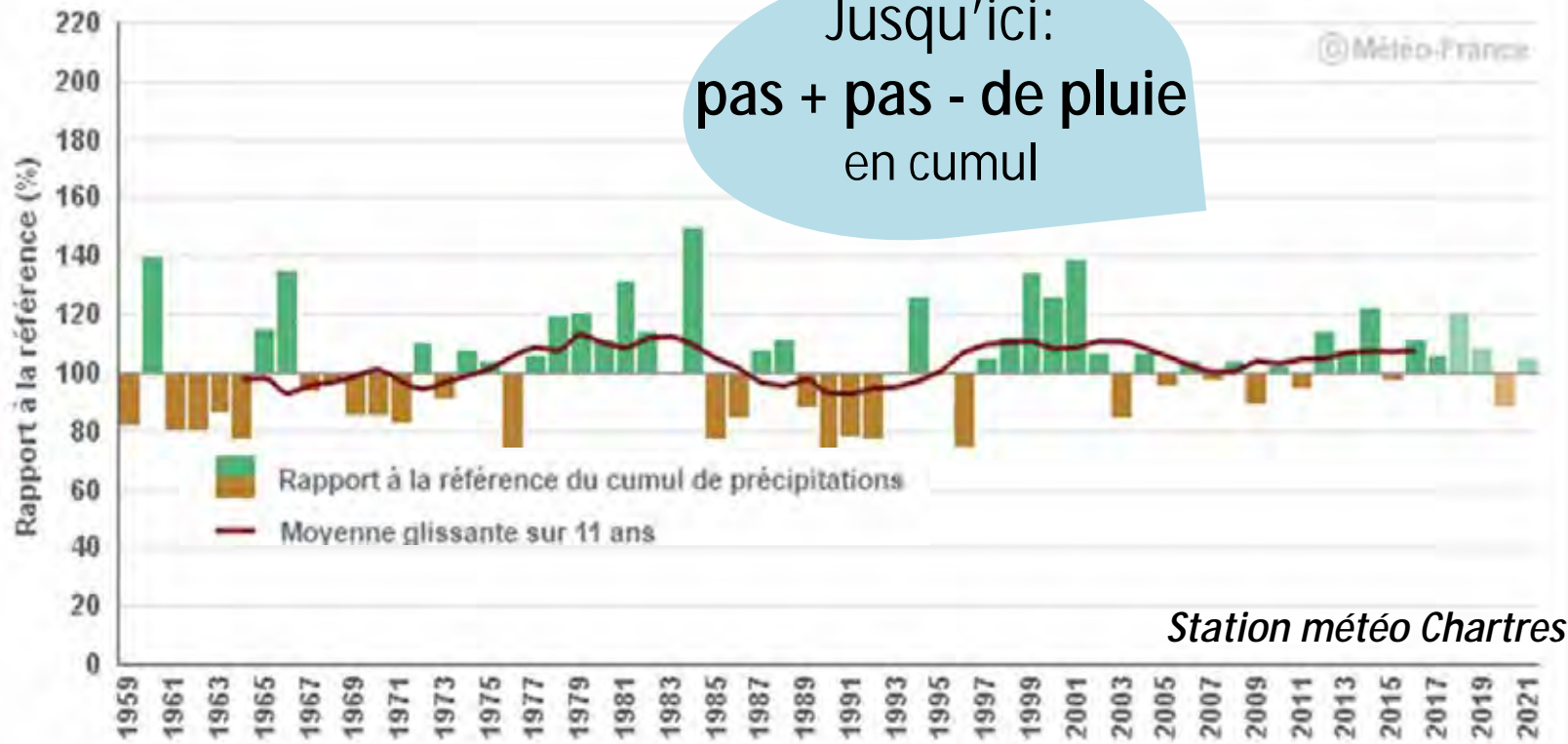


Hypothèses: maïs G3 semis 20 avril; blé Apache semis 25 octobre

Moins d'eau et/ou plus de stress hydrique?

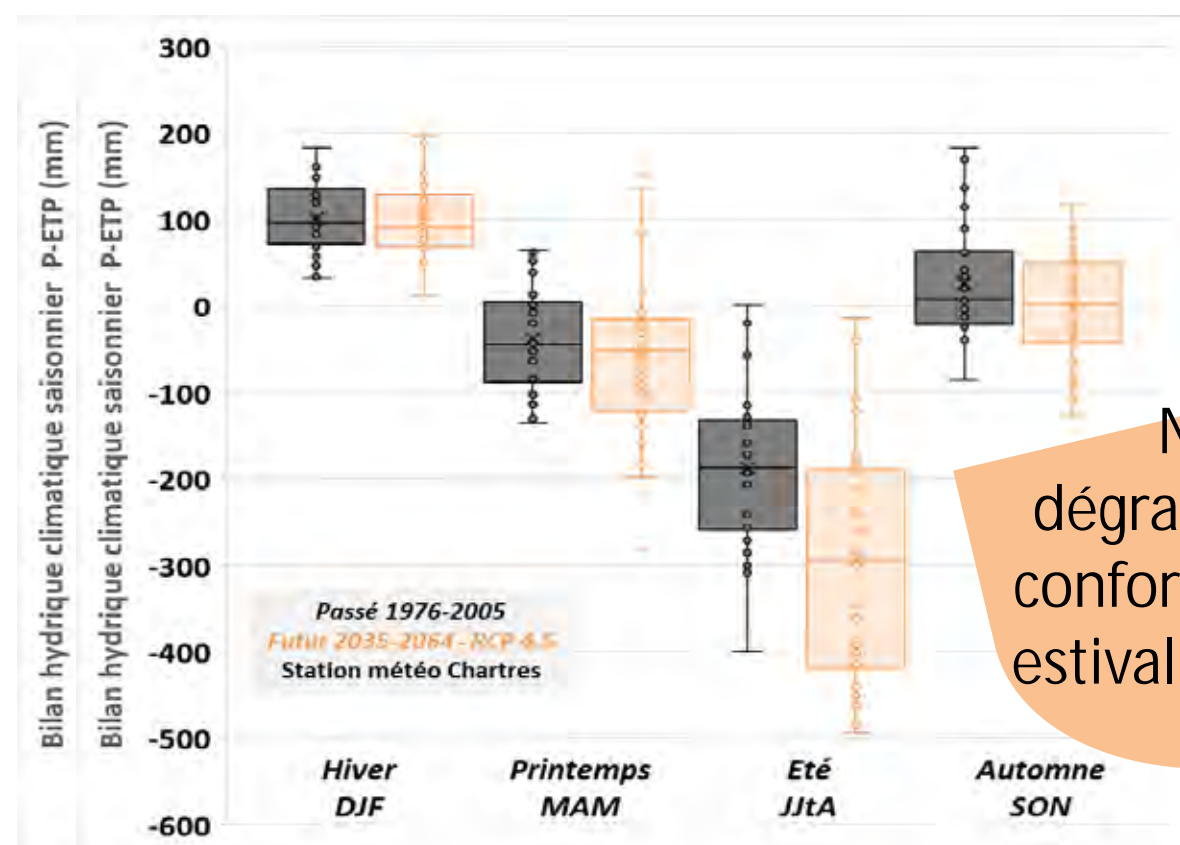
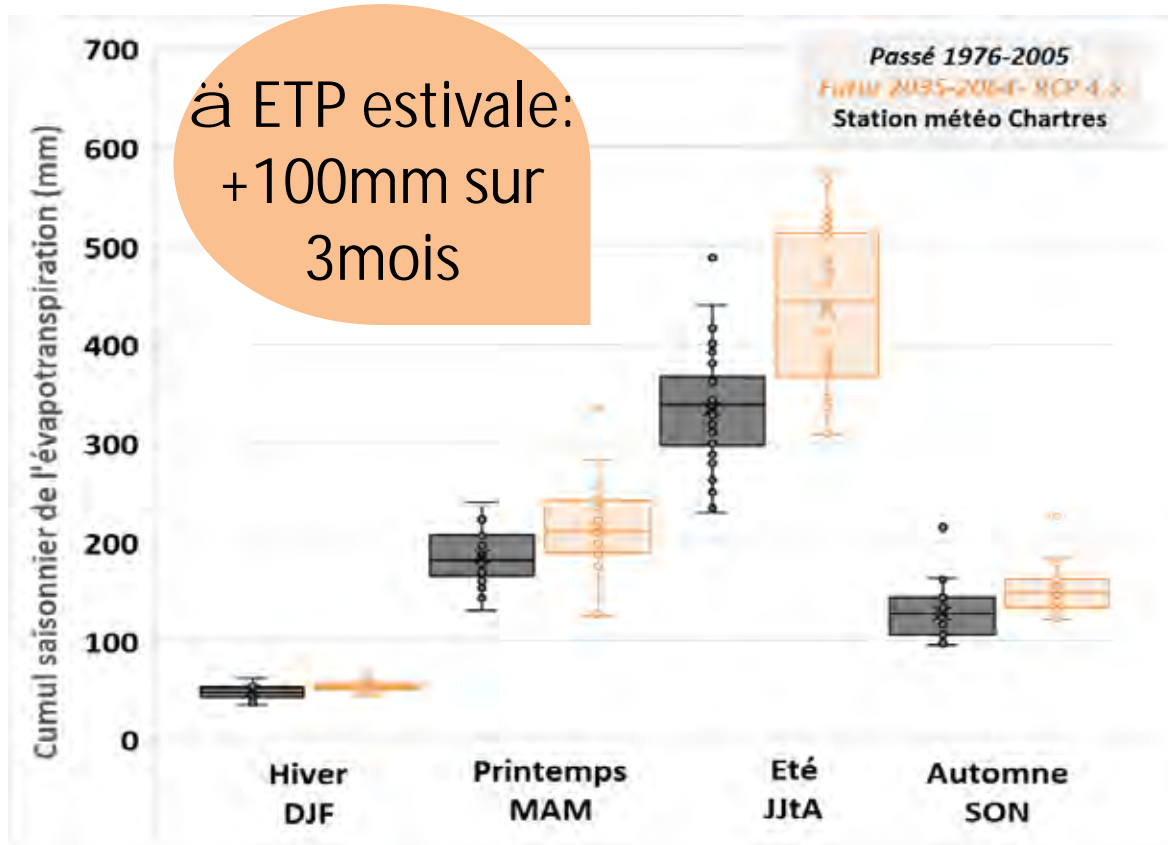
Evolution des cumuls de pluie sur l'année: pas de tendance nette

Cumul annuel de précipitations: rapport à la référence (%) 1961-1990



Source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL, 2020. Modèle ALADIN63_CNRM-CM5

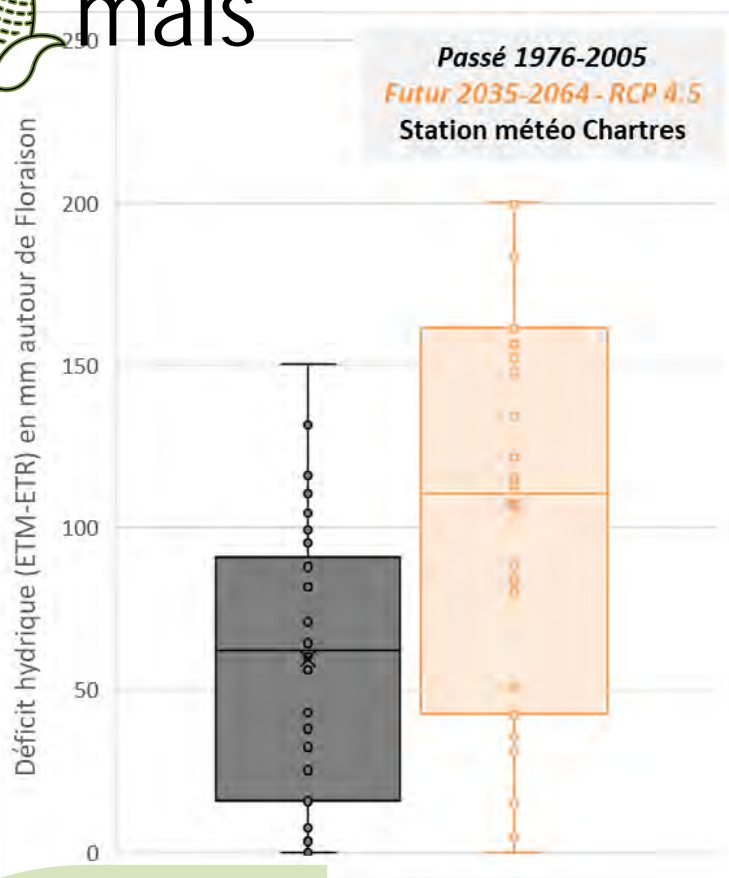
La demande évaporative explose !



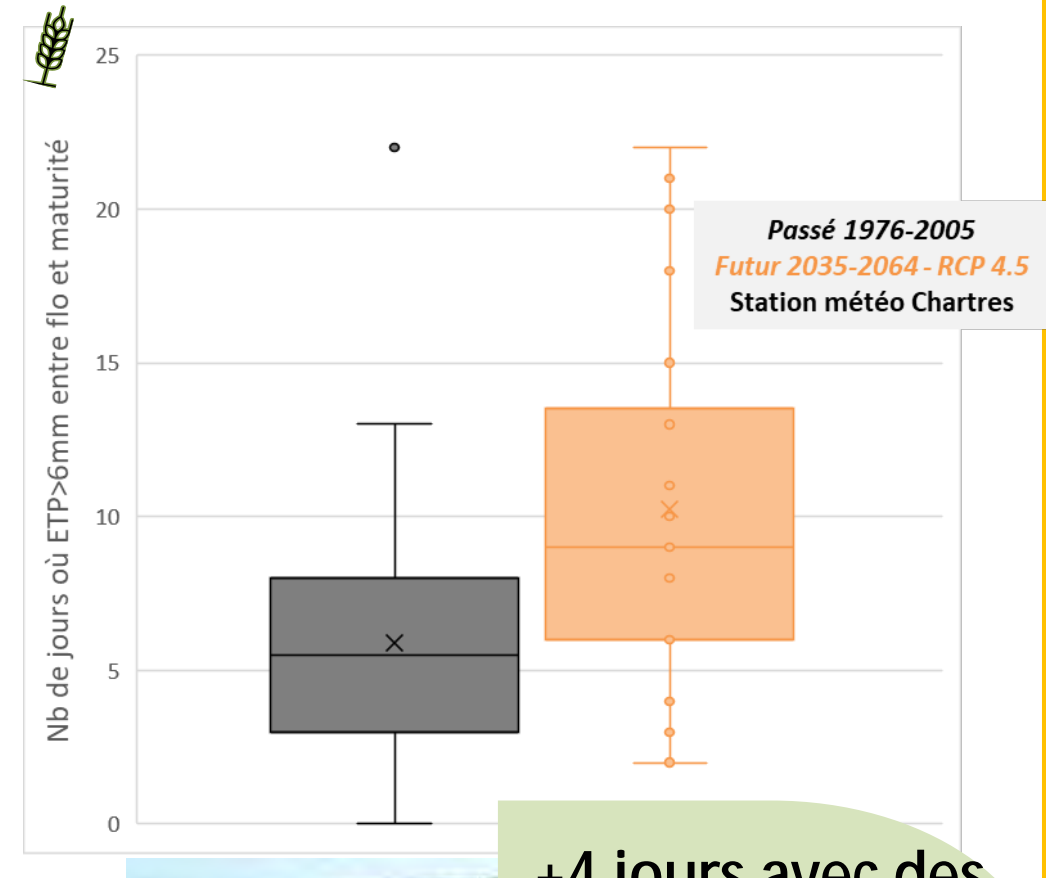
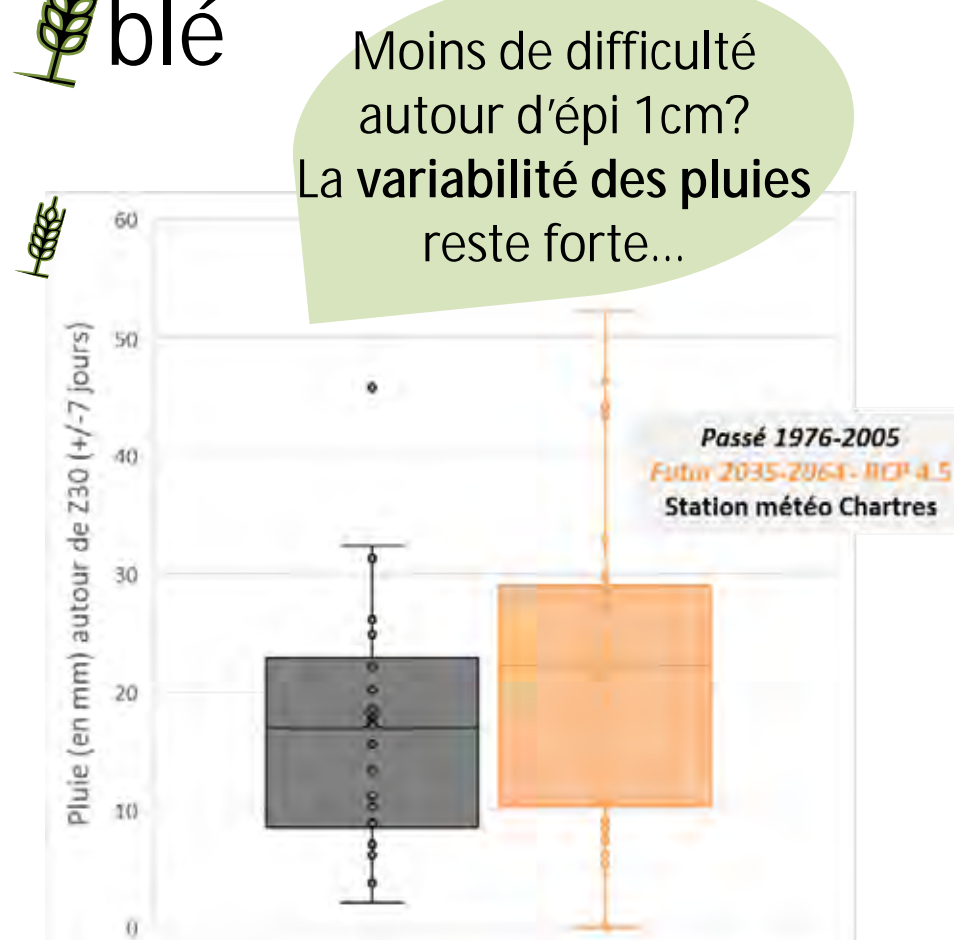
Source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL, 2020. Modèle ALADIN63_CNRM-CM5

Risques et opportunités pour les cultures

maïs



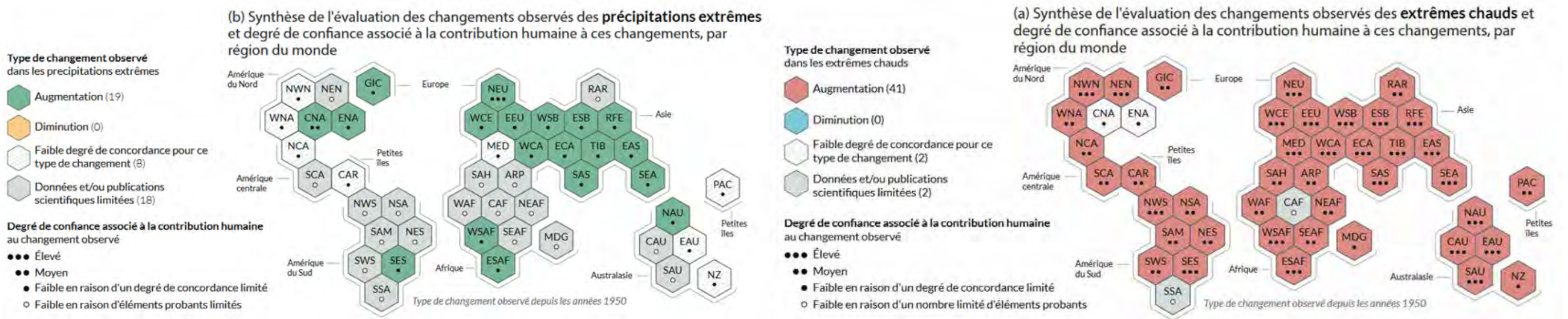
blé



Hypothèses: maïs G3 semis 20 avril; blé Apache semis 25 octobre
Source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL, 2020. Modèle ALADIN63_CNRM-CM5

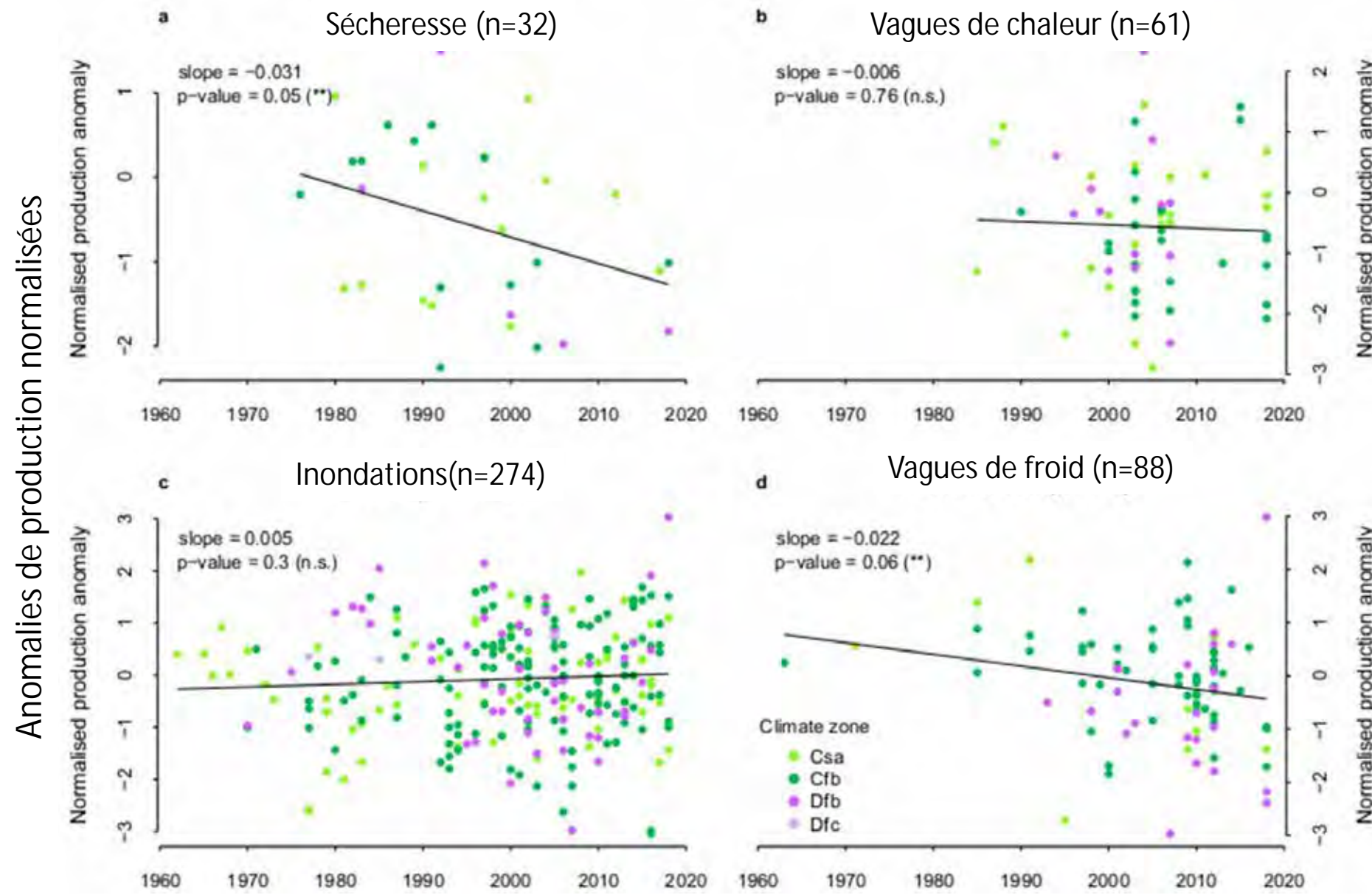
Un climat plus extrême ?

Constat avéré : changement de la fréquence et de l'intensité des aléas



Europe: anomalies de la production céréalière au cours des années où des catastrophes météorologiques extrêmes ont été signalées

Source: AR6 WGI SPM, Figure SPM.3



- La sévérité des sécheresses et des vagues de chaleur ont triplé sur les 50 dernières années en Europe
- Sécheresses et vagues de chaleur sont particulièrement néfastes pour la production céréalière
- Les pertes moyennes de rendement céréalière plus importantes en Europe de l'Est

Classification de Koepen
Cfb: tempéré océanique
Csa: méditerranéen
Dfb: Été chaud continental humide,
Dfc: subarctique

Brás, T. A., Seixas, J., Carvalhais, N., Jägermeyr, J. (2021): Severity of drought and heatwave crop losses tripled over the last five decades in Europe. - Environmental Research Letters, 16, 6, 065012.
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/abf004>

« L'augmentation de l'ampleur du réchauffement accroît la probabilité d'incidences graves, généralisées et irréversibles »

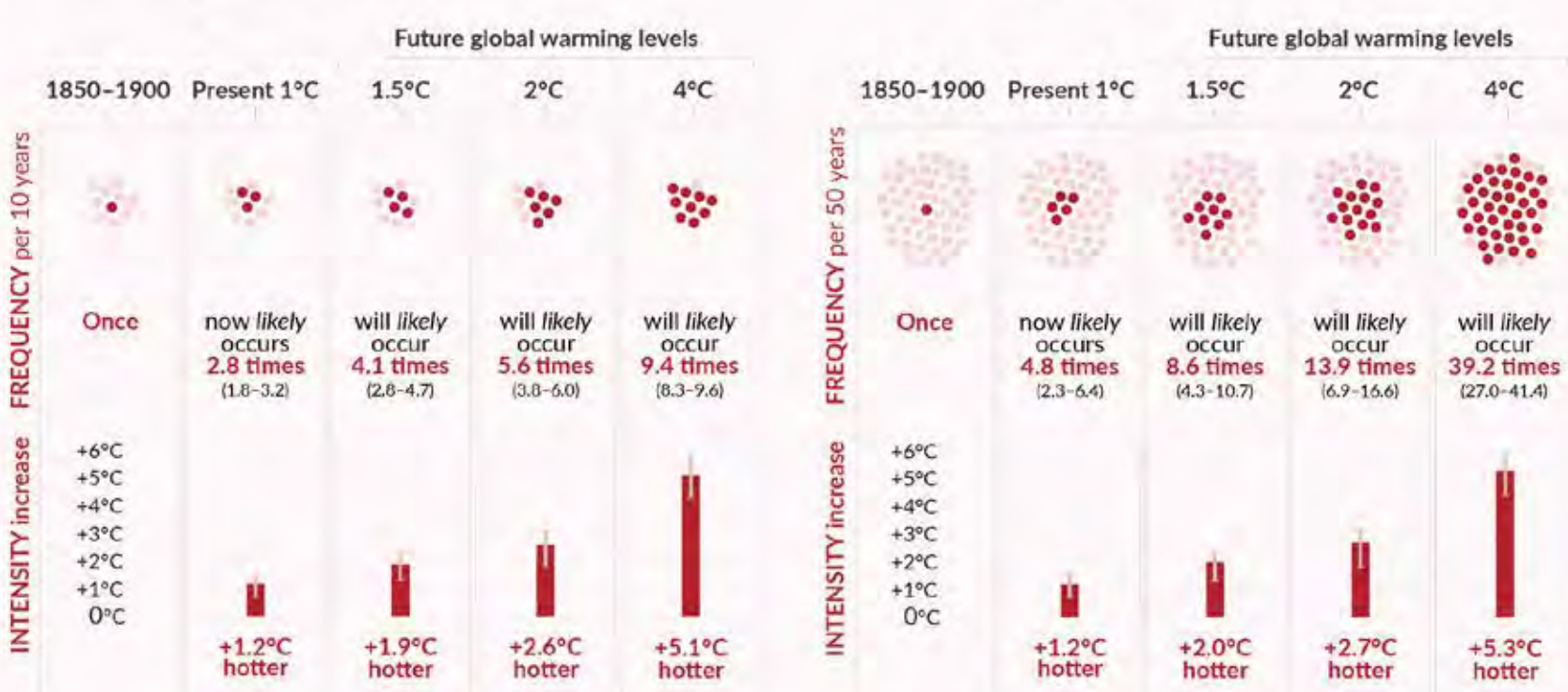
IPCC 2021

Changements prévus dans les phénomènes extrêmes plus fréquents et plus intenses à chaque augmentation supplémentaire du réchauffement

(Source: AR6 WGI SPM, Figure SPM.6)

Températures extrêmes chaudes sur les surfaces terrestres

Augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements de températures extrêmes avec une durée de retour de 10 ans ou 50 ans en moyenne dans un climat sans influence humaine

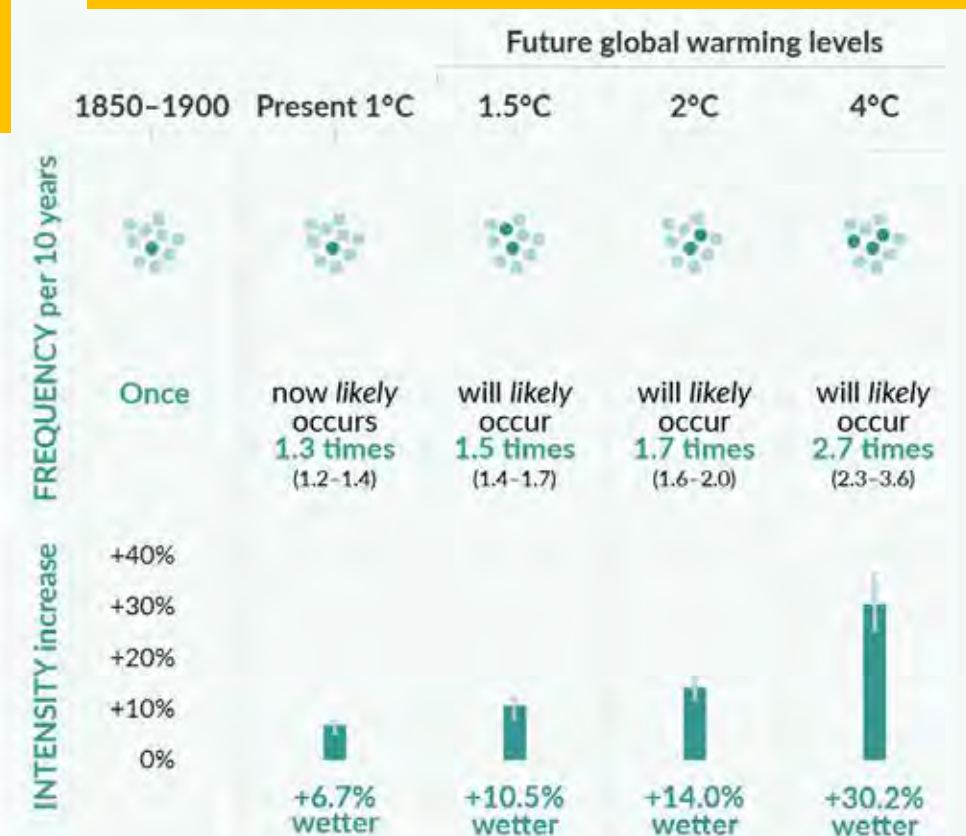


Période de retour 10 ans

Période de retour 50 ans

Pluies intenses sur les surfaces terrestres

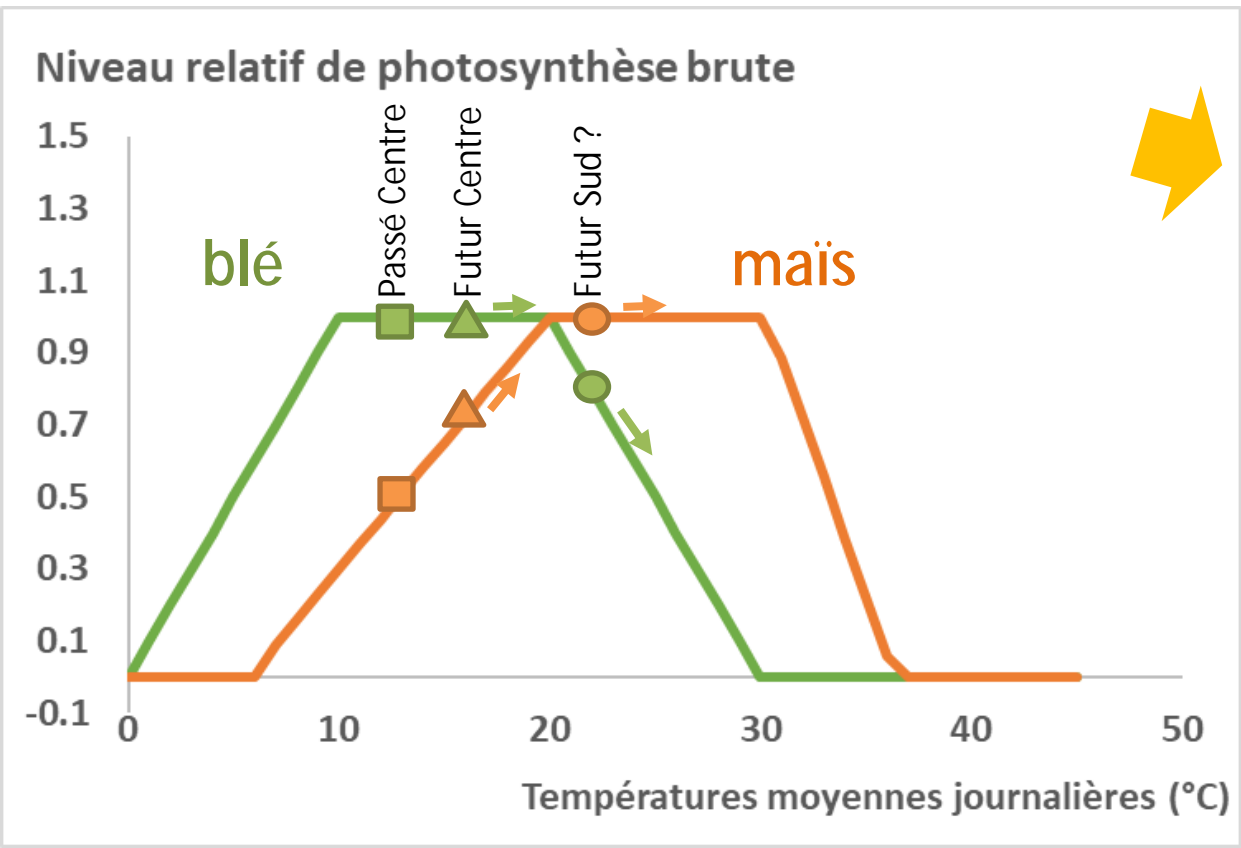
Augmentation de la fréquence et de l'intensité des pluies intenses journalières avec une durée de retour de 10 ans en moyenne dans un climat sans influence humaine



Période de retour 10 ans

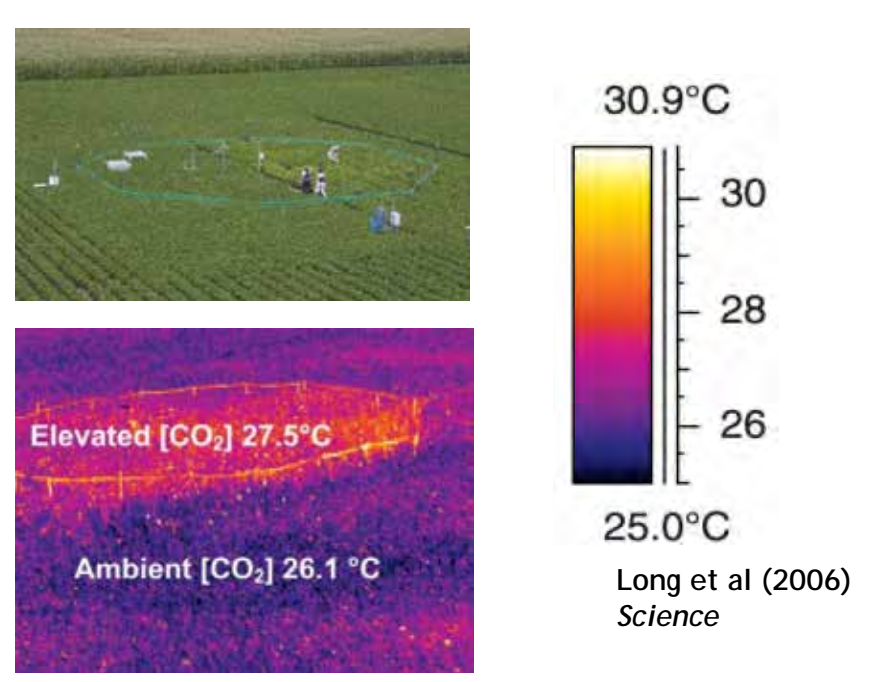
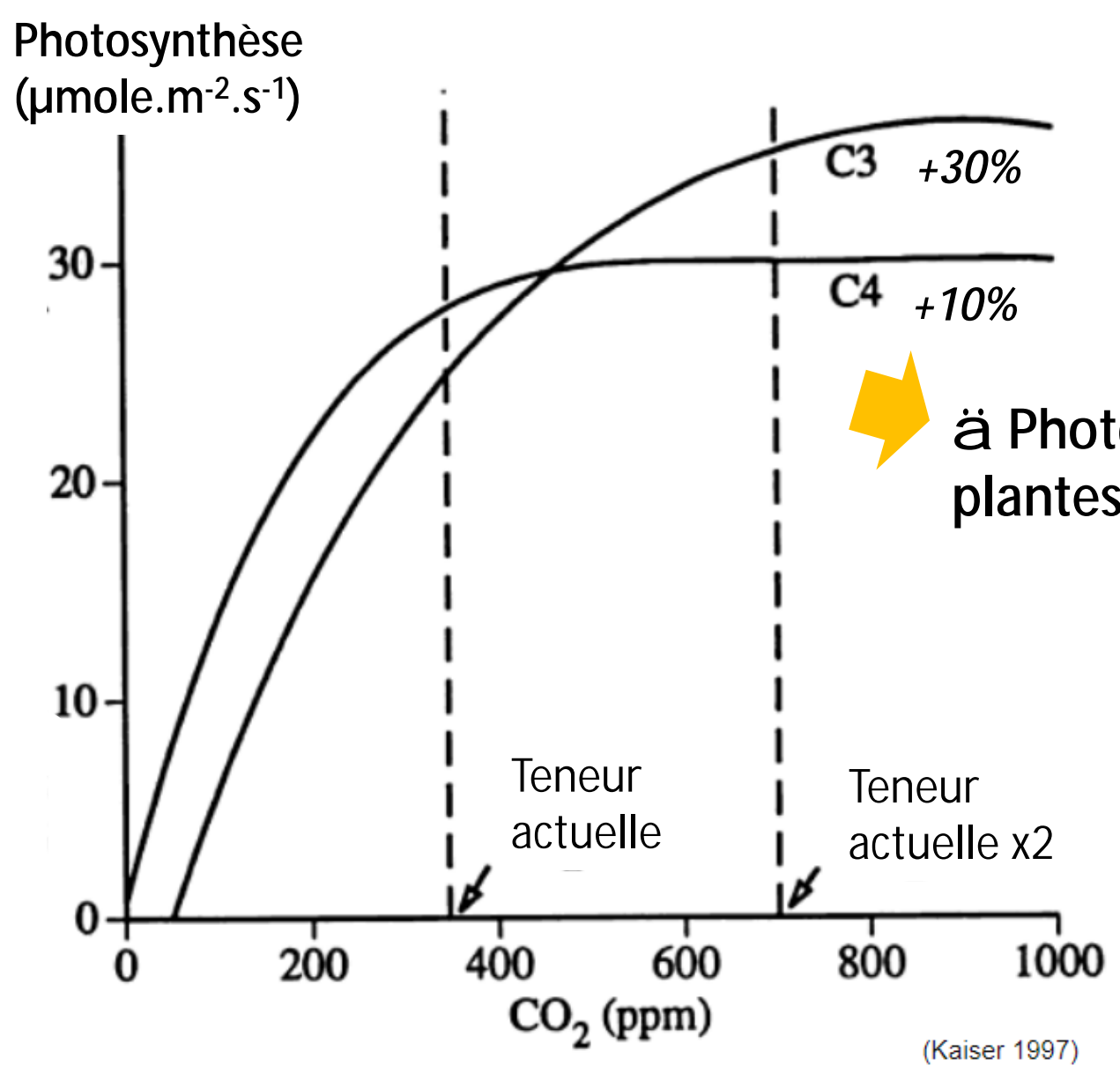
Impacts du changement climatique sur la photosynthèse

à T°C: effets contrastés selon le type de plante



Plantes en C4 (maïs): vers un meilleur rendement photosynthétique ?
Plantes en C3 (blé): un rendement photosynthétique qui stagne voire diminue dans les zones les plus chaudes ?

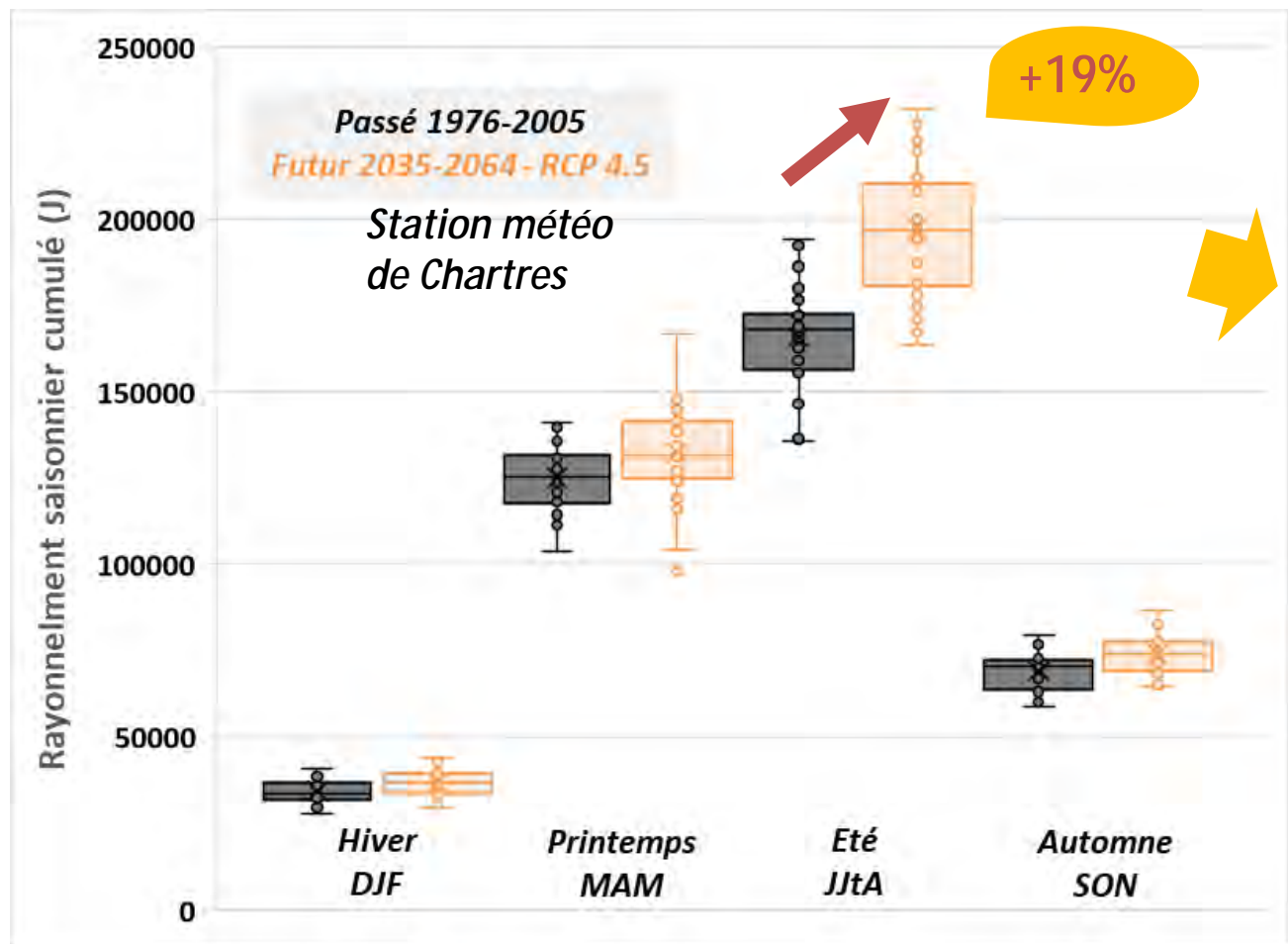
à [CO2]: impacts positifs et négatifs sur la photosynthèse!



à Photosynthèse des plantes en C3 (blé)?

æ Transpiration => ↗ T°C & risque échauffement, baisse efficacité photosynthèse à certaines T°. Amplifié par stress hydrique!

à rayonnement? = hausse de l'offre climatique?



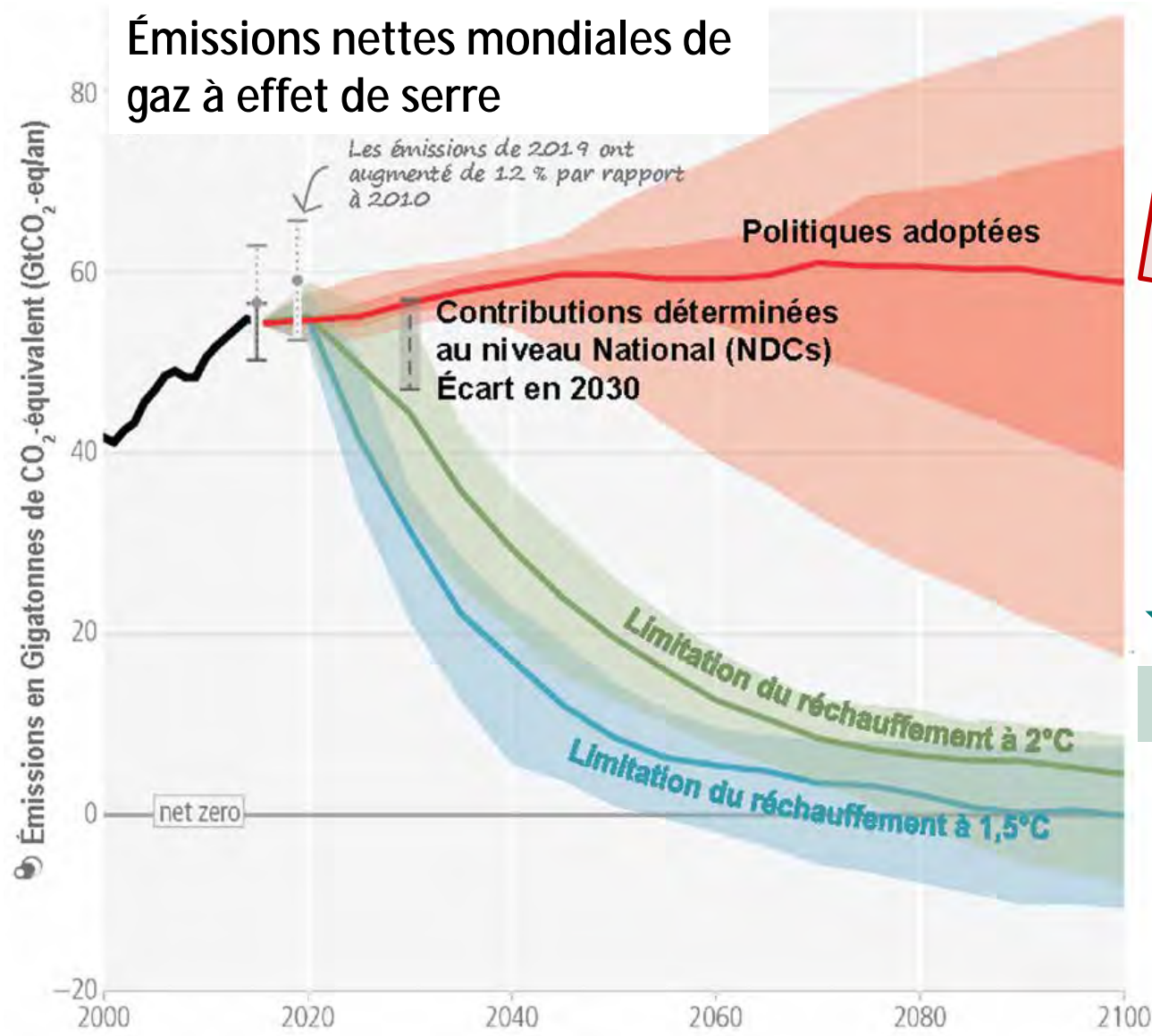
Hausse du rayonnement surtout en été et, dans une moindre mesure le reste de l'année
Attention: variable très mal cernée dans les modèles de projections climatiques!

Source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL, 2020. Modèle ALADIN63_CNRM-CM5

- Interactions T°C x CO2 x eau sur la photosynthèse
- Evolutions du rayonnement mal cernées
- Adaptation des plantes: quelle résultante?

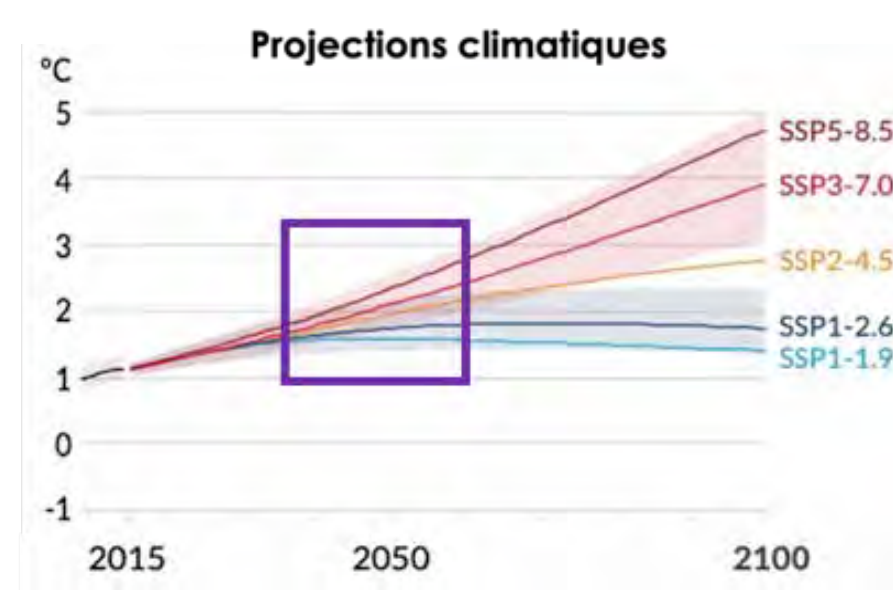
Des actions à la hauteur des enjeux climatiques ?

Accords internationaux : engagements et actions



Réchauffement de 3.2°C
(variation de 2.2 à 3.5°C)
= on continue à accumuler des gaz à effets de serre ! 😓

Pour limiter le réchauffement à 2°C il faut **+ d'efforts!**



Objectifs des Accords de Paris (COP21 en 2015)

- ↳ Maintenir l'augmentation de la température moyenne bien en dessous de 2 °C et de préférence de limiter à 1,5 °C
- ↳ Atteindre le niveau net zéro dans la 2e moitié du XXIe siècle
- ↳ Renforcer les capacités d'adaptation aux effets néfastes des changements climatiques

— Émissions passées (2000-2015)
I Plage d'émissions modélisée pour 2015
+ Émissions de GES passées et incertitude pour 2015 et 2019 (les points indiquent la médiane)

Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) = - 4.7% par an sur la période 2022-2030 !
(contre -1.7% d'émissions observées depuis 2010...)

- ↳ neutralité carbone à l'horizon 2050
- ↳ réduire l'empreinte carbone des Français

Quelle trajectoire pour l'agriculture française?

En France l'agriculture contribue à l'émission de 20% des gaz à effet de serre :

N₂O 1^{er} GES de l'agriculture (50%)

Origine :
Emissions directes et indirectes par les sols agricoles
Productions animales
Gestions des déchets

1g N₂O = 298g CO₂

CH₄ 2^e GES de l'agriculture (40%)

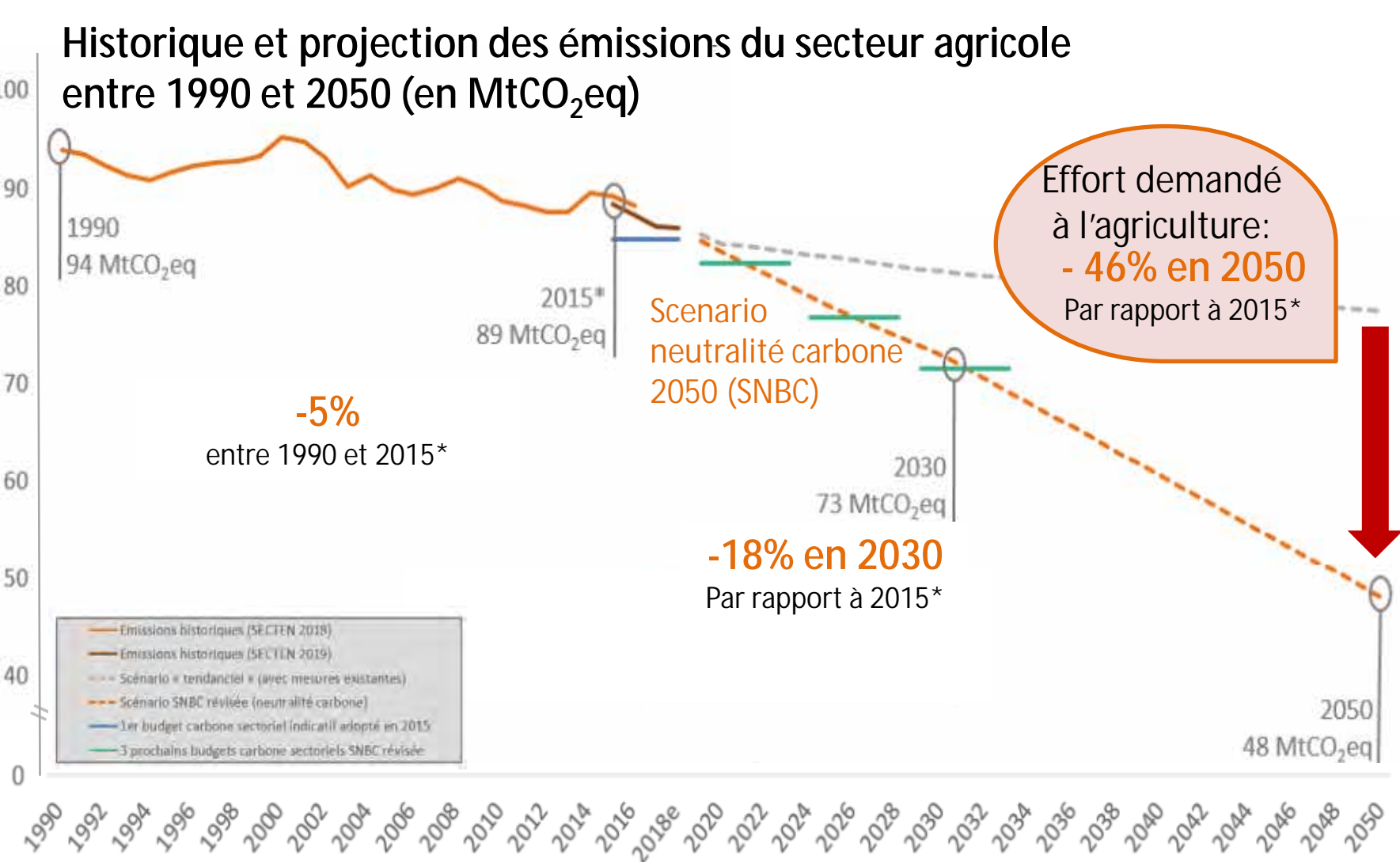
Origine :
Fermentation entérique
Gestion des effluents

1g CH₄ = 28g CO₂

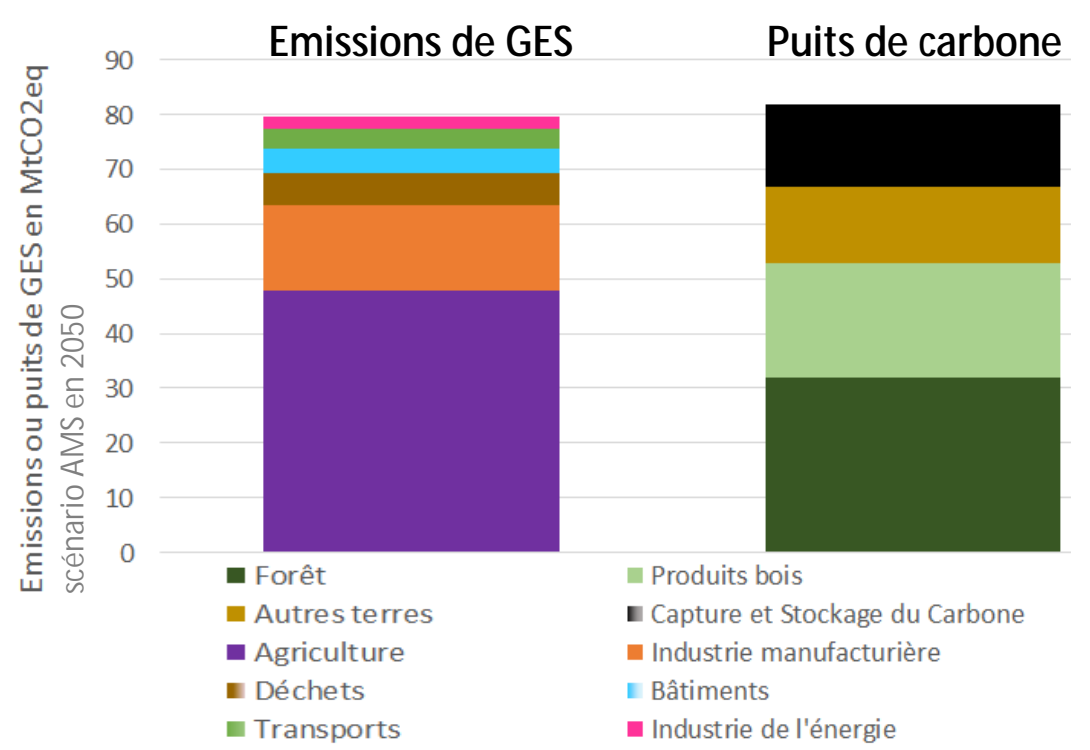
CO₂ 3^e GES de l'agriculture (10%)

Origine :
combustion énergies fossiles
déforestation importée

Emissions agricoles :
- majoritairement d'origine **non énergétique**
- contrôlées par des **processus biologiques**



Neutralité carbone 2050: la quantité de GES émise est égale à la quantité absorbée par les puits de carbone

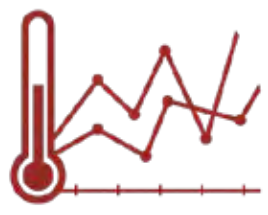


Agriculture émettrice ET puits de carbone!

*Les émissions utilisées pour l'année 2015 sont celles de l'inventaire CITEPA SECTEN 2018

NB Objectifs de réduction des émissions 2050 par rapport à 2015 des autres secteurs:
Industrie : -81% Transport: -97% Bâtiments: -95%

Colza et changement climatique : des challenges possibles à relever



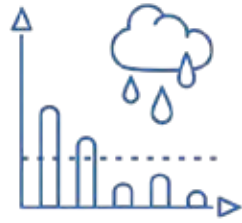
Augmentation des températures



Augmentation des aléas et épisodes extrêmes



Moins d'eau au semis



Augmentation du CO₂



Principaux impacts sur le colza

Températures automnales plus douces favorisant une croissance continue

Interaction du rendement avec rayonnement au printemps

Risque de gel réduit

Fortes capacités de compensation

Bonne capacité d'enracinement pour capter l'eau en profondeur



Terres Inovia : N. Harel

Difficulté d'implantation liée à la sécheresse : levée absente, irrégulière ou tardive

Hausse des températures favorisant les ravageurs (notamment en automne)

Difficulté de remplissage des grains en raison des stress thermiques (sénescence précoce)

Anoxie racinaire favorisée par les épisodes très pluvieux

S'adapter pour assurer un colza « robuste »



Soigner l'implantation pour favoriser une levée précoce, des pieds vigoureux, enracinement profond

Associer le colza à une légumineuse gélive

Envisager une irrigation au semis pour assurer la réussite de la levée

Améliorer la génétique pour une meilleure résistance au stress hydrique de printemps

Robustesse



Evitement

Utiliser un outil de prévision des pluies d'août pour piloter le semis

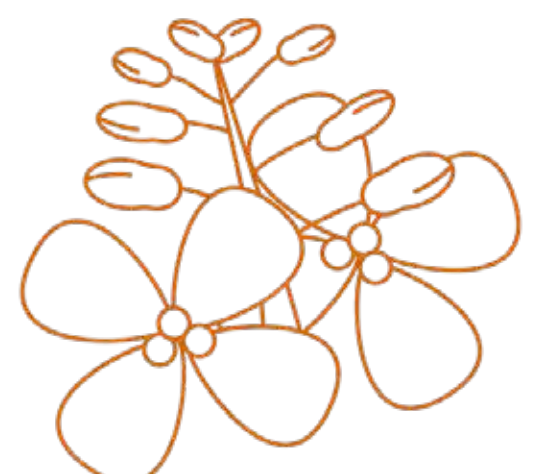
Choisir une variété à reprise précoce

Capacités d'adaptation



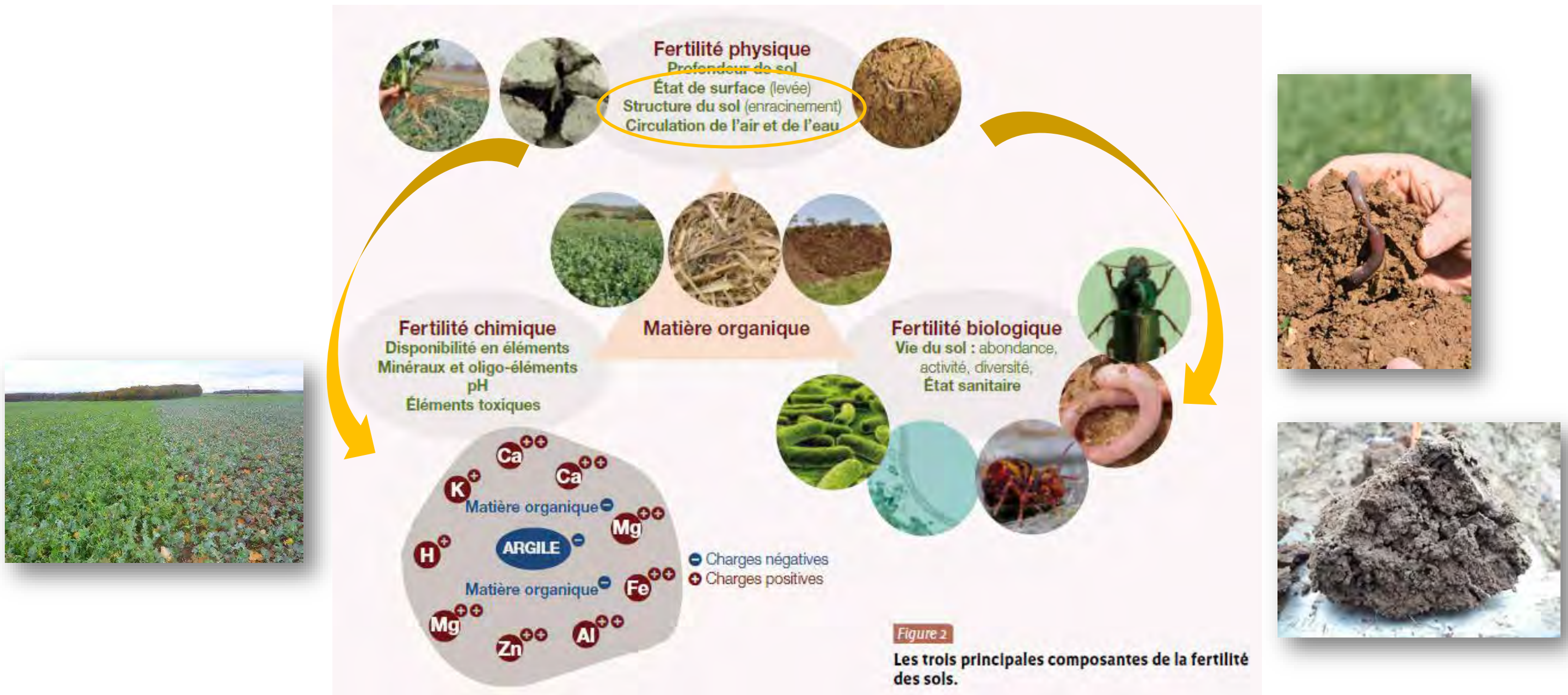
Impacts

Vulnérabilité

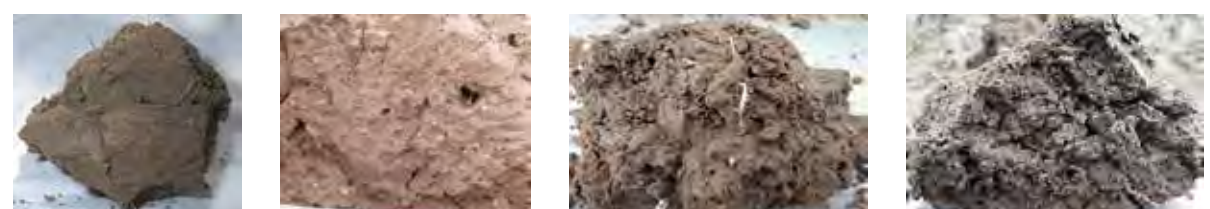


Travail du sol : observer et agir à l'échelle de la rotation

Structure du sol : une des composantes de la fertilité du sol



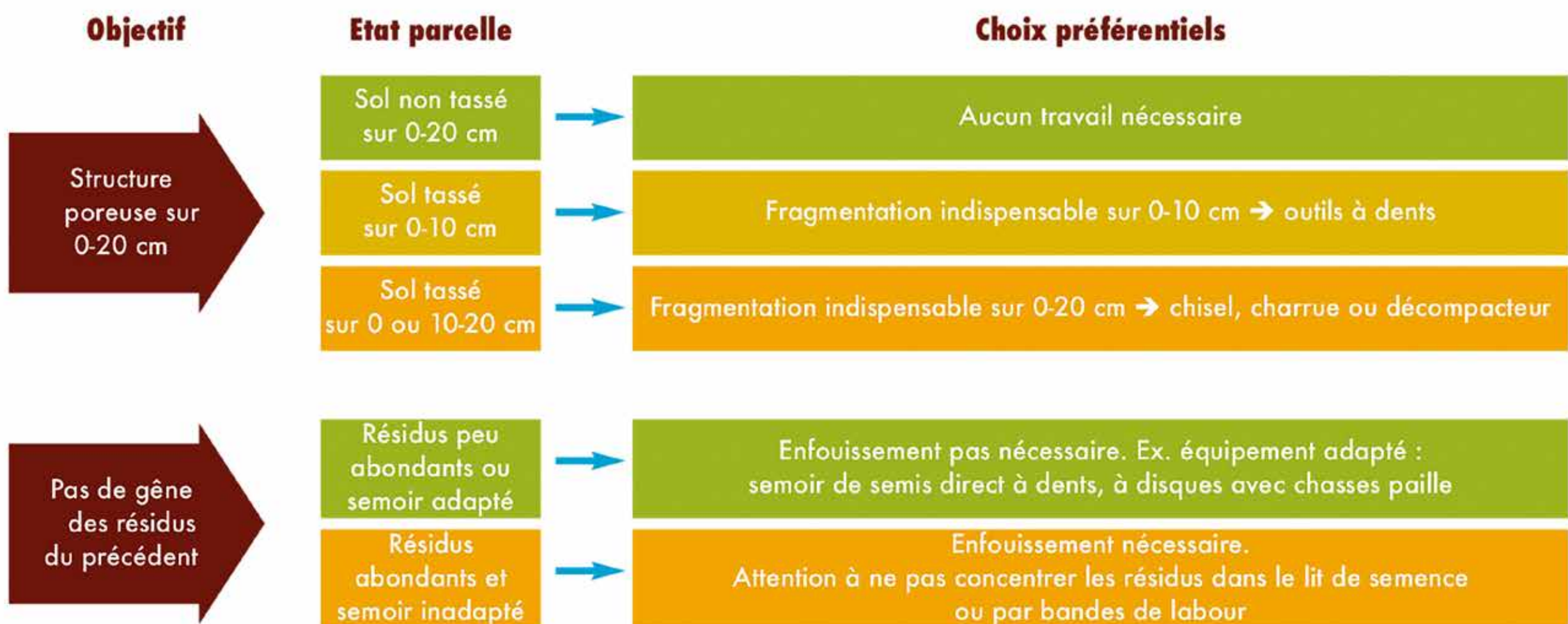
Objectifs de l'observation : diagnostiquer, évaluer, décider



Travail du sol : de l'observation à la prise de décision

Adapter le travail du sol aux observations et aux objectifs :

		Etat interne des mottes		
		Poreux (Gamma Γ)	Fissuré (Phy Φ , lamellaire P)	Tassé (Delta Δ)
Etat général du bloc prélevé	Ouvert (terre fine)	Non travail possible	Non travail possible	Peu probable
	Bloc (mottes décimétrique)	Non travail possible	Sur 10-20 cm uniquement Non travail possible	Sur 0-10 cm uniquement Travail du sol préférable sur 0-10 cm
			Sur 0-10 cm Travail du sol préférable sur 0-10 cm	Sur 0-20 cm ou 10-20 cm Travail du sol préférable sur 0-20 cm
Continu (monobloc)	Situations rares de sol non travaillé depuis de nombreuses années fortement rattachés mais non tassés	Sur 0-10 cm uniquement Travail du sol préférable sur 0-10 cm Sur 0-20 cm ou 10-20 cm Travail du sol préférable sur 0-20 cm	Sur 0-10 cm uniquement Travail du sol nécessaire sur 0-10 cm Sur 0-20 cm ou 10-20 cm Travail du sol nécessaire sur 0-20 cm	



En sol argileux (>22-25 % argiles)

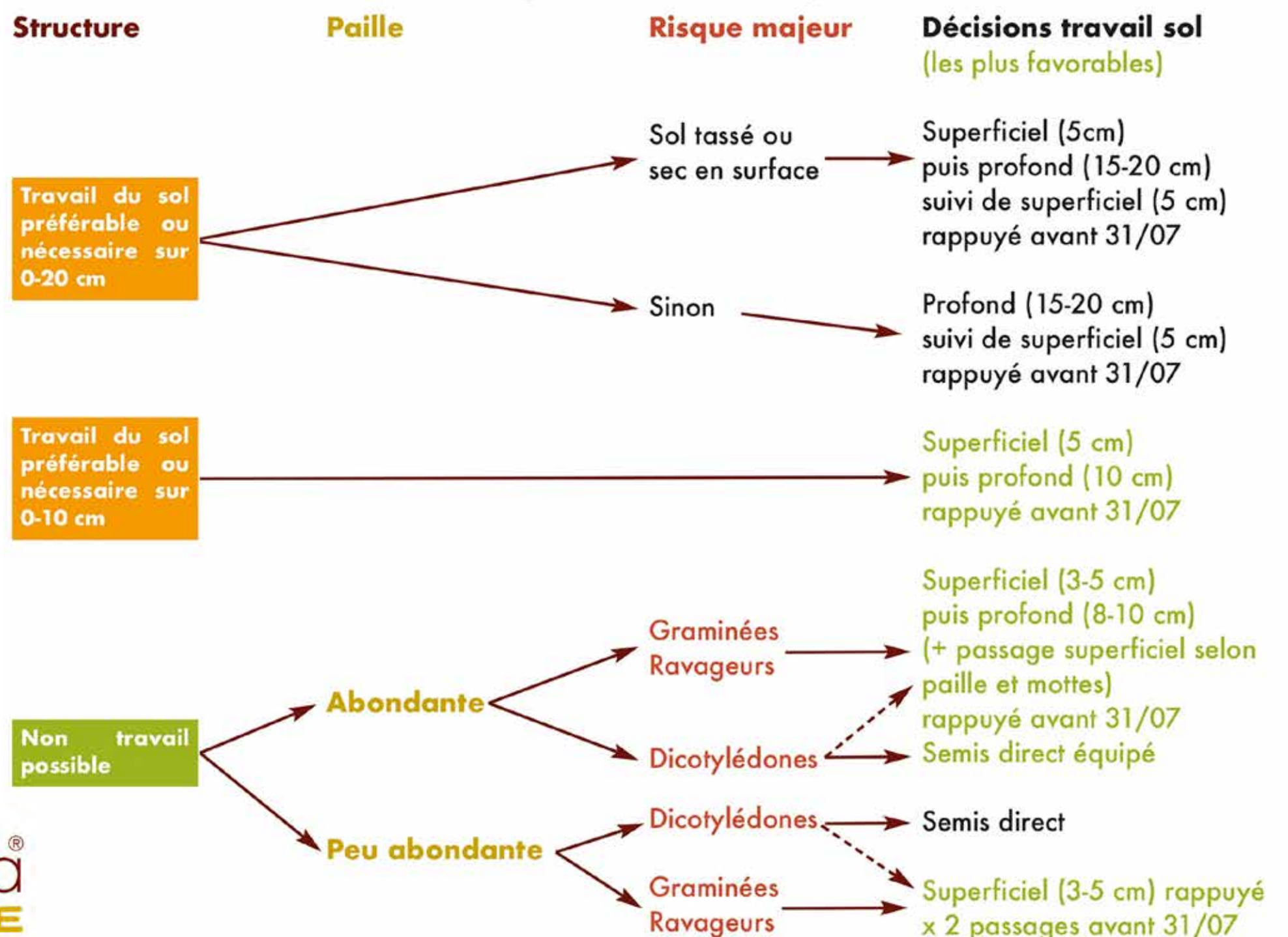


Tableau de bord général « colza robuste »



Colza robuste et performant
Appréciation agriculteur
non partiel oui

Plantes saines à floraison
Plante saines (%)
60 80

Levée précoce
Date de levée
31/08 05/09

Pieds vigoureux
Biom. EH (g/plante)
40 60

Croissance dynamique et continue à l'automne
Biom. EH (kg/m²)
1,0 1,5

Reprise dynamique sortie hiver
Appréciation visuelle
non partiel oui

Nutrition optimale
Appréciation visuelle
non partiel oui

Peuplement maîtrisé
Peuplement levé (plante/m²)
35 50

Pivot bien développé
Longueur pivot EH (cm)
10 15

Pratiques-clés :
- Semis précoce
- Travail du sol optimisé (éviter l'assèchement, la gêne des résidus, obtenir une structure du lit de semence favorable.

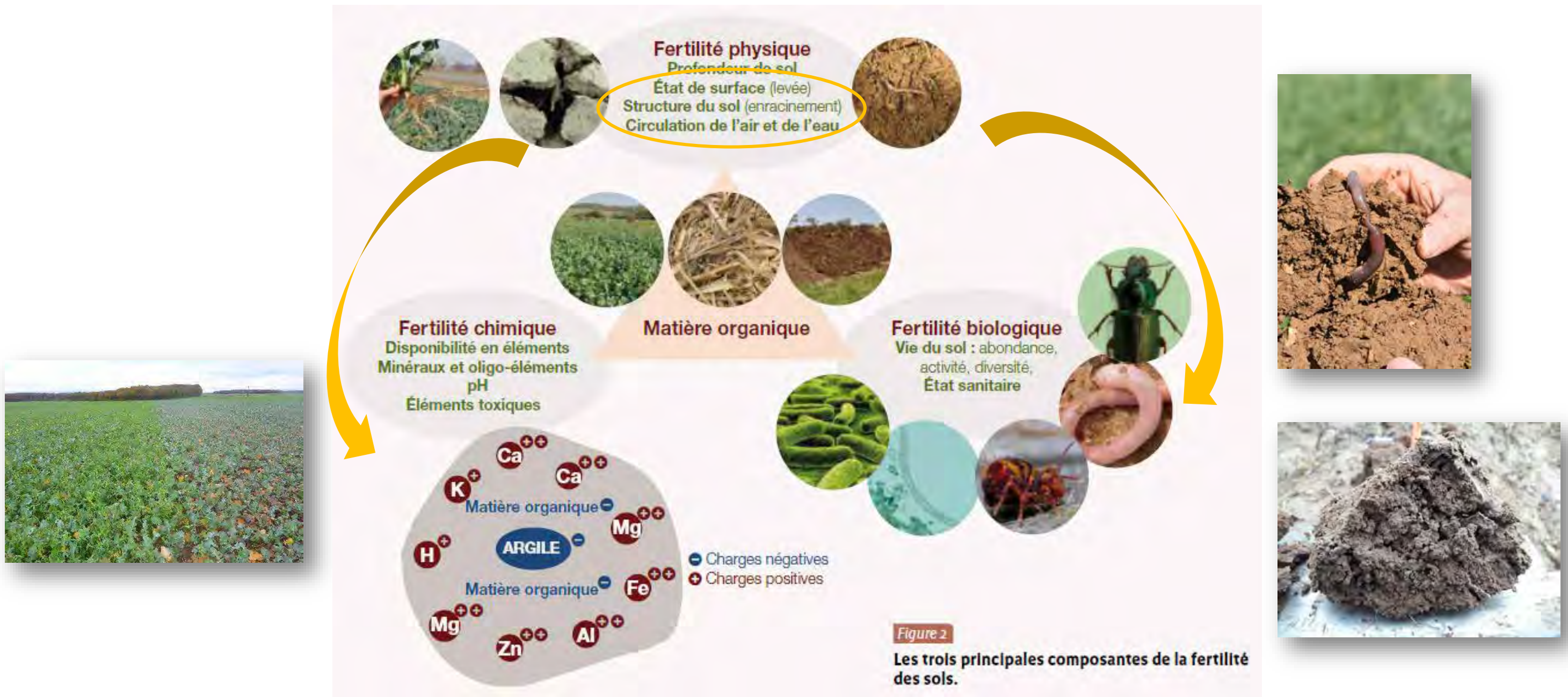
Pratiques-clés :
- Maîtrise de la densité de semis

Pratiques-clés :
- En amont : éviter les tassements.
- Dans l'interculture avant colza : restructurer le sol si tassement avéré.

Pratiques-clés :
Sauf en sols à forte minéralisation :
- Précédent légumineuse
- ou fertilisation minérale ou organique au semis
- et association avec des légumineuses gélives.

Travail du sol : observer et agir à l'échelle de la rotation

Structure du sol : une des composantes de la fertilité du sol



Objectifs de l'observation : diagnostiquer, évaluer, décider



1- Prélever un bloc



2- Observer l'état général du bloc



3- Observer l'état interne des mottes



Etat général Ouvert (O)



Etat général Bloc (B)



Etat général Continu (C)



Etat interne mottes Poreux (Γ)



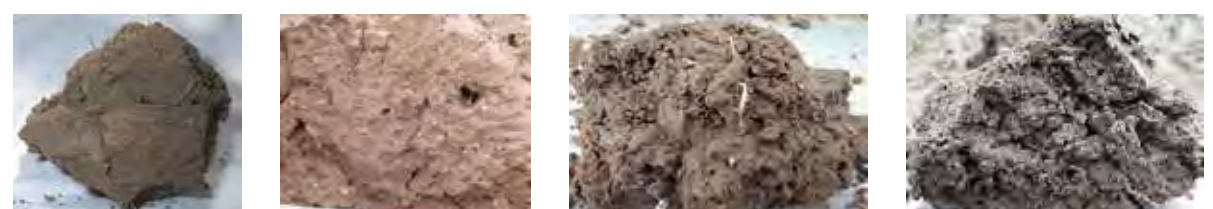
Etat interne mottes Poreux (Γ)



Etat interne mottes Tassé (Δ)

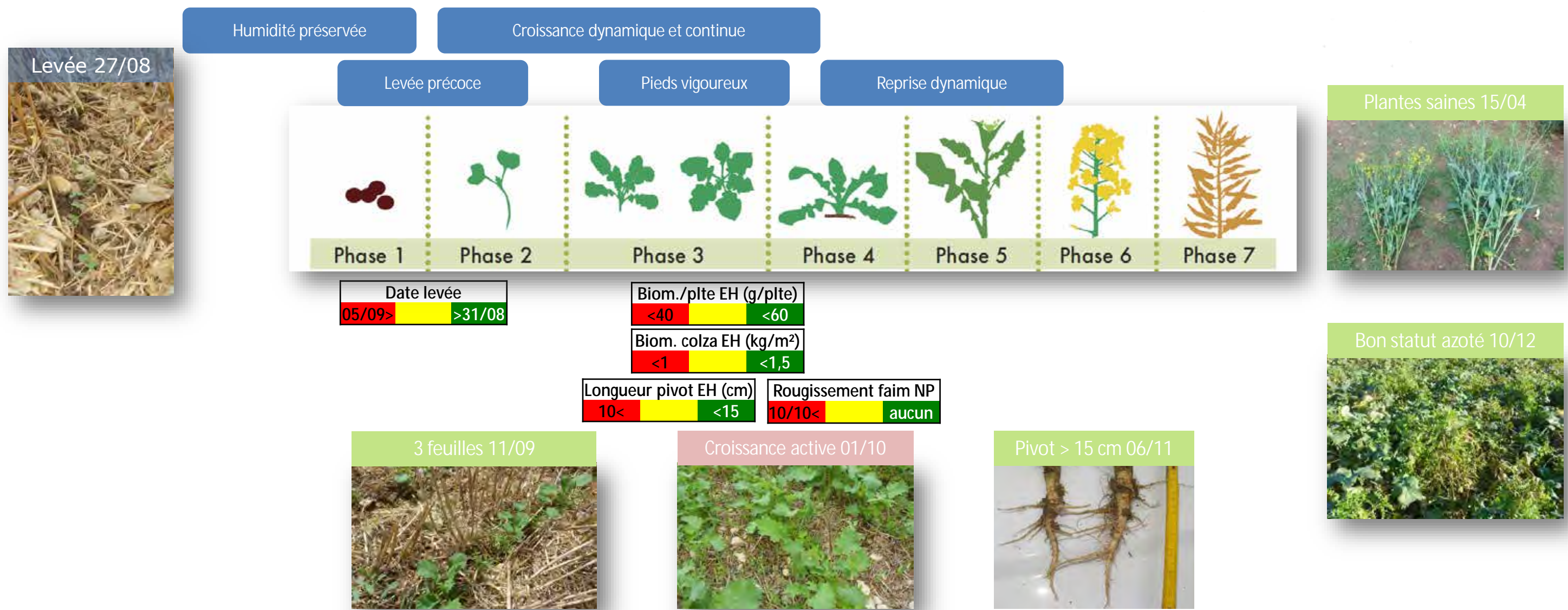
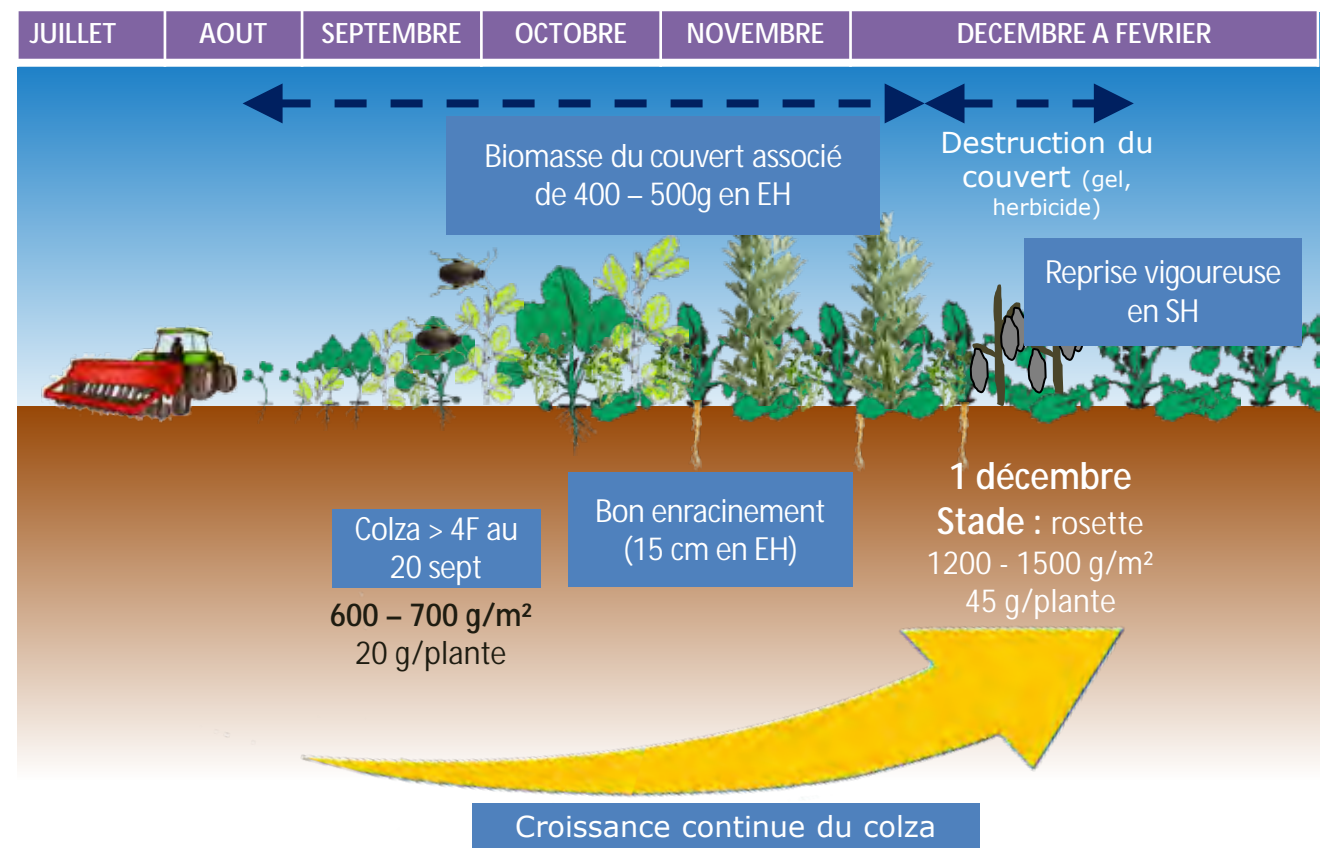
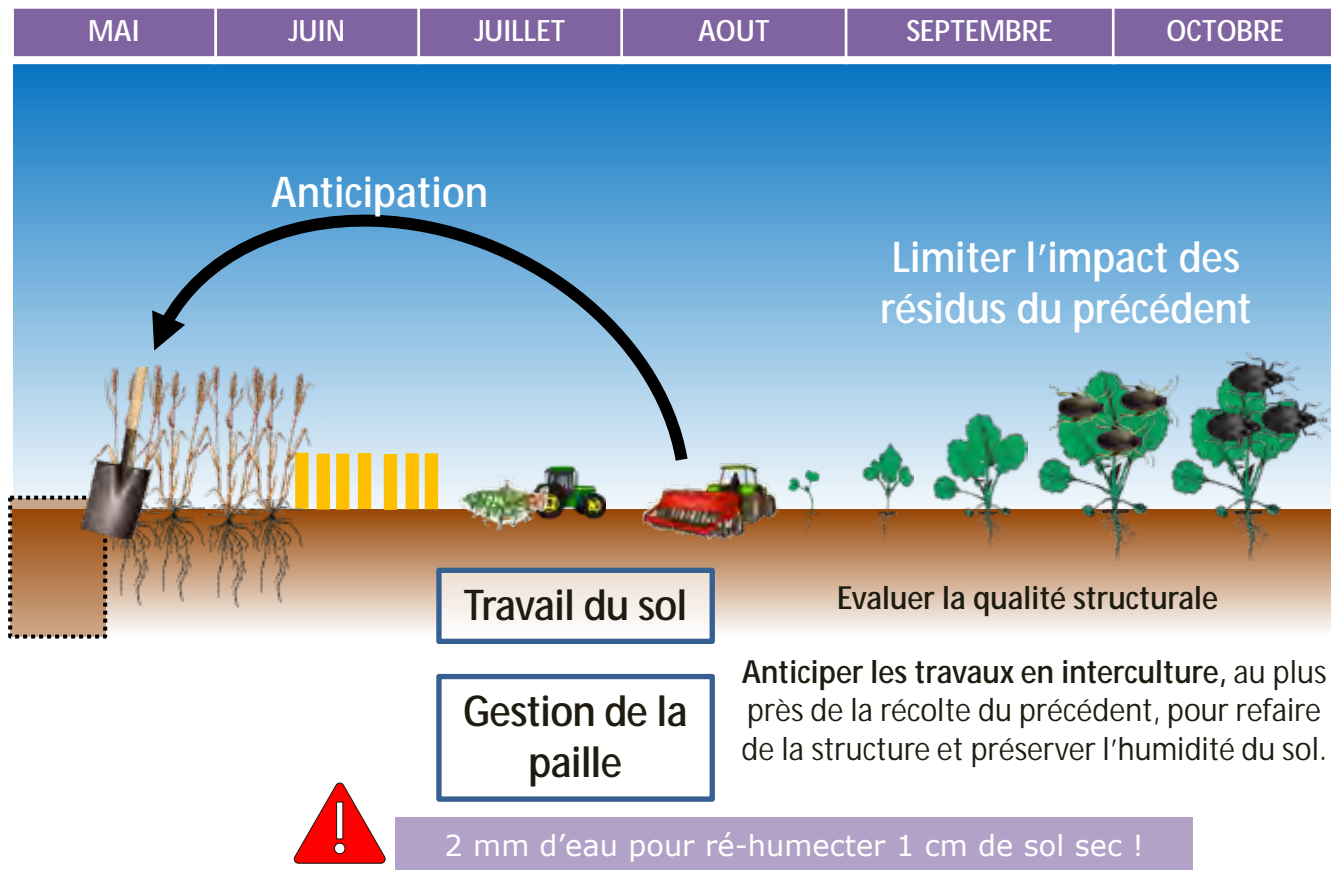


Etat interne mottes Fissuré (φ)



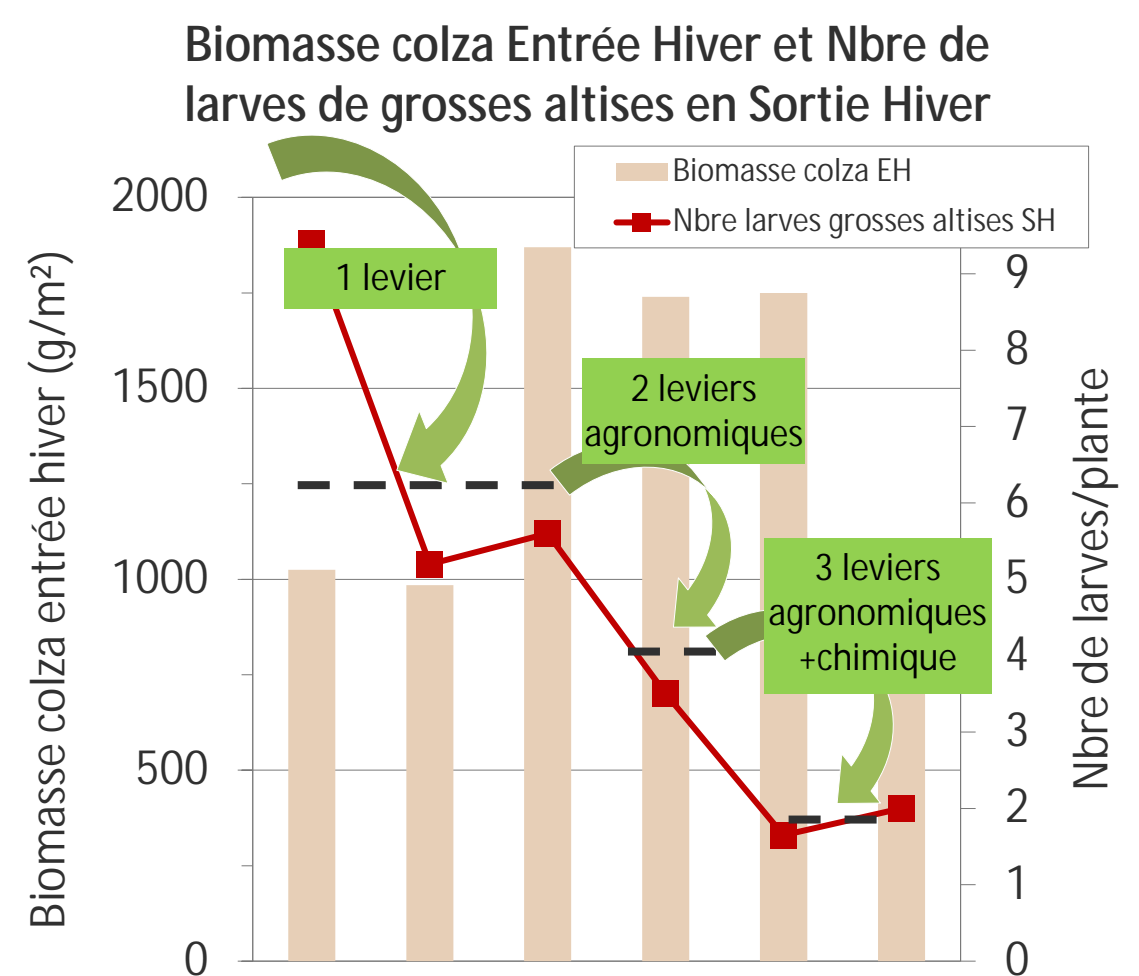
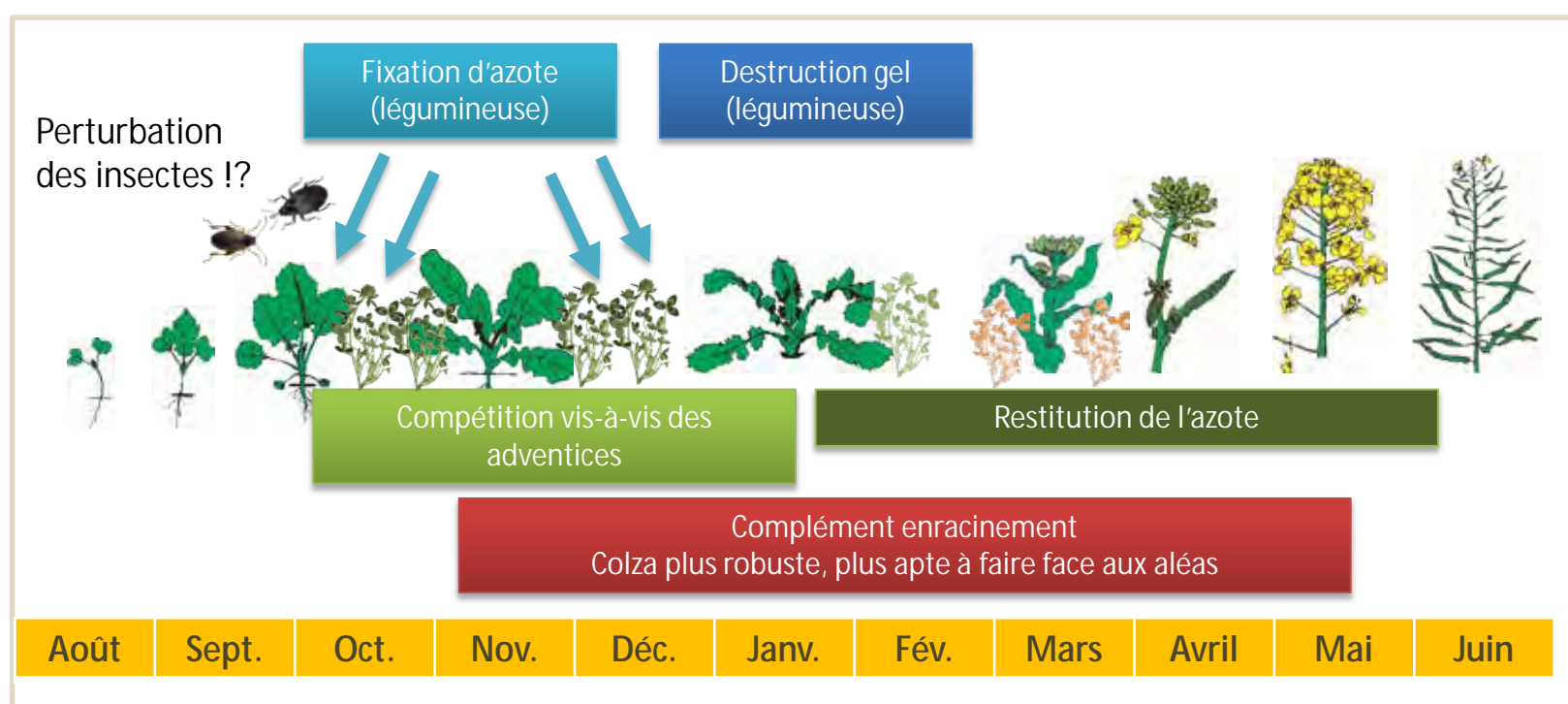
La combinaison des leviers pour un colza robuste

Les repères d'un colza robuste : anticiper et s'adapter



Colza associé : un levier supplémentaire

1. Contribuer à la **fertilité** des sols
2. Limiter les effets négatifs de l'**hydromorphie** et de la **battance**
3. Contribuer à **limiter les dégâts d'insectes**
4. Améliorer la **nutrition azotée** du colza
5. Augmenter la **concurrence** de la culture vis-à-vis des **adventices**



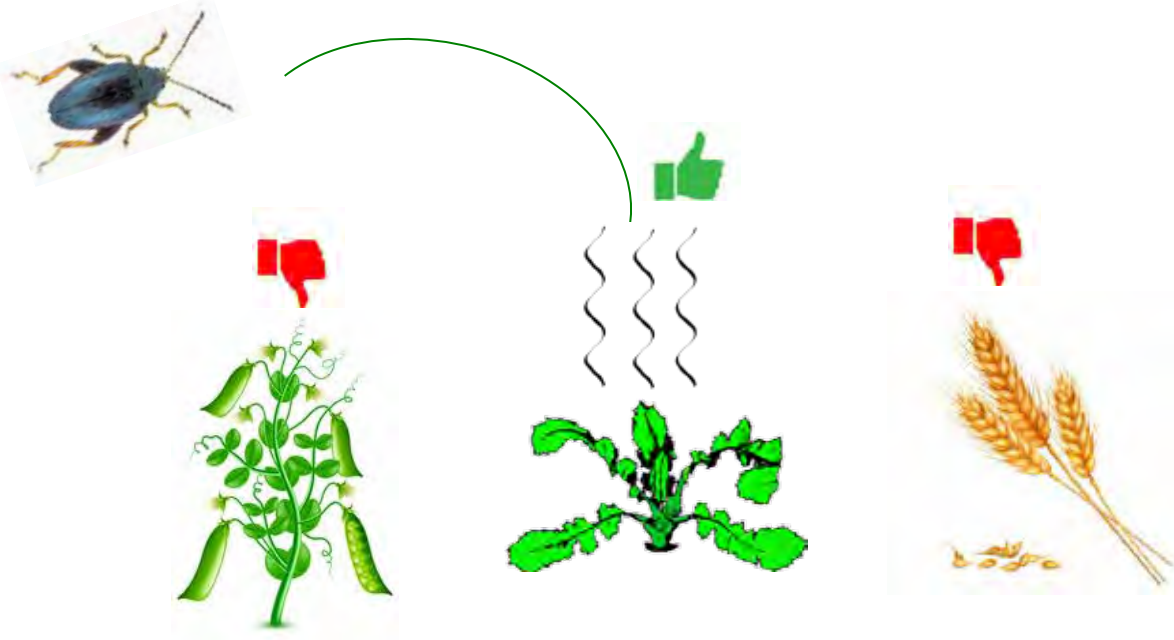
N+P au semis			oui	oui	oui	
Féverole associée		oui		oui	oui	
Insecticide					oui	oui

Modifier le comportement des altises d'hiver, une piste prometteuse pour réduire les dégâts sur colza

Les leviers agronomiques efficaces pour réduire les dégâts d'altises d'hiver (semis précoces, associations avec des légumineuses gélives...) sont mis à rude épreuve : les conditions sèches de la fin de l'été pénalisent l'implantation du colza, étape clé pour limiter la nuisibilité des insectes d'automne. Terres Inovia et les acteurs de la recherche et du développement recherchent et expérimentent de nouveaux leviers de gestion, de l'échelle de la parcelle à l'échelle du paysage.

Objectif : détourner les altises des colzas à protéger

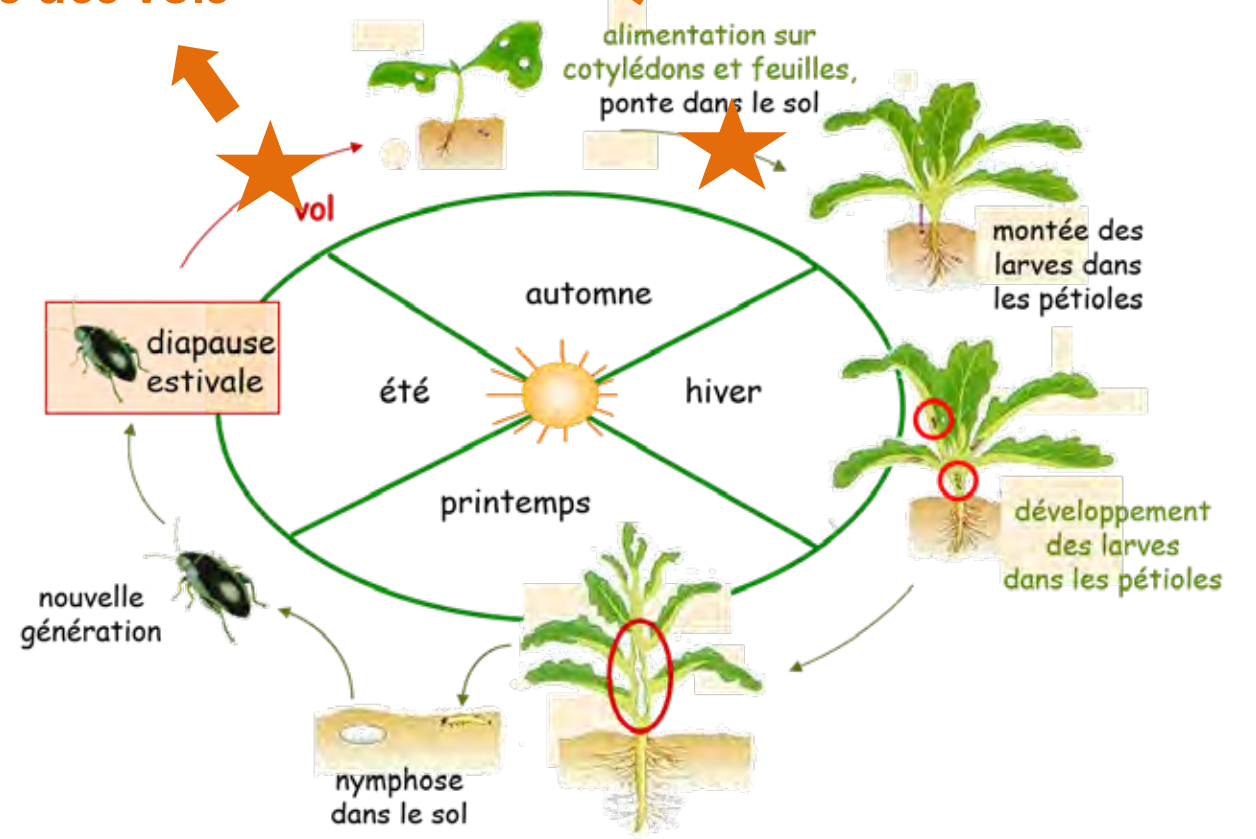
Les altises localisent leurs plantes hôtes grâce aux odeurs qu'elles émettent (Composés Organiques Volatils - COV).



Identification des COV en jeu dans le cadre du projet Ctrl-Alt.

Attraction (et piégeage) / répulsion longue distance lors des vols

Attraction (et piégeage) / répulsion courte distance dans les parcelles



Les stratégies testées jusqu'à aujourd'hui (projet ADAPTACOL²)

Echelle territoriale

Attraction/piégeage longue distance lors des vols

Planter des crucifères attractives dans les parcelles d'intercultures + destruction avant l'hiver.

Obj-> réduction des populations d'altises dans les colzas années N et N+1

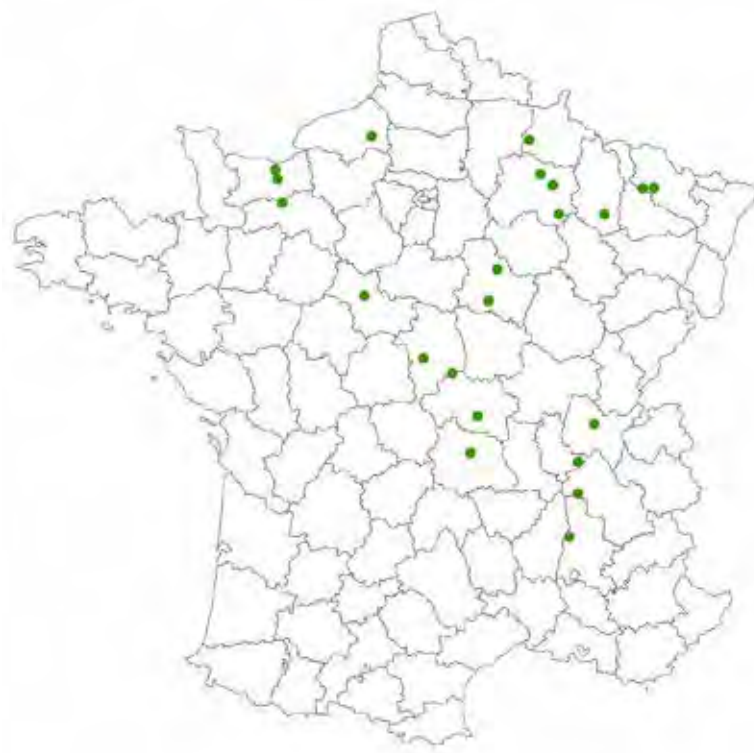
Depuis 2022, R2D2, un territoire pilote.

Action concertée entre agriculteurs à l'échelle d'un territoire de 1300 ha



Intercultures nièpes Colza N Colza N-1

En 2023, test de couples colza/intercultures (radis chinois) sur une 30aines de sites partenaires

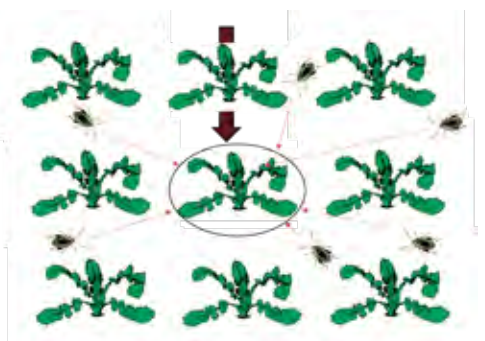


Echelle parcelle

Attraction courte distance dans la parcelle

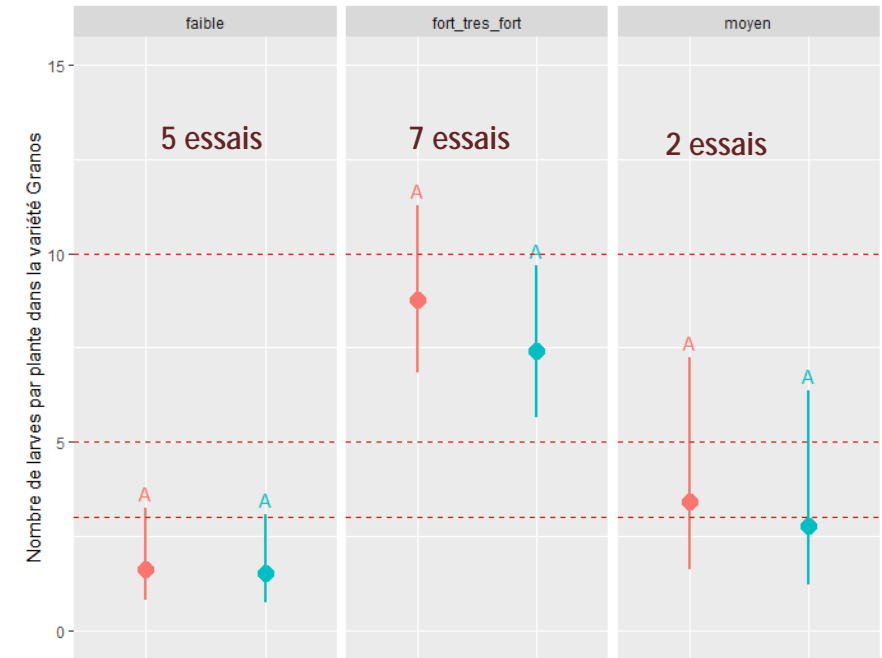
Associer les plantes de colza à protéger avec des plantes plus attractives

Obj-> réduction du nombre de larves dans les colzas



En 2022 et 2023, test de mélanges variétaux avec une variété dite « piège à insecte ».

Moyennes ajustées du nb de larves lorsque Granos est seule ou en mélange



Monoculture Mélange Monoculture Mélange Monoculture Mélange

Pas de différences significatives.

Effet attractif de la variété dite « piège à insectes » non démontré.

Les stratégies de demain

- Associer plantes de services et COV à l'échelle de la parcelle et du territoire (projet Ctrl-Alt)
- Associer ces stratégies en compléments de l'ensemble des leviers de la protection intégrée.

ADAPTACOL² :



Ctrl-Alt :



INRAE



Financeurs :



Un nouvel outil pour choisir ses variétés

Trouvez les variétés adaptées à votre contexte de production

1. Choisissez la culture et votre département

Consulter Choisir

Je choisis une variété en fonction de mes besoins

Colza d'hiver 91 - Essonne Choisir

2. Affinez selon votre situation et vos besoins

Modifiez vos informations

Nos ingénieurs ont sélectionné pour vous les risques les plus fréquents de votre département. Vous pouvez les modifier si nécessaire pour vous rapprocher davantage de la situation de vos parcelles.

Recherche de vigueur au départ

Nulle Faible Moyenne Forte

Risque Phoma Non concerné Faible Moyen Fort

Risque Elongation Non concerné Faible Moyen Fort

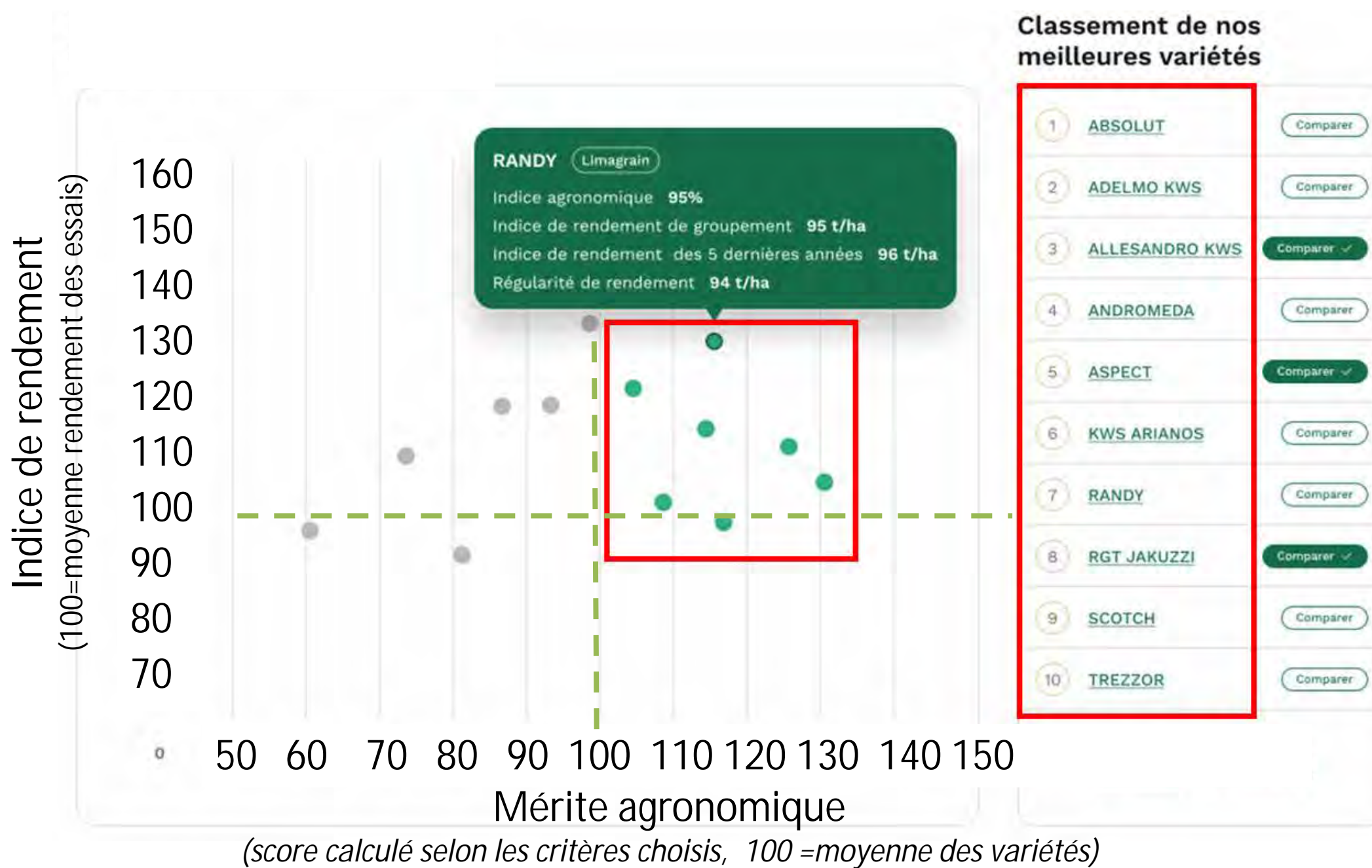
Risque Cylindrosporiose Non concerné Faible Moyen Fort

Risque Verse Non concerné Faible Moyen Fort

Risque TuYV (virus transmis par les pucerons verts) Non Oui

← Retour Valider

3. Visualisez les variétés les plus adaptées aux critères sélectionnés



(score calculé selon les critères choisis, 100 = moyenne des variétés)

4. Filtrez selon d'autres critères

Variété	Mérite agronomique	Indice de rendement (%/moy)	Précocité maturité	Résistance partielle au TuYV	Sensibilité phoma	Sensibilité cylindrosporiose	Comportement orobanche rameuse	Sensibilité verse	Sensibilité à l'élongation automnale
ALLESANDRO KWS	☆☆☆☆	☆☆☆☆	mi-tardive	oui	PS	AS	M	TPS	forte
ACROPOLE	☆☆☆☆	☆☆☆☆	mi-précoce	oui	S/PS*	PS	S	PS	moyenne
LG AUSTIN	☆☆☆☆	☆☆☆☆	mi-précoce	oui	PS/TPS*	TPS	S	AS/PS	moyenne
LG AVIRON	☆☆☆☆	☆☆☆☆	mi-précoce	oui	TPS	TPS	S/M*	AS	moyenne
CADRAN	☆☆☆☆	☆☆☆☆	mi-précoce	oui	TPS	AS	B	TPS	forte
HELLEKIS	☆☆☆☆	☆☆☆☆	mi-précoce	oui	TPS	PS	B*	PS	moyenne
HELYPSE	☆☆	☆☆	mi-tardive	-	TPS	PS	-	PS	moyenne

5. Choisissez / comparez vos variétés

Comparateur de variété - Colza d'hiver

Les résultats de productivité détaillés sont disponibles dans les fiches variétés.

Type variétal	HELLESANDRO KWS	LG AUSTIN
Année inscription	2018	2018
Pays inscription	France	France
Représentant France	KWS Atlas France	LG Semences
Indice de rendement (%/moy)	☆☆☆	☆☆☆
Sensibilité phoma	TPS	TPS
Sensibilité cylindrosporiose	PS	TPS
Sensibilité verse	TPS	AS
Sensibilité à l'élongation automnale	forte	moyenne
Vigueur départ (Strés élevée)	7	7,5
Vigueur automnale (Strés élevée)	6,5	7
Richesse huile	☆☆☆	☆☆
Richesse glucosinolates	☆☆	☆☆☆☆

Changement climatique et pression montante des ravageurs : nouvelle donne pour le colza

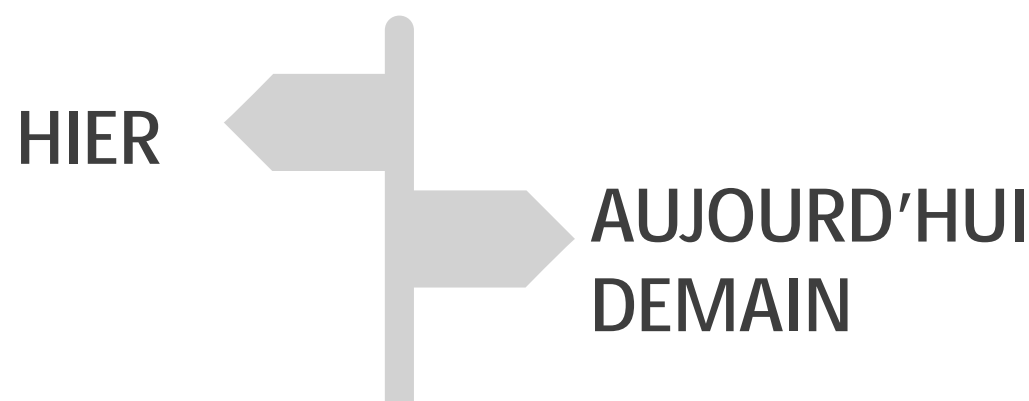


- ⊗ Changement climatique... sécheresse estivale, à-coups climatiques
- ⊗ Pression montante des ravageurs d'automne altises et charançons favorisée par les automnes et hivers doux
- ⊗ Palette restreinte d'insecticides efficaces, résistances
- ✅ Augmentation des T°C booste la croissance et accélère le rythme de développement du colza



La lutte repose sur la combinaison de leviers agronomiques pour limiter le recours aux insecticides disponibles efficaces

UN PROBLÈME = UNE SOLUTION
= UN SEUIL DE TRAITEMENT SELON
PRÉSENCE RAVAGEUR ET STADE COLZA



UN OU PLUSIEURS PROBLÈMES =
ANALYSE DE RISQUE MULTIFACTORIELLE :
CULTURE (STADE, DYNAMIQUE
CROISSANCE) X RAVAGEURS. OAD

Pour accompagner les agriculteurs, des OAD simples et gratuits intègrent l'expertise et règles de décision de Terres Inovia



Quand l'utiliser ? En septembre

Pour estimer le risque lié aux prélèvements foliaires par les altises des crucifères et altises d'hiver adultes



Quand ? En octobre

Complète les infos issues d'un réseau de pièges
Tient compte d'un risque agronomique, des captures en cuvettes et de la pression historique de la parcelle



Quand ? A partir de novembre

Tient compte du risque agronomique et du niveau d'infestation larvaire (Test Berlese nécessaire)

Evaluation risque agronomique :

- Biomasse colza à l'automne
- Dynamique croissance automnale
- Conditions hivernales et date de reprise au printemps

+

Risque Insectes :

- Pression larves d'altises hiver
- Risque historique ch. bourgeon terminal

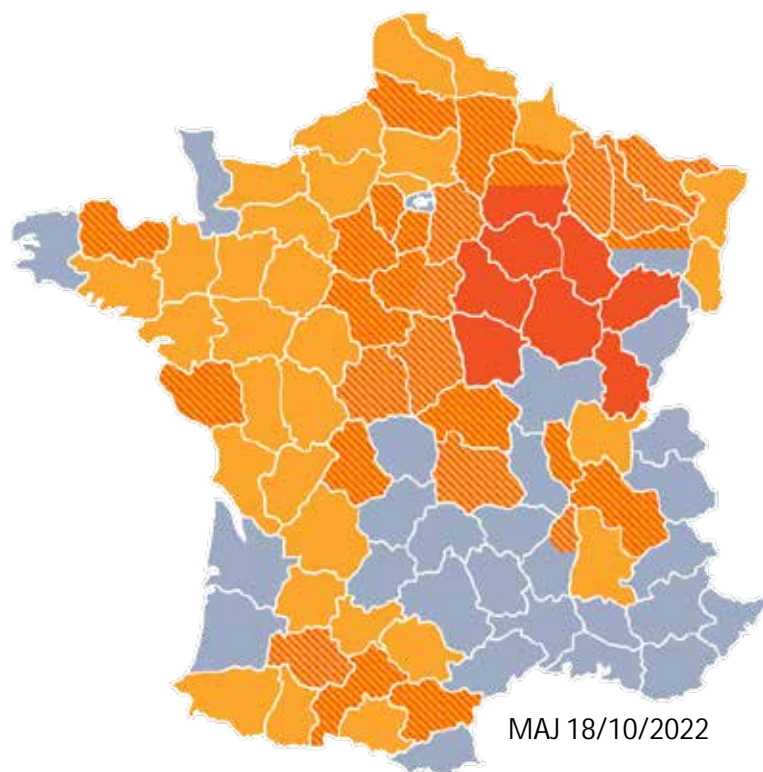
=

Estimation d'un risque de nuisibilité des larves d'insectes à la parcelle

L'estimation du risque global est associée à une recommandation : intervention conseillée ou non, type d'insecticide à privilégier en fonction du contexte de résistance aux insecticides

Tenir compte des résistances aux pyréthrinoides

Altise d'hiver adulte : lutte uniquement si la survie de la culture est en jeu avant 4 feuilles



MAJ 18/10/2022

- **Haut niveau de résistance (SKDR généralisée)**
Pyréthrinoides totalement inefficaces
Pas d'alternative. La gestion passe par un semis et une levée précoce
- **Premier cas de mutation SKDR détecté**
Pyréthrinoides encore efficaces **MAIS** risque de progression de la résistance forte
- **Absence de mutation SKDR mais résistances faibles (mutation KDR)**
Altises encore sensibles aux pyréthrinoides



En l'absence de Skdr :

- Pyréthrinoides de type Karaté Zéon, Decis Protech et cyperméthrine sont d'une efficacité proche (50-60 %), à T+7jrs
- Trebon 30EC (étofenprox) comparable à T+4 jrs mais inférieur à T+7jrs.
- Mandarin Gold (esfenvalérate) en retrait

« Biocontrôle » ?

Tests de purin ortie*, huile de paraffine*, azadirachtine* ou bore* sans efficacité notable

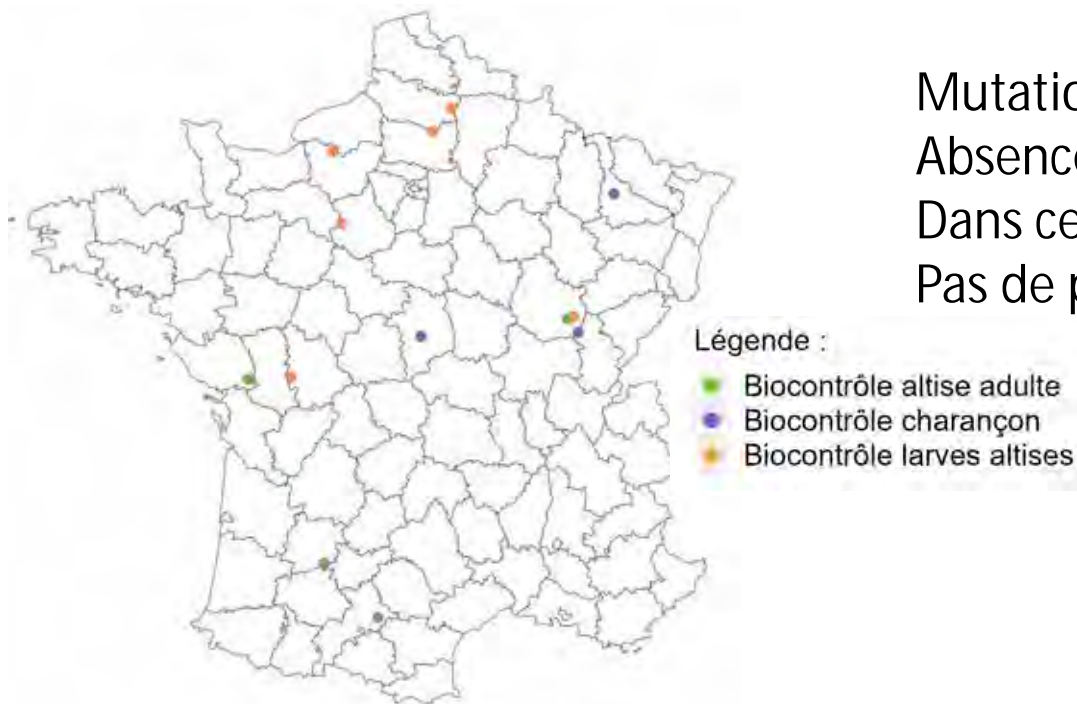
(* non autorisé pour cet usage)

De nouvelles solutions en cours d'évaluation

La lutte contre le charançon vise les adultes avant les pontes

Plan de sortie du phosmet - Dispositifs 2023

Panorama national des essais biocontrôle suivis par Terres Inovia



Légende :
● Biocontrôle altise adulte
● Biocontrôle charançon
● Biocontrôle larves altises

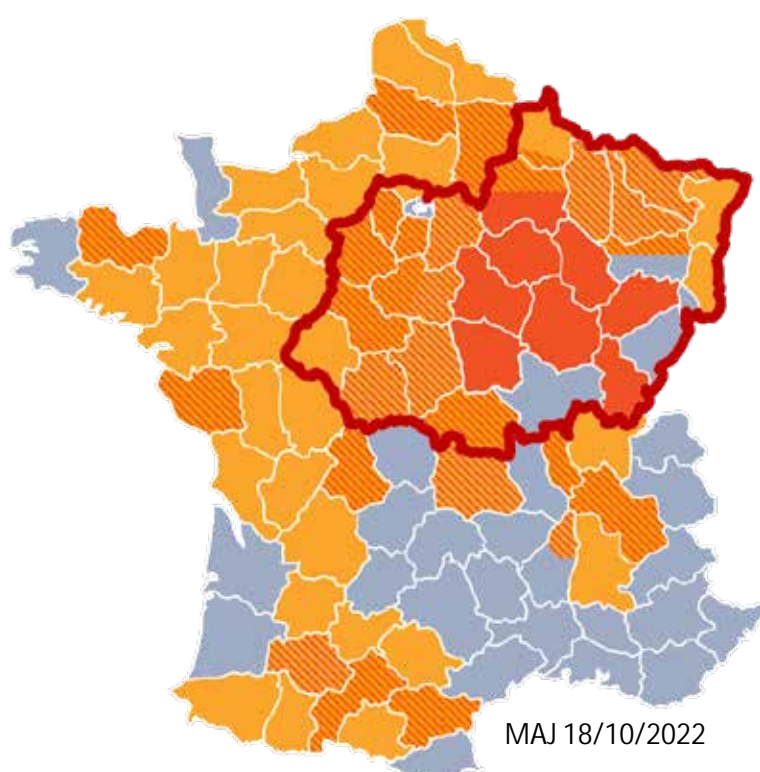
Mutations KDR bien installées sur le Centre et une partie du Nord Est et de l'Île de France. Absence de mutation SKDR.

Dans ces situations, résistances métaboliques observées en laboratoire. Pas de possibilité de faire un lien avec efficacité au champ.

- Pyréthrinoides de type Decis Protech, Karaté Zéon et cyperméthrine comparables et efficaces
- Trebon 30EC (étofenprox) est un cran en dessous
- Absence de références pour Mandarin Gold (esfenvalérate)



Larves d'altise d'hiver



MAJ 18/10/2022

- **AMM dérogatoire Minecto Gold du 15/10/2022 au 12/02/2023**
- **Haut niveau de résistance (SKDR généralisée)**
Utiliser MINECTO Gold de novembre à décembre à partir du stade 6 feuilles
- **Premier cas de mutation SKDR détecté**
Pyréthrinoides encore efficaces **MAIS** risque de progression de la résistance forte. Utiliser de préférence MINECTO Gold de nov. à déc.
- **Risque moindre de progression de la résistance Skdr.** Utiliser de préférence un produit à base de lambda-cyhalothrine
- **Absence de mutation SKDR mais résistances faibles (mutation KDR)**
Utiliser de préférence un produit à base de lambda-cyhalothrine



Les conseils insecticides tiennent compte de l'état des résistances aux pyréthrinoides, de l'AMM dérogatoire MINECTO Gold et des enjeux liés à la pression de sélection. Demande de dérogation pour 2023/24

Perspectives



- de 2022 à 2025
- 2,5 M€ de financements publics
- Identifier et déployer des stratégies opérationnelles
- 8 projets portés par partenaires de la recherche et du développement



Connaissances ravageurs et auxiliaires
Adaptacol², AltisOR, LEGO



Stratégies à l'échelle de la plante :
 • Biocontrôle : VELCO-A, Colzactise, Certis
 • Génétique : RESALT



Leviers à l'échelle des parcelles/paysage
Ctrl-Alt, Adaptacol²

Gestion des graminées en colza : s'adapter aux multiples enjeux

Les difficultés de levée du colza et de maîtrise des graminées militent pour une approche préventive des risques de salissement et pour un usage responsable des herbicides efficaces

Maintenir une propreté des parcelles sur le long terme



- Labour, faux -semis, semis sur sol propre...
- Diversité des cultures, optimisation des moyens de lutte
- Réussite du désherbage, chimique ou mécanique
- Nettoyage des machines et outils, utilisation de semences propres, destruction des couverts avant grenaison

Mieux contrôler en post-levée, grâce aux herbicides de prélevée

Au moment du traitement, un sol humide optimise l'efficacité racinaire

Vulpins

Napropamide 900 g (2 l/ha) en présemis *
Métazachlore 750 g
Springbok 2 l Métazachlore 500 g + Napropamide 500-600 g
Métazachlore 500-600 g Napropamide 900 à 1250 g prélevée * Métazachlore 500 g + dimétachlore 300-500 g
Dimétachlore 600-650 g + napropamide 550-650 g *
Dmta-P 400 g + péthoxamide 720 g *
Dimétachlore 750 g Péthoxamide 900 g



Ray-grass

Napropamide 900 g (2 l/ha) en présemis *
Métazachlore 750 g Springbok 2 l
Métazachlore 600 g Métazachlore 500 g + Napropamide 500-600 g Métazachlore 500 g + dimétachlore 300-500 g Dimétachlore 600-650 g + napropamide 550-650 g * Dmta-P 400 g + péthoxamide 720 g * Dimétachlore 750 g * Péthoxamide 900 g *
Métazachlore 500 g Springbok 1.5 l
Napropamide 1200 g prélevée *
Napropamide 750 à 900 g prélevée *

Métazachlore, dmta-P Quid de la post-levée « précoce »

- OK si et seulement si sol très sec au moment du semis puis retour de conditions humides
- Être opportuniste et réactif (dès le retour de pluie de septembre)
- Efficacité reste souvent bonne sur vulpin
- Efficacité plus incertaine voire nulle sur ray-grass !

* programmes sans métazachlore

Utiliser les solutions à bon escient, pour préserver leur durabilité

Chloroacétamides, dimes, propyzamide :
A réserver aux cas de stricte nécessité,
Respecter les bonnes pratiques

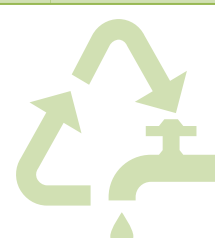


Fortes pressions graminées :
Miser sur la complémentarité des solutions existantes

Tenir compte de l'impact environnemental des produits racinaires

METAZACHLORE

Une appli maxi de 500 g/ha tous les 3 ans
ou 750 g/ha tous les 4 ans
Interdit sur parcelle avec bétail référencée



PROPYZAMIDE

Une appli maxi de 750 g/ha
par campagne de colza
Pas de double application !

- Limiter tassements de sol et ne pas traiter sur sol saturé, prudence en sols hydromorphes
- Dans les contextes filtrants, types karstiques, limiter au maximum les risques dans les points d'infiltration préférentielle en adoptant des mesures agro-environnementales (ex : haies en rupture de pentes, zones enherbées, zones sans traitement)
- Dans les sols argileux présentant des fentes de retrait importantes, limiter l'usage ou effectuer un travail superficiel du sol

Changement climatique et gestion du risque maladies sur colza

Quelle influence du changement climatique sur l'incidence des maladies du colza ?

Différents paramètres entrent en jeu dans le déclenchement des maladies dont certains ne peuvent pas être prédits (ex : précipitations, humidité du sol et de l'air)

à Les éléments présentés ci-dessous (non exhaustifs) sont des indications sur des évolutions à court/moyen terme, à replacer dans le contexte local et annuel

Maladie	Evolution théorique du risque (court/moyen terme)
Cylindrosporiose	Peu d'évolution attendue/incertitude liée aux conditions H ₂ O : Elévation des T°C automnales favorise contaminations précoces. Mais pluviométrie et/ou HR élevée nécessaires pour progression (splashing). Sécheresse à floraison empêche le passage sur siliques.
Sclerotinia	Peu d'évolution attendue/incertitude liée aux conditions H ₂ O : Elévation T°C favorable à la germination des sclérotés et à la précocité de l'apparition des apothécies. Mais H ₂ O et présence du stade sensible du colza déterminantes dans la réussite de la contamination. Adéquation de ces facteurs ?
Mycosphaerella	Augmentation/incertitude liée aux conditions H ₂ O : Epidémiologie mal connue : hausse des T°C automnales/hivernales favoriseraient contaminations précoces mais H ₂ O semble déterminante dans la propagation de la contamination à printemps secs peu favorables ? Quid des contaminations tardives ?
Alternaria	Augmentation : Contamination favorisée par la hausse des T°C au printemps. H ₂ O déterminante pour contamination des plantes (épisodes orageux permettent progression de la maladie et dissémination)
Verticilliose	Augmentation : Contamination favorisée par hausse des T°C automnales et printanières. Expression les printemps chauds et secs.

Zoom sur la sclérotiniose : faut-il encore appliquer un fongicide à floraison face aux évolutions du climat ?



Attaque de sclérotinia sur tige de colza (Photo L JUNG)

POUR	CONTRE
<ul style="list-style-type: none"> • Un risque ponctuel de perte de rendement difficile à anticiper et impactant pour la filière (ex 2007) • Des efficacités très partielles des moyens de lutte alternatifs contre la sclérotiniose • Gestion concomitante des autres maladies (oidium, cylindro, myco) • Un coût d'intervention amorti dans la plupart des situations par un gain de rendement (≈1 q/ha) en l'absence de symptômes 	<ul style="list-style-type: none"> • Des attaques nuisibles moins fréquentes • De nouveaux leviers de lutte alternative à combiner : variétés tolérantes au <i>S. sclerotiorum</i> (ex : BRV 703 et BRV 712 de la société BREVANT et d'autres semenciers à l'avenir), biocontrôles

à Avec l'évolution du climat et des moyens de lutte, une réflexion sur la gestion globale des maladies du colza s'engage, en tenant compte des spécificités territoriales.

Tournesol et changement climatique : une culture qui s'adapte



Une culture tolérante aux évolutions climatiques

Besoins en eau modérés et bonne valorisation de l'eau (rendement maximum avec 75% des besoins)

Capacité à **réguler la surface foliaire** en fonction de la disponibilité en eau

Racines pivotantes profondes capables de puiser l'eau en profondeur

Plante en C3 bénéficiant de l'augmentation du taux de photosynthèse (+ de CO₂) : ↑ biomasse et ↑ rendement

Croissance rapide à températures relativement basses permettant des semis précoces

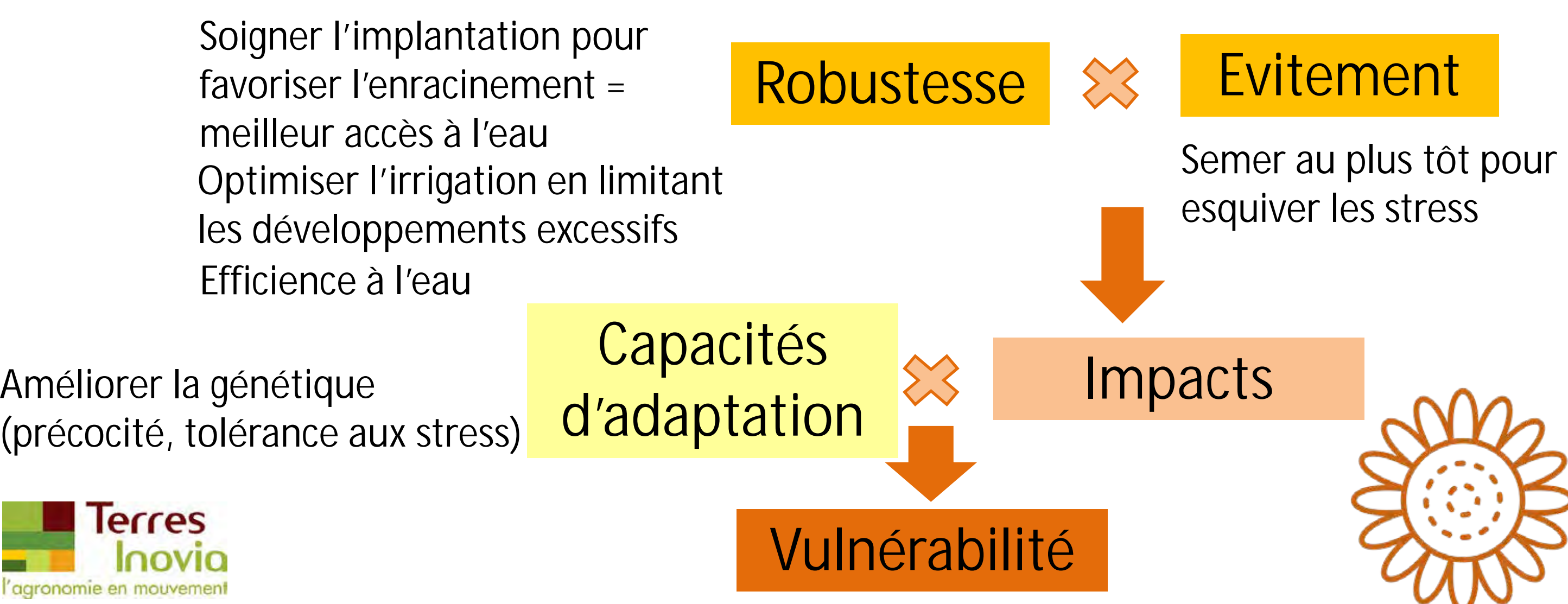
↑ Aires de production ayant une offre climatique favorable

Mais, quelques risques aussi :

- Culture d'été dont le cycle est positionné dans les périodes de forte chaleur et sécheresse:
 - ↓ rendement
 - ↓ teneur en huile
 - ↓ qualité des acides gras
- Risque de mauvaise implantation : levées échelonnées
- Capable de « gaspiller » de l'eau si développement excessif avant floraison
- Peu de capacité de compensation (pas de ramification)

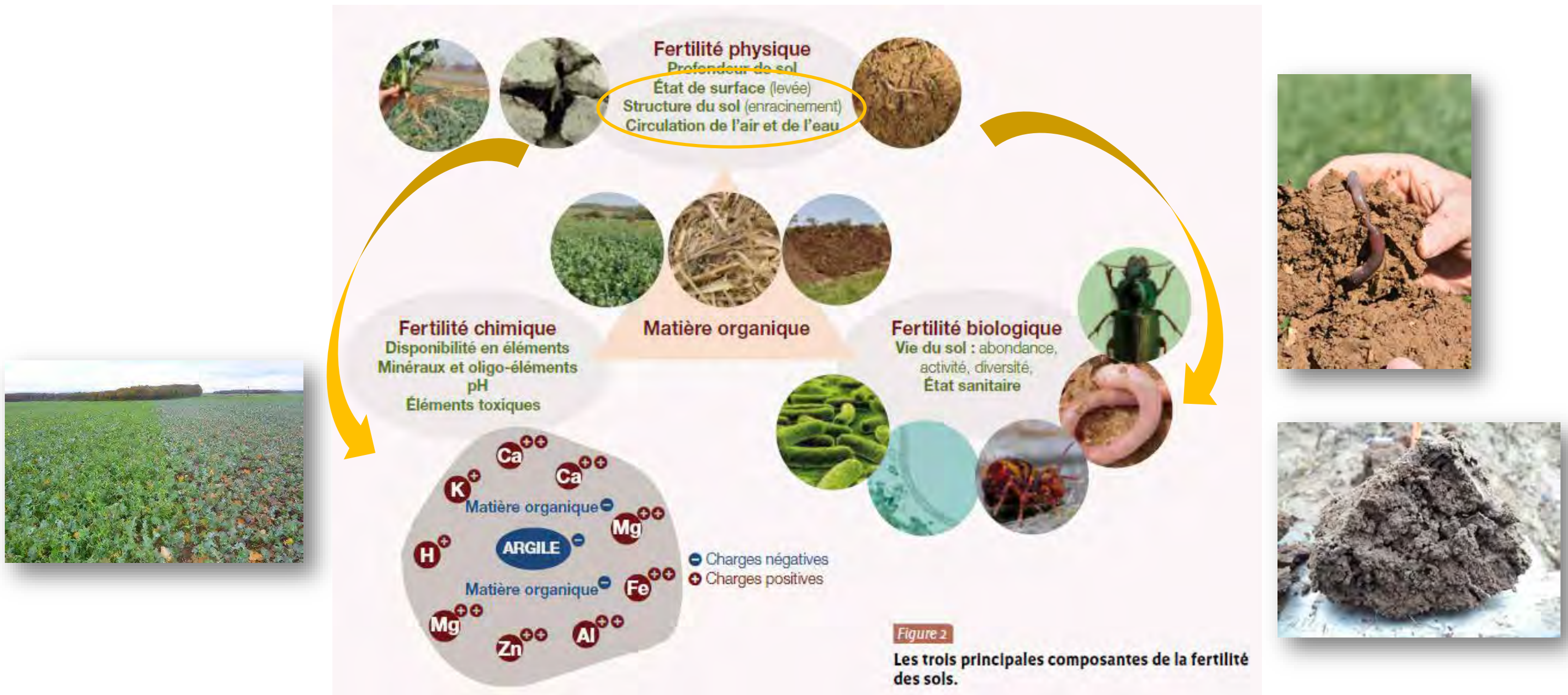


S'adapter pour assurer un tournesol « robuste »



Travail du sol : observer et agir à l'échelle de la rotation

Structure du sol : une des composantes de la fertilité du sol



Objectifs de l'observation : diagnostiquer, évaluer, décider



1- Prélever un bloc



2- Observer l'état général du bloc



3- Observer l'état interne des mottes



Etat général Ouvert (O)



Etat général Bloc (B)



Etat général Continu (C)



Etat interne mottes Poreux (Γ)



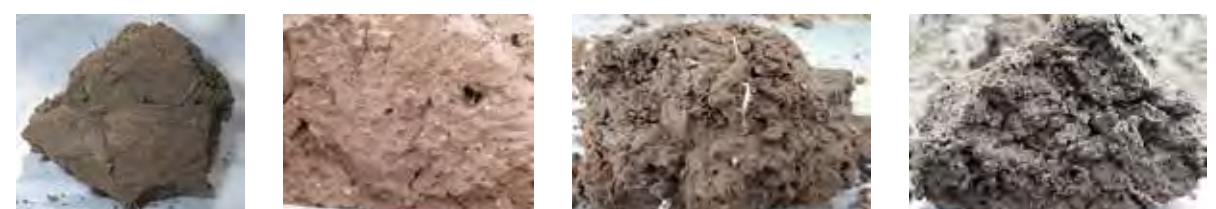
Etat interne mottes Poreux (Γ)



Etat interne mottes Tassé (Δ)



Etat interne mottes Fissuré (φ)

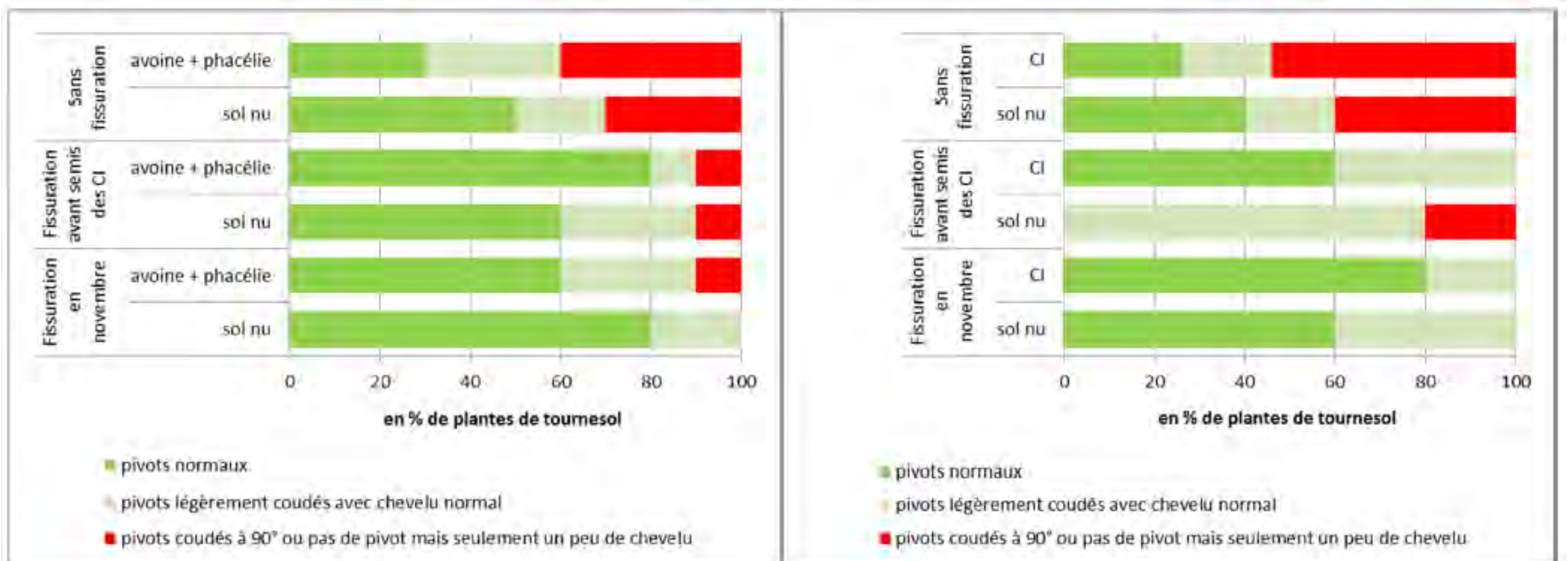


Choix et gestion des couverts végétaux avant tournesol

Choix des couverts

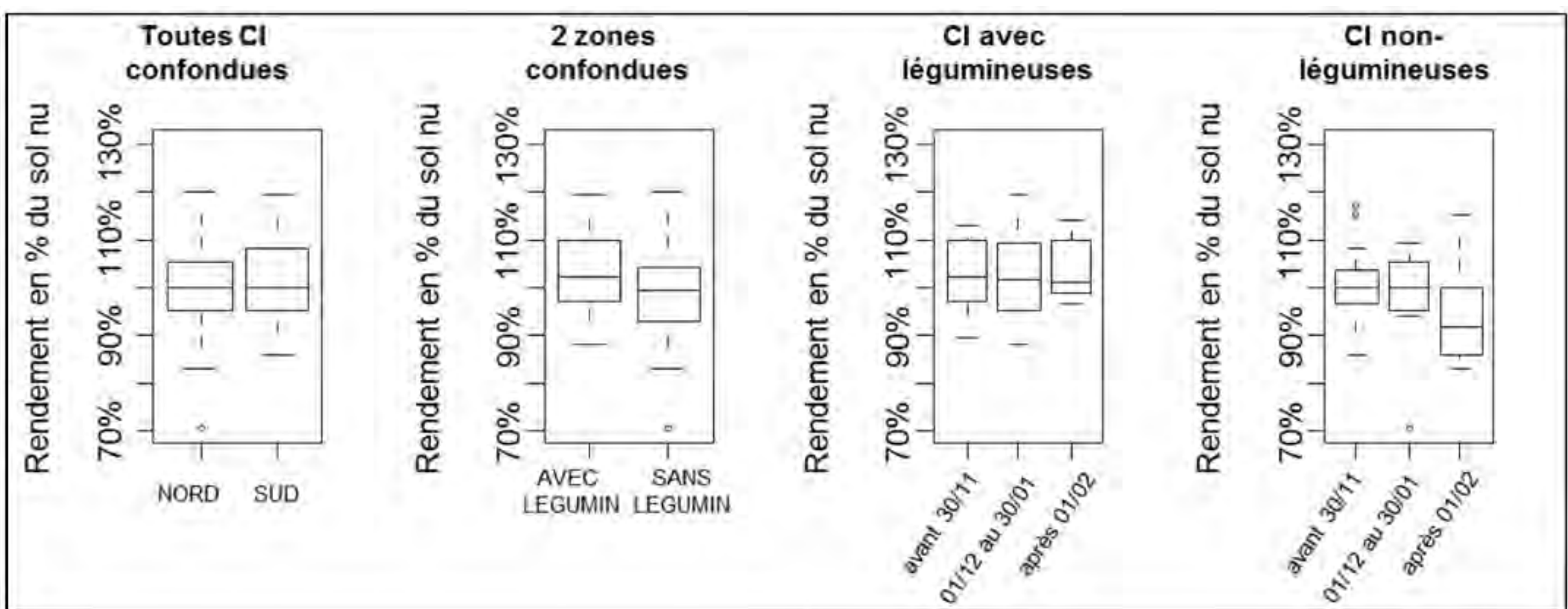
Brassicacées	limiter si retour fréquent du colza (risque hernie) privilégier dans les sols riches en azote
Graminées	intérêt dans les restitutions de matière organique par les racines
Légumineuses	intérêt en sol pauvre en azote Attention au risque aphanomyces
Hydrophyllacées	intérêt pour couper le cycle des maladies
Composées	à proscrire en raison du risque de mildiou

Ne pas pénaliser l'enracinement du tournesol



Pivotement du tournesol selon le type de travail du sol (deux essais différents à gauches et à droite)

Ne pas pénaliser le rendement du tournesol

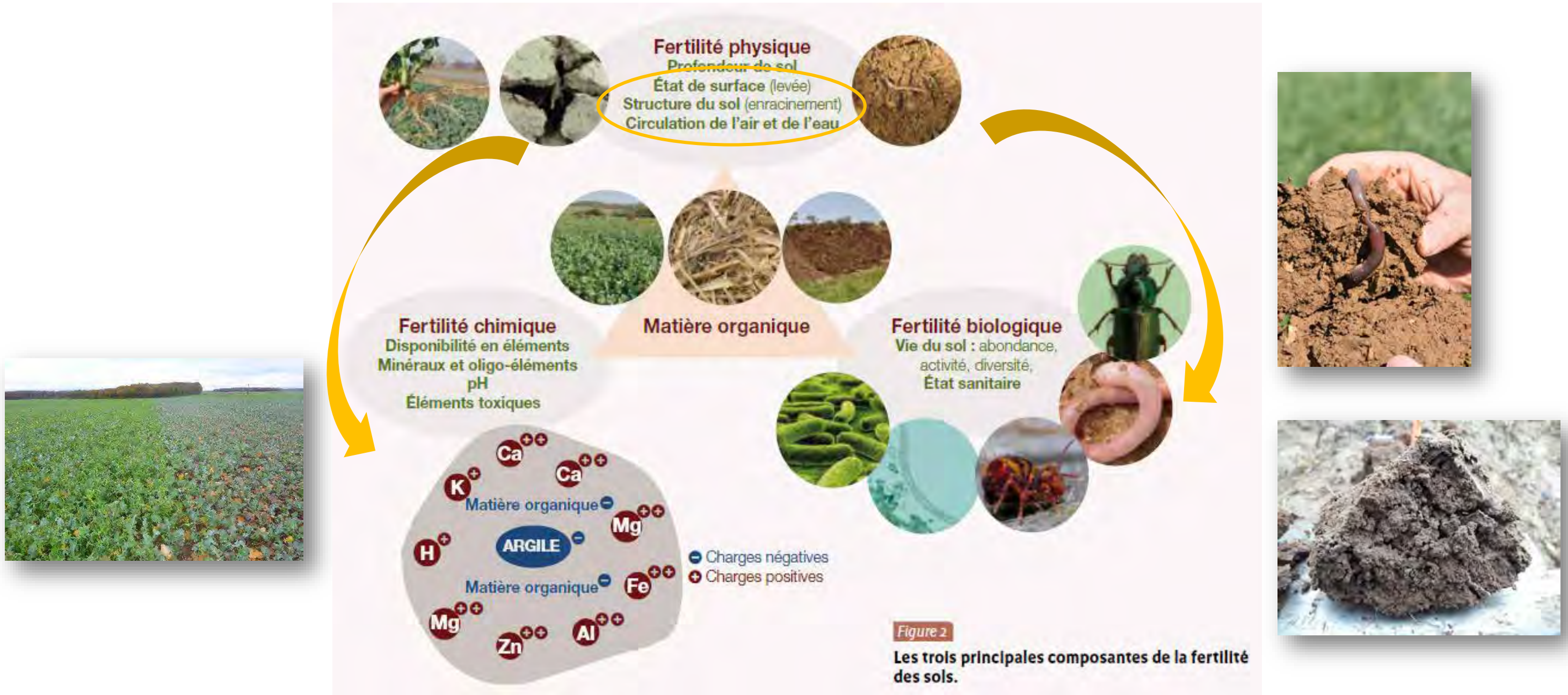


Réussir son interculture = obtenir les bénéfices d'un couvert végétal et ne pas compromettre l'implantation du tournesol ni son potentiel de rendement

- Observer son sol pour adapter le travail du sol, la gestion des couverts et la réussite du semis.
- Le couvert végétal ne remplace pas un travail de sol
- Les couverts à base de **légumineuses** ont tendance à sécuriser la gestion de l'interculture.
- Destruction des couverts au moins 2 mois avant le semis du tournesol (en fonction du type de couvert)

Travail du sol : observer et agir à l'échelle de la rotation

Structure du sol : une des composantes de la fertilité du sol



Objectifs de l'observation : diagnostiquer, évaluer, décider



1- Prélever un bloc



2- Observer l'état général du bloc



3- Observer l'état interne des mottes



Etat général Ouvert (O)



Etat général Bloc (B)



Etat général Continu (C)



Etat interne mottes Poreux (Γ)



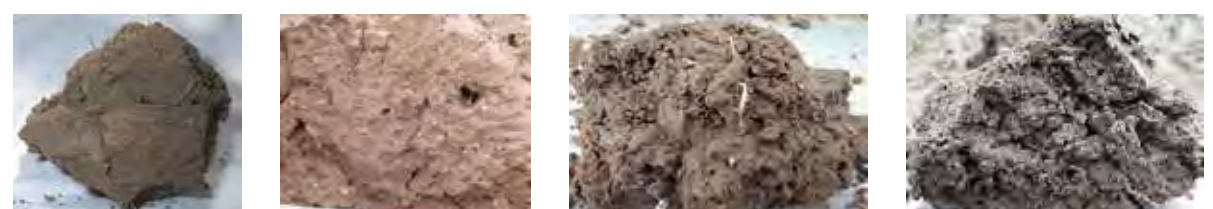
Etat interne mottes Poreux (Γ)



Etat interne mottes Tassé (Δ)



Etat interne mottes Fissuré (φ)



Implantation du tournesol

Raisonner la gestion de l'interculture

Profil de sol recherché



- Bon mélange terre fine + mottes
- Absence de lissage
- Structure poreuse dans l'horizon sous jacent pour ne pas pénaliser l'enracinement en profondeur

Observer pour décider

Après la récolte



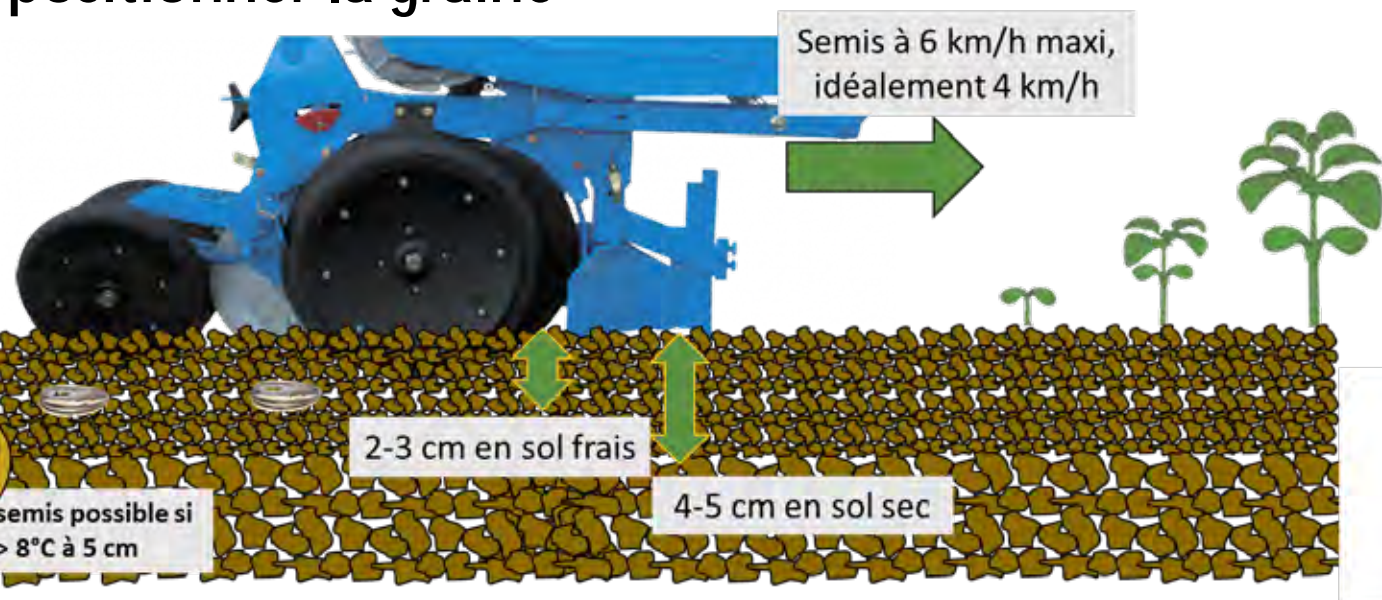
Optimiser la préparation du lit de semences



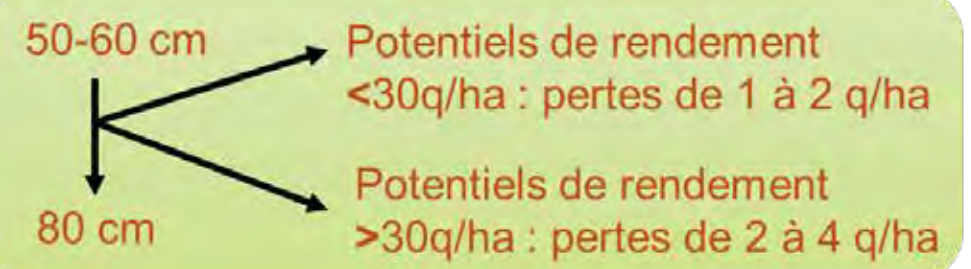
Critères de réussite de la préparation	Sol travaillé	Sol avec résidus
Ne pas avoir pénalisé la structure en profondeur	- Intervenir préférentiellement sur sol ressuyé - Sols argileux : éviter les passages en conditions plastiques - Utiliser des équipements type roues jumelées ou pneu basse pression	
Avoir produit au moins autant de terre fine que de mottes en surface	- Ne pas créer trop de terre fine avec un nombre de passages excessifs - Privilégier les outils à dents non animés, si 2 passages envisagés, réaliser le 1 ^{er} à 10-15cm pour réchauffer le sol, le 2 ^{ème} à 6-8cm pour niveler	
Pas de résidus végétaux dans le sillon		- En absence d'équipement, émiettage de surface conseillé (fragmenter les résidus, réchauffer le sol) - Equipements de chasse débris conseillés sur semoir
Avoir contribué à la maîtrise des limaces	- Attention à ne pas créer des cavités (excès de mottes) qui sont des abris pour les limaces	- Démarrer la surveillance dès implantation du couvert - Détruire les couverts de façon suffisamment précoce - Réaliser un déchaumage superficiel si risque avéré
Avoir permis le réchauffement du sol		- Anticiper la destruction du couvert pour favoriser le réchauffement du sol
Avoir contribué à semer sur un sol propre	- Réaliser des faux-semis si les conditions le permettent - Attention à ne pas trop assécher le sol avec des passages répétés	- Anticiper la destruction du couvert si celui-ci a une pression adventice importante - Mieux vaut retarder l'installation du tournesol mais semer sur sol propre

Réussir le semis

Bien positionner la graine



Opter pour le bon écartement



Choisir une densité de semis adaptée

	Objectif de densité levée (optimum vis-à-vis du rendement et de la richesse en huile)	Conditions optimales (lit de semences, conditions de levée, risque très faible de parasitisme et/ou déprédation ³)	
		Taux de levée indicatif	
		75 %	85 %
Conditions très contraintes en eau (sols superficiels et sols intermédiaires en région méditerranéenne ¹)	50 000 plantes/ha	65 000 graines/ha	60 000 graines/ha
Conditions moyennement contraintes en eau (sols intermédiaires hors région méditerranéenne, tournesol irrigué en sol superficiel)	55 000 plantes/ha	70 000 graines/ha	65 000 graines/ha
Conditions faiblement contraintes en eau (sols profonds, tournesol irrigué en sol intermédiaire ou profond) et zones "fraîches" et/ou à fin de cycle humide ²	60 000 plantes/ha si écartement entre rangs ≤ 60 cm	75 000 à 80 000 graines/ha si écartement entre rangs ≤ 60 cm	70 000 graines/ha si écartement entre rangs ≤ 60 cm
	50 000 à 55 000 plantes/ha si écartement large ⁴	65 000 à 70 000 graines/ha si écartement large ⁴	60 000 à 65 000 graines/ha si écartement large ⁴

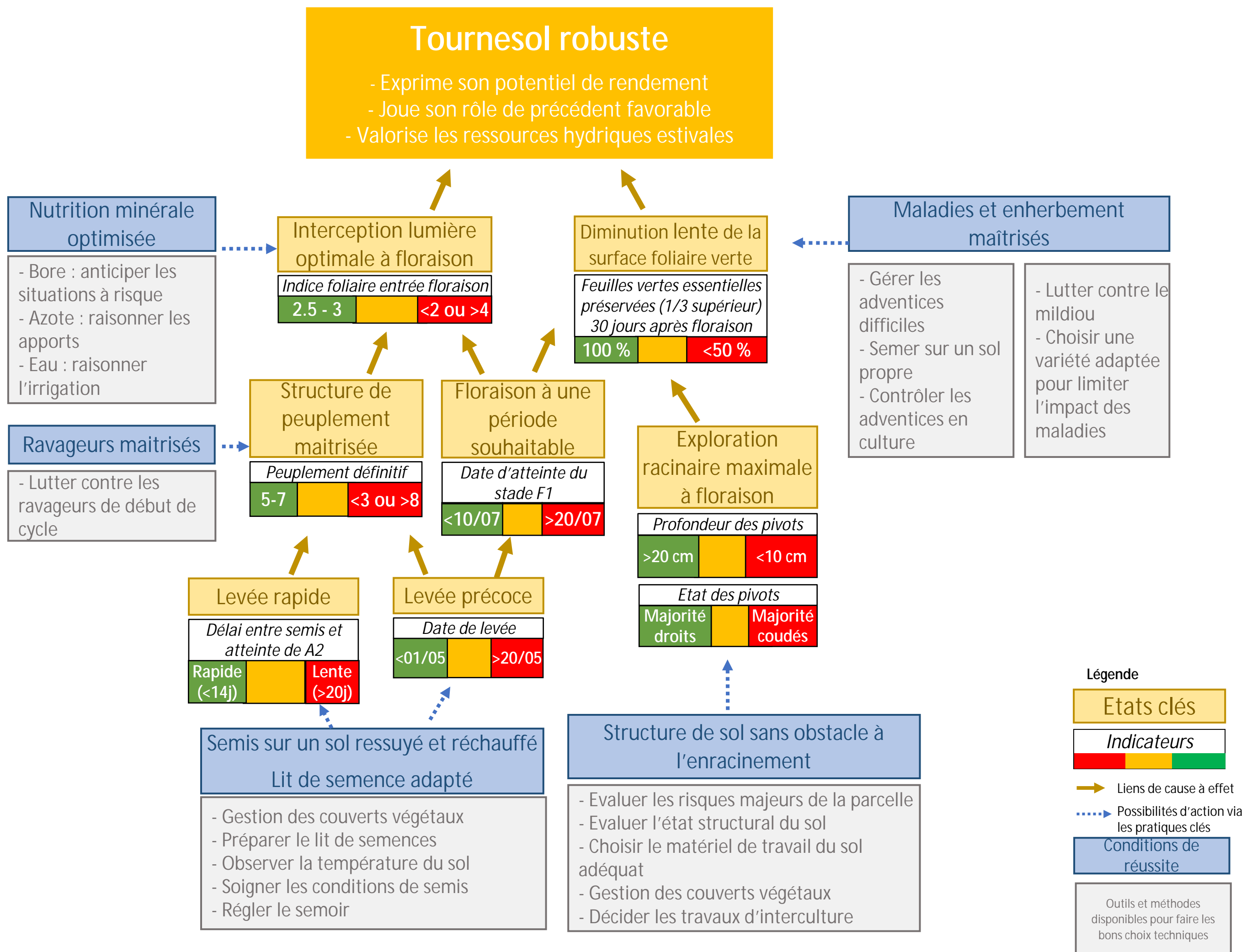
1 : Région méditerranéenne : à climats méditerranéen et méditerranéen dégradé.
2 : Zones avec culture de variétés précoces à très précoces avec une fin de cycle fraîche et/ou humide (exemples : Lorraine, Champagne, Picardie, bordures de l'Atlantique et de la Manche).

3 : Parasitisme : limaces, larves de taupins... ; déprédation : oiseaux (pigeons), lapins, lièvres...

4 : Les écartements entre rangs ≤ 60 cm sont les plus adaptés au tournesol.

Tableau de bord

« Tournesol robuste »



Etat clé : état de la culture décisif dans l'établissement du résultat final. Résultant d'un (ou plusieurs) état clé causal et/ou de conditions de réussite

Condition de réussite : condition en lien avec un ou plusieurs facteurs biotiques ou abiotiques, sur laquelle il est possible d'agir via les pratiques culturales

Indicateur : observation agronomique réalisée sur le sol ou la culture, permettant de caractériser l'atteinte ou non d'un état clé

Ce tableau de bord peut être utilisé :

- Avant le début de la campagne culturale, pour construire une stratégie à mettre en œuvre
- En cours de campagne : pour organiser un observatoire des états-clés obtenus
- En fin de campagne : pour identifier les pistes d'améliorations pour la campagne à venir

10 règles d'or pour réussir l'implantation du tournesol

Capitaliser l'historique parcellaire

Problèmes structuraux, adventices estivales problématiques, ravageurs et maladies

Observer le sol

Diagnostiquer l'état du sol, adapter la stratégie de gestion de l'interculture

Travailler un sol à consistance friable

Sur tout le profil travaillé

Agir sur les adventices difficiles en début d'interculture

Couvrir le sol

Avant tournesol, de nombreuses espèces sont mobilisables, utiliser des mélanges à base de légumineuses

Semer suffisamment tôt

Levée avant le 1^{er} mai. Ne décaler la date de semis que s'il s'agit d'une priorité sanitaire

Favoriser une levée rapide

Semer au semoir monograinne dans un sol réchauffé, à une profondeur régulière. Ne pas créer trop de terre fine

Perturber les ravageurs

Anticiper les situations à risque limaces et taupins. La présence humaine est pour l'heure le seul levier efficace pour limiter les dégâts d'oiseaux

Maîtriser l'enherbement

Semer sur un sol propre. Préférer les outils scalpeurs et outils à dents

Optimiser la nutrition

Raisonner la dose d'azote. Anticiper d'éventuelles carences en bore, phosphore et potasse

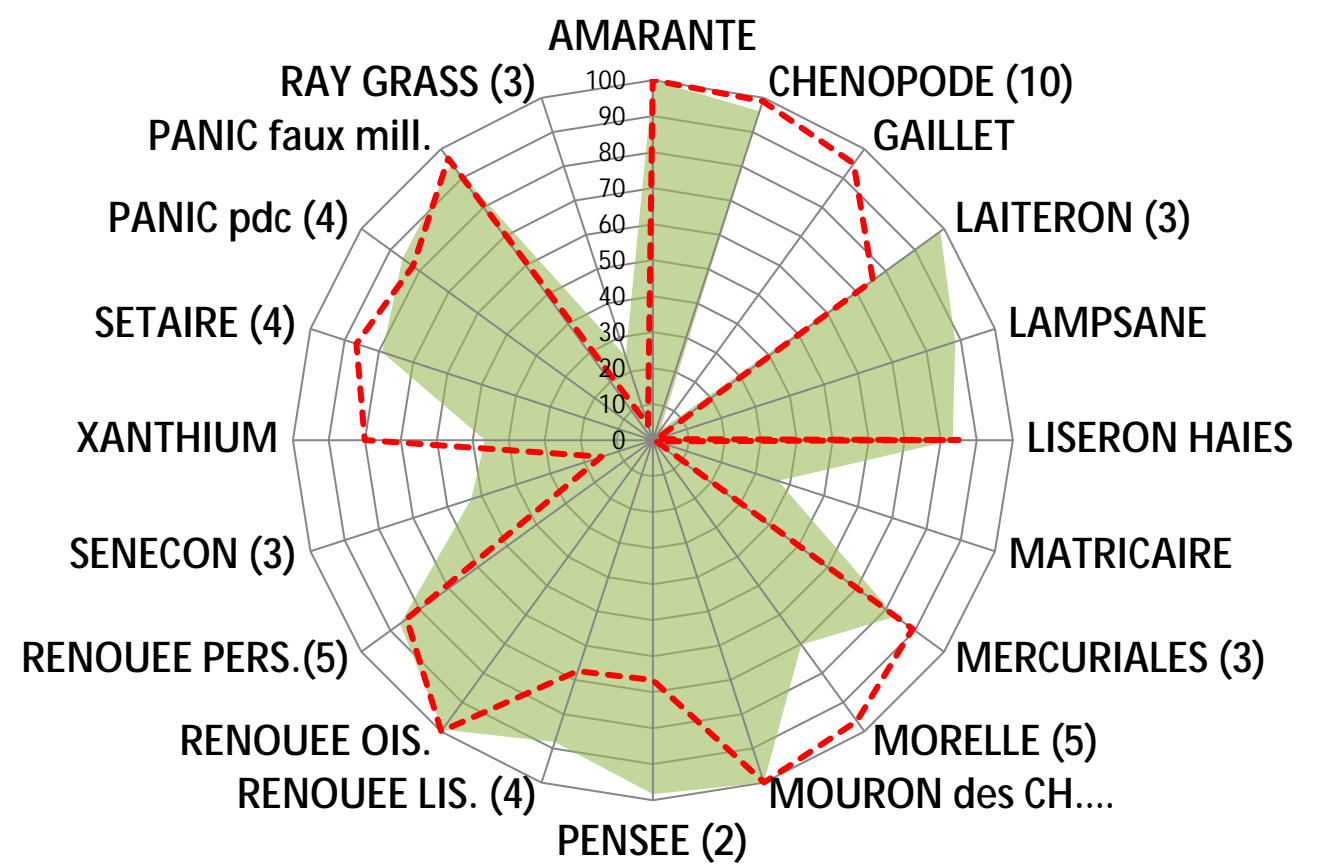
A retrouver dans
le guide
implantation
tournesol

Dans la collection
Points techniques
de Terres Inovia
À commander sur
notre site
www.terresinovia.fr

Arrivée de VIBALLA en tournesol : ça change quoi ?

Sur flore classique

- Point fort sur chénopode, mercuriale, ammi-majus, éthuse, mais aussi gaillet, géranium, abutilon, xanthium et ambroisie
- Efficacité moyenne sur morelle
- Insuffisant sur amarante, anthémismatriculaire, laiteron, séneçon et renouées



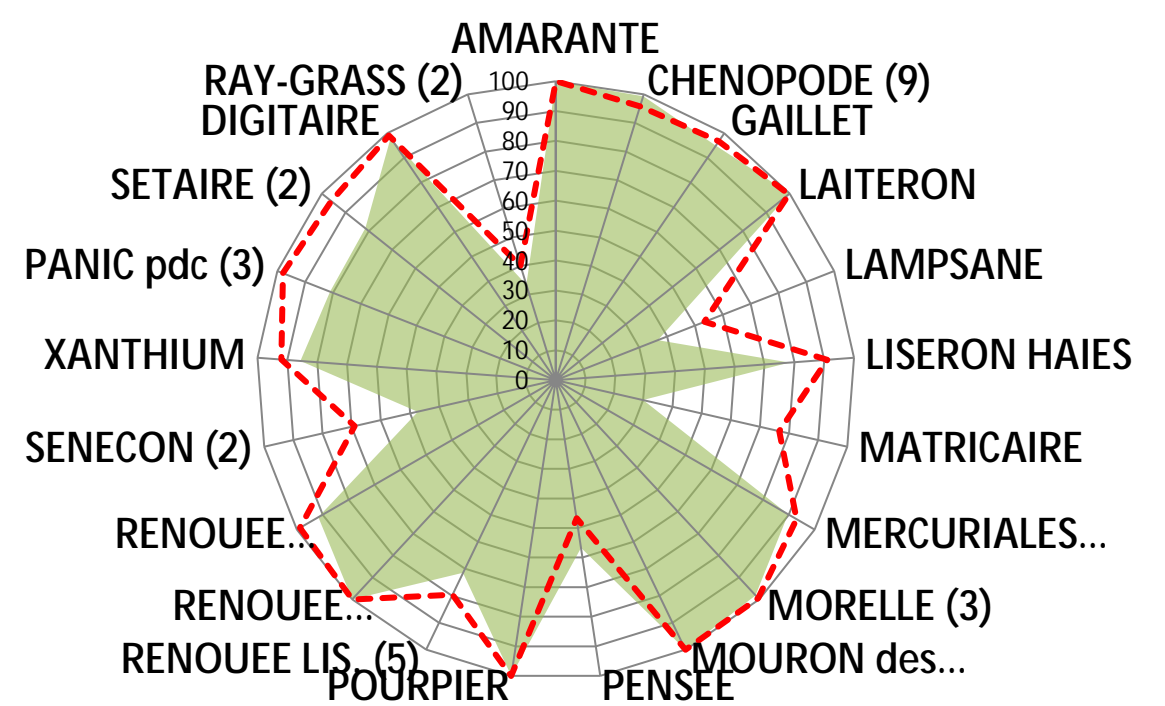
■ ATIC AQUA 2 + CHALLENGE 3

--- ATIC AQUA 2.5 / GF3885 1 (B4)

Construire des programmes plutôt sur des bases pendiméthaline pour équilibrer le spectre sur :

- q graminées
- q Renouées notamment renouées liseron

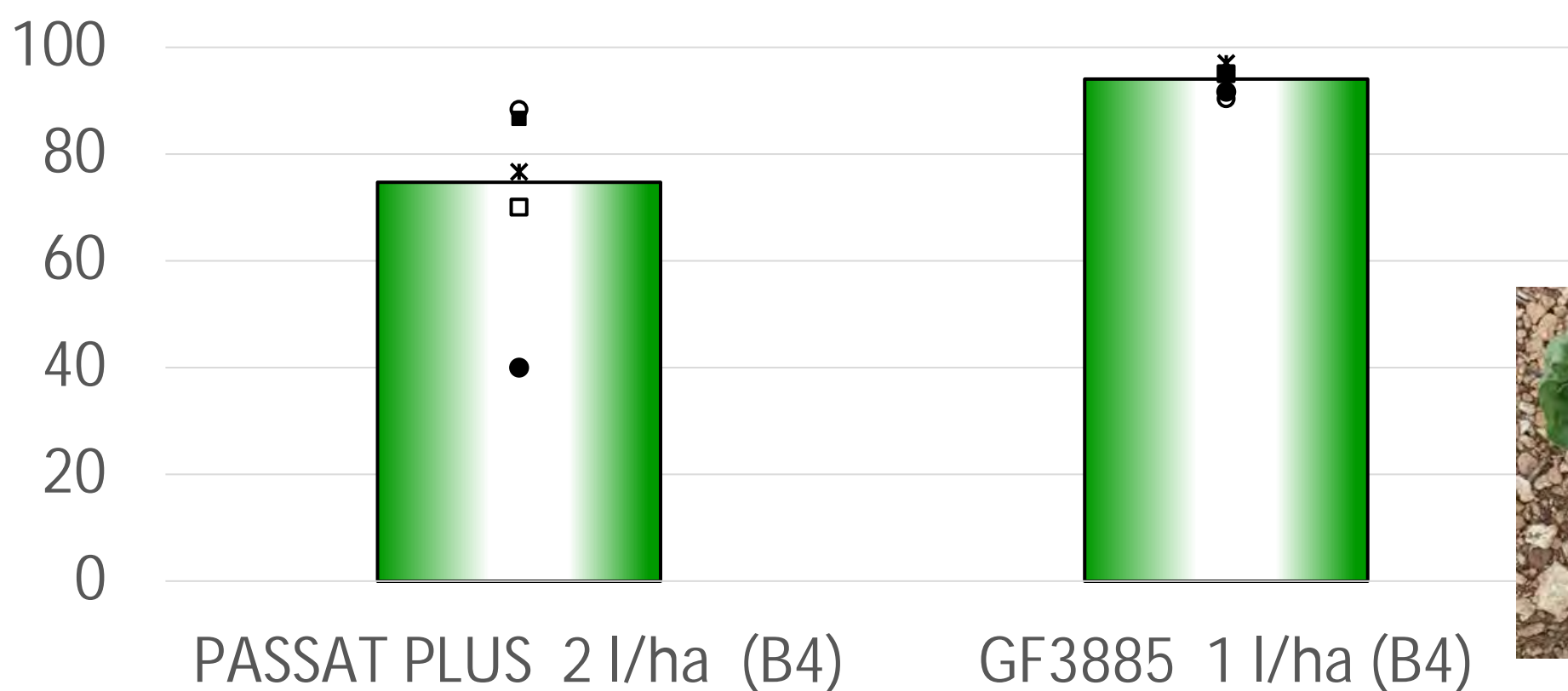
Base Atic-Aqua ou Dakota-P à 2,5 l/ha



■ DAKOTA-P 2.5 / GF3885 1 (B4)

--- DAKOTA-P 2.5 / PASSAT PLUS 1,6 (B4)

Sur Ambroisie



- moyenne
- × 2018 dpt79
- 2018 dpt82
- 2019 dpt85
- 2019 dpt11
- 2020 dpt85
- * 2020 dpt47

à 6 essais 2018-2020
242 pl/m² - (10 à 880)



Symptômes furtifs de gauchage dans les 48h après application



Symptômes de déformation de tiges parfois observables (application sur stade juvénile, recroisement de rampe)

Des programmes à adapter à chaque situation

Flore simple à pression modérée
à DAKOTA-P seul à 2,5 l/ha

45 à 50 €

Flore simple à pression forte renouvelées
à Atic-Aqua 2l + Proman 2l

85 €

Ou

à Atic Aqua 2l + Challenge 2,5 à 3l

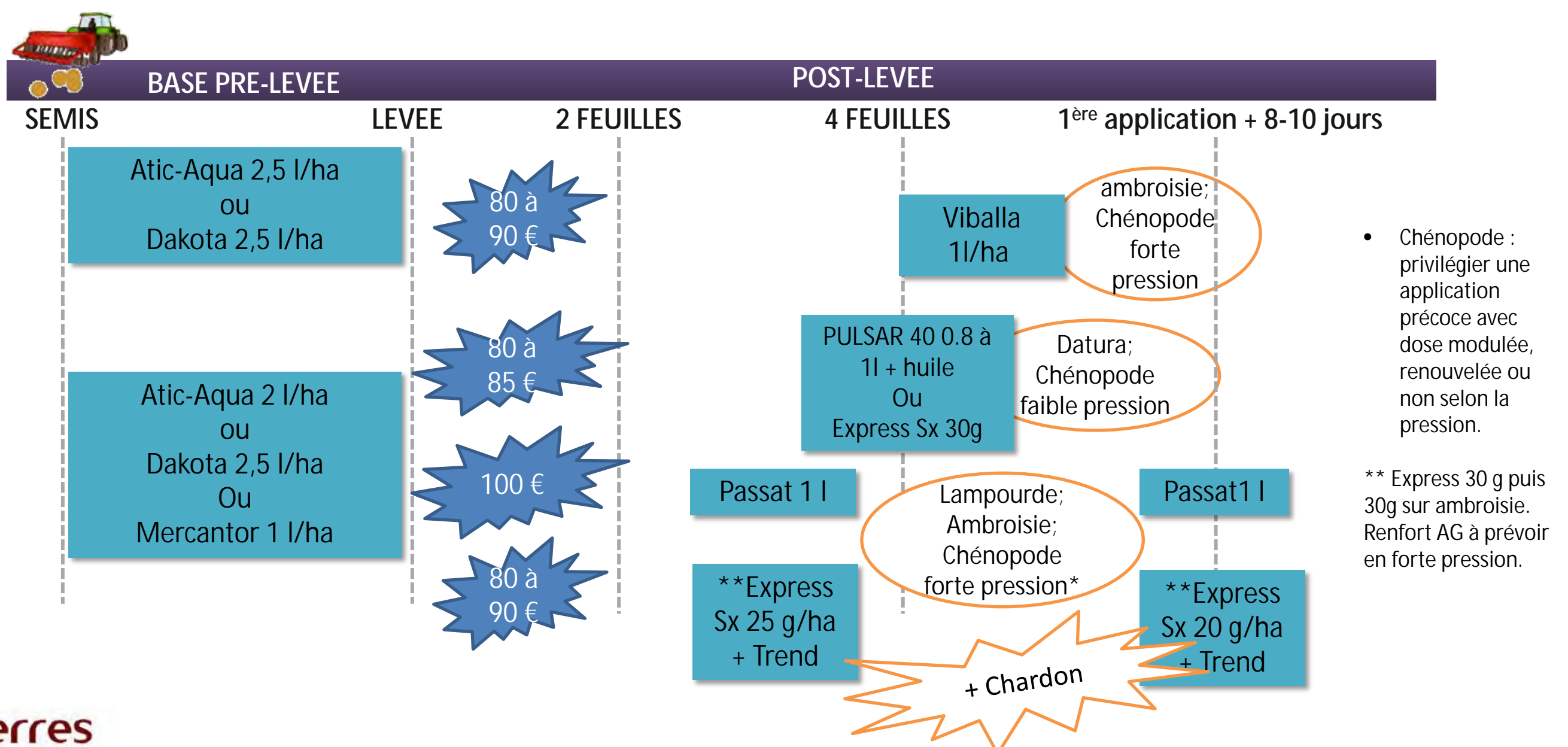
85 à 100 €

(Challenge renforce sur gaillet, et léger effet mercuriale insuffisant en pression forte)

Remplacement possible d'Atic-Aqua par Dakota-P 2l pour renforcer sur morelle. Privilégier Atic sur morelle si programme avec Proman 2l

	Dakota-P 2,5 à 3 l/ha	Atic-Aqua 2 l/ha + Challenge 600 3 l/ha	Atic-Aqua 2 l/ha + Proman 2 l
Digitaire			
Panic			
Ray-grass	*		
Sétaire			
Amarante			
Ambroisie	*		
Ammi élevé	*		
Arroche	*		
Bidens (chanvre d'eau)			
Capselle			
Chénopode			
Colza (repousses)			
Datura			
Ethuse	*		
Gaillet	*		
Laiteron			
Linaira batarde			*
Liseron des champs	*	-	*
Liseron des haies			
Matricaire	*		-
Mercuriale			
Morelle			
Mouron des champs			
Moutarde deschamps			
Ravenelle		*	
Renouée liseron			
Renouée des oiseaux	*		
Renouée persicaire	*		
Séneçon	*		-
Stellaire			
Véronique			

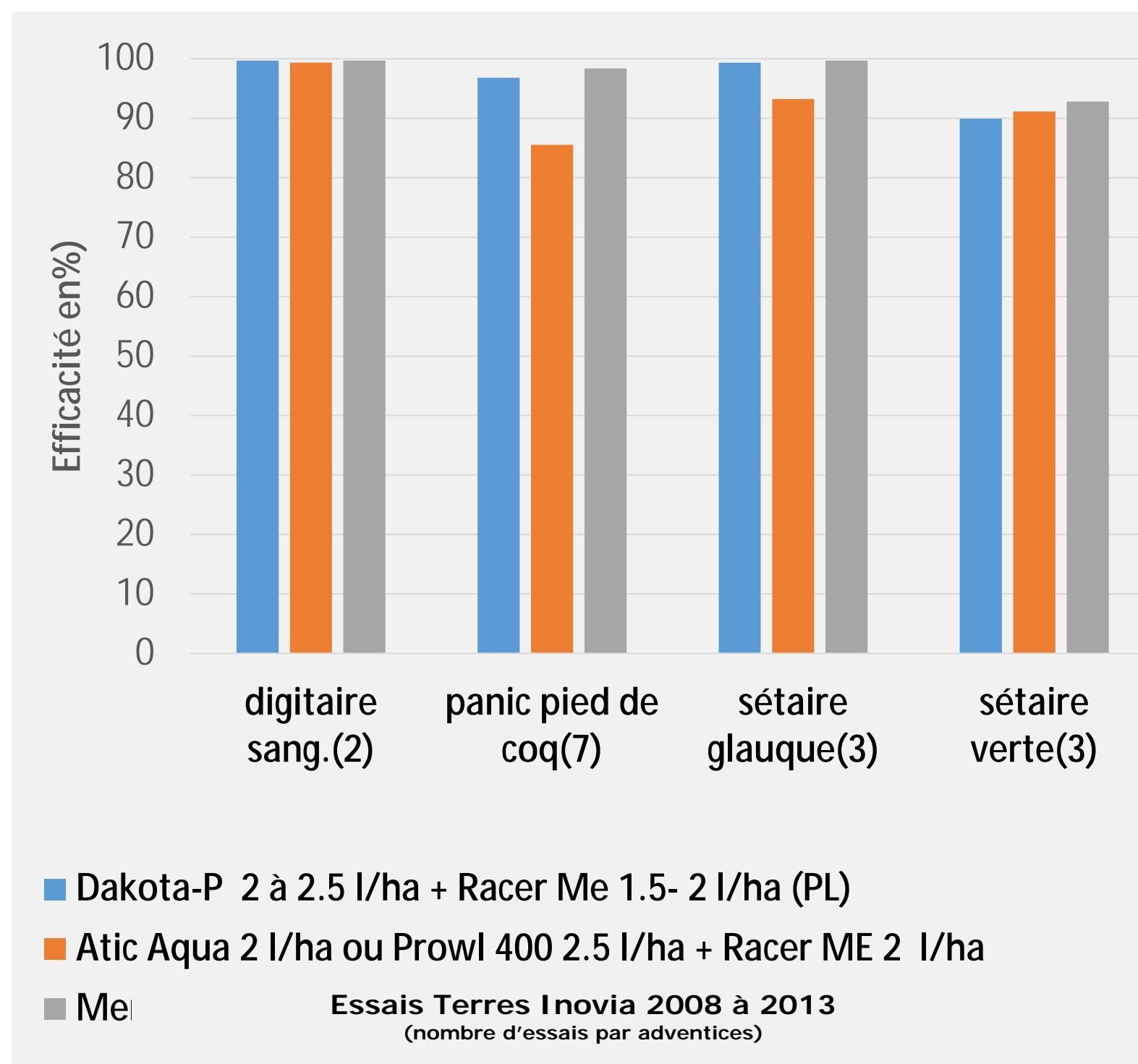
Exemples de gestion en situation de flores difficiles (Ambroisie, xanthium, datura)



Maintien des graminées sans s-métolachlore

PSD : point sur les solutions existantes

- **Pendiméthaline** seule ou associée **DMTA-p** offrent une protection équivalente dans grand nombre de situations.
- Recours possible aux antigraminées foliaires



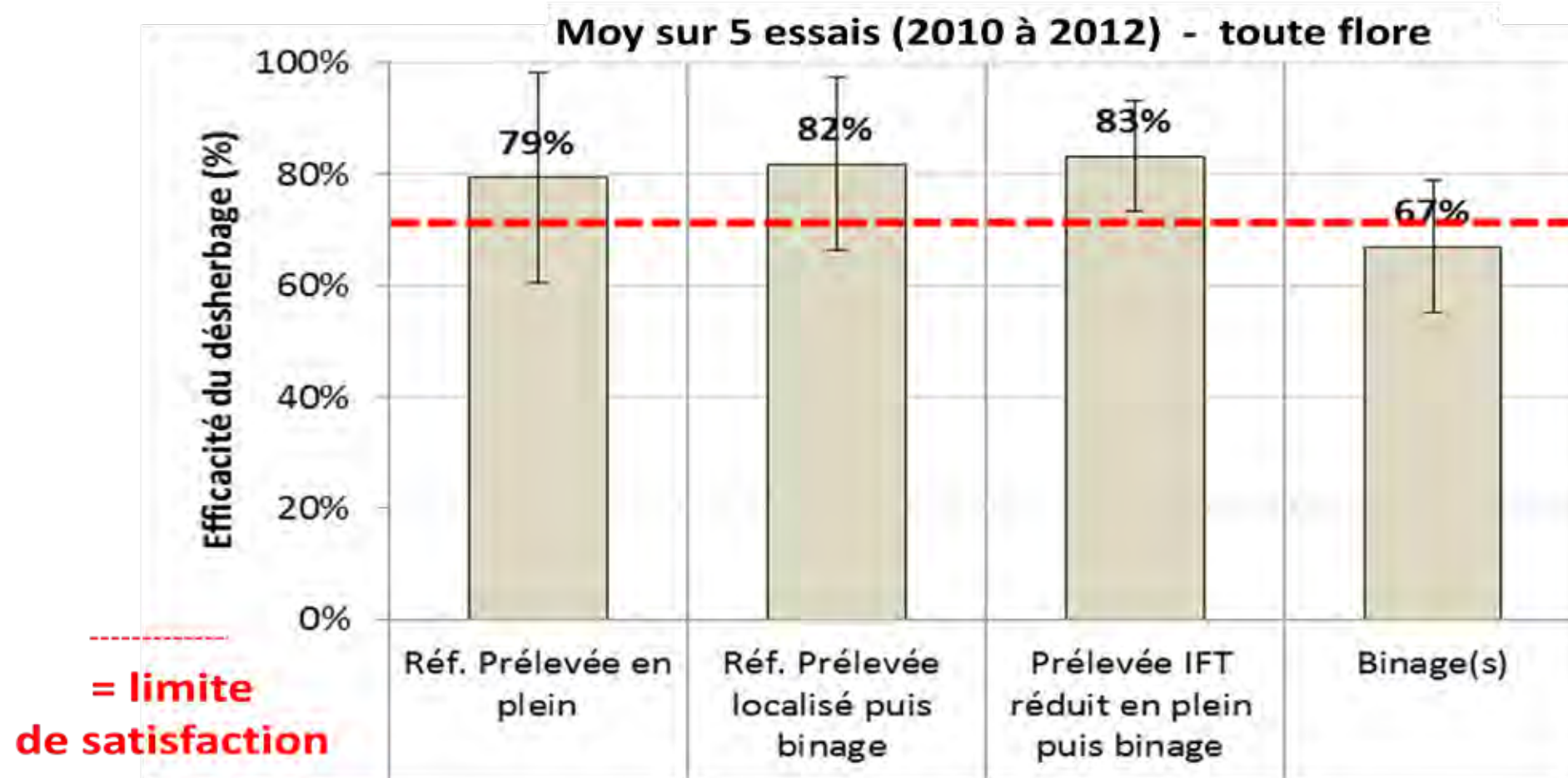
Ray-grass/vulpin

- Une situation préoccupante :
 - Résistance quasi généralisée aux inhibiteurs ACCase (fop/dymes) et ALS (imazamox)
- Quelles alternatives ?
 - Solutions à base de dmta-P (DAKOTA-P, dmta-P solo attendu)
 - Reconsidérer le renforcement de ces solutions avec Novall (essais en cours)

Désherbage mixte du tournesol avec binage

Herbisemis puis binage

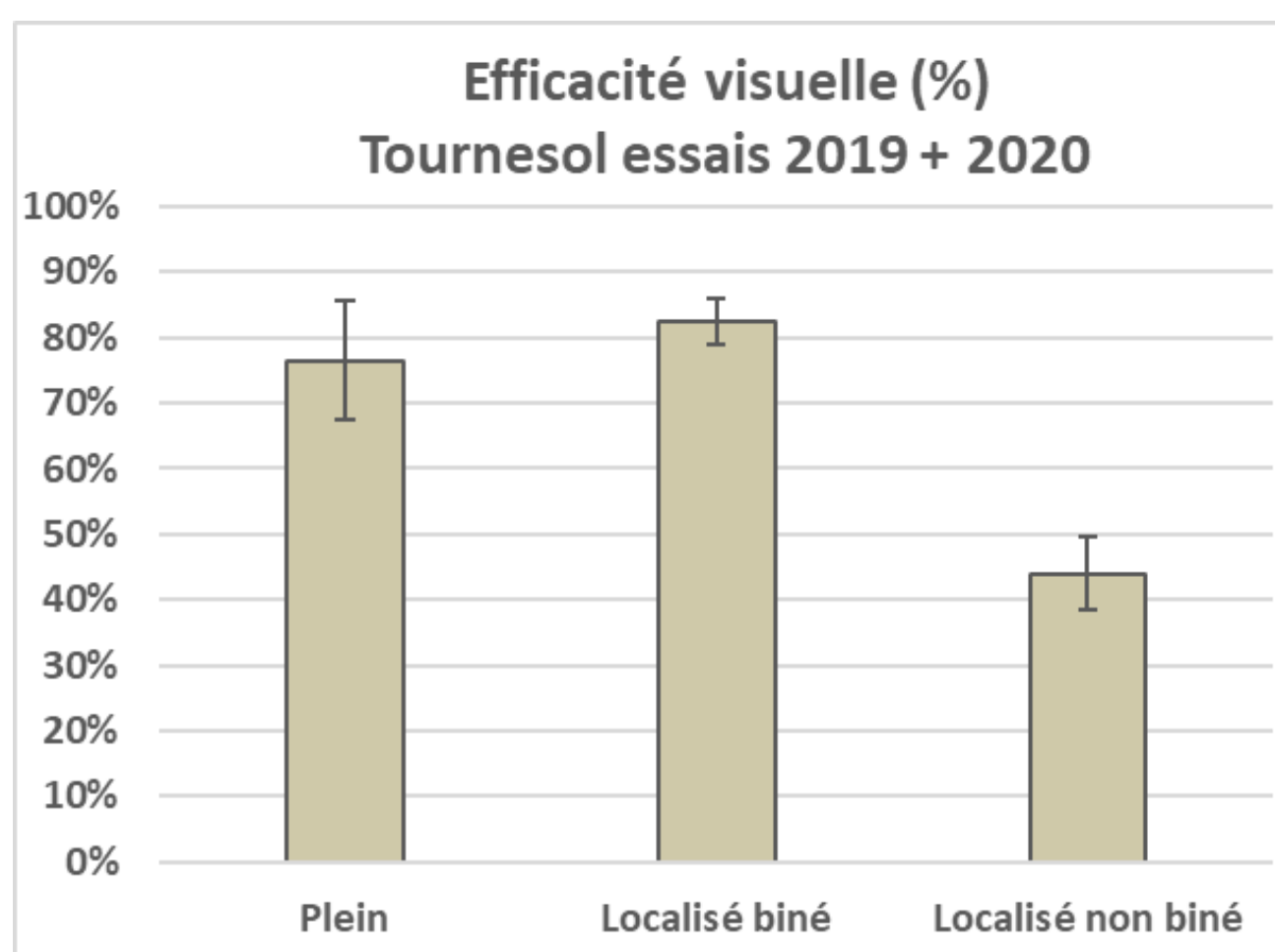
Herbicide de prélevée sur le rang avec un kit sur le semoir (herbisemis) PUIS binage



- Bonne complémentarité des deux
- Efficacité équivalente au traitement en plein
- IFT réduit (67 %) et coûts réduits (71 %)

Herbicide localisé en post-levée puis binage

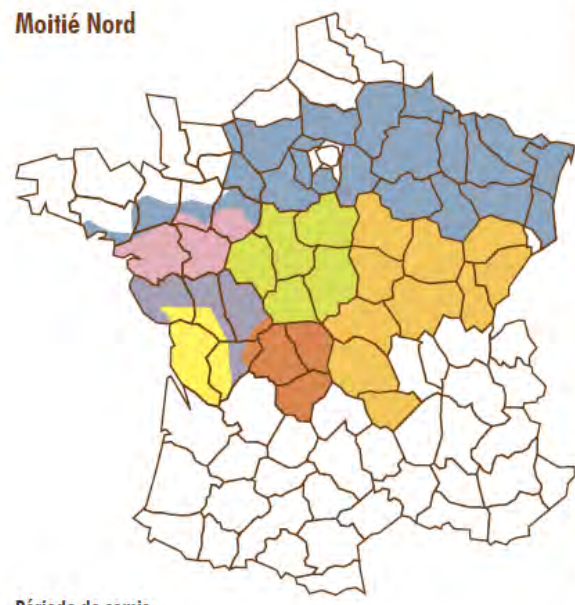
Traitement de post-levée (ex : Pulsar 40, utilisé dans ces essais, sur variété tolérante) sur le rang PUIS binage à usage d'une rampe spécifique Maréchal



- Complémentarité des deux indispensable
- Efficacité équivalente voire meilleure au plein
- IFT réduit de 56 %

Sécuriser un peuplement optimal, quels leviers d'actions ?

Le binôme période de semis et précocité



Période de semis
 ●●● recommandée
 ●● possible
 ● possible mais non conseillée

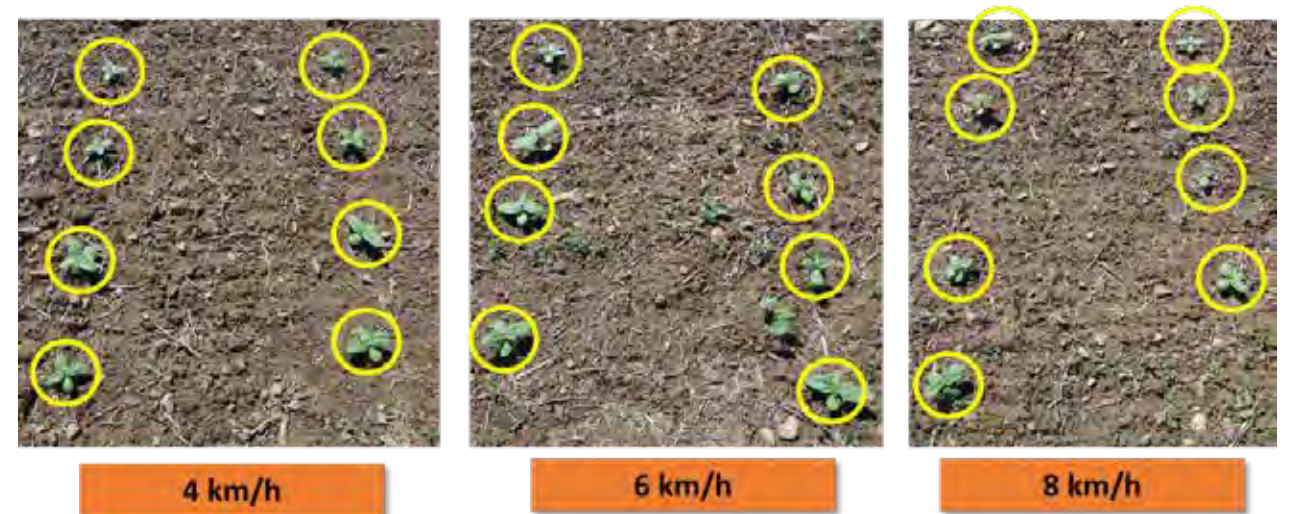
Précocité variétale
 T : tardive MT : mi-tardive MP : mi-précoce
 P : précoce TP : très précoce

	21 au 31 mars	1 ^{er} au 20 avril	21 au 30 avril	Après le 1 ^{er} mai
Période de semis	●●	●●●	●●	●
Précocité	P, MP	P	P	P, TP
Période de semis	●	●●●	●●●	●
Précocité	P, MP	P	P	P, TP
Période de semis	●●	●●●	●●	●
Précocité	MP	P, MP	P, MP	P, TP
Période de semis	●	●●	●●●	●
Précocité	P	P	P	P, TP
Période de semis	●●	●●●	●●	●
Précocité	MP, MT, T	P, MP, MT, T	P, MP	P, TP
Période de semis	●●	●●●	●●	●
Précocité	P, TP	P, TP	P, TP	TP
Période de semis	●	●●●	●●	●
Précocité	MP, P	MP, P, TP	P, TP	TP

Le type de semoir et la vitesse de semis



Représentation de la régularité de semis selon la vitesse de semis



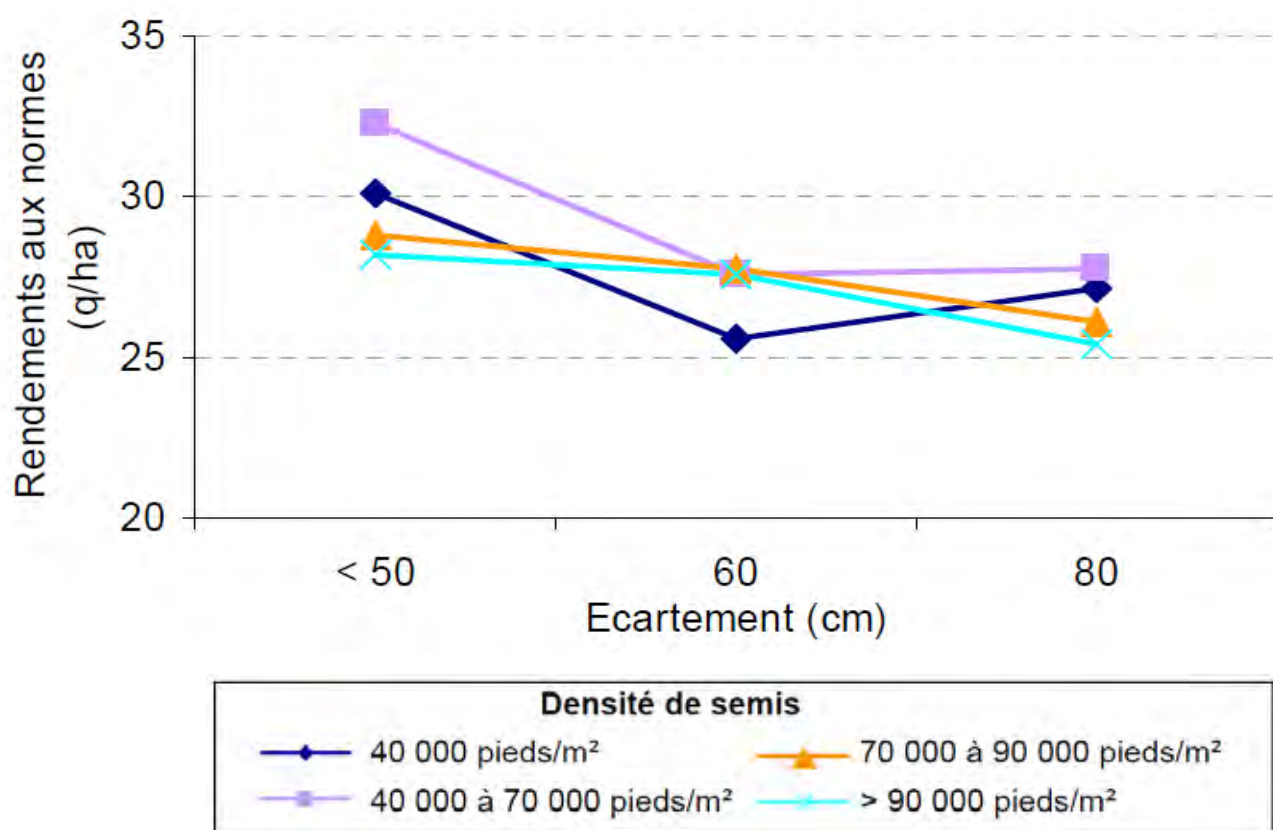
4 km/h

6 km/h

8 km/h

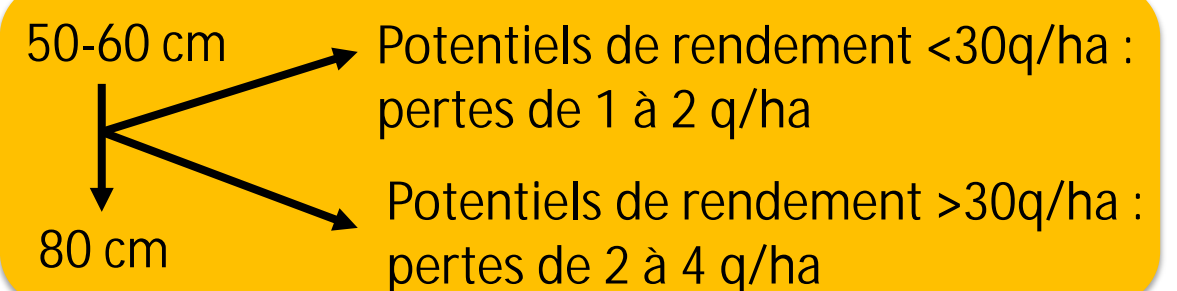
Semis à 6 km/h maxi, idéalement 4 km/h
(à nuancer en fonction du semoir)

L'écartement entre-rang



à Ecartement entre rangs : les écartements larges peuvent :

- augmenter la compétition entre plantes sur le même rang,
- limiter la capacité d'interception de la lumière par le couvert, À baisse du nombre de grains / m² non compensée par une augmentation du poids des graines.



Un peuplement régulier, c'est capital pour le rendement

Impact de l'hétérogénéité du peuplement sur le rendement

Diagramme	% de couverture du sol	Rendement (% du témoin)	Distribution des plantes dans le peuplement
	100	100	Distribution uniforme
	75	88,3	Distribution uniforme, mais les surfaces foliaires se recouvrent 2 par 2
	83	87,8	Distribution non uniforme ; quelques surfaces foliaires se recouvrent
	66	71,1	Forte hétérogénéité et mauvaise distribution des plantes sur le rang
	50	76	Distribution hétérogène et présence de plantes isolées sur le rang

Fertilisation du Tournesol

Bien identifier les besoins de la culture (exemple pour un rendement à 35 q/ha) ...



- è Des besoins généraux couverts en grande partie par les restitutions.
- è L'azote et le bore sont les éléments prioritaires dans le cadre du pilotage de la fertilisation !
- è Dans certains cas, le tournesol trouve tout ce dont il a besoin dans son environnement (pas besoin d'apport)



... Pour mieux y répondre le cas échéant !

Cas de l'Azote

		Objectif de rendement	
		25 q/ha (sols superficiels) (1)	35 q/ha (sols profonds) (2)
Reliquat d'azote minéral au semis	Faible (30 u)	40 à 80 u	80 à 100 u
	Moyen (60 u)	moins de 40 u	40 à 80 u
	Elevé (90 u)	0 u	moins de 40 u

- (1) argilo-calcaire superficiel, sol sableux, cranette...
- (2) : limon, limon argileux, argile limoneuse, craie...

Si la minéralisation est forte, choisir la valeur basse de la fourchette et inversement.
Les reliquats d'azote au semis se mesurent jusqu'à 90 cm, voire 120 cm pour les sols les plus profonds.

Privilégier l'apport d'azote en végétation :

- è L'apport d'azote en végétation (6 à 14 feuilles) est au moins aussi bien valorisé que l'apport au semis car réalisé au moment où les besoins de la culture sont les plus élevés
- è Il permet d'améliorer l'estimation de l'objectif de rendement en tenant compte de l'état du peuplement installé
- è Pour apporter l'azote en végétation sans risque, utiliser une forme solide (ammonitrate ou urée), par temps sec, avant l'apparition du bouton étoilé

Cas du Bore

Apport	Stade	Forme	Dose de bore (B)
Au sol	Incorporer ou pas avant le semis (1)	Solide ou liquide	1.2 kg/ha (3)
En application foliaire	Entre les stades "10 feuilles" et LPT (1)(2)	Liquide : apporter au moins 200 l/ha de bouillie	300 à 500 g/ha (4)

- (1) Peut être réalisé à l'occasion du désherbage ou de l'application du fongicide.
- (2) LPT : limite de passage du tracteur. Le tournesol mesure 55 à 60 cm.
- (3) Chélat B : 250 g B/ha au sol - 200 g B/ha en application foliaire
- (4) Soit environ 3 l de produit liquide à 150 g/l de bore



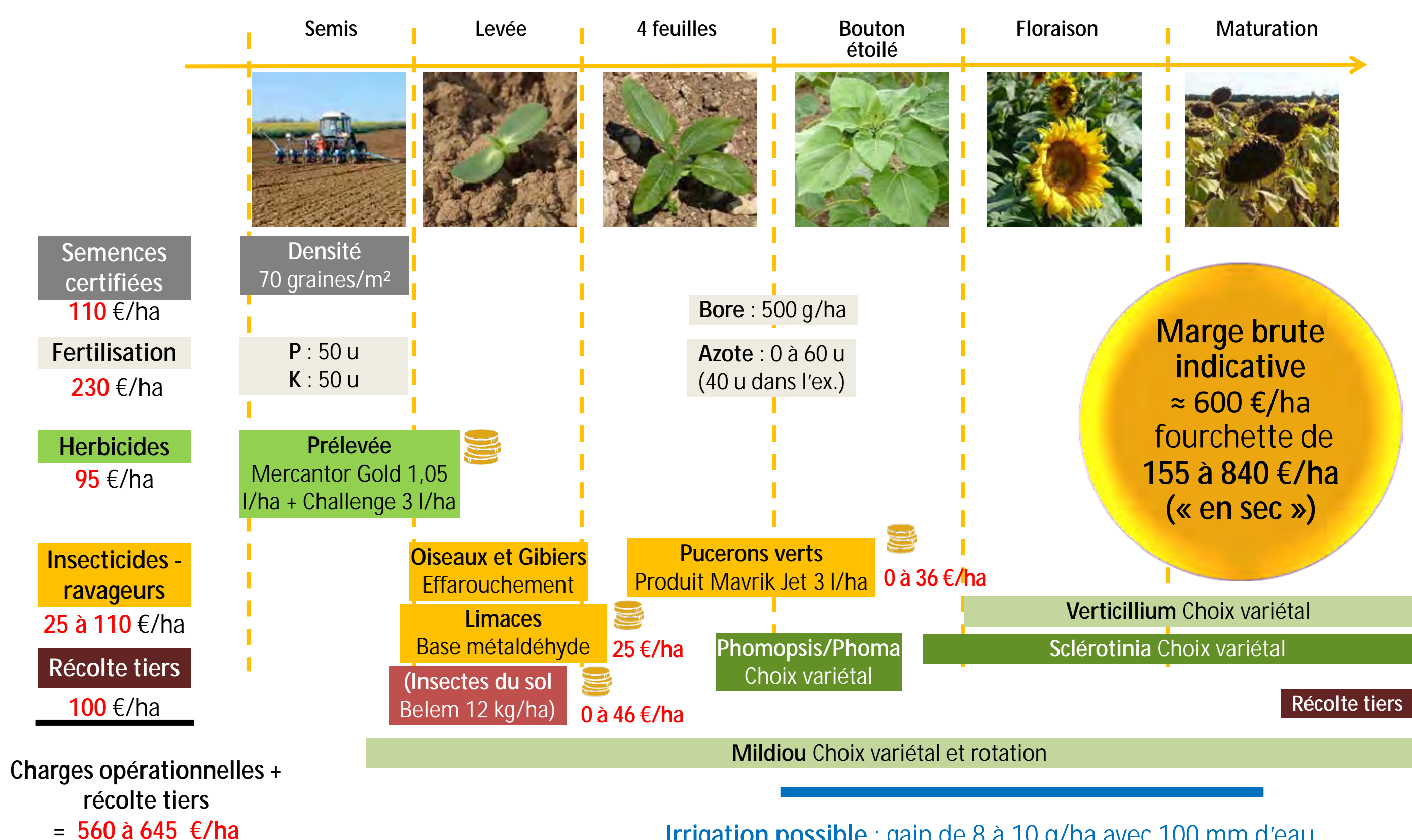
Facteurs de risque et facteurs aggravants

- è pH supérieur à 7.0
- è Plus de 10% de calcaire actif dans le sol
- è Sols légers, filtrants et superficiels
- è Chaulage (blocage du bore)
- è Chocs thermiques entre « 10 feuilles » et « début floraison »
- è Retour fréquent du tournesol sans apport de bore



Exemple d'itinéraire technique du tournesol

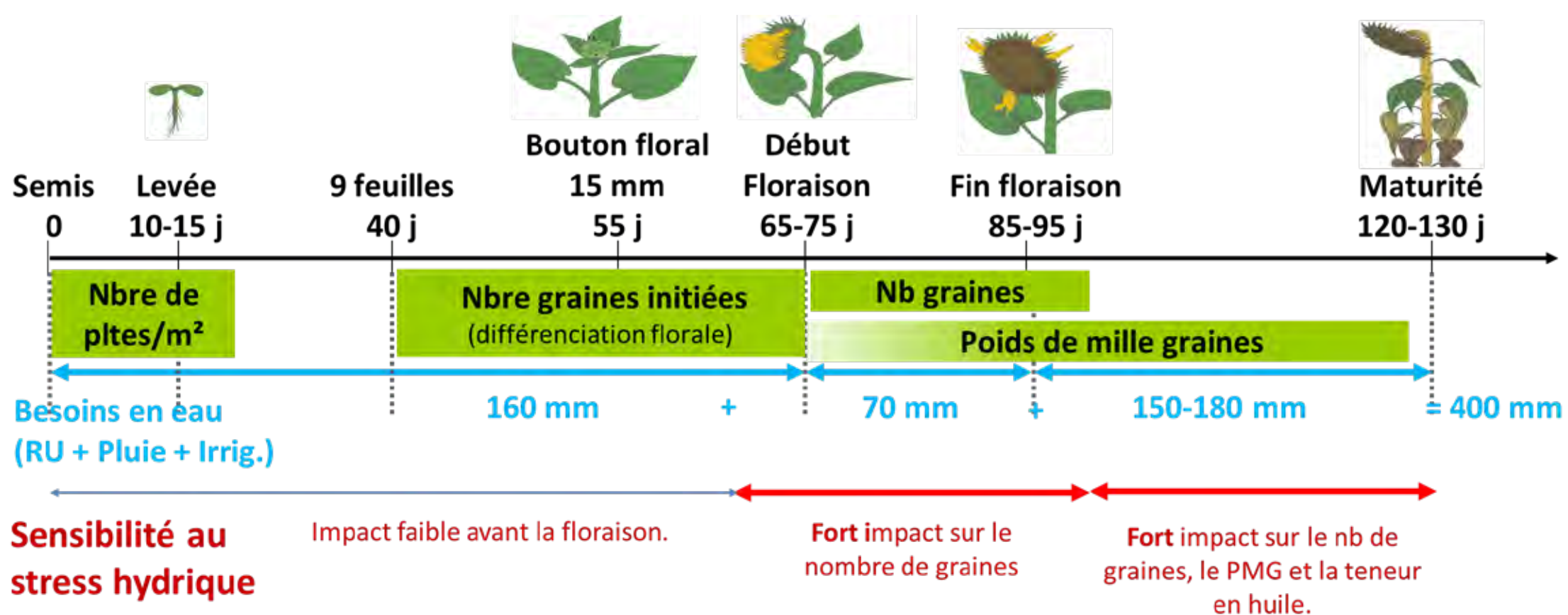
- Préparer son sol : interculture, structure, adventices
- Optimiser son choix variétal : débouchés, précocité, maladies, technologies
- Semer avant un réchauffement
- Adapter son désherbage : prélevée, post-levée, mécanique, mixte
- Gérer les bioagresseurs : limaces, oiseaux, pucerons verts
- Alimenter correctement : eau, NPK, bore



Rendement moyen : 20-30-35 q/ha en sec
 Prix de vente indicatif : 400 €/t
 Produit brut indicatif : 800-1200-1400 €/ha

Irrigation du tournesol : réussite et atout économique

Les besoins en eau



- Mécanismes d'endurcissement avant floraison
- Obtenir un développement foliaire modéré avant floraison (IF= 2.5) , éviter un feuillage exubérant
- Maintenir la surface foliaire « verte » pour assurer un bon fonctionnement jusqu'à maturité

Bonnes conduites d'irrigation

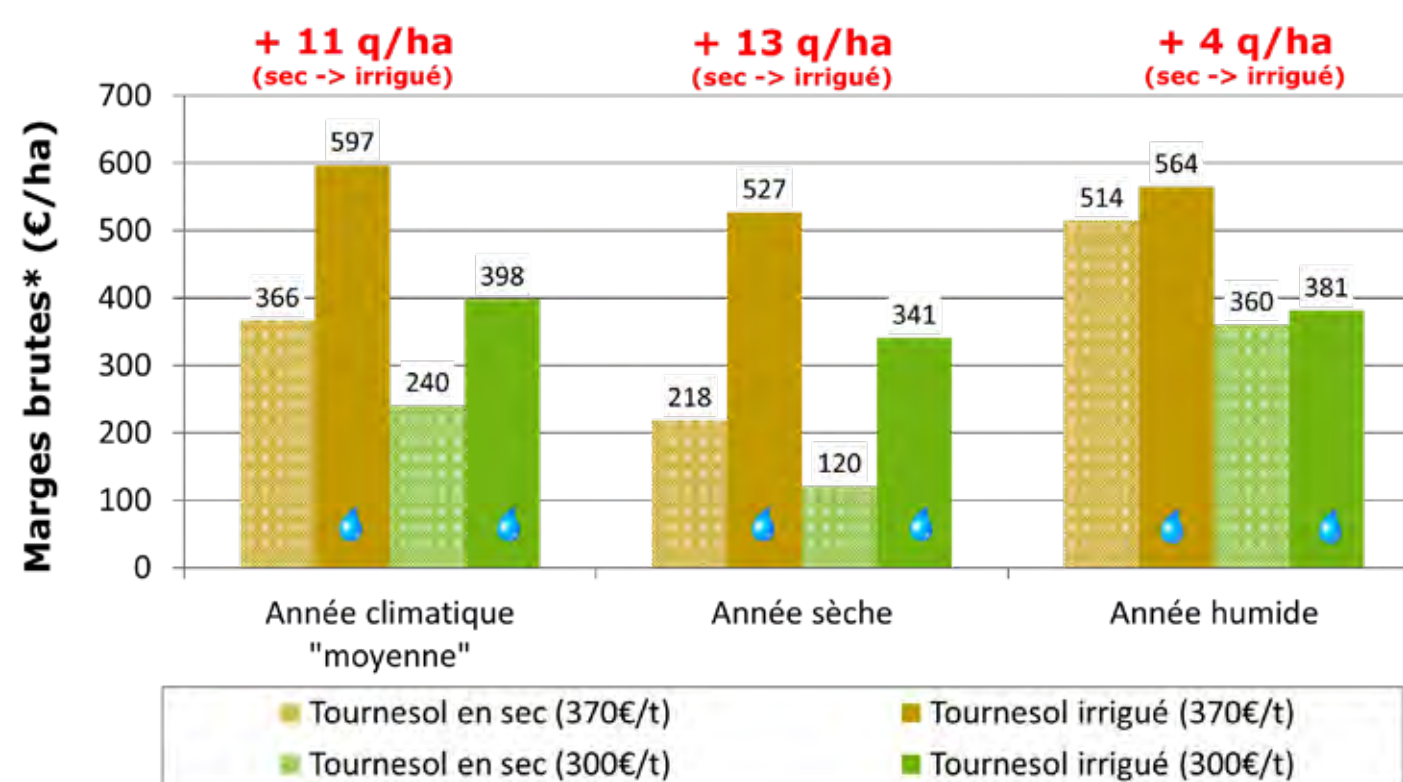
1 à 3 apports d'eau au bon moment pour maximiser l'efficacité de quantités limitées d'eau d'irrigation
Privilégier les variétés très peu ou peu sensibles au sclérotinia et au phomopsis

Je dispose de :

Croissance au stade bouton	1 tour d'eau 30/40 mm	2 tours d'eau 60/80 mm	3 tours d'eau 90/120 mm
faible à modérée	<ul style="list-style-type: none"> • Juste avant la floraison 	<ul style="list-style-type: none"> • Juste avant la floraison • Puis fin floraison 	<p>EN SOL SUPERFICIEL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bouton étoilé • Début floraison • Puis fin floraison
normale à exubérante	<ul style="list-style-type: none"> • Fin floraison 	<ul style="list-style-type: none"> • Fin floraison • Puis 10 jours plus tard 	<p>EN SOL PROFOND</p> <ul style="list-style-type: none"> • Début floraison • Fin floraison puis 10 jours plus tard

Intérêt économique de l'irrigation

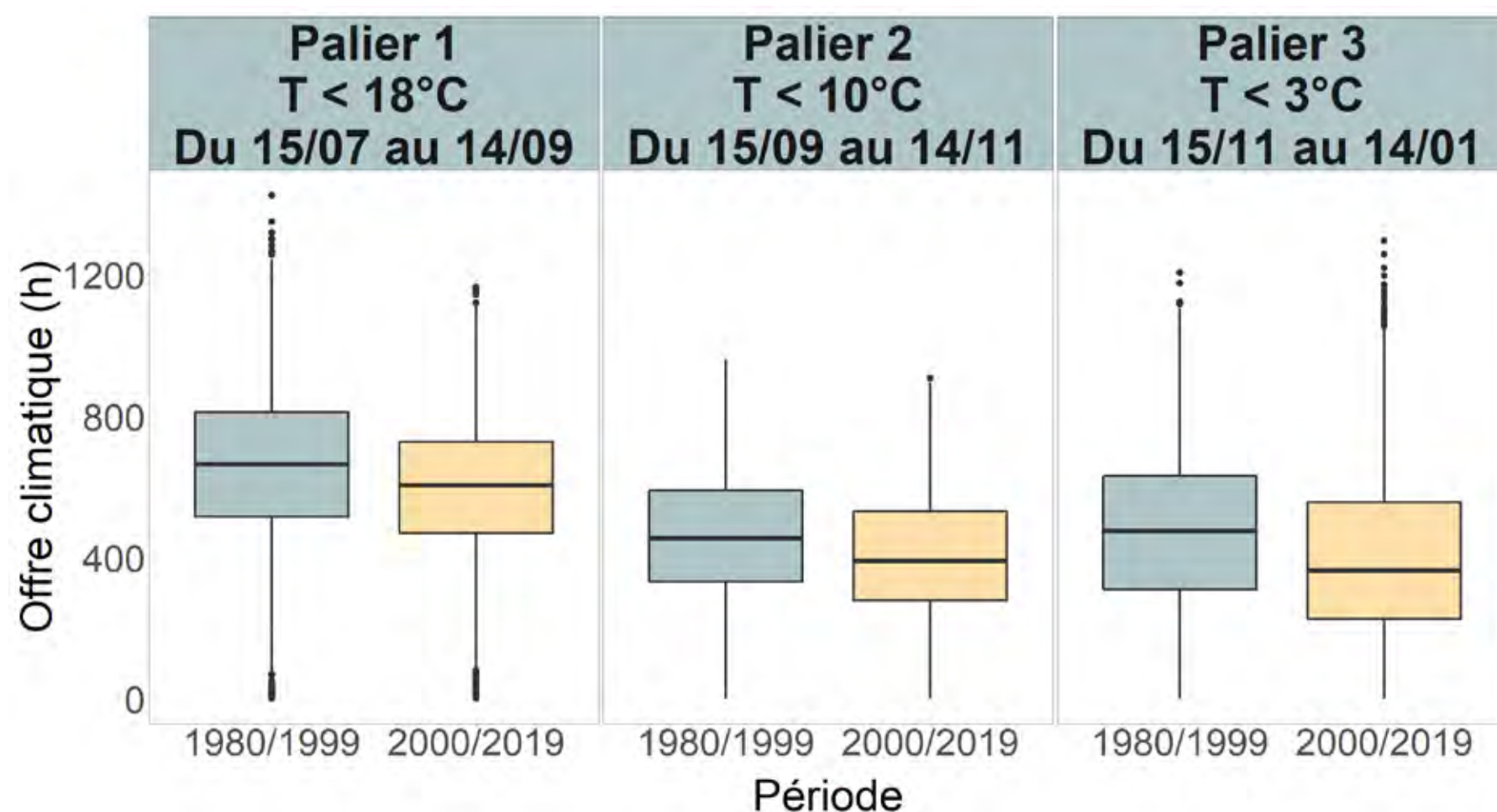
- Très bonne réponse à l'eau
- Efficacité moyenne : ~ 10 q/ha pour 100 mm d'eau d'irrigation
- L'irrigation améliore grandement la marge brute



Une offre climatique en baisse

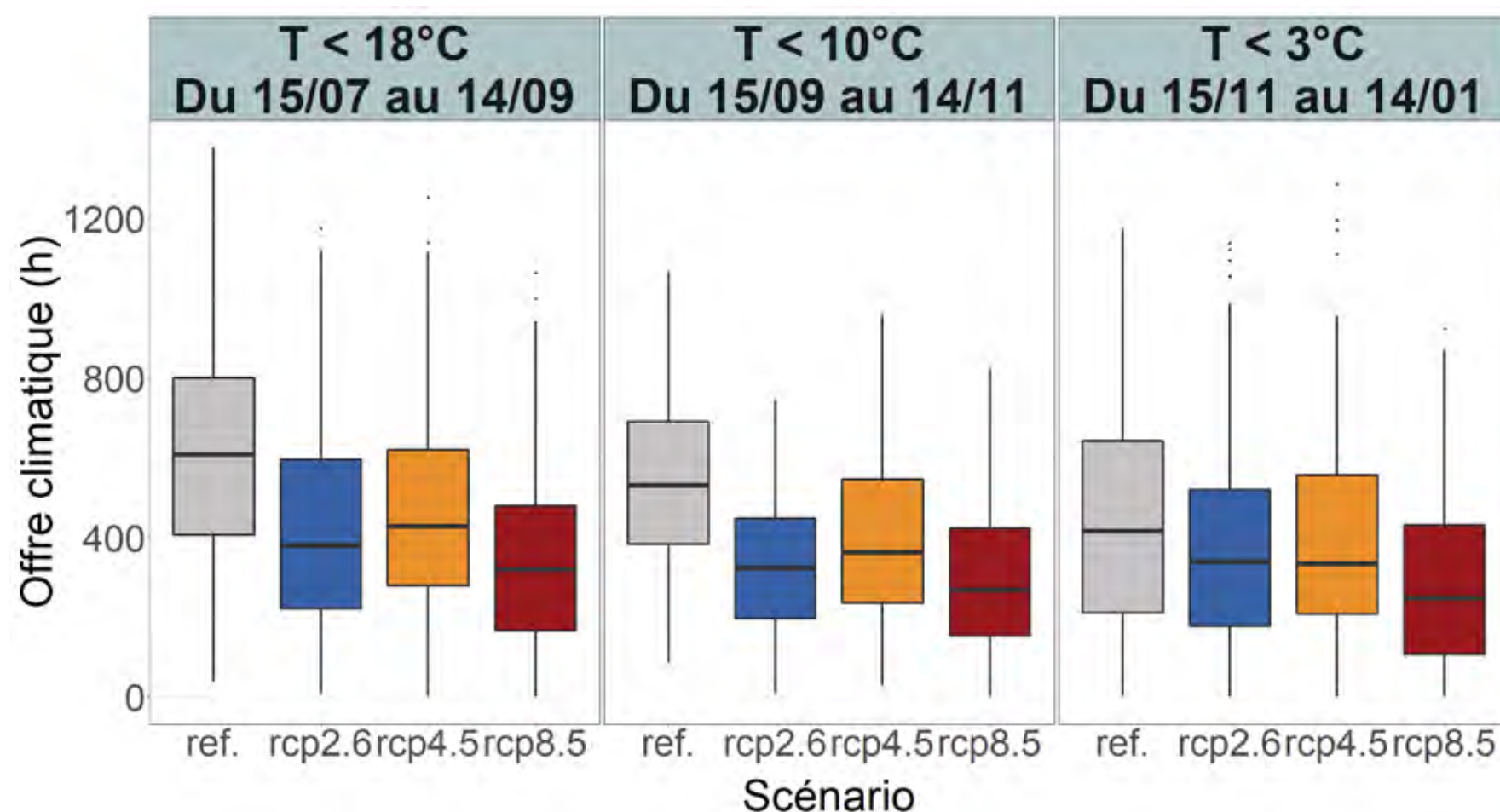
L'offre climatique est le nombre d'heures où la température est inférieure au seuil de déclenchement des ventilateurs. Arvalis préconise de refroidir le blé en trois paliers successifs, calés sur les évolutions de température saisonnières.

Regard sur le passé récent (1980/2019 – 191 stations)



En moyenne, l'offre climatique a baissé de 7 à 12 % depuis la période 1980/1999

Projection à moyen terme (2041/2060 – 11 stations)



Selon les scénarios, la baisse de l'offre climatique moyenne serait de 15 à 45 % par rapport à 1980/1999.



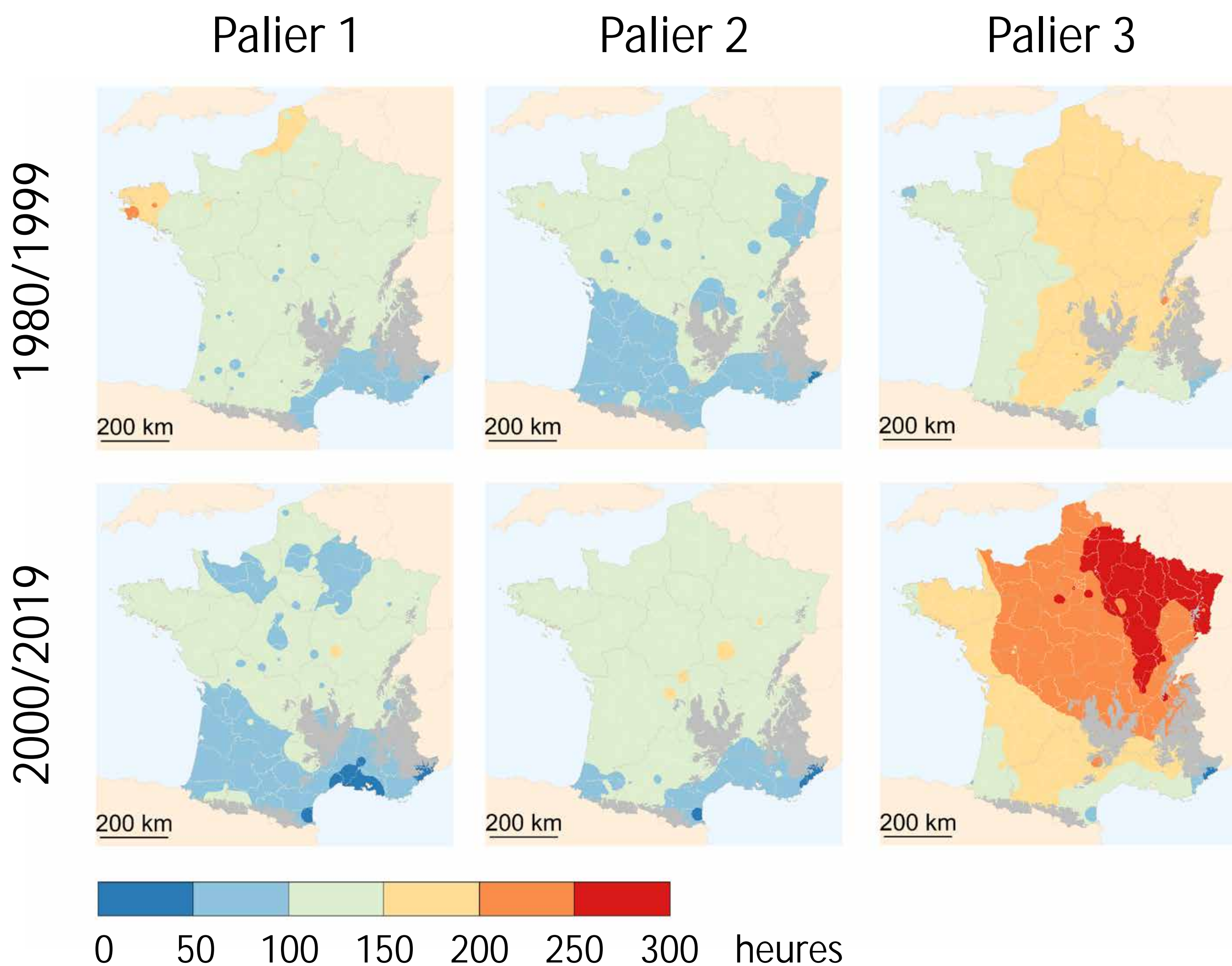
Combien d'heures pour refroidir un silo fermier ?

En général, 40 à 50 heures de ventilation suffisent à refroidir une cellule métallique de blé.

Des variations plus importantes d'une année sur l'autre

La durée et l'intensité des événements extrêmes comme les vagues de chaleur sont renforcées par le changement climatique. Quelles en sont les conséquences sur l'offre climatique ? Toutes les régions sont-elles touchées de la même manière ?

Cartographie des écart-types de l'offre climatique



Palier 1 : diminution des écart-types dans le Sud -> il sera toujours difficile de refroidir le grain à 20°C

Palier 2 : moins de variabilité dans le Sud-Ouest

Palier 3 : augmentation importante de la variabilité dans le Nord-Est -> les possibilités de refroidissement à 5°C seront très différentes d'un hiver à l'autre

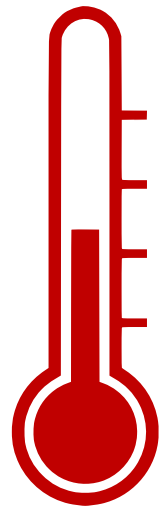
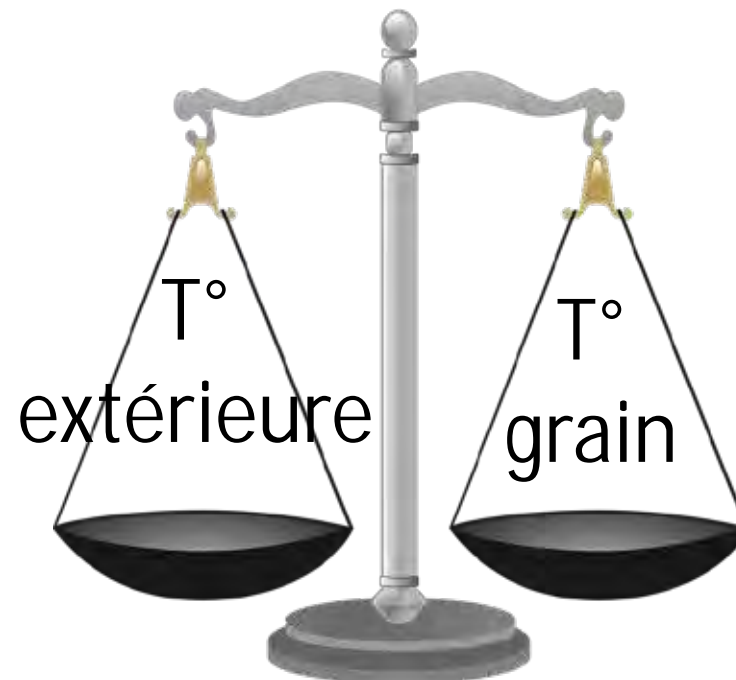
S'adapter à une offre de froid réduite

Ventiler plus rapidement

En augmentant le **débit**
du ventilateur



En étant au plus **proche**
de l'offre climatique
à Profiter de chaque
moment favorable



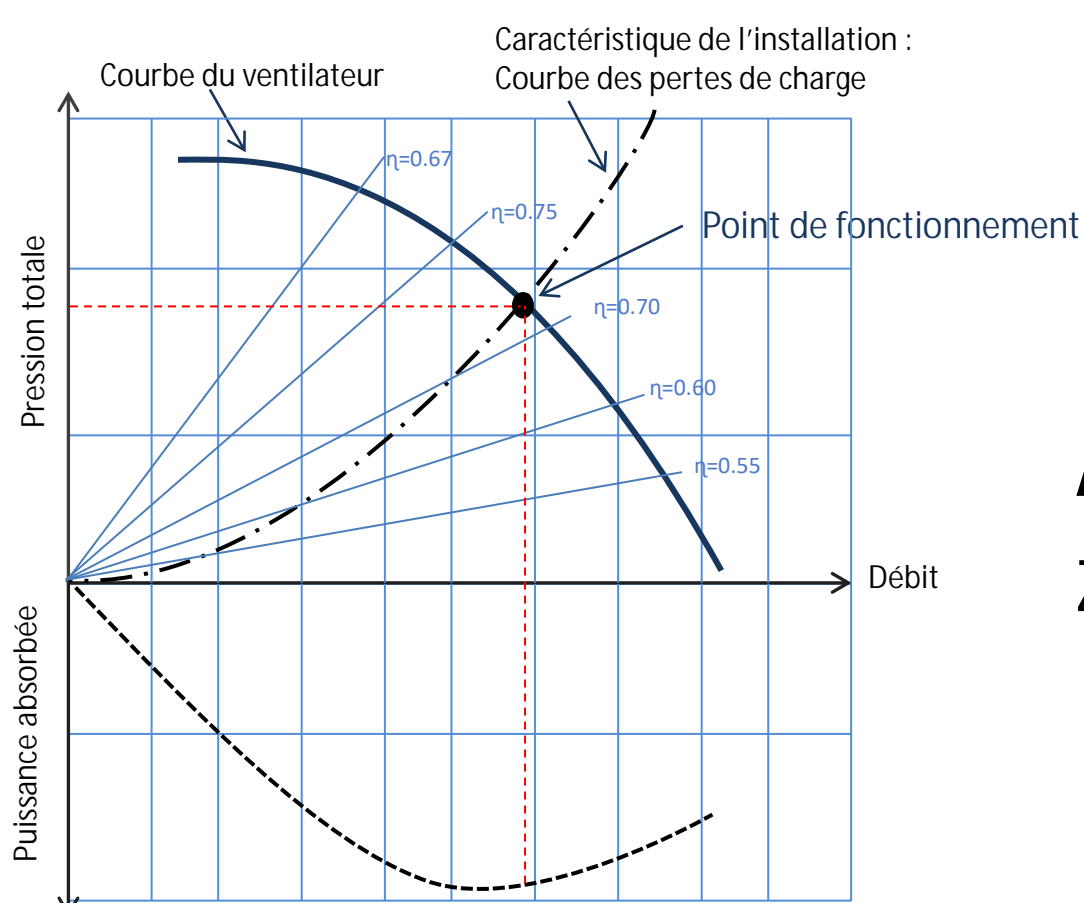
En contrôlant la température du
grain pour ventiler assez mais pas
trop

Limiter le réchauffage de l'air en limitant les pertes de charges



Avec des **diffuseurs d'air**
adaptés et performants et pas
des tuyaux de drainage

Ventiler du **grain propre et trié**
facilite le passage de l'air



Avec un ventilateur fonctionnant en
zone de **rendement optimal**

Bien équipé pour bien ventiler

Un système de thermométrie pour suivre le bon déroulement des phases de ventilation, surveiller la conservation des grains et détecter précocement les échauffements ponctuels

Un système de pilotage automatique de la ventilation couplé à un thermostat pour profiter de toutes les heures efficaces et seulement des heures efficaces

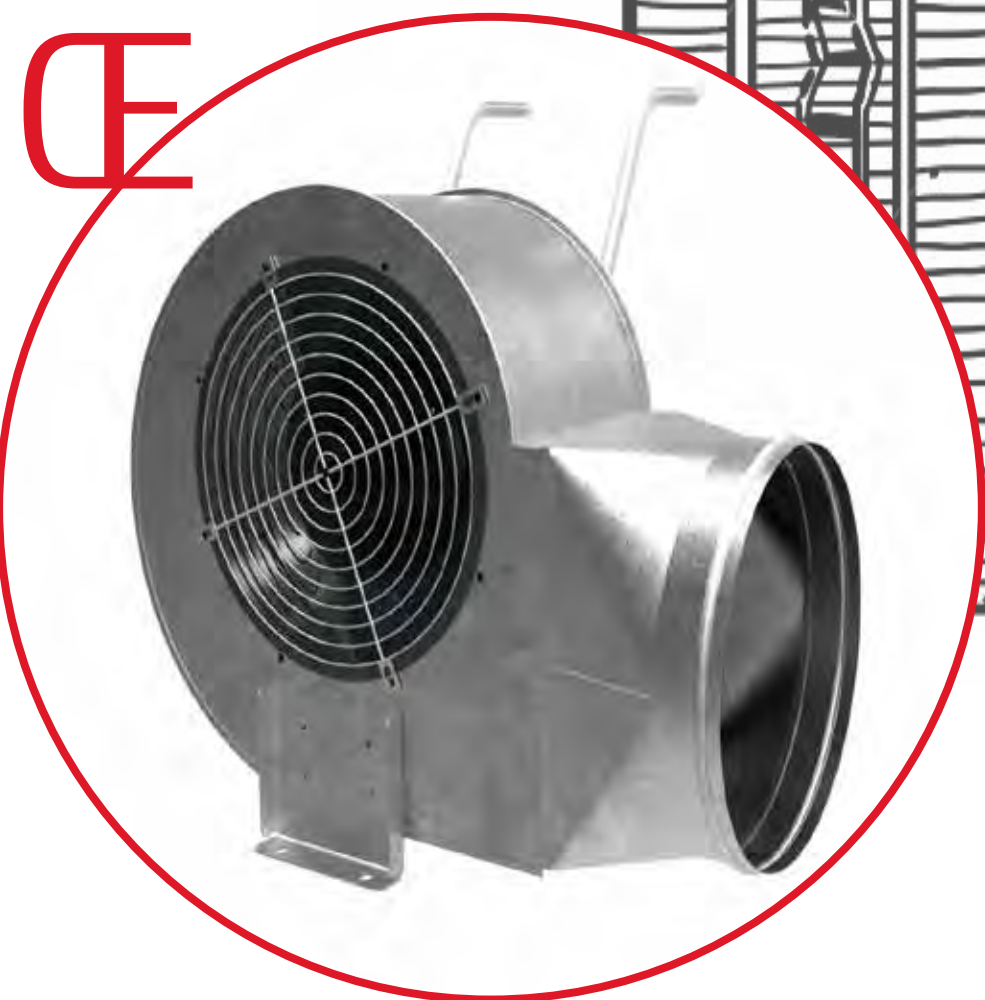


Un réseau de distribution d'air performant offrant la plus faible résistance possible au passage de l'air. Le taux de perforation doit être supérieur à 10 %



Un ventilateur adapté qui possède :

- un débit spécifique suffisant pour refroidir le grain dans un délai suffisamment court;
- une pression suffisante pour assurer le passage de l'air dans le réseau et le grain;
- la plus faible consommation d'énergie électrique possible.



Pour choisir son ventilateur <https://ventilis.arvalis-infos.fr/ventilis-agri/accueil>

Des outils pour vous aider...

- **À piloter vos ventilations :**

Outil d'aide au refroidissement des grains à la ferme :

Le coffret Sec-LIS® déclenche automatiquement la ventilation dès que la température extérieure est suffisamment basse



Contact : contact@mte-silo.com

- **À choisir un ventilateur adapté à vos besoins :**



Venti-LIS® agri aide les agriculteurs à choisir un ventilateur adapté à leur stockage, ou leur permet de vérifier que leur ventilateur actuel correspond bien à leur installation.

<https://ventilis.arvalis-infos.fr/ventilis-agri/accueil>

- **À auditer vos pratiques :**



Venti-LIS® audit vous permet d'auto-évaluer vos pratiques de stockage à la ferme, pour préserver au mieux la qualité de vos grains.

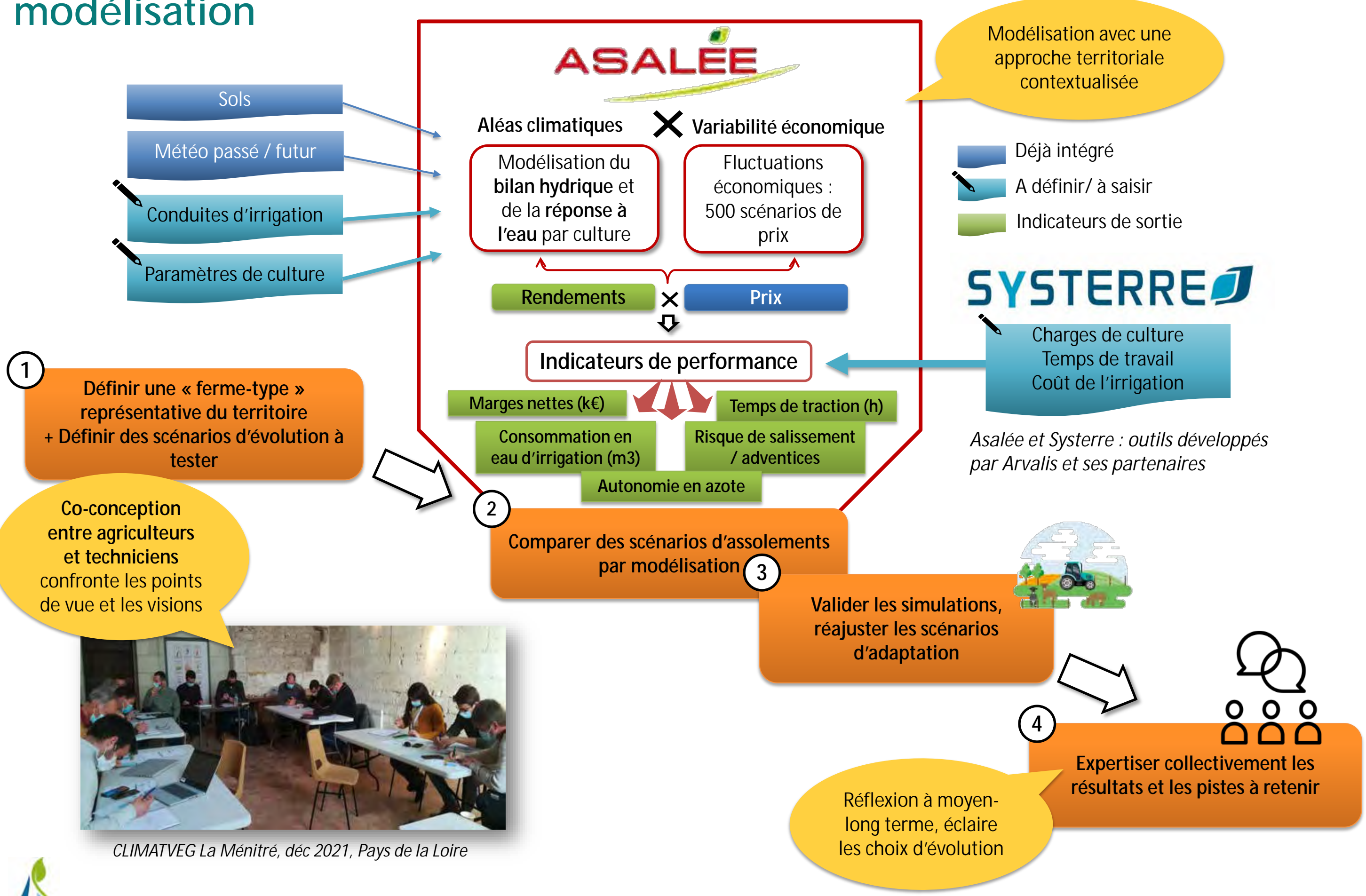
<https://ventilis.arvalis-infos.fr/ventilis-audit/accueil>

- **À reconnaître les insectes des grains :**



S'adapter face au changement climatique : la démarche ASALEE

La démarche ASALEE basée sur des ateliers de co-conception et sur la modélisation

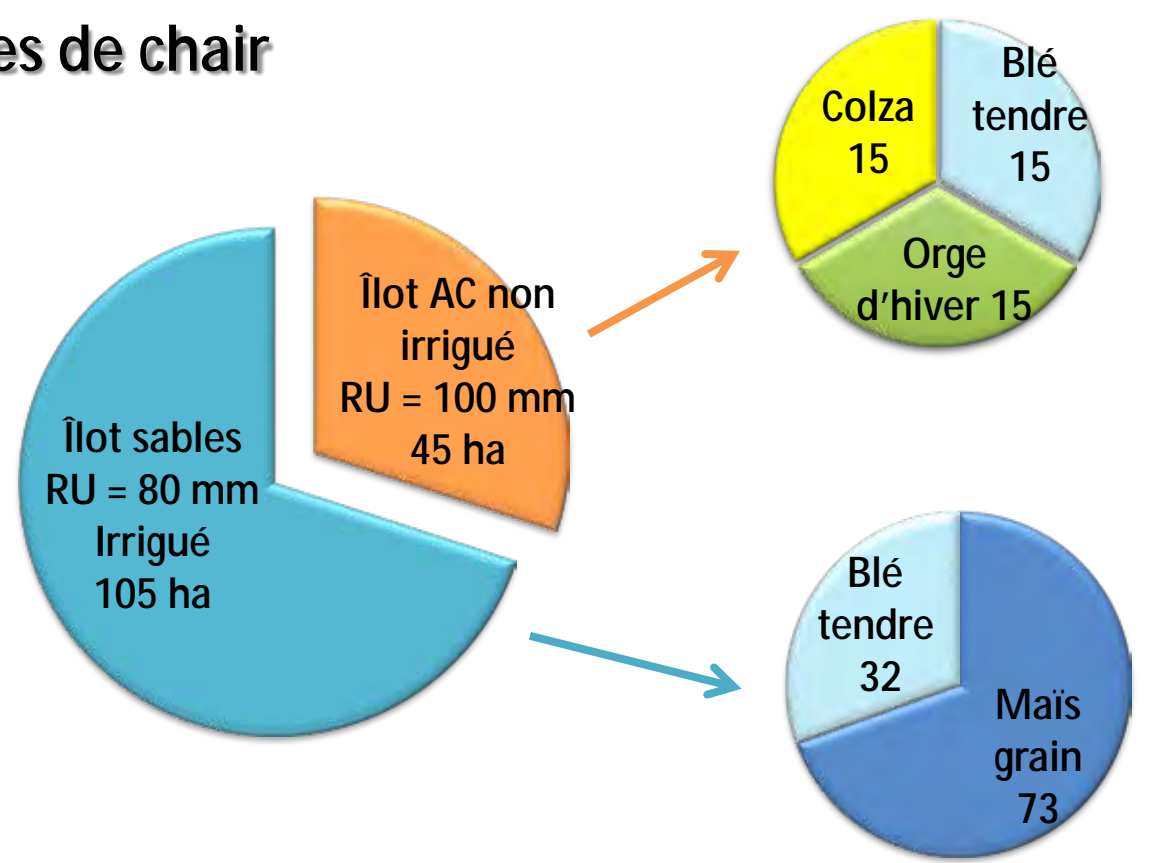


Focus sur le territoire Sarthe - Projet CLIMATVEG Pays de la Loire *

Exploitation de référence : cultures et élevage de volailles de chair

- 150 ha de cultures annuelles, 1 UTH / production végétales, 4 poulaillers
- Surface irrigable : 105 ha, sols à faible RU
- 300 000 m³ max disponibles prélevés en rivière, 1 pivot, 2 enrrouleurs
- 73ha irrigués en été – 1 600 m³/ha
- Coût total d'accès à l'eau : 0,16 € / m³

Indicateurs à l'échelle de l'exploitation – climat actuel	
Marge nette médiane totale avec aides	35 175 €
Volumes d'eau consommé médian	234 €/ha
Temps de traction total h/UTH/an	167 549 m ³
	948 h/an



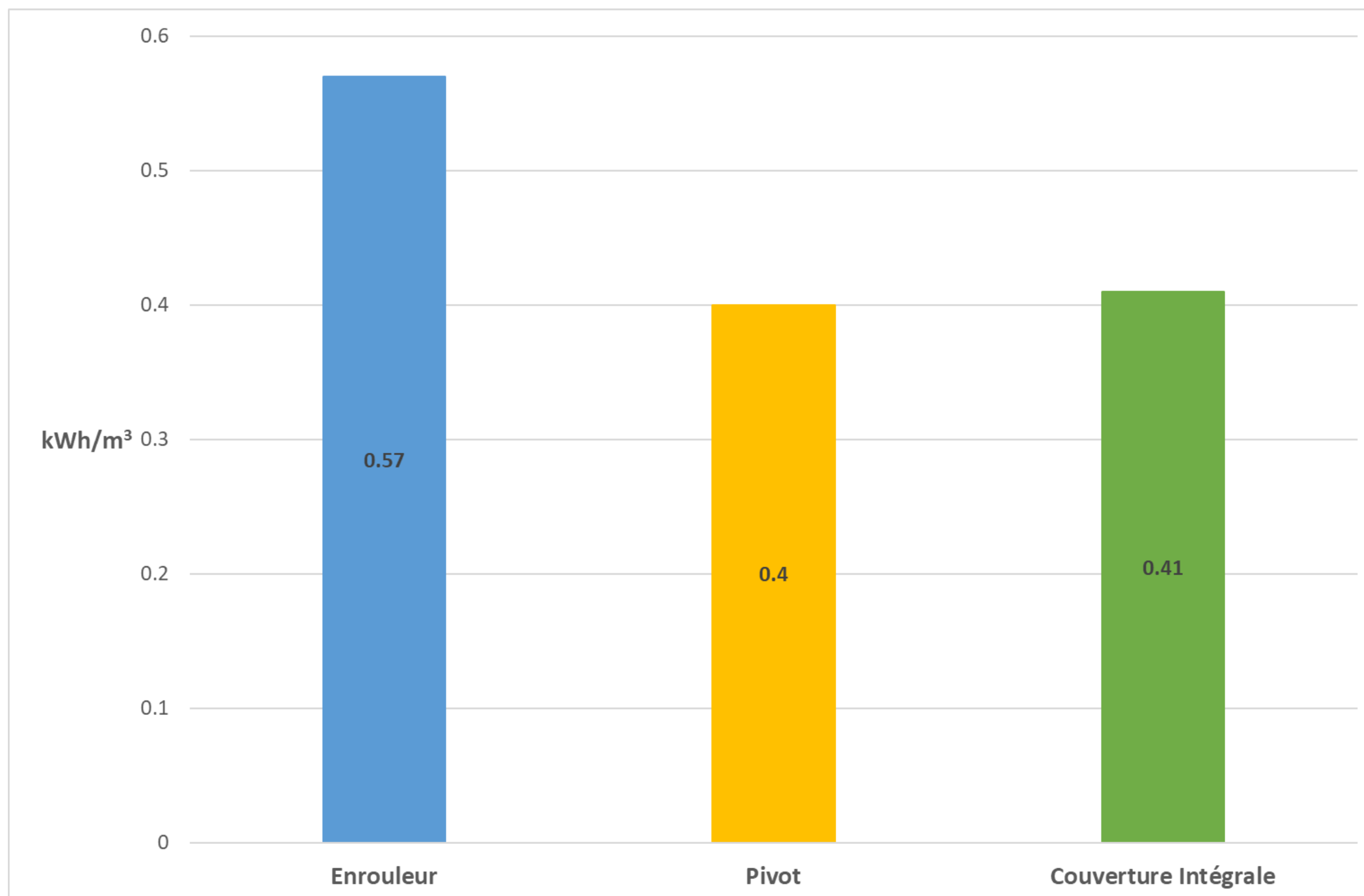
Scénarios d'adaptation testés

1	2	3
Développement de l'activité culture et élevage	Développement des protéines végétales alimentation humaine et oléo-protéagineux	Réduction de l'irrigation compensée par agrandissement et assolement cultures hiver
+50 ha, 8 poulaillers	+50 ha, 4 poulaillers	+70 ha, 4 poulaillers
+0.5 UTH	+0.5 UTH	+0.5 UTH
+50 ha irrigués	+3 ha irrigués	+11 ha irrigués

Évolution en climat futur par rapport à la situation actuelle

Analyse pluri-critères, approche globale	Sans adaptation	Scénarios testés			
		1	2	3	
Ressource en eau	rivière	réserve + rivière	rivière	rivière	rivière
Conso. eau d'irrigation / ha	+11%	+17%	+17%	-30%	-55%
€ Marge nette	-53%	-48%	-27%	-23%	-23%
h Temps de traction	+1%	-6%	-6%	-20%	-24%
Autonomie en azote (indice)	100	150	150	75	68
Pression adventices / rotations	--	-	-	-	--

Consommation énergétique des matériels d'irrigation



kWh /m³ Installations électriques en vallée de Garonne (pompage rivière sans dénivelé) ¹

	Canon-enrouleur	Pivot / Rampe frontale	Rampe tractée par enrouleur	Couverture intégrale	Goutte à goutte de surface	Goutte à goutte enterré
Consommation énergétique	+++	+(+)	++	++	+	+

Si la pompe est adaptée au système
(+ faible consommation +++ consommation élevée)

Pour estimer sa consommation énergétique

- Avant et après une position d'irrigation moyenne
 - Relevé compteur eau
 - Relevé compteur électrique
- Faire le ratio

¹Volet irrigation EDEN 2012-2013-2014-2015 ARVALIS CA31 INRAE (financement CASDAR - Agence de L'Eau Adour-Garonne)

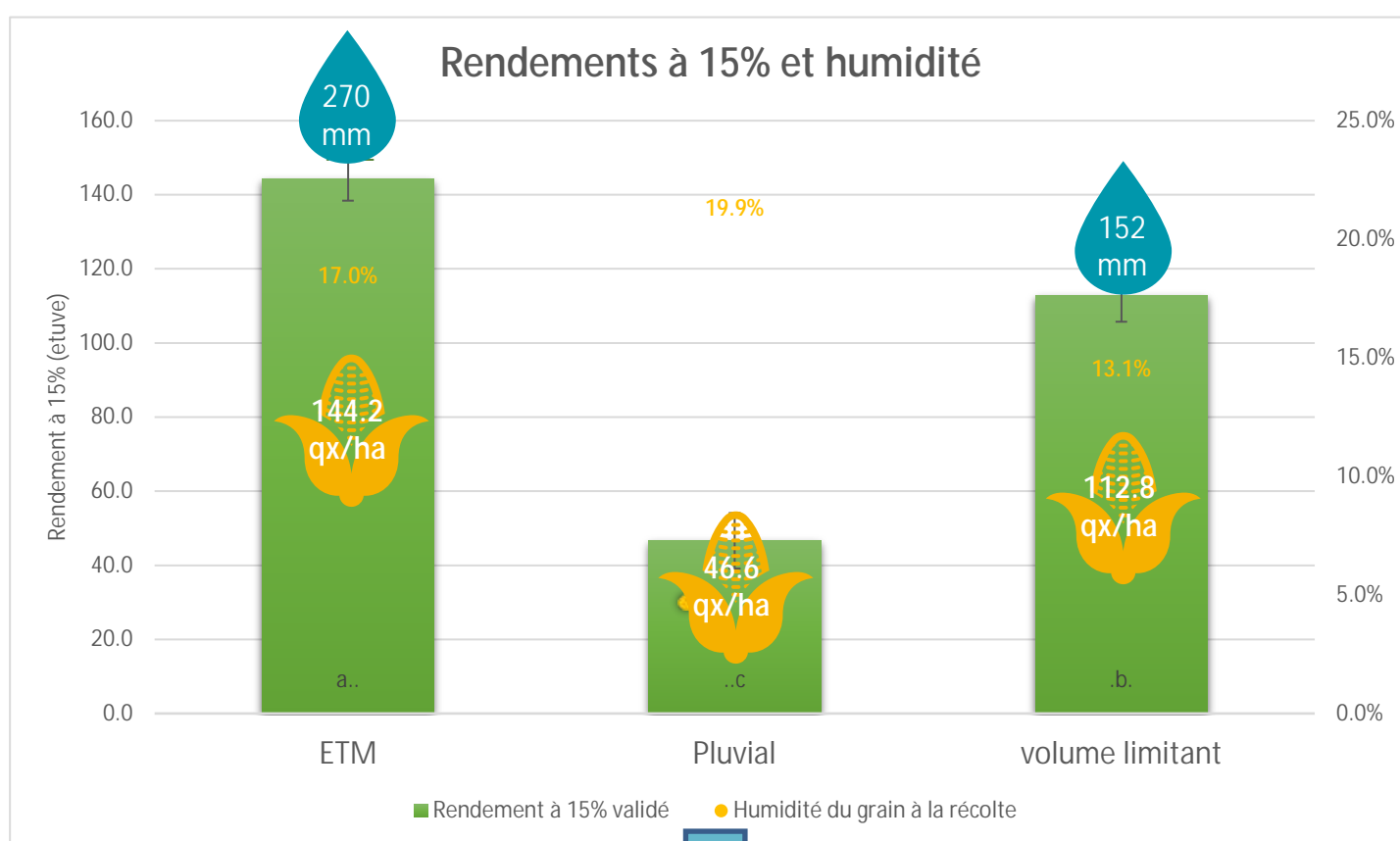
Irriguer avec un volume limitant Maximiser l'efficacité de l'eau

Apporter la bonne dose au bon moment

Essai Maïs – Le Magneraud 2022

Ø Irrigation à l'ETM vs Volume limitant

- Conduite ETM via Irré-LIS classique
- Conduite VL via IrréLis « VL » :



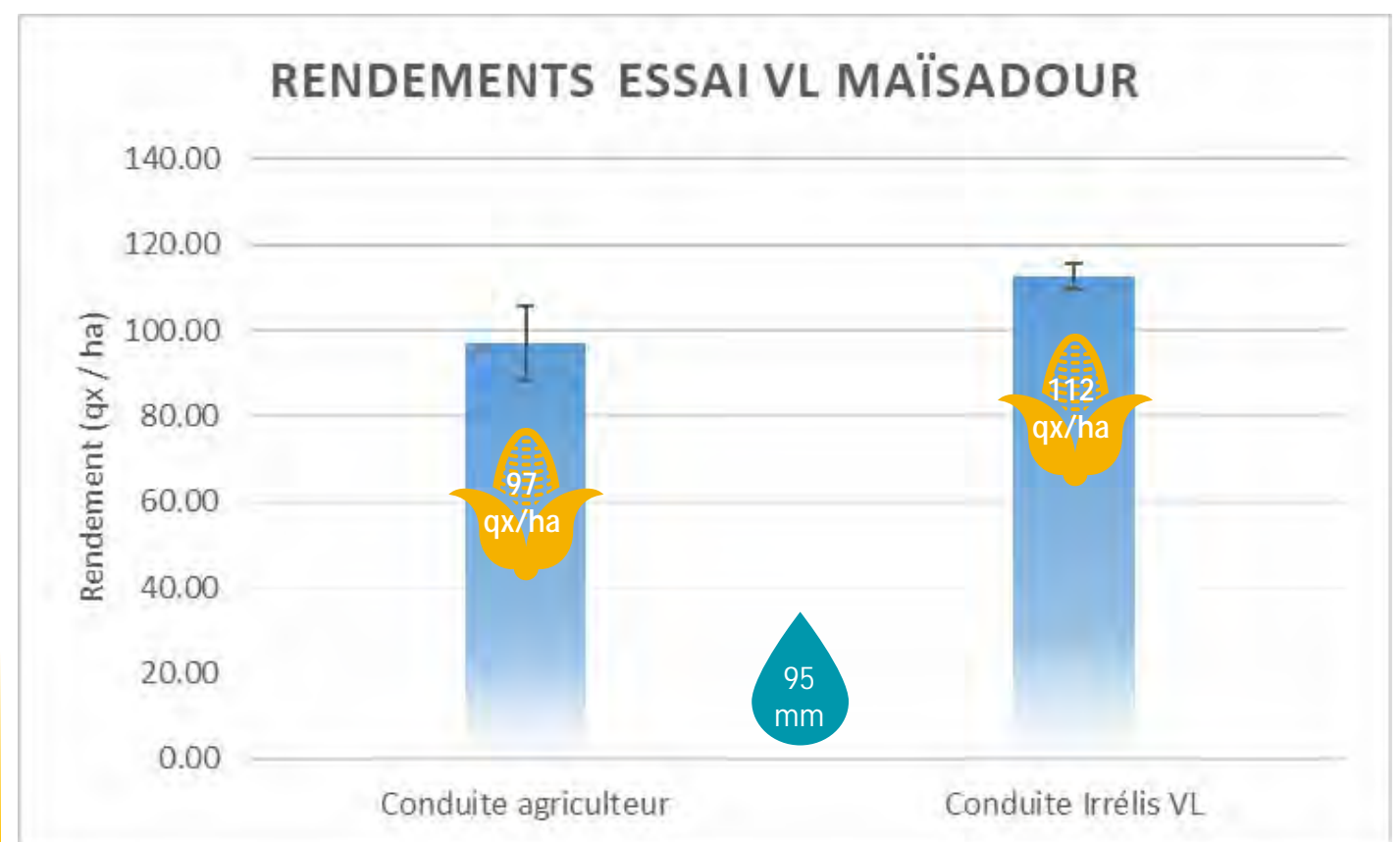
Conduite ETM	Efficiency Irrigation	Conduite VL
0.36 qx/mm		0.44 qx/mm

Efficiency de l'eau d'irrigation :
+ 7,42 qx/ 100 mm apportée en VL

Essai Maïs MAÏSADOUR – Gers 2022

Ø À volume identique (930 m³ /ha)

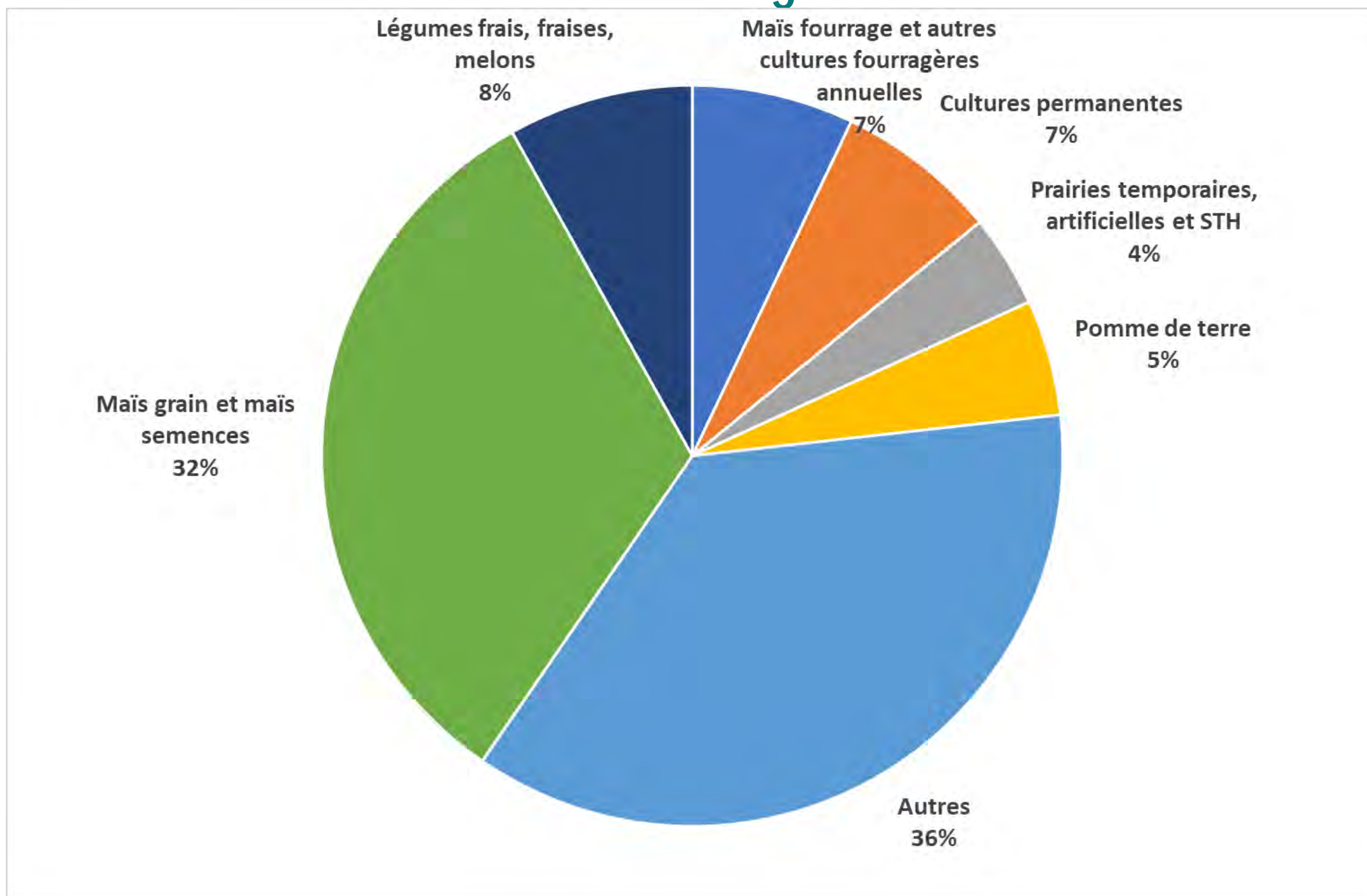
- Conduite agriculteur via Irré-LIS classique
- Conduite VL via IrréLis « VL » :



VL : +15 % de rendement par rapport
à la conduite IrréLis classique

- Irriguer en volume limité : apporter l'eau à des stades clés, adapter le tour d'eau en terme de doses et de temps de retour sur la parcelle
- À volume identique : une stratégie VL permet d'obtenir de meilleurs résultats techniques
- Par rapport à une situation non limitante : une stratégie VL permet de produire plus par mm apporté (meilleure efficacité de l'irrigation)

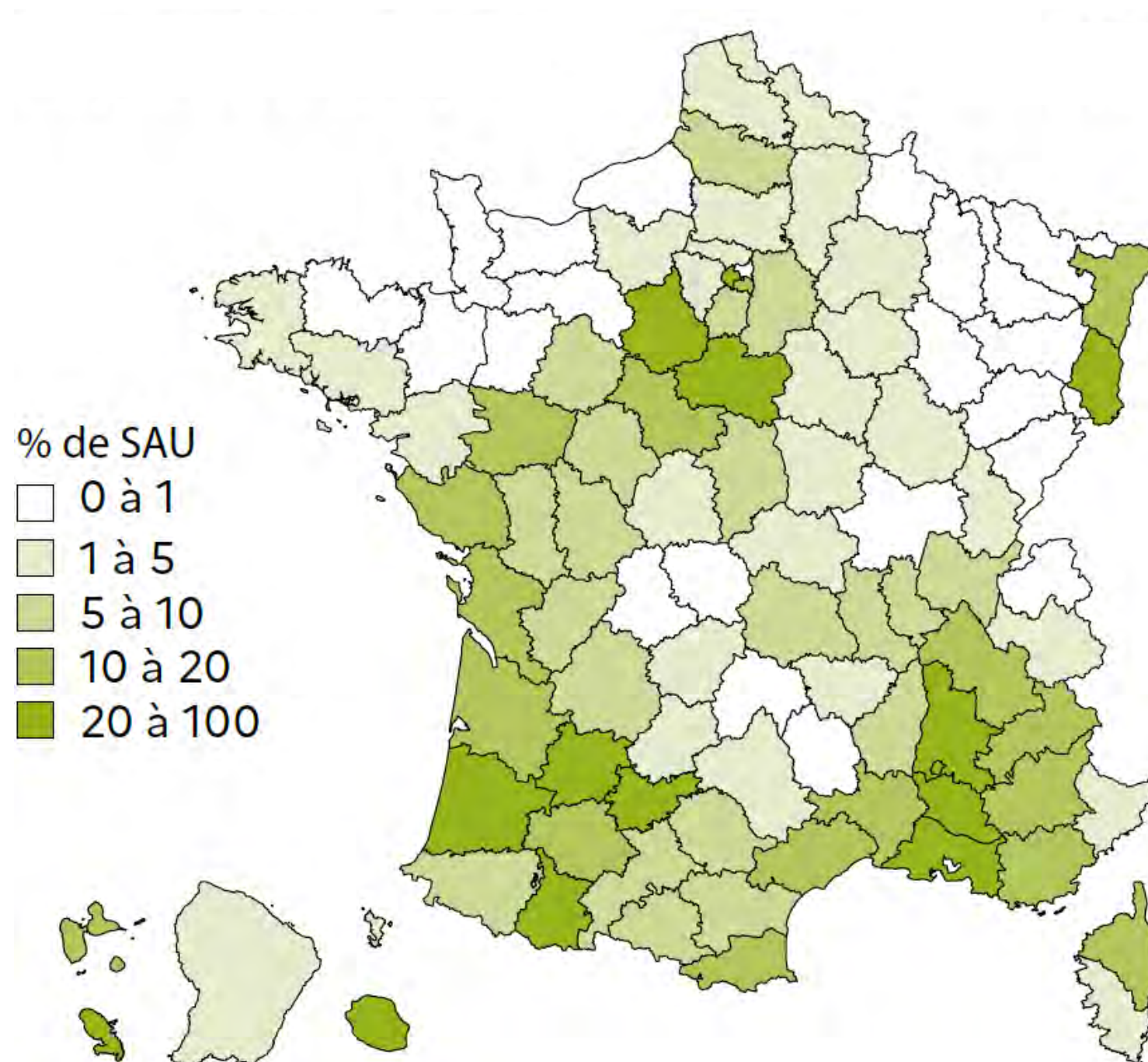
Part des cultures irriguées en France



Source : Agreste – Recensement agricole 2020

1,8 millions d'hectares

Part irriguée de la SAU



Source : Agreste – Recensement agricole 2020

Moyenne France : 6,8 %

Focus group « Solutions fondées sur la nature et gestion de l'eau »

Funded by the

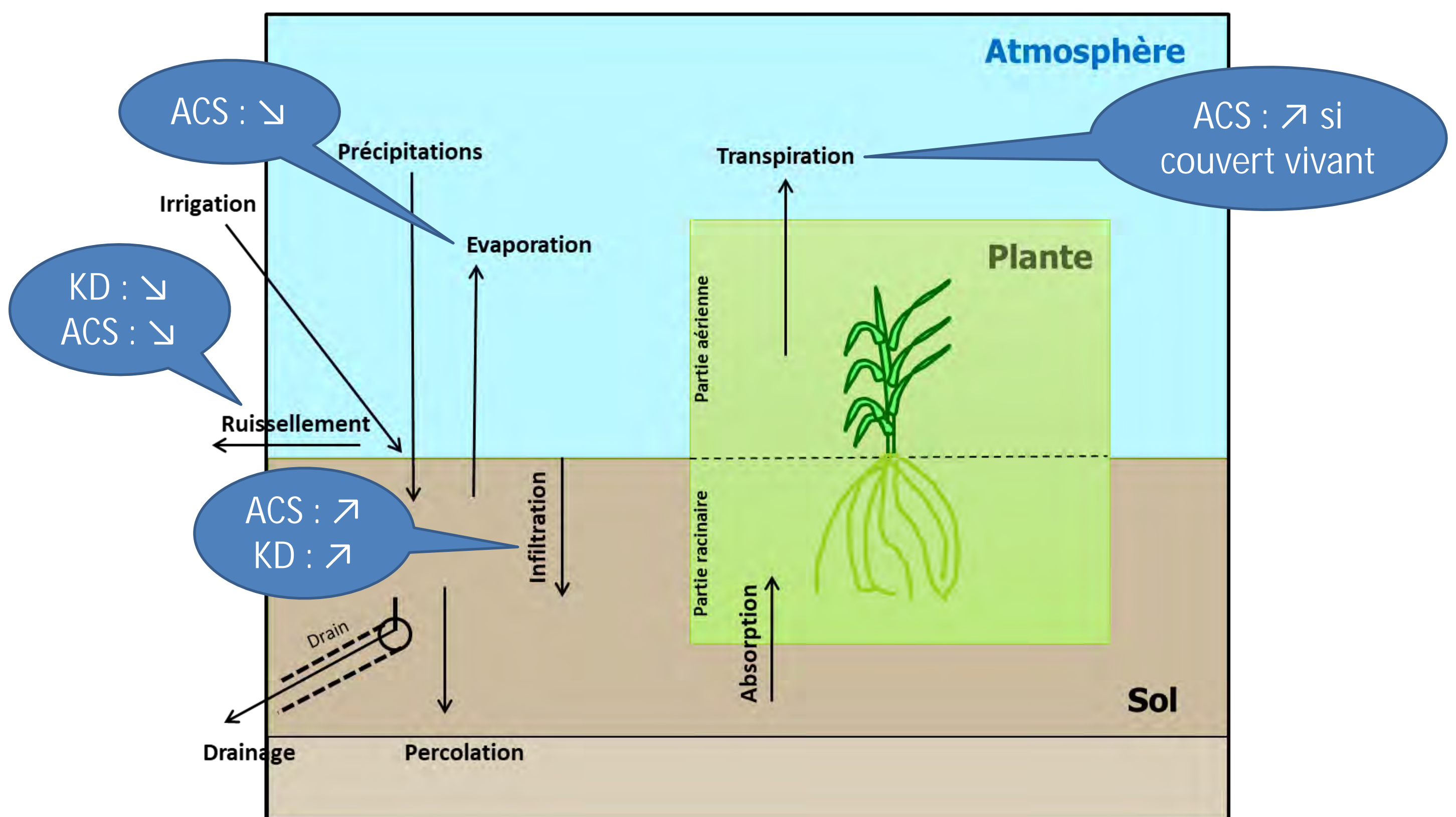


Exemples de SFN à l'échelle parcellaire

- Agriculture de conservation



- Keyline design



Etude de l'effet des pratiques sur le cycle de l'eau à l'échelle parcellaire

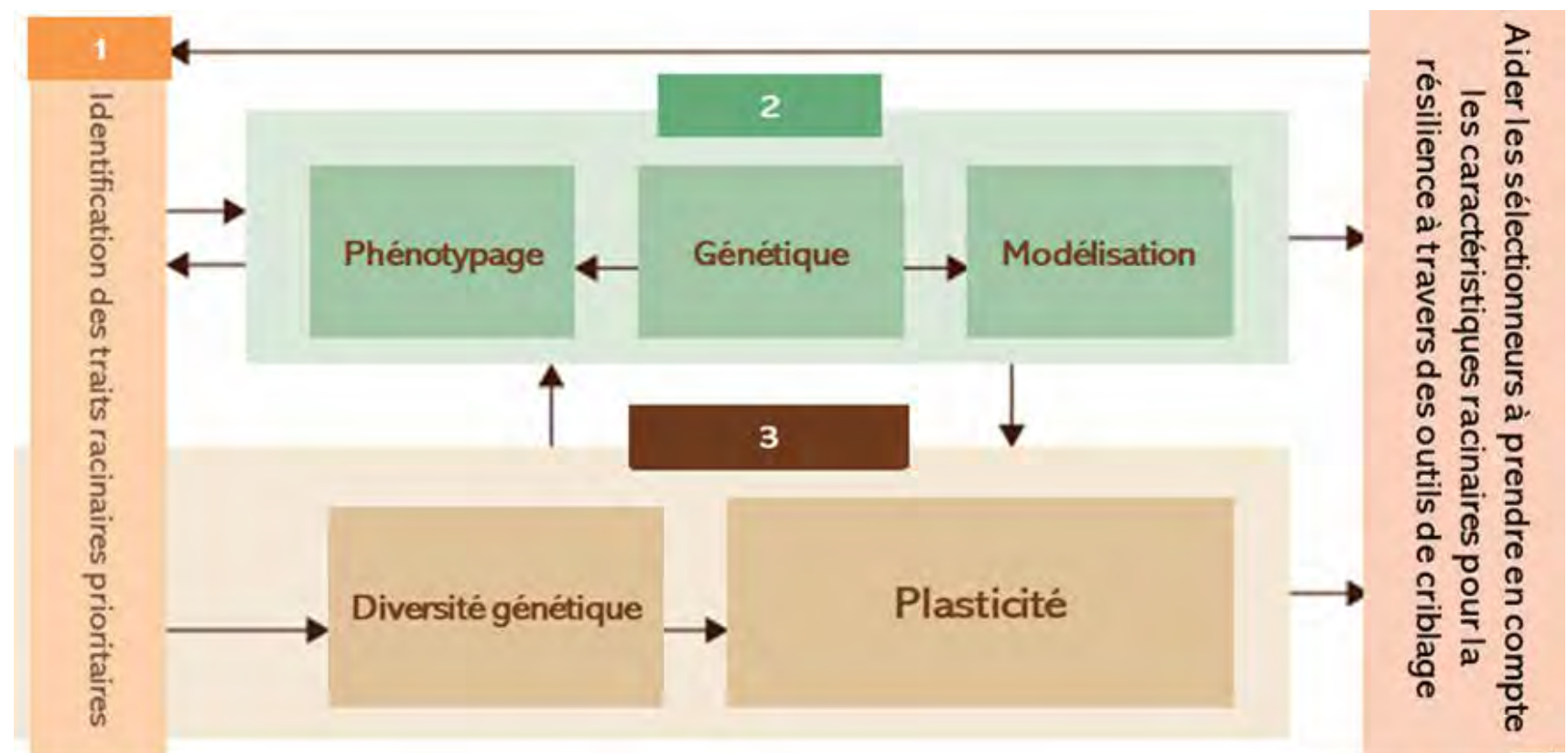
Sélectionner par les racines

Contexte et objectifs

Le projet européen **Root2Res** (2022 – 2027) étudie les **systèmes racinaires** comme leviers d'amélioration de la **résilience** des systèmes de culture aux effets du **changement climatique**. Il vise à fournir aux agriculteurs des variétés davantage résilientes vis-à-vis des stress thermiques et hydriques.

Méthodologie

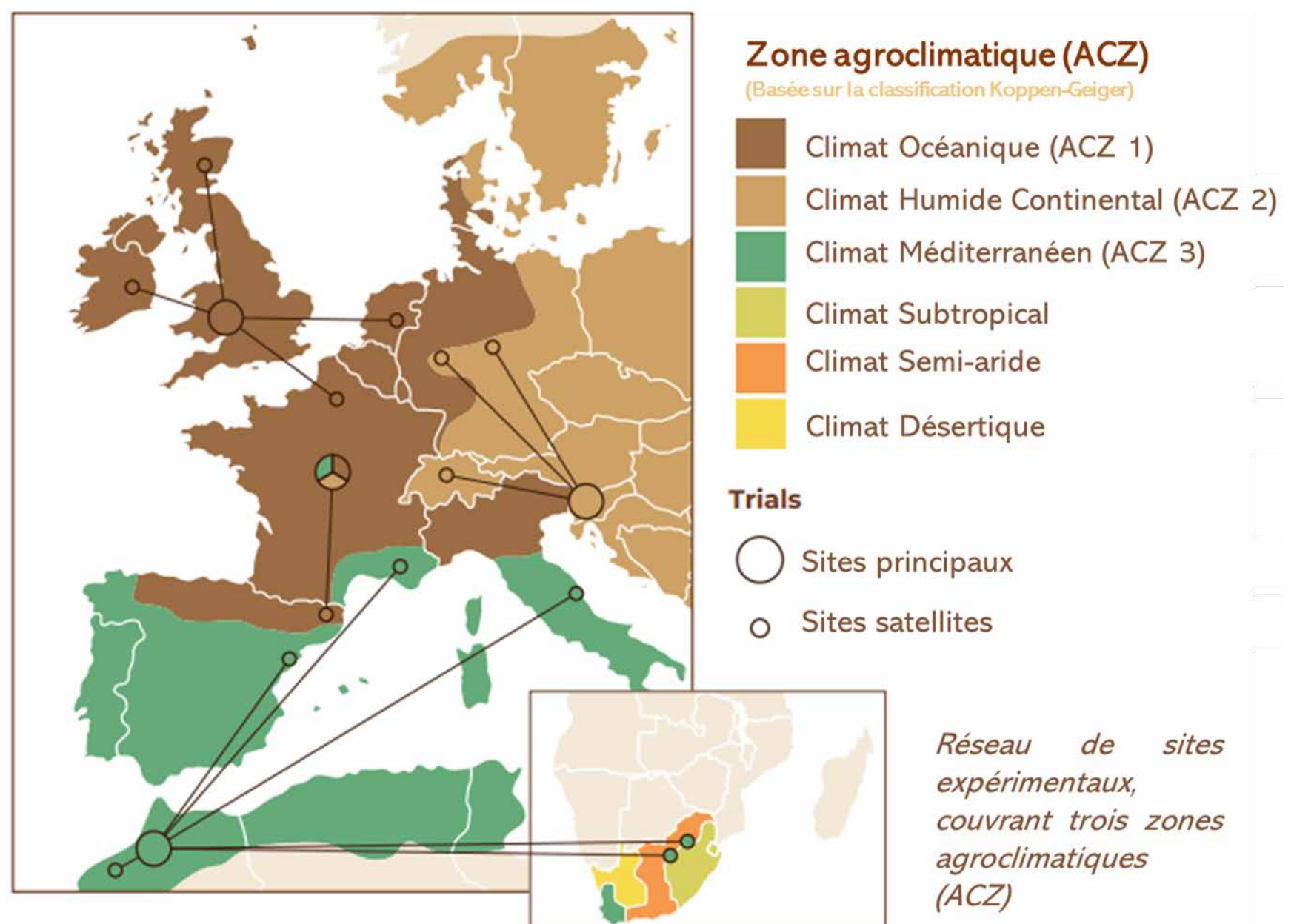
1 Identification et test des types de **variétés** les plus à même de répondre aux enjeux climatiques de demain, c'est-à-dire tolérantes aux stress abiotiques et qui stockent du carbone.



2 Développement d'une **boîte à outils** d'aide à la sélection et caractérisation variétale

Génétique	Phénotypage	Modélisation
Identification et développement de marqueurs moléculaires Germoplasmes innovants	Architecture racinaire Rhizosphère Envirotypage	Croissance racinaire Interactions au sein de la rhizosphère (microbiome, exsudats...) Réponses aux stress

3 Tester les variétés et quantifier la plasticité du phénotype racinaire dans un **réseau de sites expérimentaux** reflétant la variabilité du climat et des sols européens.



Céréales à paille et eau

Magneraud (17) Sols groies RU 150 mm

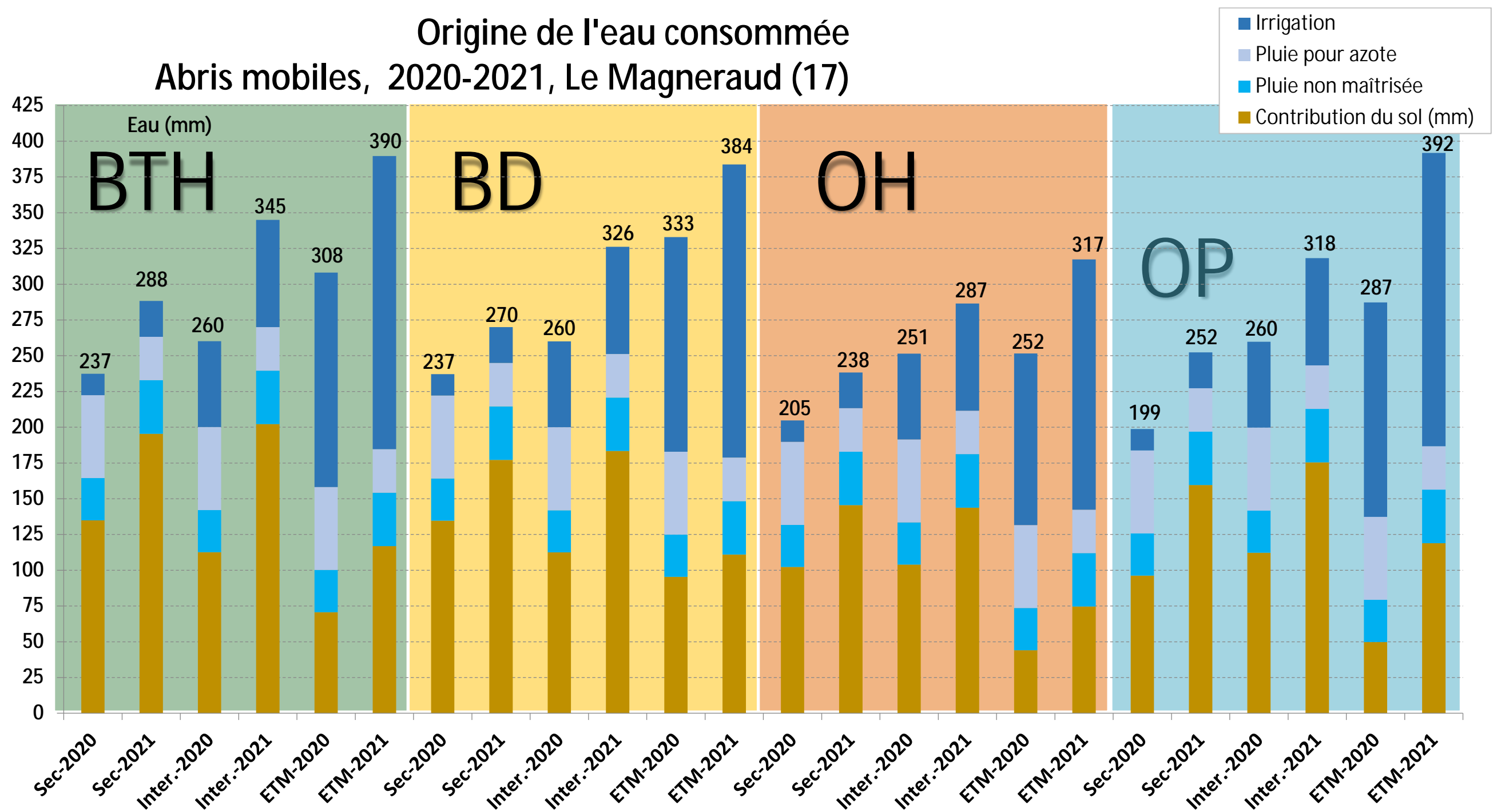
Semis céréales automne : 29/10/19 – 31/10/20

Semis orge printemps : 24/01/20 – 17/02/21

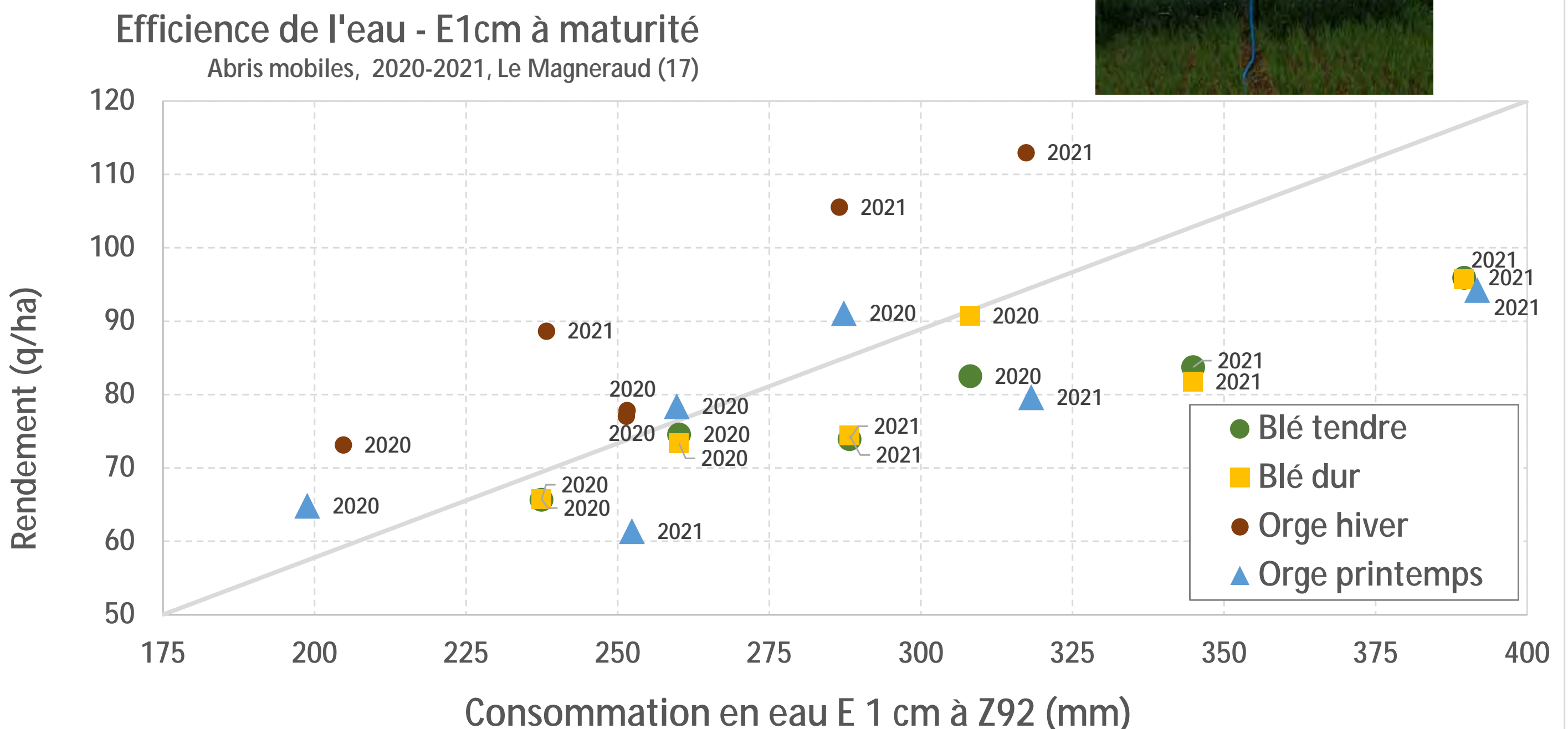
- ETM : couverture des besoins en eau – pilotage sondes tensiométriques
- Intermédiaire : environ 85 % de l'ETM
- Sec : environ 70-75 % de l'ETM



- L'orge d'hiver plus sobre en consommation ...



- ... et un peu plus efficiente



Cultures d'été et eau

Magneraud (17) Sols groies RU 150 mm

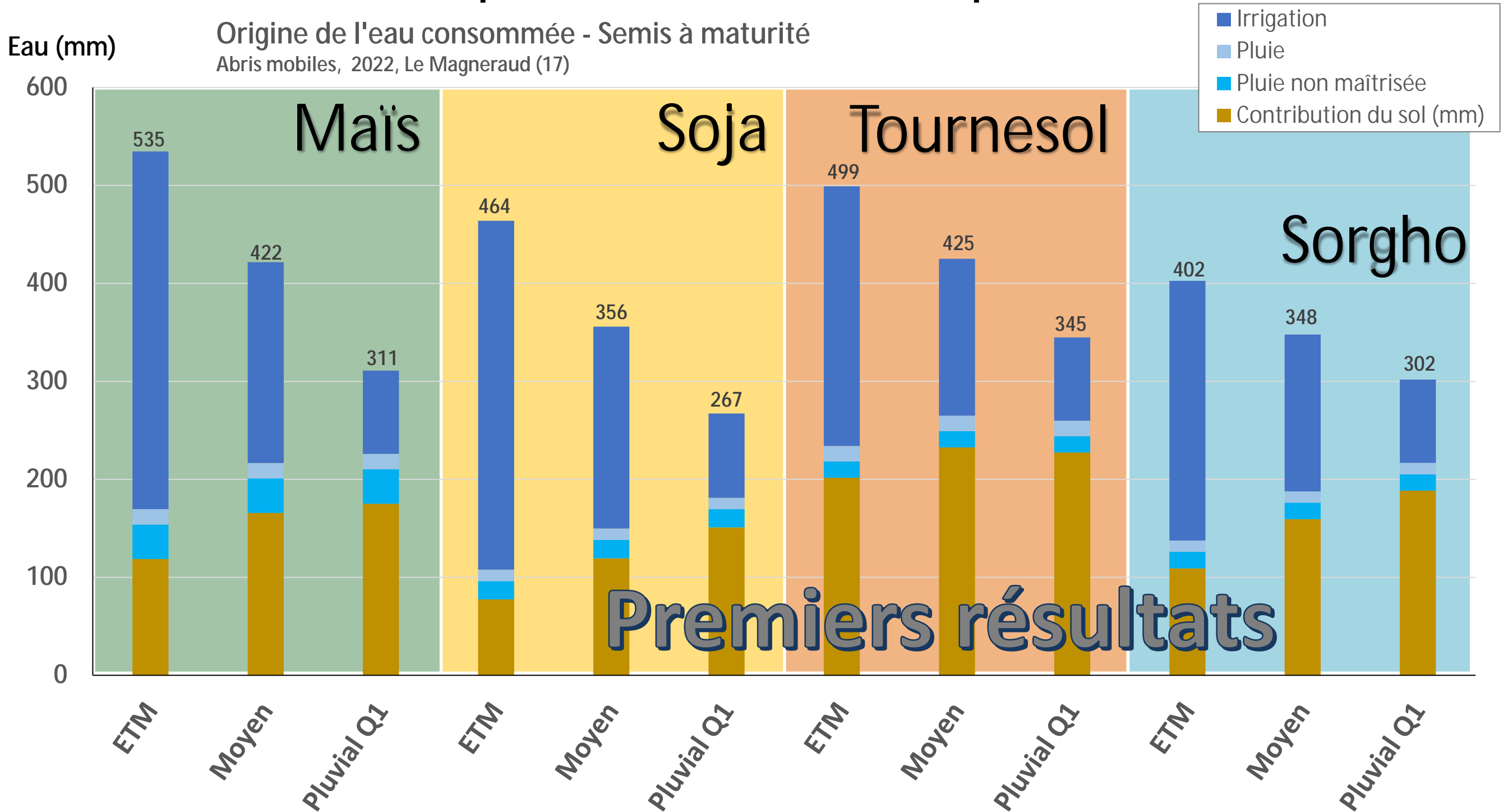
Semis maïs-tournesol : 13/04/22

Semis sorgho – soja : 13/05/22

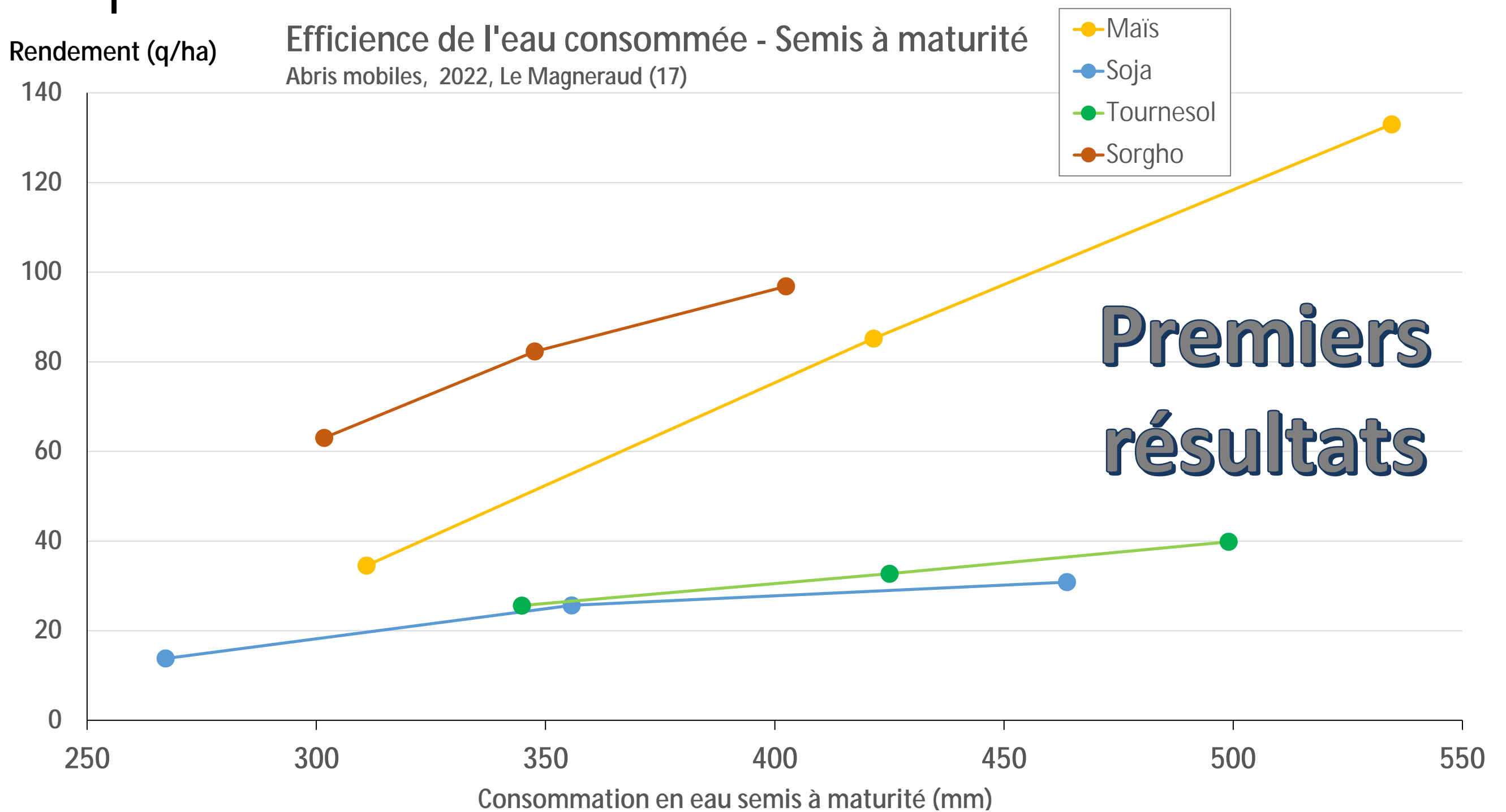
- ETM : couverture des besoins en eau – pilotage sondes tensiométriques
- Moyen : environ 80 % de l'ETM
- Pluvial Q1 : 60-70 % de l'ETM environ



• Une extraction plus forte de l'eau par le tournesol



• Une efficacité variable et dépendante du potentiel de l'espèce



Caractériser le système racinaire pour la résilience des cultures

Le système racinaire est considéré comme un levier d'amélioration de la résilience des systèmes de culture aux impacts du changement climatique.

Dans le cadre du projet Horizon Europe ROOT2RES, nous allons évaluer et comparer des méthodes de mesure du système racinaire pour pouvoir caractériser différentes espèces et variétés au champ.

Architecture

- § Angle racinaire
- § Densité de ramification
- § Largeur et profondeur

Densité

- § % de sol avec racine
- § Densité de longueur racinaire
- § Diamètre racinaire

Biomasse

- § Biomasse aérienne
- § Biomasse racinaire

Méthodes d'observation

Prél. à la bêche



Prélèvement à la bêche jusqu'à 20cm de profondeur

Profil racinaire



Fosse creusée sur 1,50m de profondeur

Minirhizotron



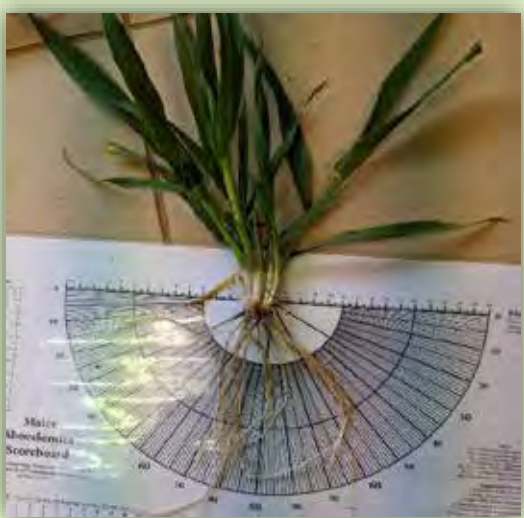
Imagerie par scanner rotatif dans un tube transparent

Carottage du sol

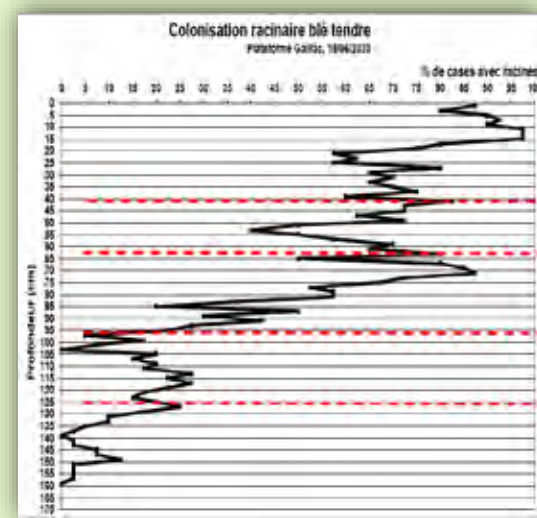


Prélèvement mécanique d'une carotte de sol

Traits mesurés



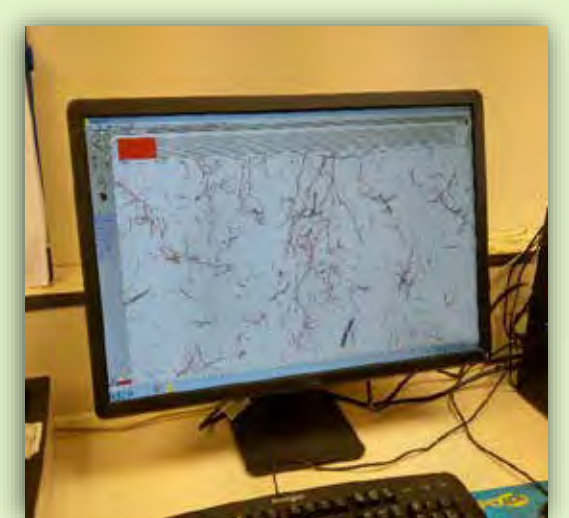
Mesures à la main (angle, type de racine, nombre, longueur..)



Profil de colonisation racinaire pour chaque cm² de sol



Détection et mesures des racines (longueur et diamètre par cm²)

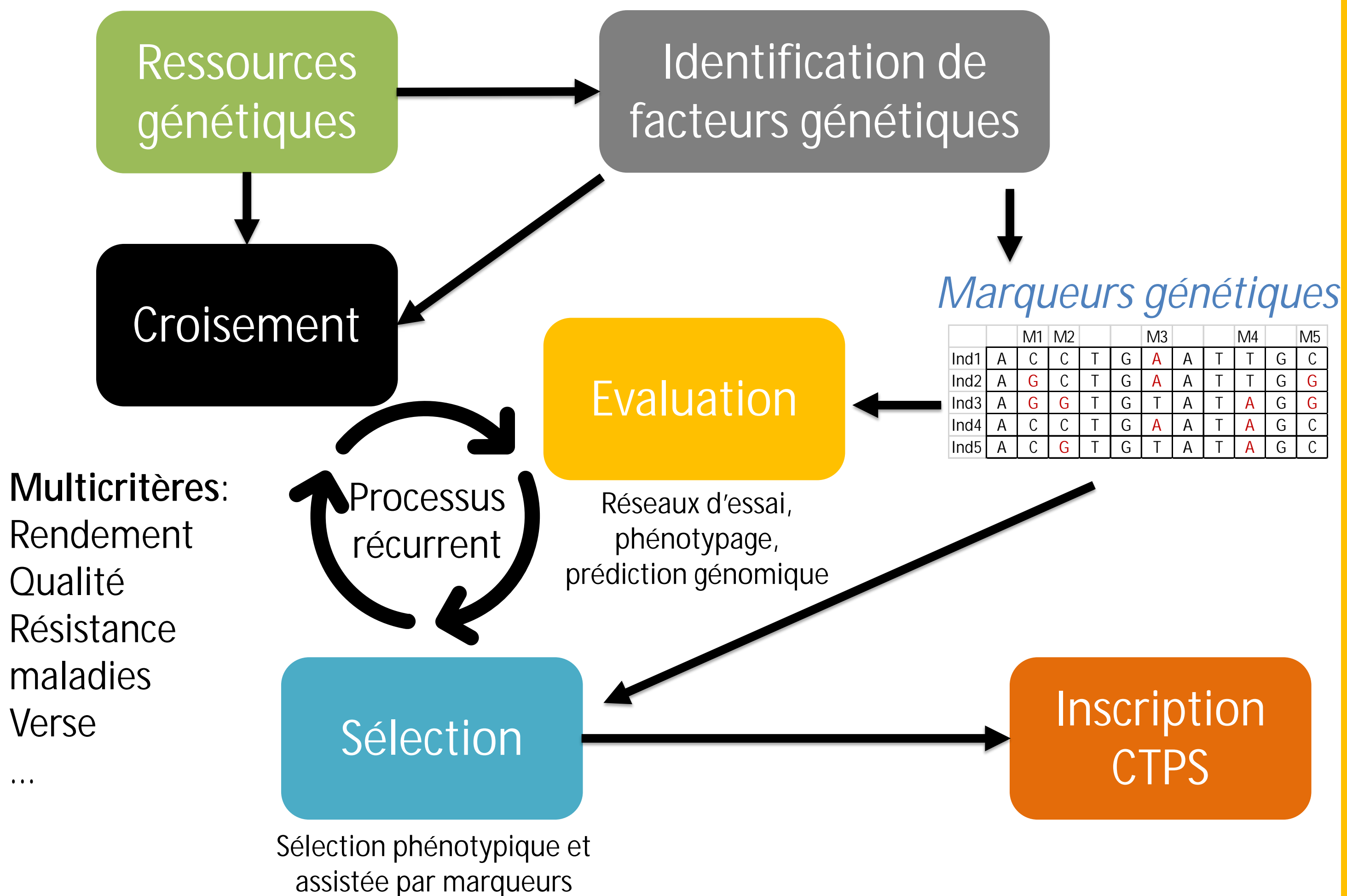


scan et analyse des racines (longueur, diamètre et biomasse)

Evaluation des méthodes

	Prél. à la bêche	Profil racinaire	Minirhizotron	Carottage
Destructive	Oui (0.1 m ²)	Très (3 m ³)	Non (6 cm diamètre)	Peu (passage engin)
Profondeur	0 - 20 cm	0 - 2 m	0 - 1 m	0 - 0.9 m
Echantillon	5 plantes	1.3 m ²	0.06 m ²	0.14 m ³
Nb mesures	1 à 3 fois	1 fois	1 par semaine	1 à 3 fois
Temps mesure	Moyen (env 2h)	Moyen (env 2h)	Court (env 20 min)	Long (env 5h)
Applications	Nutrition Interactions micro-organismes	Nutrition Adaptation stress hydrique	Adaptation stress hydrique	Nutrition Interactions micro-organismes Adaptation stress hydrique

L'amélioration variétale, un levier d'adaptation au changement climatique



- L'amélioration variétale contribue à l'adaptation au changement climatique en améliorant la **réponse aux stress abiotiques** (sécheresse, canicule):
 - Esquive des stress (précocité)
 - Evitement des stress par une augmentation des ressources (racines)
 - Tolérance aux stress (réduction de l'impact)
- Différents leviers permettent d'accélérer et de faciliter l'amélioration variétale:
 - L'identification de **ressources génétiques** d'intérêt
 - L'identification de **facteurs génétiques** favorables
 - L'utilisation de **marqueurs génétiques**
 - Les techniques de **phénotypage**

Introgression d'un gène de tolérance au stress thermique

Contexte

- Le changement climatique conduit à une augmentation de l'occurrence et de l'intensité d'évènements extrêmes comme les canicules
- Un gène de tolérance au stress thermique (*WtmsDW*) chez une variété australienne de type printemps (Waagan) a été identifié (Erena et al. 2021)
- *WtmsDW* diminue de moitié l'impact d'un stress fort avant épiaison
- Des marqueurs génétiques permettent d'identifier les variétés porteuses de ce gène
- L'introgression de ce gène dans le matériel français de type hiver pourrait permettre d'améliorer la tolérance aux fortes températures

Identification du gène d'intérêt

Création de la population d'étude

Drysdale × Waagan

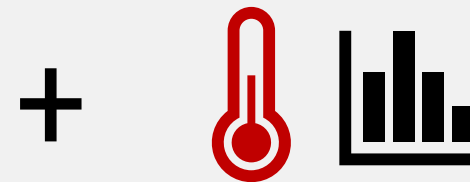
Hybrides F1

144 Lignées haploïdes doublées

Caractérisation de la population



Analyse ADN
(marqueurs génétiques)



Evaluation de la
sensibilité au
stress thermique

Cartographie du locus *WtmsDW*

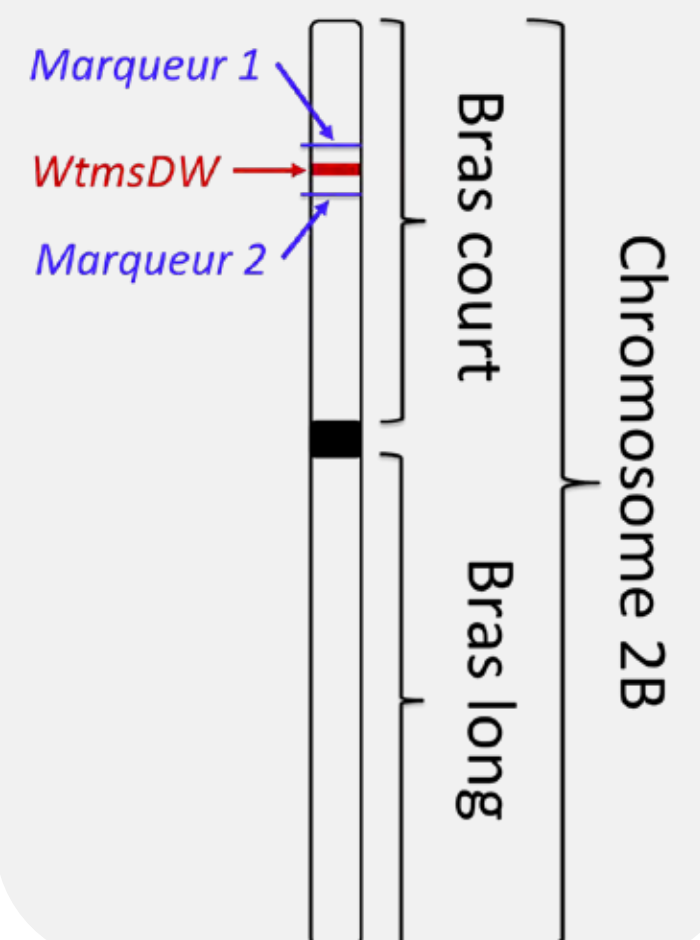
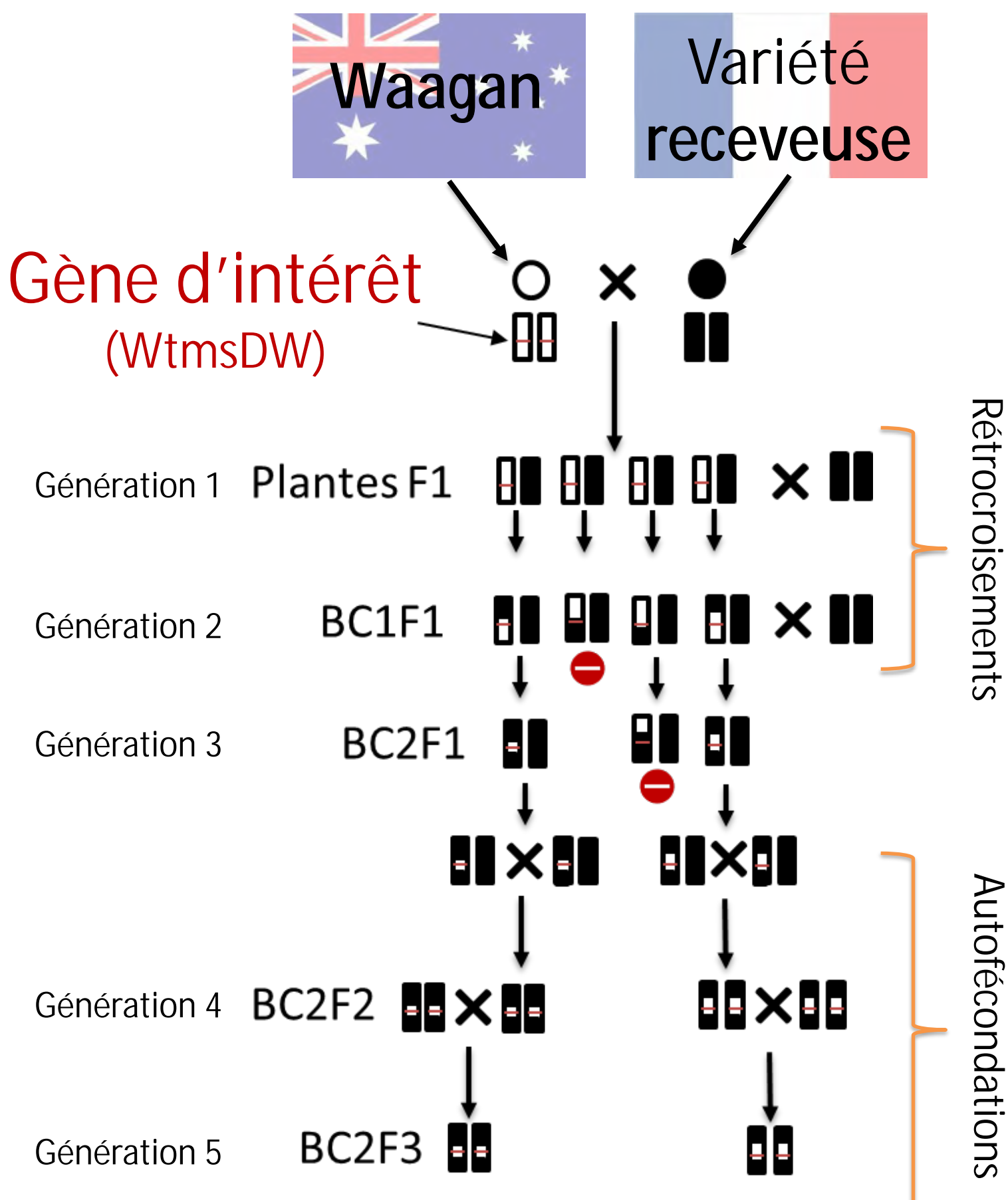


Schéma de croisement



- La variété Waagan porteuse du gène d'intérêt est croisée avec une variété française
- Les plantes F1 sont rétrocroisées avec la variété française
- Des marqueurs génétiques sont utilisés pour identifier les lignées porteuses du gène
- Les lignées d'intérêt sont autofécondées pour fixer le gène

Tester le matériel génétique dans des conditions extrêmes pour anticiper nos besoins

Contexte

Un climat qui évolue et oblige à penser aux conditions futures

Chartres aujourd'hui



En 2070 ?



RCP 4.5

Source : <https://shiny.cism.ucl.ac.be/pbarriat/analog/>

Avignon (84)



Et si on allait voir ailleurs ce qui se passe, là où il y a aujourd'hui le climat que l'on aura demain?

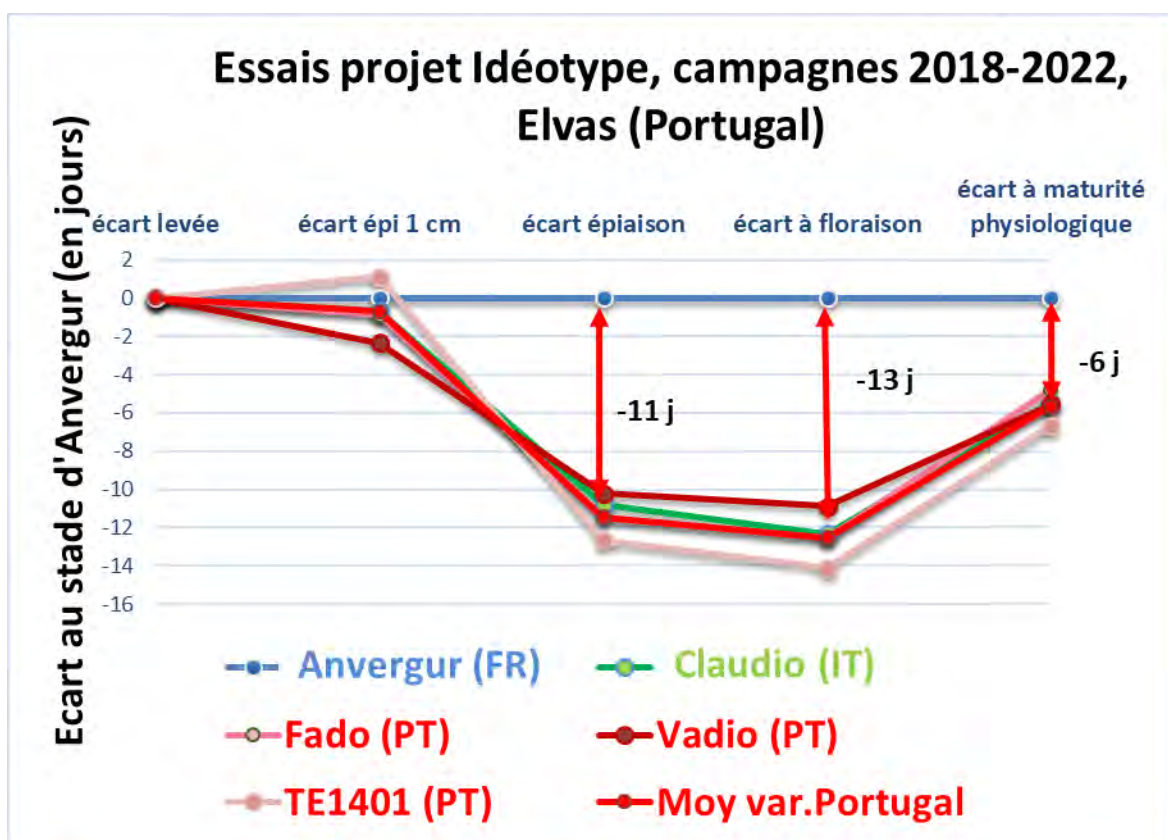
Mise en place d'essais à Elvas au Portugal



Objectifs

- Ø Epruver les variétés que l'on utilise aujourd'hui en France dans des conditions qui seront les nôtres dans le futur .
- Ø Les comparer à des variétés qui ont été sélectionnées dans des conditions plus stressantes.
- Ø Comprendre ce qui les différencie et ce qui fait les forces et faiblesses de chacune des variétés face à ces conditions plus extrêmes.

Différences sur la physiologie...



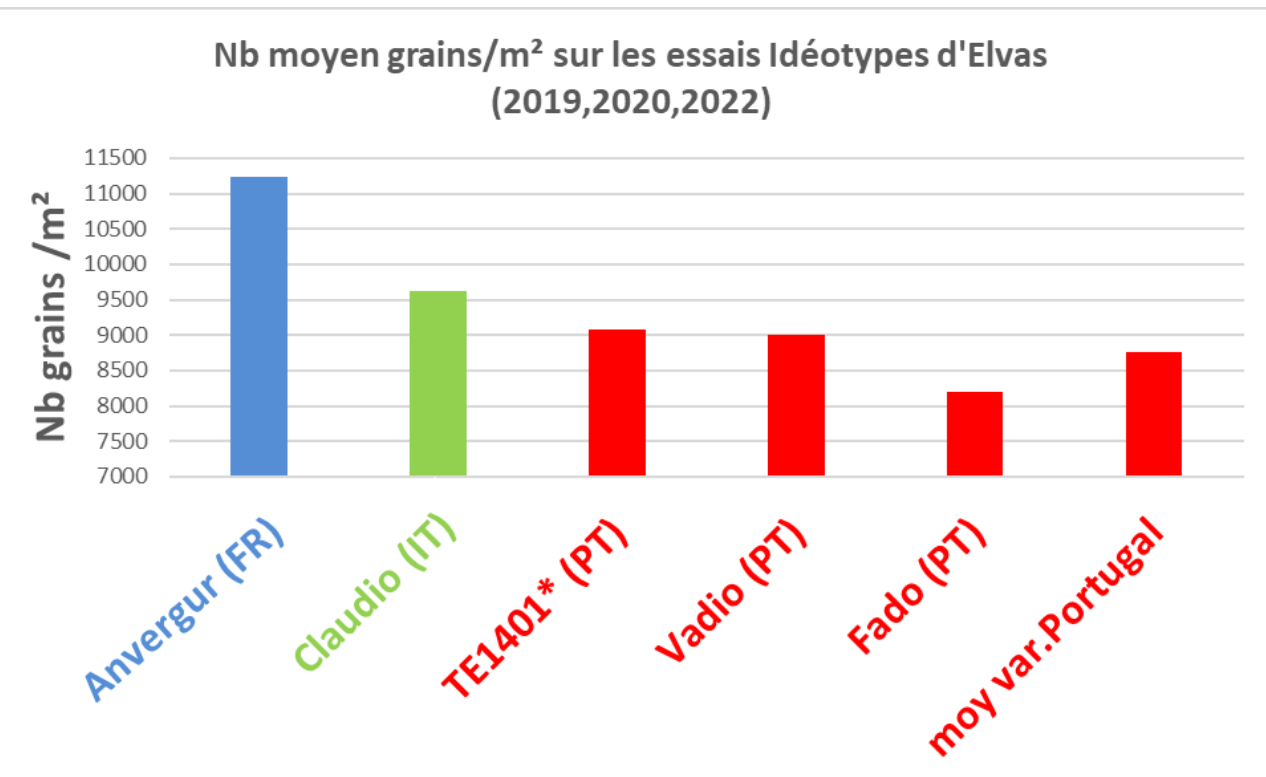
	Variété demi précoce française	Variétés portugaises (précoce)
Nb de jours moyen de remplissage	39	46

Les variétés portugaises (en rouge PT) testées à Elvas épiant plus vite que la variété demi précoce française Anvergur (en bleu FR). Leur maturité physiologique est aussi avancée.

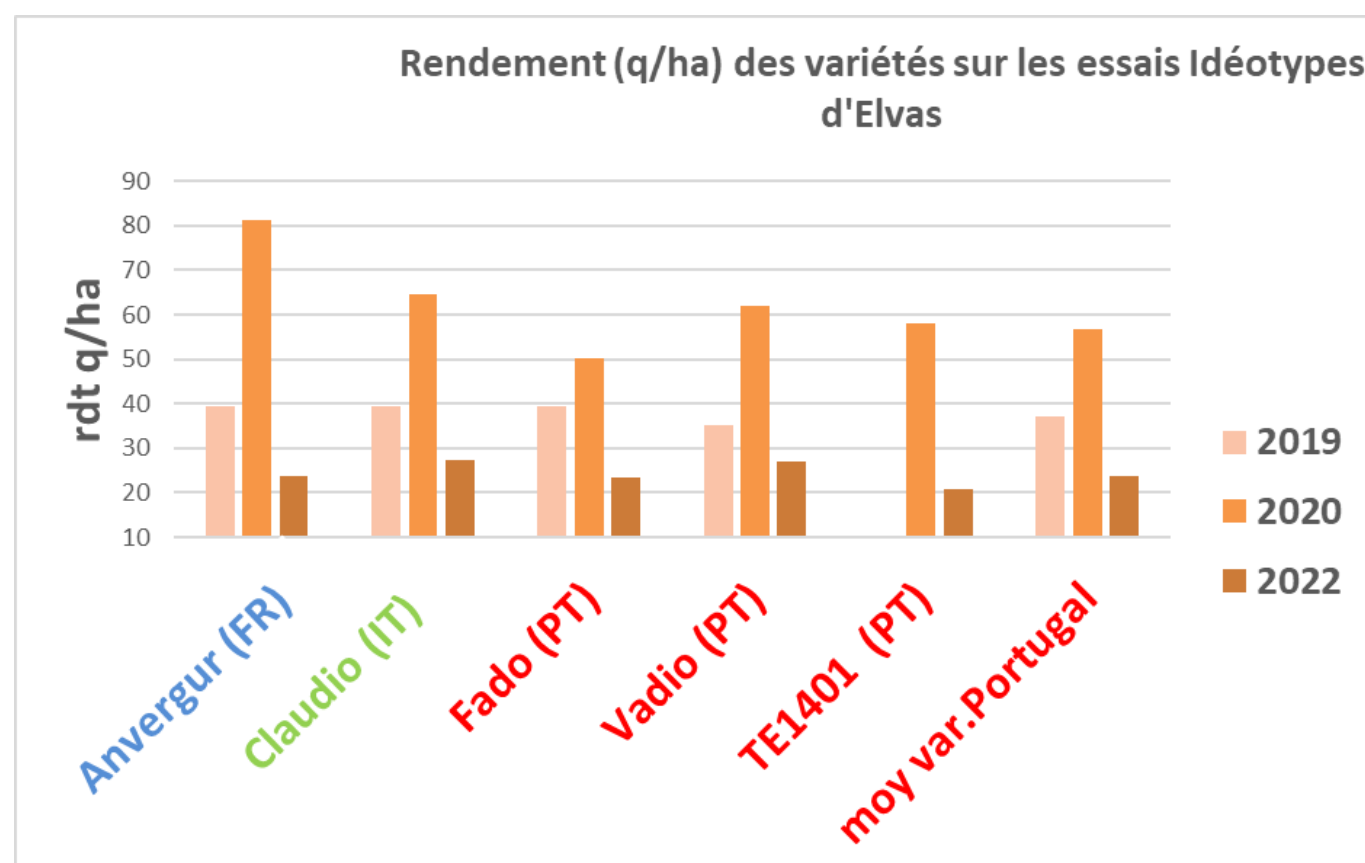
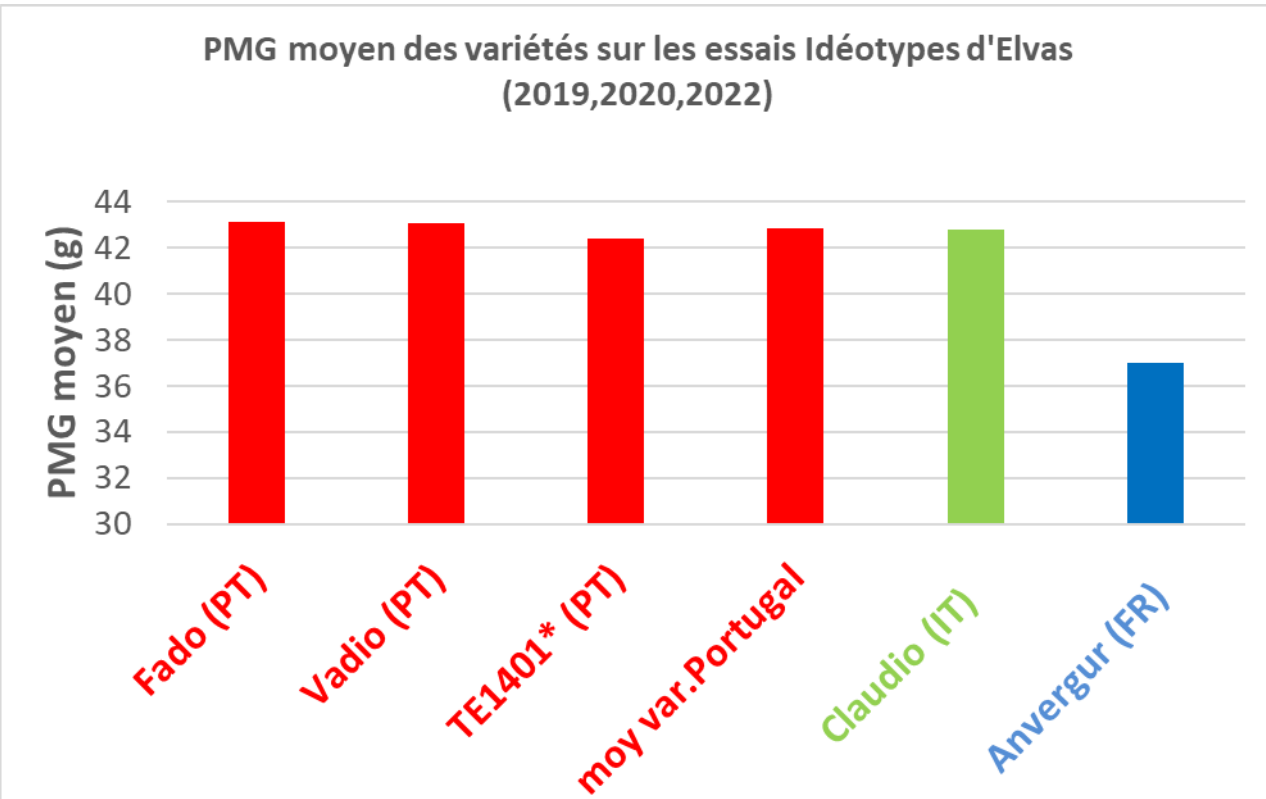
Globalement leur remplissage est plus long.

-> plus de temps pour remplir les épis et moins d'exposition aux stress thermiques et hydriques.

...ou encore sur la manière de construire le rendement.



* TE 1401 présente qu'à partir de 2020 sur les essais



Les variétés portugaises testées ont un plus gros PMG mais font moins de grains m² qu'une variété très fertile comme Anvergur.

Le rendement d'Anvergur est proche de celui des variétés portugaises les années très sèches (2019 et 2022) et meilleur les années exceptionnellement pluvieuses (2020).

Il n'existe pas de profil idéal de composantes de rendement :

-> En conditions de fin de cycle séchantes, avoir une très forte fertilité d'épis avec un PMG plus faible ou un PMG plus élevé avec une fertilité d'épis plus faible semblent se valoir.

-> Un manque de fertilité semble limiter les rattrapages possibles si les conditions deviennent meilleures.

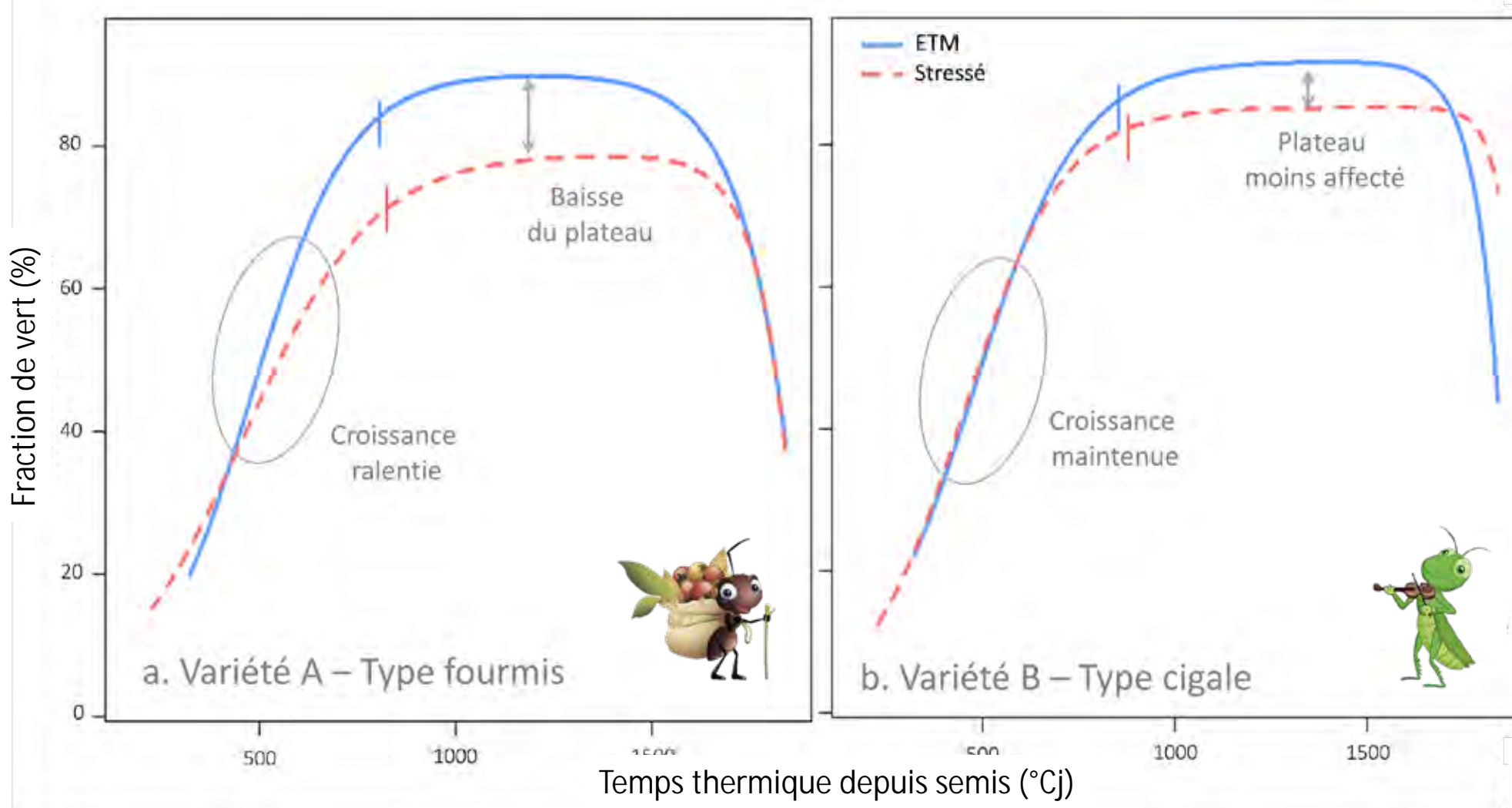
Identifier des variétés de maïs à réponses contrastées au stress hydrique

Avec le changement climatique, la durée, l'intensité et la fréquence des déficits en eau vont s'accroître. Selon le scénario de stress, toutes les composantes de rendement du maïs peuvent être plus ou moins affectées. Le phénotypage à haut débit nous permet de caractériser les réponses des variétés à des stress précis.

Projet Caravage (Casdar, 2018) :

11 variétés
X
2 traitements hydriques
(ETM et stress avant floraison)

Cultivées sous une plateforme de phénotypage : Phenofield (France, 41)



Deux comportements variétaux distincts :

Fourmi : conserve ses ressources en diminuant sa croissance dès l'arriver du stress, idéal si le stress dure

Cigale : tolère le stress en maintenant sa croissance, sera pénalisant si le stress dure (épuisement)

Deux réponses distinctes du rendement et ses composantes :

Fourmi : tendance à conserver leur nombre de grains/m² et à pénaliser le PMG

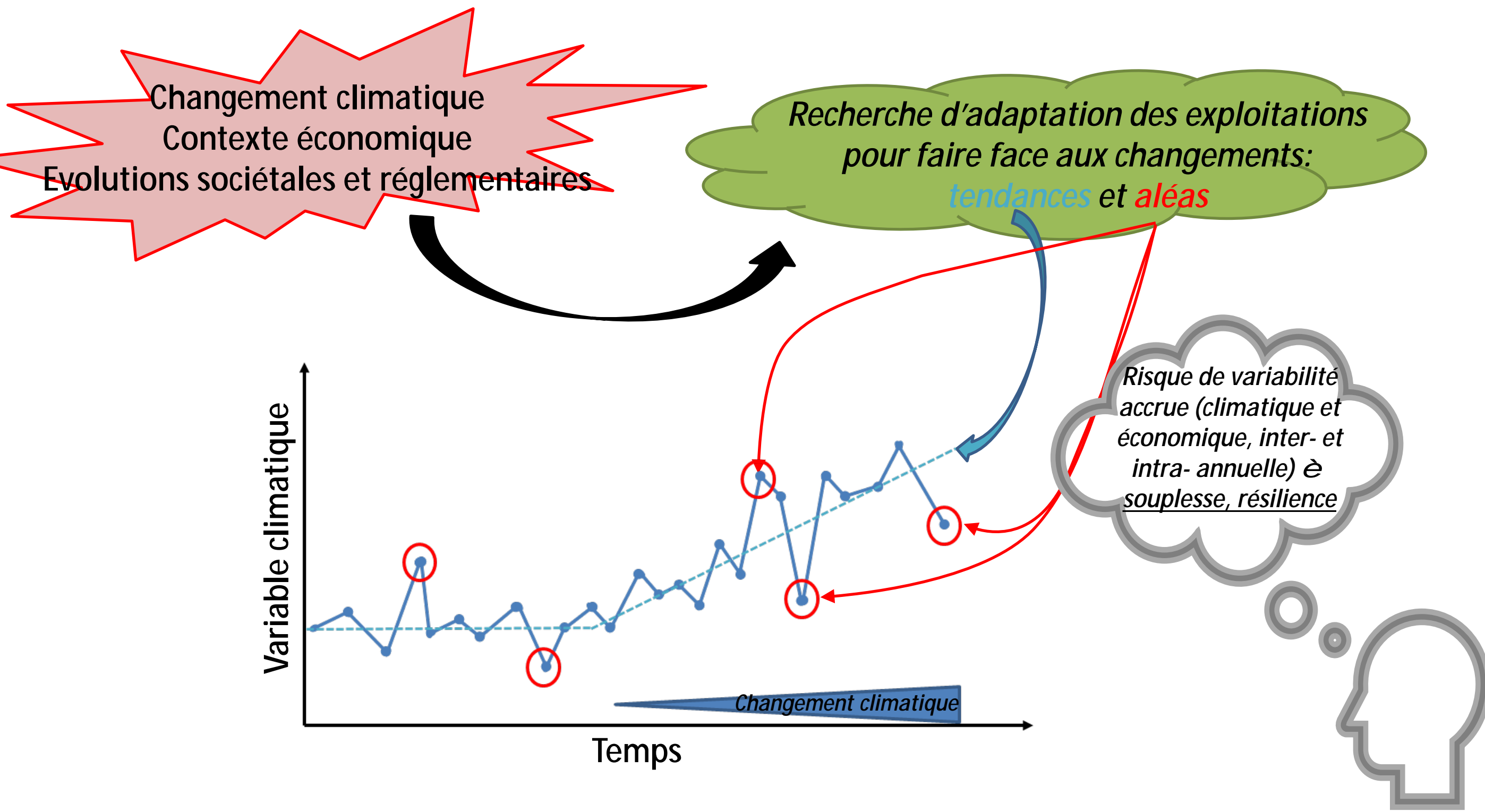
Cigale : tendance à conserver leur PMG et à pénaliser le nbr de grain

		Rendement (q/ha)		PMG (g)		Grains / m ²	
		ETM	Stress	ETM	Stress	ETM	Stress
Fourmi	ETM	124	- 16.1 %	426	- 10.1 %	4341	+ 7.0 %
	Stress	104		379		4645	
Cigale	ETM	140	- 19.3 %	343	+11.3 %	6219	- 28 %
	Stress	113		383		4453	

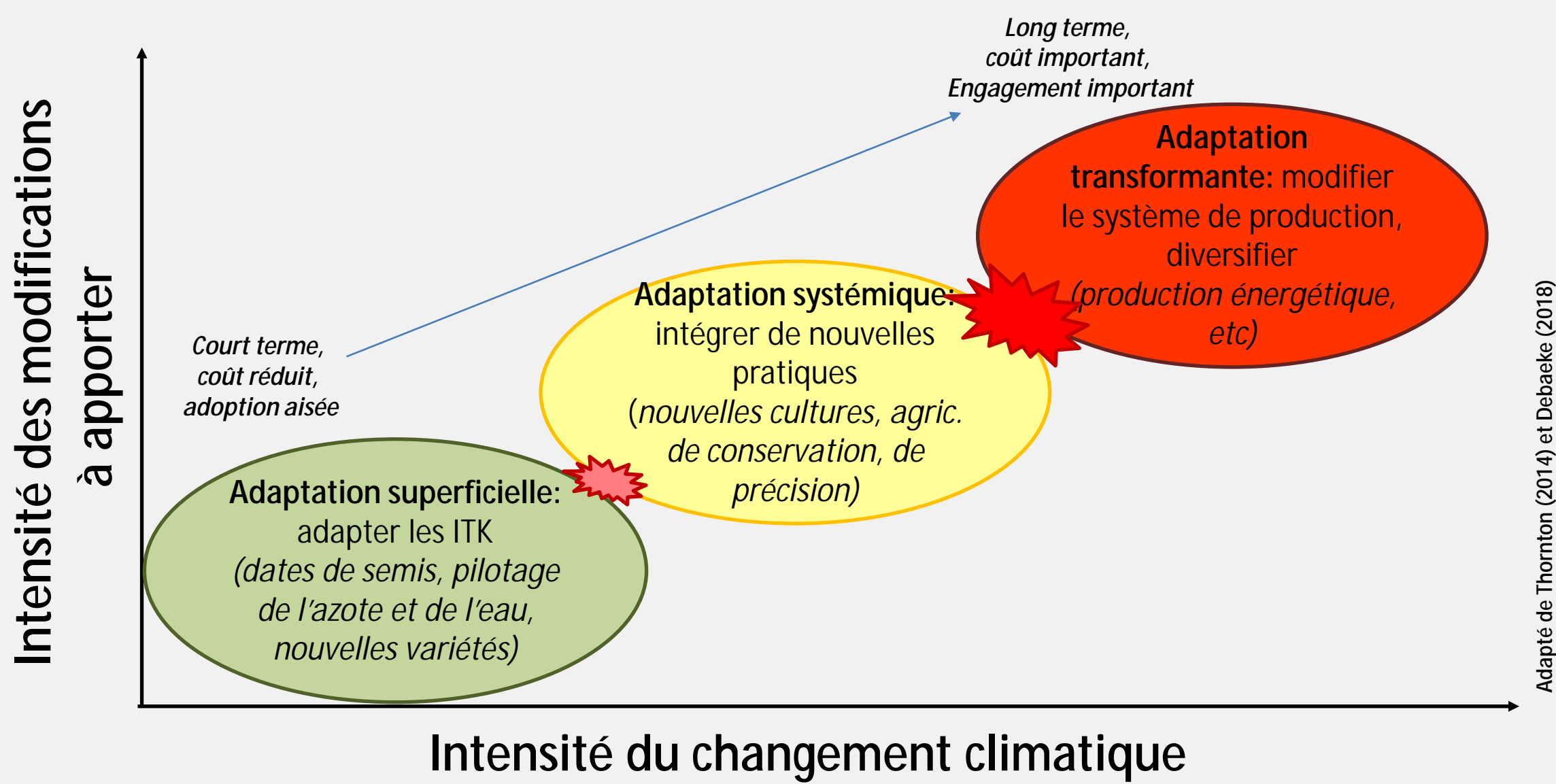
Le phénotypage à haut débit permet une **évaluation variétale** précise. Ceci ouvre de nouvelles possibilités de conseils agronomique, en envisageant **d'adapter la variété de maïs à la situation hydrique** d'une parcelle.

Hausse des contraintes et des aléas: faire évoluer les systèmes de culture pour s'adapter aux nouveaux contextes

A quoi faut-il se préparer?



S'adapter:
jusqu'à quel point?



à L'adaptation doit être ajustée à l'intensité des contraintes

A la recherche de solutions

Contexte de changement climatique:

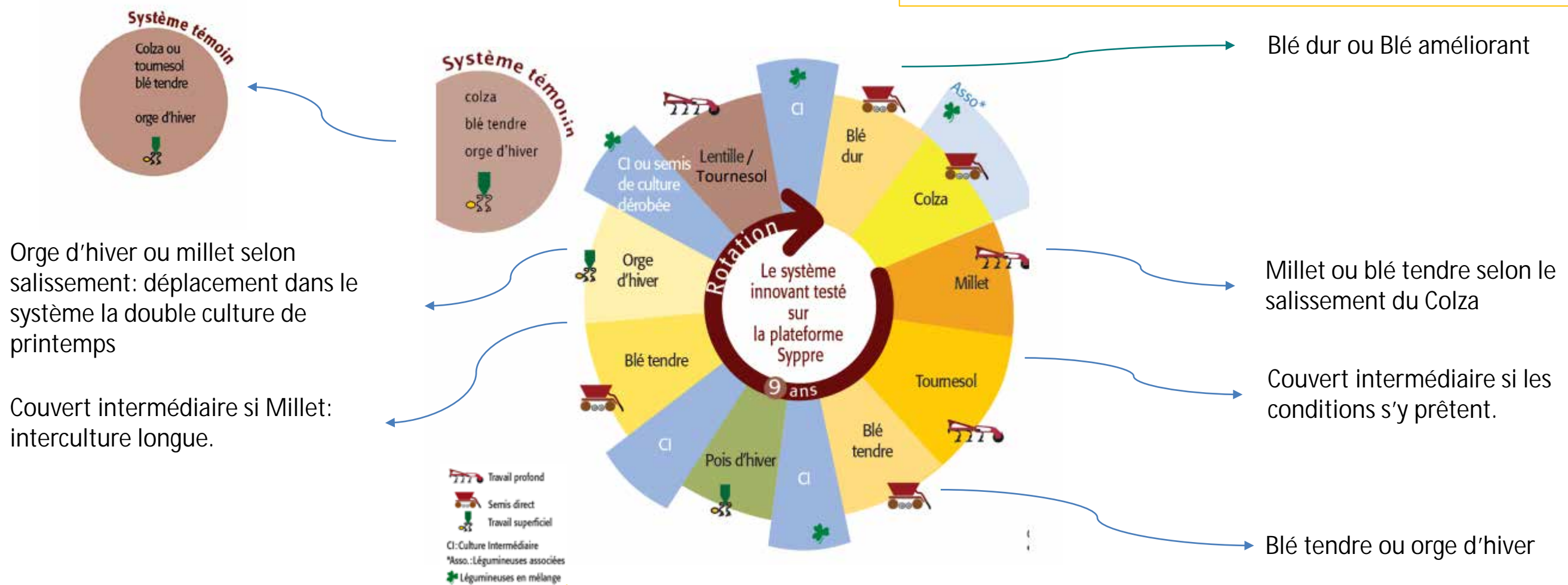
- Températures en hausse! → Cultures d'hiver vs printemps?
- Déficit hydrique accru en été! → Gestion de l'eau sur l'exploitation?
- Risque d'aléas climatiques! → Diversification? Protection?

Syppre Berry, la flexibilité comme voie d'adaptation au Changement Climatique



Le Changement Climatique dans le Berry:

- Variabilité accrue des performances des cultures de printemps
- Difficulté de levée des couverts
- Températures échaudantes et stress hydrique



Orge d'hiver ou millet selon salissement: déplacement dans le système la double culture de printemps

Couvert intermédiaire si Millet: interculture longue.

Indicateurs	Objectifs	Moyenne Innovant 2017-2022	Ecart au témoin	Coefficient de variation de l'innovant	Coefficient de variation du témoin
Production Energie Brute (MJ/ha)	>=Témoin	65 680	- 21 %	15%	12%
Marge Directe avec aides (€/ha)	>=Témoin	435	- 13 %	37%	15%
EBE (€/UTH Familial)	>=Témoin	58 762	- 12 %	43%	19%
IFT Total (hors TS)	-50% / Réf. Rég. ¹	3.6	- 37 % - 28 %/tém	18%	26%
Apport d'azote minéral (kg/ha)	-20% / Témoin	104	- 32 %	12%	13%
Emissions GES (kgéqCO2/ha)	-20% / Témoin	1456	- 29 %	7%	16%

Problématique adventice importante: **Vulpin et géranium**

- Effet positif double succession de culture de printemps
- Effet négatif succession de 4 cultures d'hiver
- Echec des autres leviers mobilisés (labour/faux semis)
- Les cultures de diversification n'apportent pas la robustesse économique escomptée



Reconception du système: plus de flexibilité dans le choix des cultures pour plus de robustesse

- Intégrer et adapter des phases de rupture du cycle des adventices à la pression observée grâce à la succession de 2 cultures de printemps.
- Introduire de l'azote symbiotique grâce aux légumineuses en culture ou en couvert.
- Adapter la couverture du sol en interculture et le travail du sol en fonction de la pression adventice dans la parcelle pour continuer de répondre aux objectifs de maintien de la fertilité des sols.
- Valoriser l'effet système pour améliorer la gestion des bio agresseurs et réduire les charges de production.

Comparaison des conduites du Colza Robuste entre témoin et innovant

Moyenne 2017 – 2022 (hors 2019)	Colza Témoin	Colza Innovant	Δ
Rendement (q/ha)	23	27	+ 4
IFT insecticide automne/ha	1.26	0.96	- 0.3
Marge directe avec aides (€/ha)	436	573	+ 136

Comparaison des conduites du Blé entre témoin et innovant

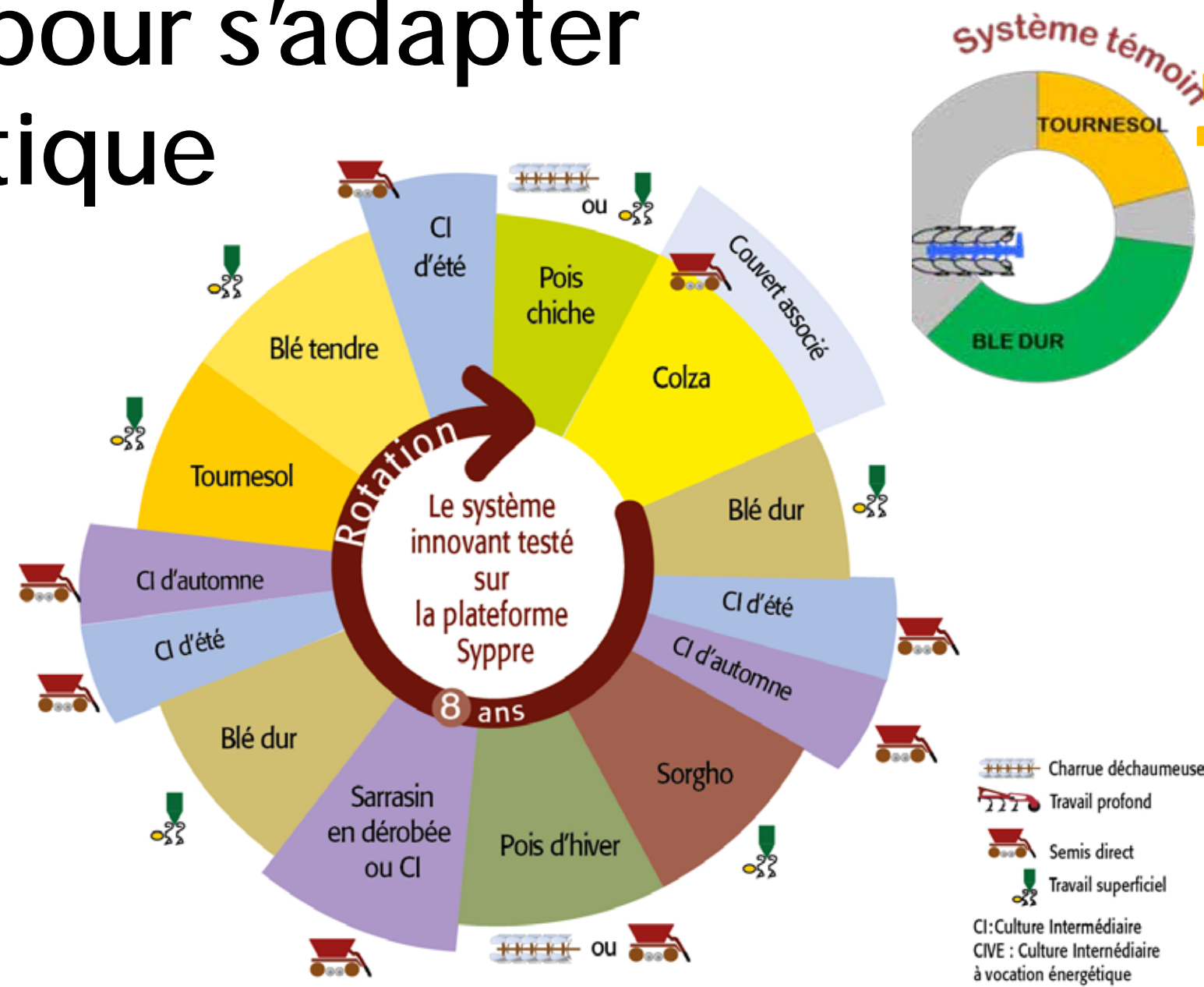
Moyenne (2018 – 2022)	Blé de colza témoin	Blé de tournesol innovant	Ecart
Rendement (q/ha)	66	72	+ 6
IFT herbicide/ha	3.2	2.1	- 1.1
Marge directe avec aides (€/ha)	748	992	+ 244
N minéral (kg/ha)	171	161	- 10
Emission de GES (kgéqCO2/ha)	2 398	2 145	- 253

Syppre Lauragais, préserver le sol et diversifier les cultures pour s'adapter au Changement Climatique

Contexte pedo climatique: Coteaux argilo-calcaires sensibles à l'érosion et à teneur en MO faible (1,7% en 2015) – système pluvial.

Perspectives du Changement Climatique:

- Stress hydrique plus marqué au printemps et plus long impactant toutes les cultures.
- Orages: irrégularité spatiale et temporelle des précipitations
- Températures échaudantes



Réduction du travail du sol et Glyphosate en dernier recours

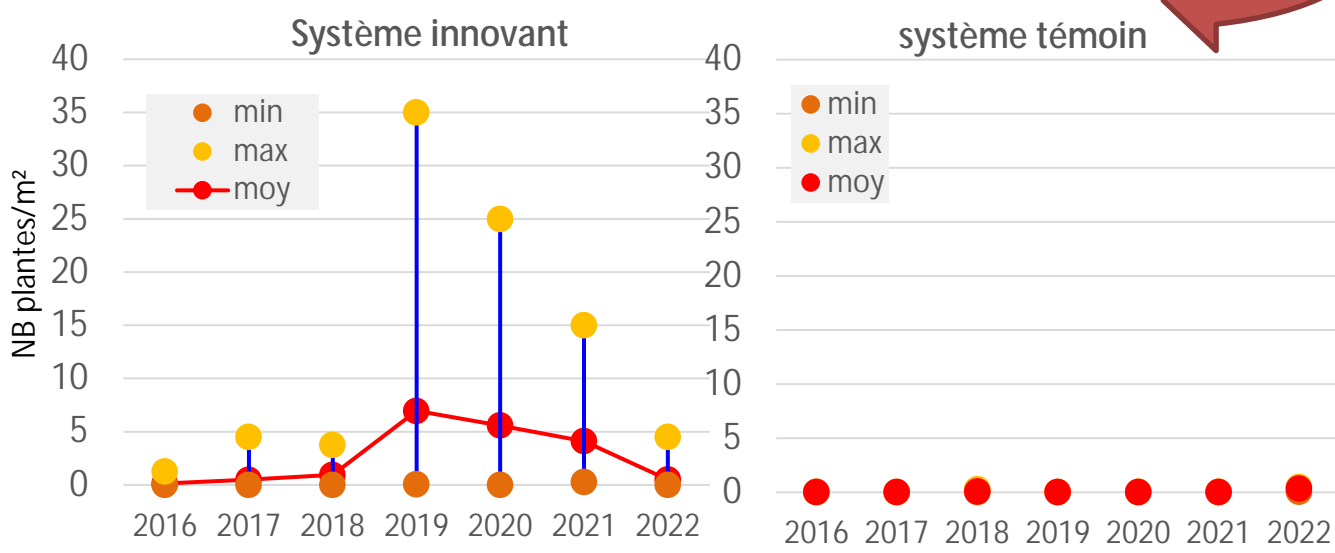
Couverture quasi permanente du sol

Diversification de la rotation

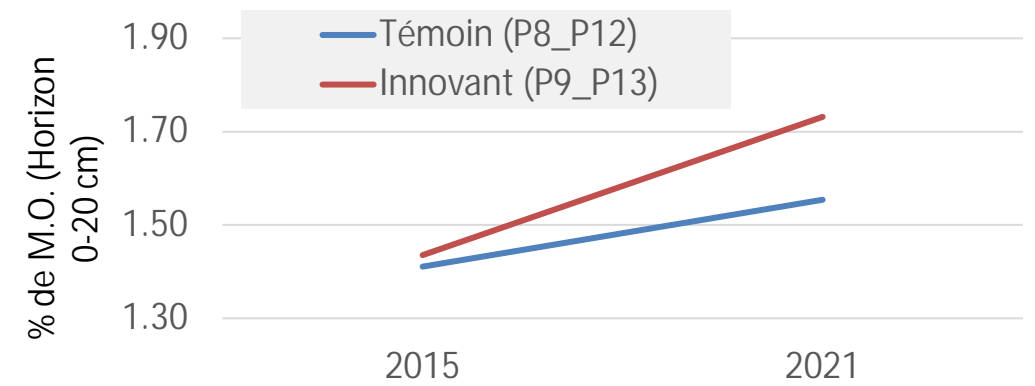
Combinaison de leviers mise en place



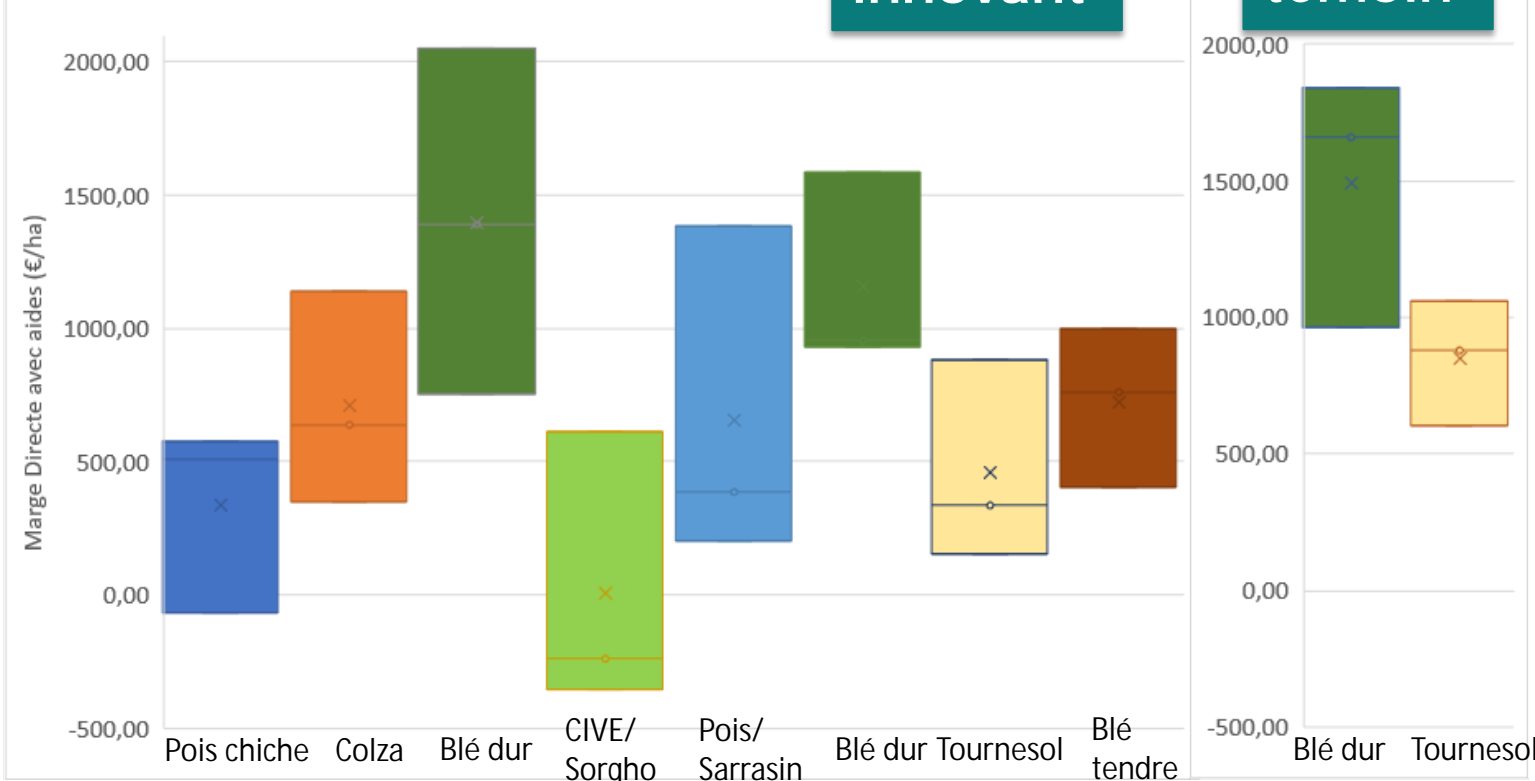
Comptage des ray Grass post désherbage



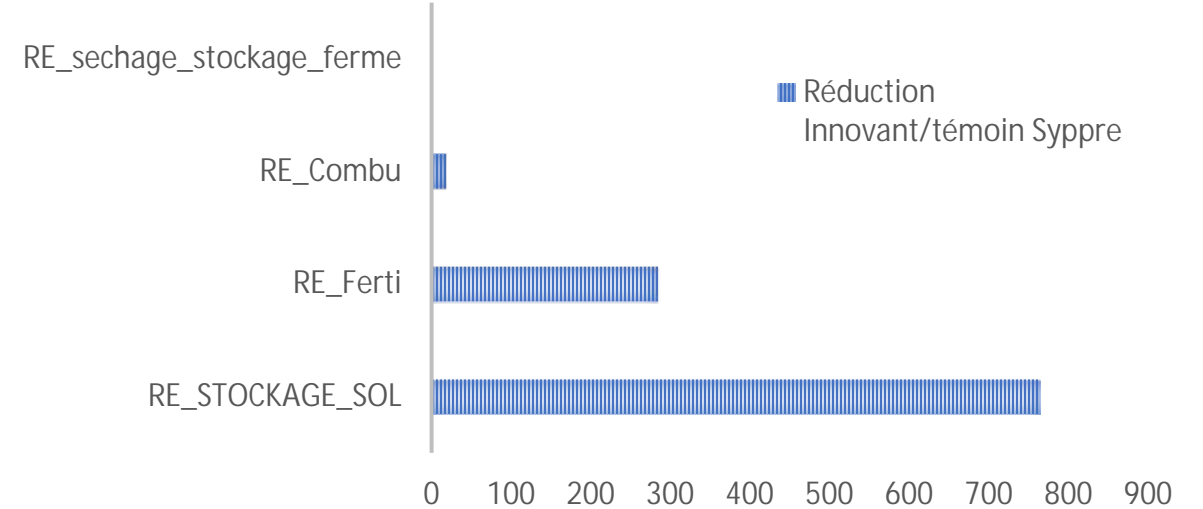
à Effet négatif sur l'enherbement



Moyenne 2020-2021- 2022 des marges directes avec aides de chaque culture



BILAN DES RÉDUCTIONS DE C OBTENUS SUR LA DURÉE DU PROJET LBC (5 ANS) PAR POSTE ET SUR TOUTE L'EXPLOITATION (170 HA) (EN TEQCO2)



Performances variables des cultures de diversification à Effet négatif sur la marge du fait de la dilution des cultures rémunératrices

à Stratégie opportuniste de valorisation des couverts en CIVE ou dérobée selon la biomasse de l'année

Protection du sol vis-à-vis de l'érosion, amélioration de la stabilité structurale, augmentation de la MO et du stock de C dans le sol.

à Préservation du capital sol
à Atténuation du CC et amélioration du bilan GES

Hausse des contraintes et des aléas: faire évoluer le système de culture pour s'adapter au nouveau contexte



Adaptation des systèmes: les dispositifs Syppre nous livrent des enseignements:

- Les contraintes sont multiples (agronomiques, environnementales, économiques, sociétales)
- Les leviers sont divers (travail du sol, choix d'espèce) et doivent être combinés pour atteindre les objectifs attendus
- Il n'y a pas de schéma idéal: les résultats sont des compromis de performance entre critères d'intérêt
- L'identification/la maîtrise des solutions prend du temps

A retenir:

- On ne peut pas conduire aujourd'hui des expérimentations globales au champ pour préconiser le(s) système(s) de demain
- Le changement climatique s'inscrit dans le temps; il va nécessiter à la fois une adaptation « court terme » qui influencera les itinéraires techniques, et très souvent aussi une modification profonde sur le long terme des systèmes de production
- L'aléas (climatique, économique, sanitaire) devra autant être pris en compte que la tendance au réchauffement car il est déstabilisant
- Les formes d'adaptation seront multiples, et spécifiques à chaque milieu, chaque exploitation

Que peut-on attendre des pistes techniques présentées ici (pour un contexte Sud Bassin Parisien)?

		Favorable	è	Défavorable	Peu référencé	
Catégorie	Critère	OPsA à la place d'OP	Relay Cropping (OH/Sorgho)	Couverture des sols avant maïs	Kernza	Agri Voltaisme
Production brute	Production maintenue ou en hausse	Favorable	Favorable	Défavorable	Défavorable	
	Limitation des aléas, résilience	Favorable	Favorable			Favorable
Sobriété	Eau	Favorable	Défavorable	è	Favorable	Favorable
	Intrants minéraux/phyto	Défavorable	Favorable	Défavorable	Favorable	
	Temps de travail	Défavorable	Défavorable	è	Favorable	
Réponse aux enjeux sociétaux	Stockage C	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	
	Biodiversité	è	Favorable	Favorable	Favorable	
	Efficiéce énergétique	è		è		Favorable
Economie	Investissement initial	Favorable	Défavorable	Favorable	Défavorable	Défavorable
	Rentabilité	Favorable	Favorable	Défavorable	Défavorable	è
	Diversification des revenus	Défavorable	Favorable	Défavorable	Favorable	Favorable
Adoption	Intégration dans le système existant	Favorable	Favorable	Défavorable	Défavorable	Favorable
	Recul disponible sur la nouveauté	Favorable	Défavorable	Défavorable	Défavorable	Défavorable
	Temps nécessaire à la mise en place	Favorable	Favorable	Défavorable	Défavorable	Défavorable
	Durée de l'engagement	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Défavorable



Vous avez des idées ou des expériences?

Livrez-les nous!!

è inscrivez-les sur le tableau

Tournesol et changement climatique : une culture qui s'adapte

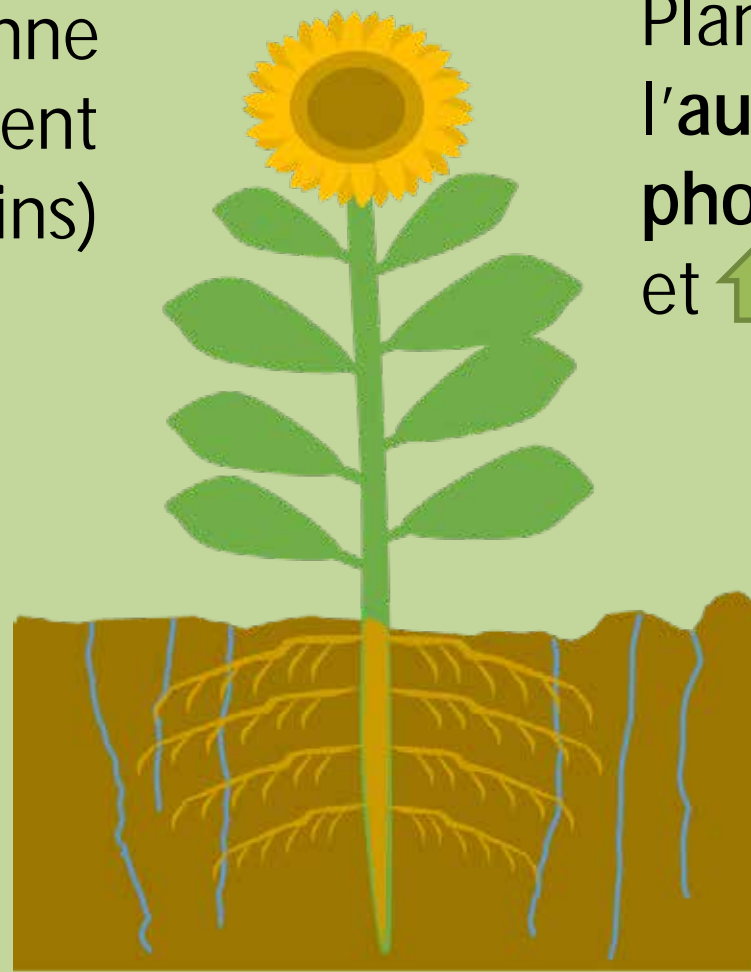


Une culture tolérante aux évolutions climatiques

Besoins en eau modérés et bonne valorisation de l'eau (rendement maximum avec 75% des besoins)

Capacité à **réguler la surface foliaire** en fonction de la disponibilité en eau

Racines pivotantes profondes capables de puiser l'eau en profondeur



Plante en C3 bénéficiant de l'augmentation du taux de photosynthèse (+ de CO₂) : ↑ biomasse et ↑ rendement

Croissance rapide à températures relativement basses permettant des semis précoces

↑ Aires de production ayant une offre climatique favorable

Mais, quelques risques aussi:

- Culture d'été dont le cycle est positionné dans les périodes de forte chaleur et sécheresse:
 - ↓ rendement
 - ↓ teneur en huile
 - ↓ qualité des acides gras
- Risque de mauvaise implantation : levées échelonnées
- Capable de « gaspiller » de l'eau si développement excessif avant floraison
- Peu de capacité de compensation (pas de ramification)



S'adapter pour assurer un tournesol « robuste »

Soigner l'implantation pour favoriser l'enracinement = meilleur accès à l'eau
Optimiser l'irrigation en limitant les développements excessifs
Efficience à l'eau

Améliorer la génétique (précocité, tolérance aux stress)

Robustesse



Evitement

Semer au plus tôt pour esquiver les stress

Capacités d'adaptation



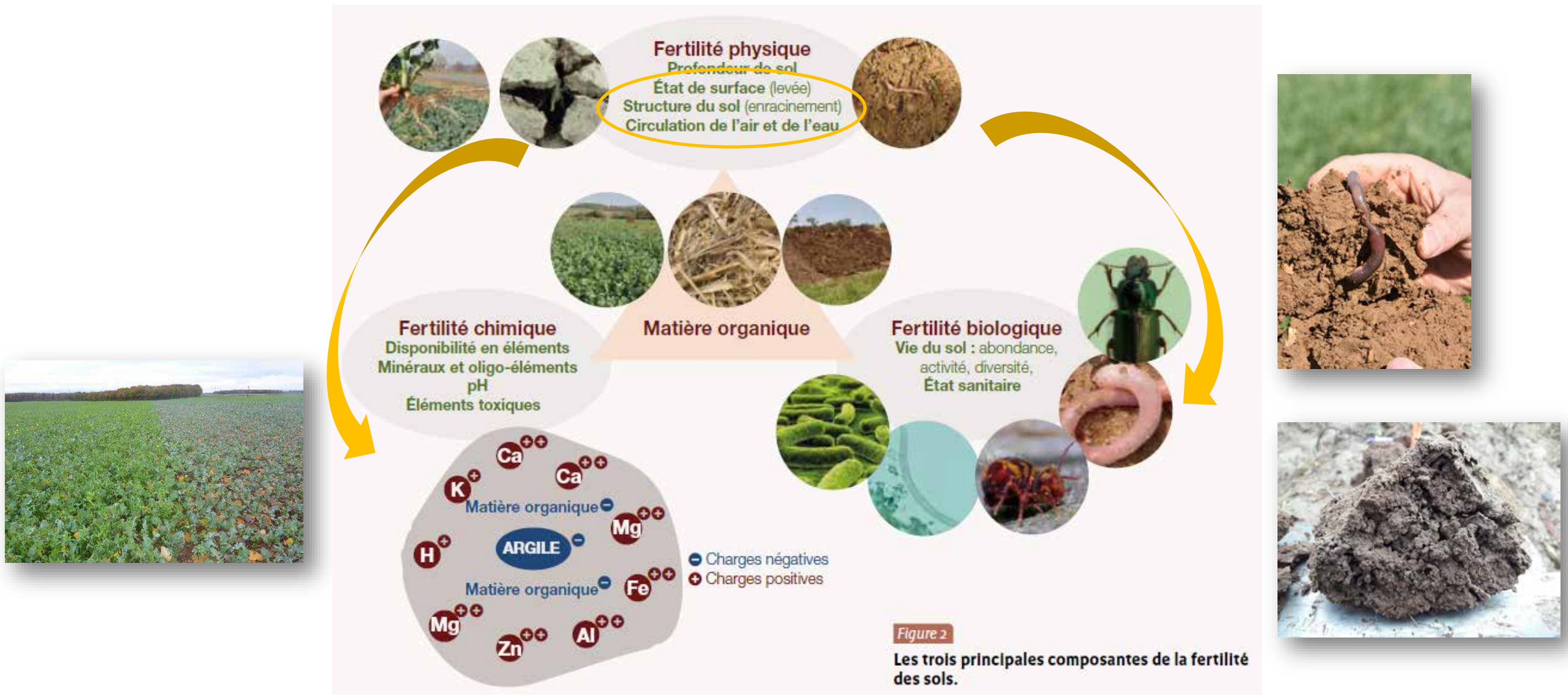
Impacts

Vulnérabilité



Travail du sol : observer et agir à l'échelle de la rotation

Structure du sol : une des composantes de la fertilité du sol



Objectifs de l'observation : diagnostiquer, évaluer, décider



1- Prélever un bloc



2- Observer l'état général du bloc



3- Observer l'état interne des mottes



Etat général Ouvert (O)



Etat général Bloc (B)



Etat général Continu (C)



Etat interne mottes Poreux (Γ)



Etat interne mottes Poreux (Γ)



Etat interne mottes Tassé (Δ)



Etat interne mottes Fissuré (φ)

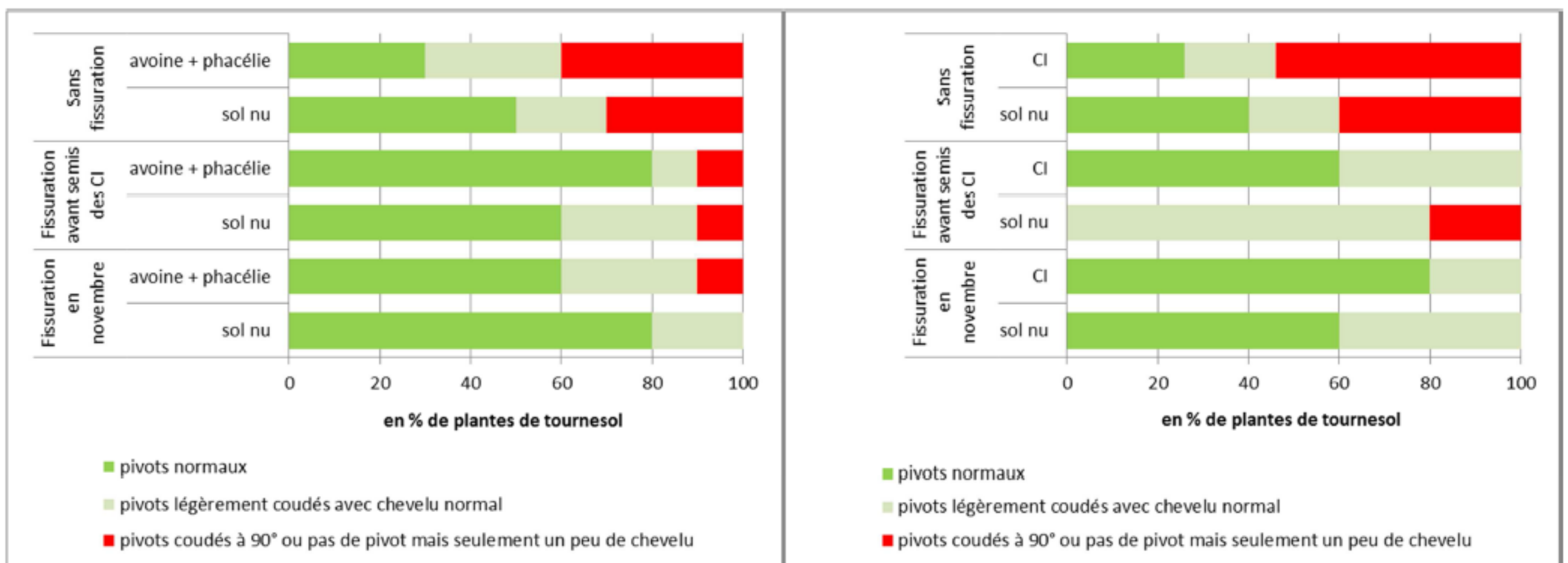


Choix et gestion des couverts végétaux avant tournesol

Choix des couverts

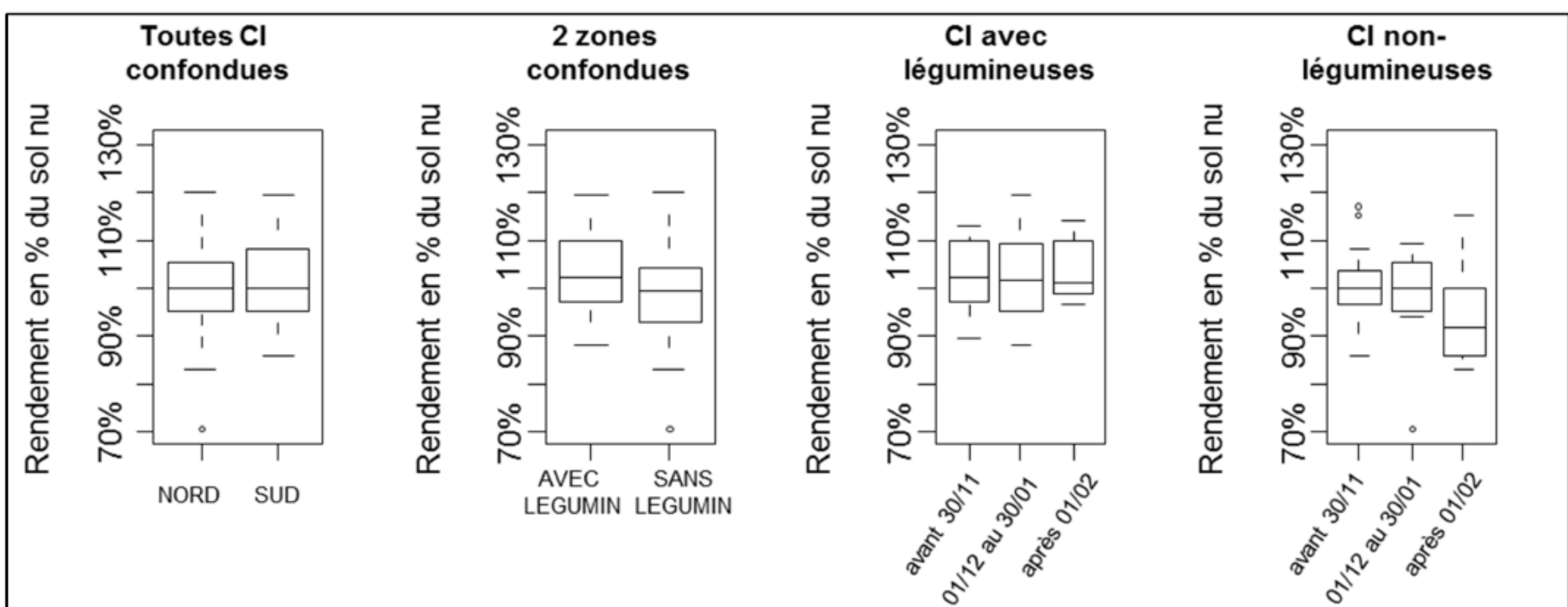
Brassicacées	limiter si retour fréquent du colza (risque hernie) privilégier dans les sols riches en azote
Graminées	intérêt dans les restitutions de matière organique par les racines
Légumineuses	intérêt en sol pauvre en azote Attention au risque aphanomyces
Hydrophylacées	intérêt pour couper le cycle des maladies
Composées	à proscrire en raison du risque de mildiou

Ne pas pénaliser l'enracinement du tournesol



Pivotement du tournesol selon le type de travail du sol (deux essais différents à gauches et à droite)

Ne pas pénaliser le rendement du tournesol

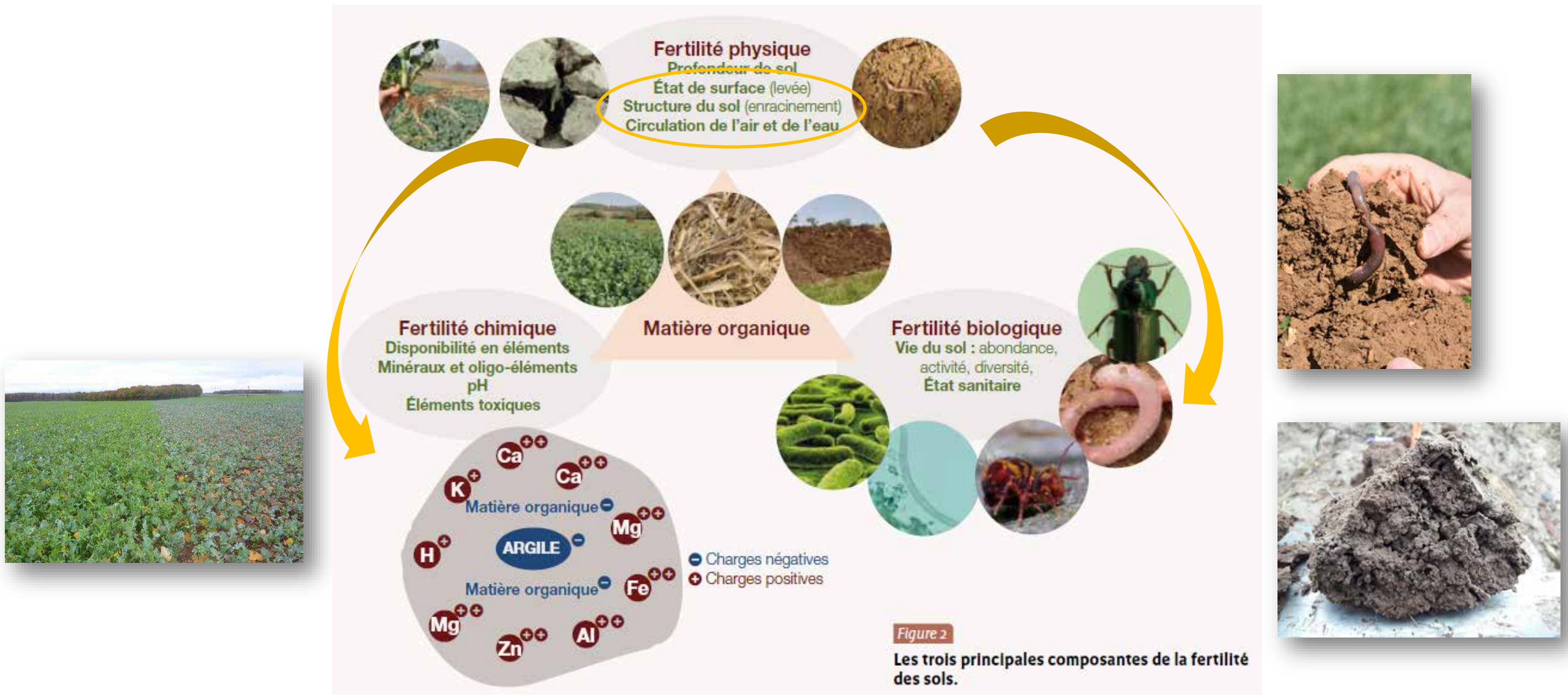


Réussir son interculture = obtenir les bénéfices d'un couvert végétal et ne pas compromettre l'implantation du tournesol ni son potentiel de rendement

- Observer son sol pour adapter le travail du sol, la gestion des couverts et la réussite du semis.
- Le couvert végétal ne remplace pas un travail de sol
- Les couverts à base de **légumineuses** ont tendance à sécuriser la gestion de l'interculture.
- Destruction des couverts au moins 2 mois avant le semis du tournesol (en fonction du type de couvert)

Travail du sol : observer et agir à l'échelle de la rotation

Structure du sol : une des composantes de la fertilité du sol



Objectifs de l'observation : diagnostiquer, évaluer, décider



1- Prélever un bloc



2- Observer l'état général du bloc



3- Observer l'état interne des mottes



Etat général Ouvert (O)



Etat général Bloc (B)



Etat général Continu (C)



Etat interne mottes Poreux (Γ)



Etat interne mottes Poreux (Γ)



Etat interne mottes Tassé (Δ)



Etat interne mottes Fissuré (φ)



Implantation du tournesol

Raisonner la gestion de l'interculture

Profil de sol recherché



- Bon mélange terre fine + mottes
- Absence de lissage
- Structure poreuse dans l'horizon sous jacent pour ne pas pénaliser l'enracinement en profondeur

Observer pour décider

Après la récolte



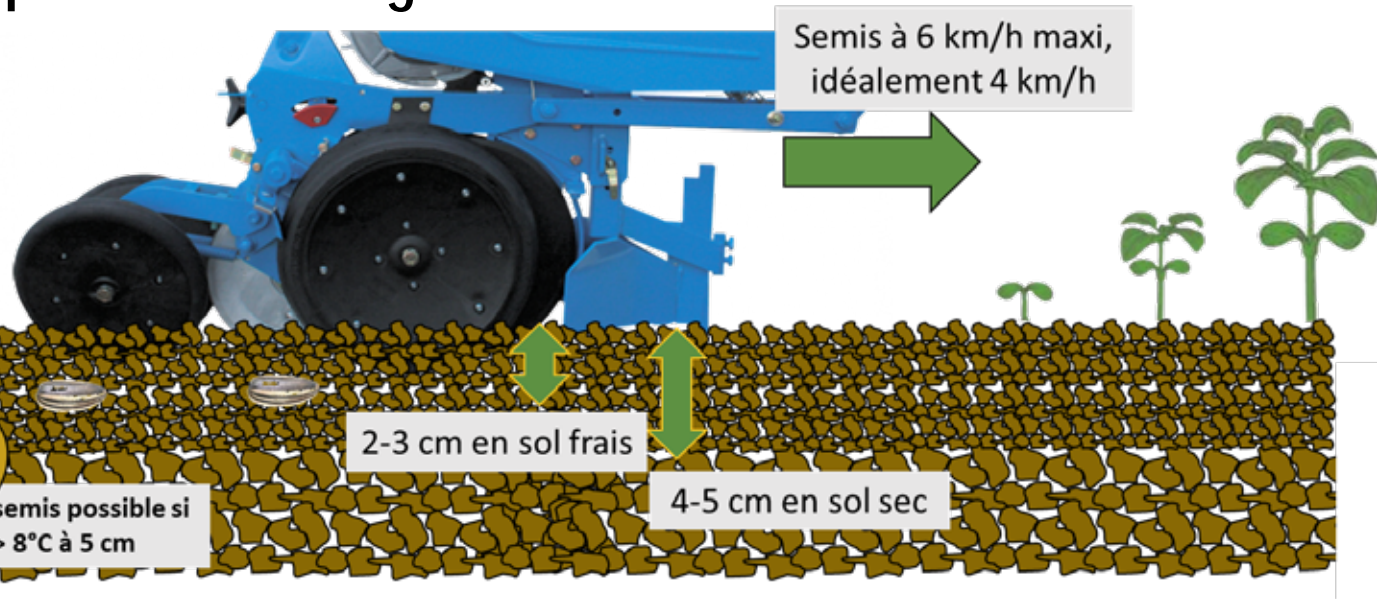
Optimiser la préparation du lit de semences



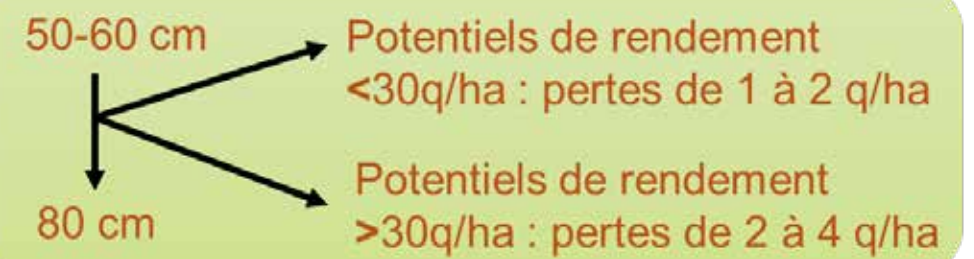
Critères de réussite de la préparation	Sol travaillé	Sol avec résidus
Ne pas avoir pénalisé la structure en profondeur	- Intervenir préférentiellement sur sol ressuyé - Sols argileux : éviter les passages en conditions plastiques - Utiliser des équipements type roues jumelées ou pneu basse pression	
Avoir produit au moins autant de terre fine que de mottes en surface	- Ne pas créer trop de terre fine avec un nombre de passages excessifs - Privilégier les outils à dents non animés, si 2 passages envisagés, réaliser le 1 ^{er} à 10-15cm pour réchauffer le sol, le 2 ^{ème} à 6-8cm pour niveler	
Pas de résidus végétaux dans le sillon		- En absence d'équipement, émiettage de surface conseillé (fragmenter les résidus, réchauffer le sol) - Equipements de chasse débris conseillés sur semoir
Avoir contribué à la maîtrise des limaces	- Attention à ne pas créer des cavités (excès de mottes) qui sont des abris pour les limaces	- Démarrer la surveillance dès implantation du couvert - Détruire les couverts de façon suffisamment précoce - Réaliser un déchaumage superficiel si risque avéré
Avoir permis le réchauffement du sol		- Anticiper la destruction du couvert pour favoriser le réchauffement du sol
Avoir contribué à semer sur un sol propre	- Réaliser des faux-semis si les conditions le permettent - Attention à ne pas trop assécher le sol avec des passages répétés	- Anticiper la destruction du couvert si celui-ci a une pression adventice importante - Mieux vaut retarder l'installation du tournesol mais semer sur sol propre

Réussir le semis

Bien positionner la graine



Opter pour le bon écartement



Choisir une densité de semis adaptée

	Objectif de densité levée (optimum vis-à-vis du rendement et de la richesse en huile)	Conditions optimales (lit de semences, conditions de levée, risque très faible de parasitisme et/ou déprédation ³)	
		Taux de levée indicatif	
		75 %	85 %
Conditions très contraintes en eau (sols superficiels et sols intermédiaires en région méditerranéenne ¹)	50 000 plantes/ha	65 000 graines/ha	60 000 graines/ha
Conditions moyennement contraintes en eau (sols intermédiaires hors région méditerranéenne, tournesol irrigué en sol superficiel)	55 000 plantes/ha	70 000 graines/ha	65 000 graines/ha
Conditions faiblement contraintes en eau (sols profonds, tournesol irrigué en sol intermédiaire ou profond) et zones "fraîches" et/ou à fin de cycle humide²	60 000 plantes/ha si écartement entre rangs ≤ 60 cm	75 000 à 80 000 graines/ha si écartement entre rangs ≤ 60 cm	70 000 graines/ha si écartement entre rangs ≤ 60 cm
	50 000 à 55 000 plantes/ha si écartement large ⁴	65 000 à 70 000 graines/ha si écartement large ⁴	60 000 à 65 000 graines/ha si écartement large ⁴

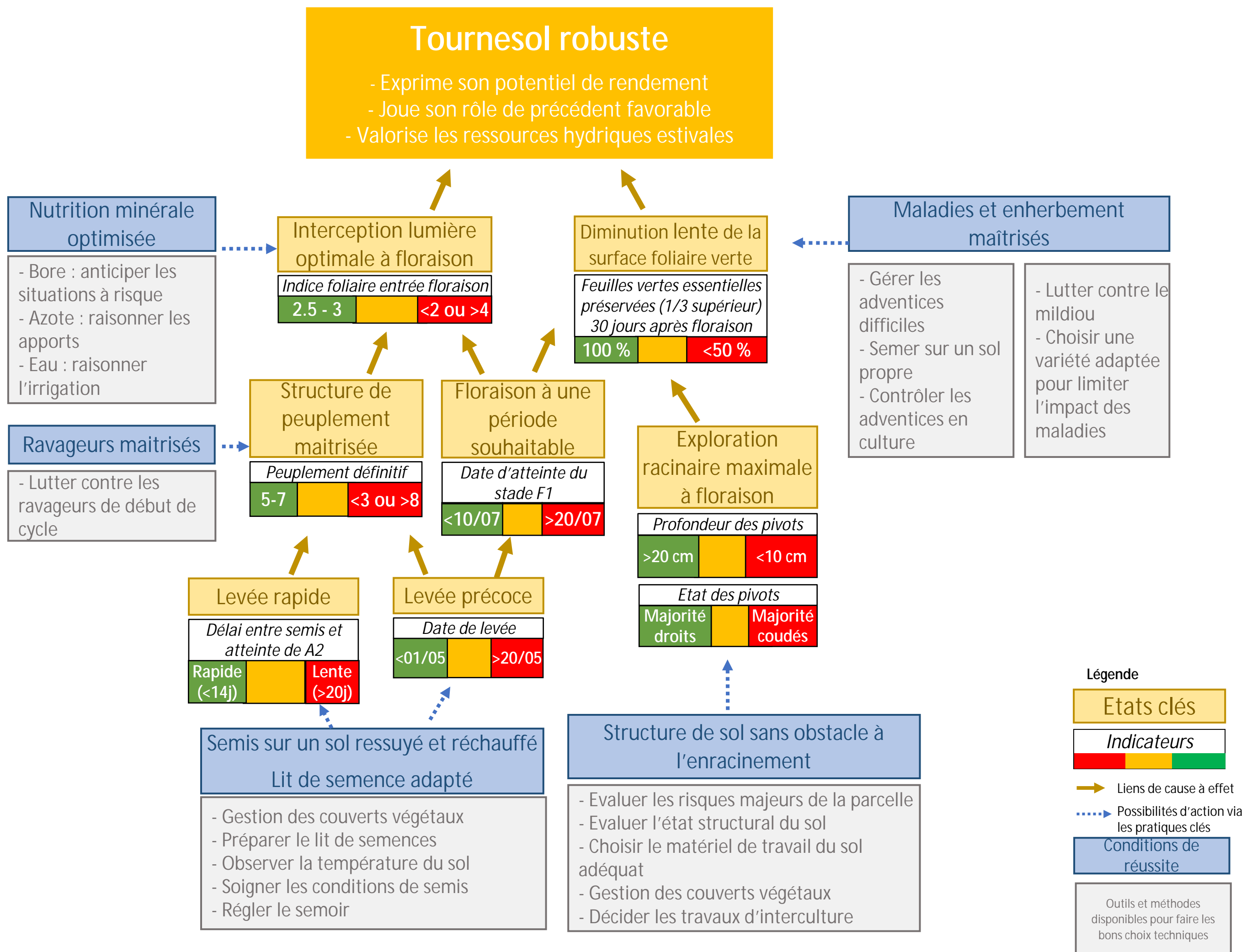
1 : Région méditerranéenne : à climats méditerranéen et méditerranéen dégradé.
2 : Zones avec culture de variétés précoces à très précoces avec une fin de cycle fraîche et/ou humide (exemples : Lorraine, Champagne, Picardie, bordures de l'Atlantique et de la Manche).

3 : Parasitisme : limaces, larves de taupins... ; déprédation : oiseaux (pigeons), lapins, lièvres...

4 : Les écartements entre rangs ≤ 60 cm sont les plus adaptés au tournesol.

Tableau de bord

« Tournesol robuste »



Etat clé : état de la culture décisif dans l'établissement du résultat final. Résultant d'un (ou plusieurs) état clé causal et/ou de conditions de réussite

Condition de réussite : condition en lien avec un ou plusieurs facteurs biotiques ou abiotiques, sur laquelle il est possible d'agir via les pratiques culturales

Indicateur : observation agronomique réalisée sur le sol ou la culture, permettant de caractériser l'atteinte ou non d'un état clé

Ce tableau de bord peut être utilisé :

- Avant le début de la campagne culturale, pour construire une stratégie à mettre en œuvre
- En cours de campagne : pour organiser un observatoire des états-clés obtenus
- En fin de campagne : pour identifier les pistes d'améliorations pour la campagne à venir

10 règles d'or pour réussir l'implantation du tournesol

Capitaliser l'historique parcellaire

Problèmes structuraux, adventices estivales problématiques, ravageurs et maladies

Observer le sol

Diagnostiquer l'état du sol, adapter la stratégie de gestion de l'interculture

Travailler un sol à consistance friable

Sur tout le profil travaillé

Agir sur les adventices difficiles en début d'interculture

Couvrir le sol

Avant tournesol, de nombreuses espèces sont mobilisables, utiliser des mélanges à base de légumineuses

Semer suffisamment tôt

Levée avant le 1^{er} mai. Ne décaler la date de semis que s'il s'agit d'une priorité sanitaire

Favoriser une levée rapide

Semer au semoir monograinne dans un sol réchauffé, à une profondeur régulière. Ne pas créer trop de terre fine

Perturber les ravageurs

Anticiper les situations à risque limaces et taupins. La présence humaine est pour l'heure le seul levier efficace pour limiter les dégâts d'oiseaux

Maîtriser l'enherbement

Semer sur un sol propre. Préférer les outils scalpeurs et outils à dents

Optimiser la nutrition

Raisonner la dose d'azote. Anticiper d'éventuelles carences en bore, phosphore et potasse



Arrivée de VIBALLA en tournesol : ça change quoi ?

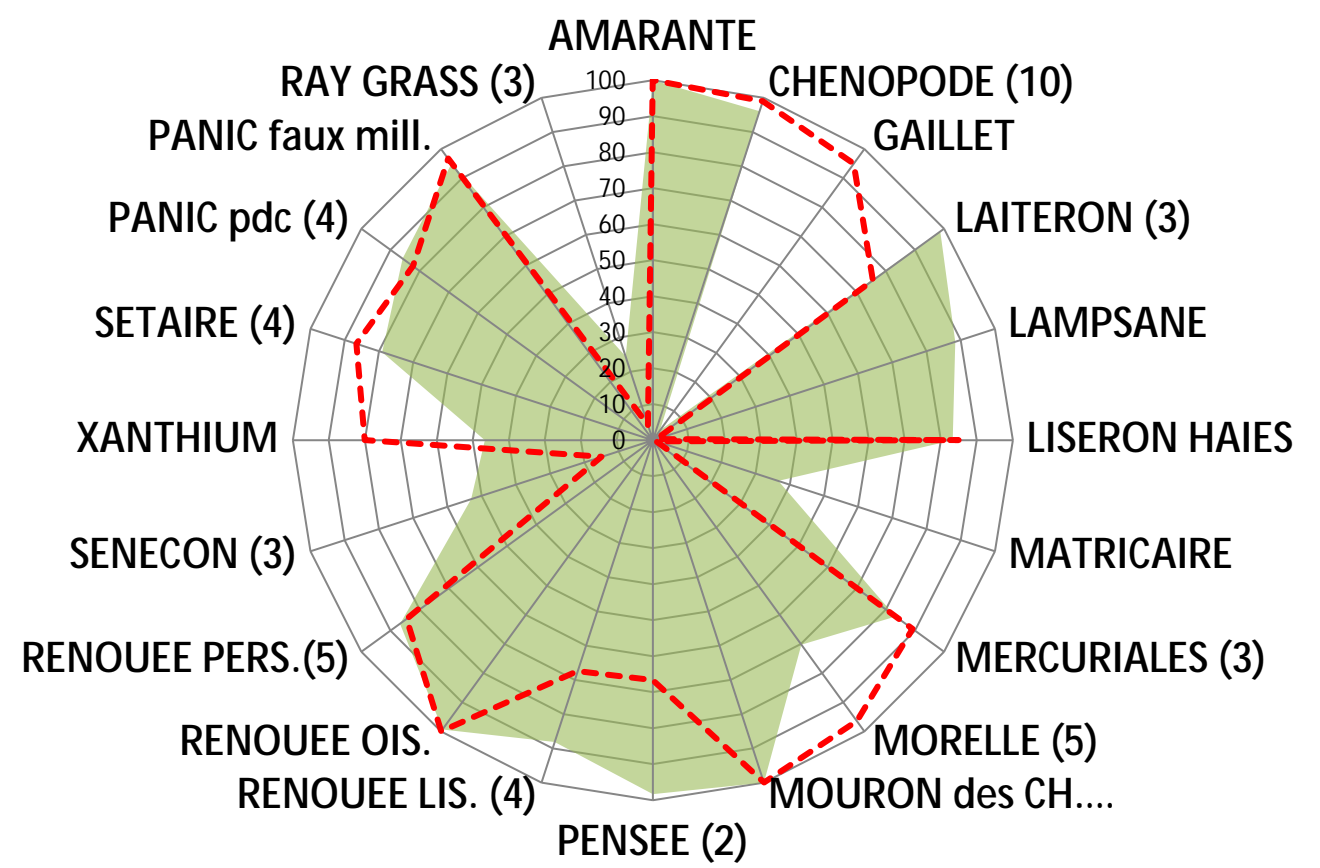
Sur flore classique

- Point fort sur chénopode, mercuriale, ammi-majus, éthuse, mais aussi gaillet, géranium, abutilon, xanthium et ambroisie
- Efficacité moyenne sur morelle
- Insuffisant sur amarante, anthémismatriculaire, laiteron, séneçon et renouées

Construire des programmes plutôt sur des bases pendiméthaline pour équilibrer le spectre sur :

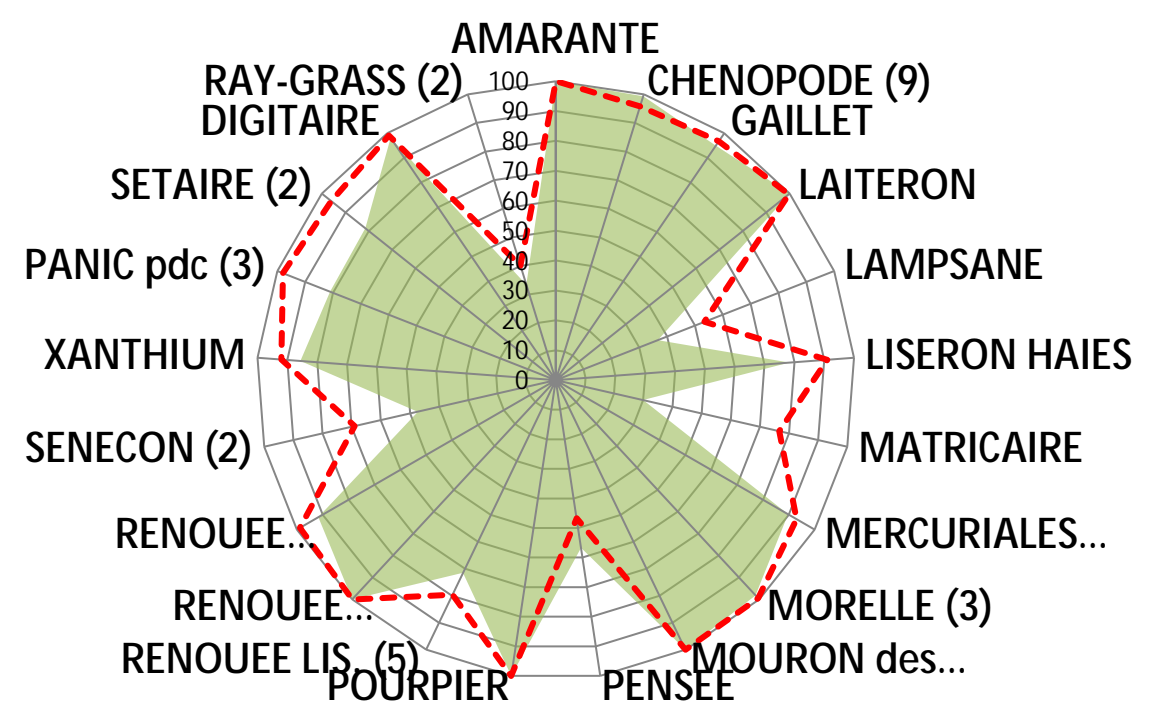
- q graminées
- q Renouées notamment renouées liseron

Base Atic-Aqua ou Dakota-P à 2,5 l/ha



■ ATIC AQUA 2 + CHALLENGE 3

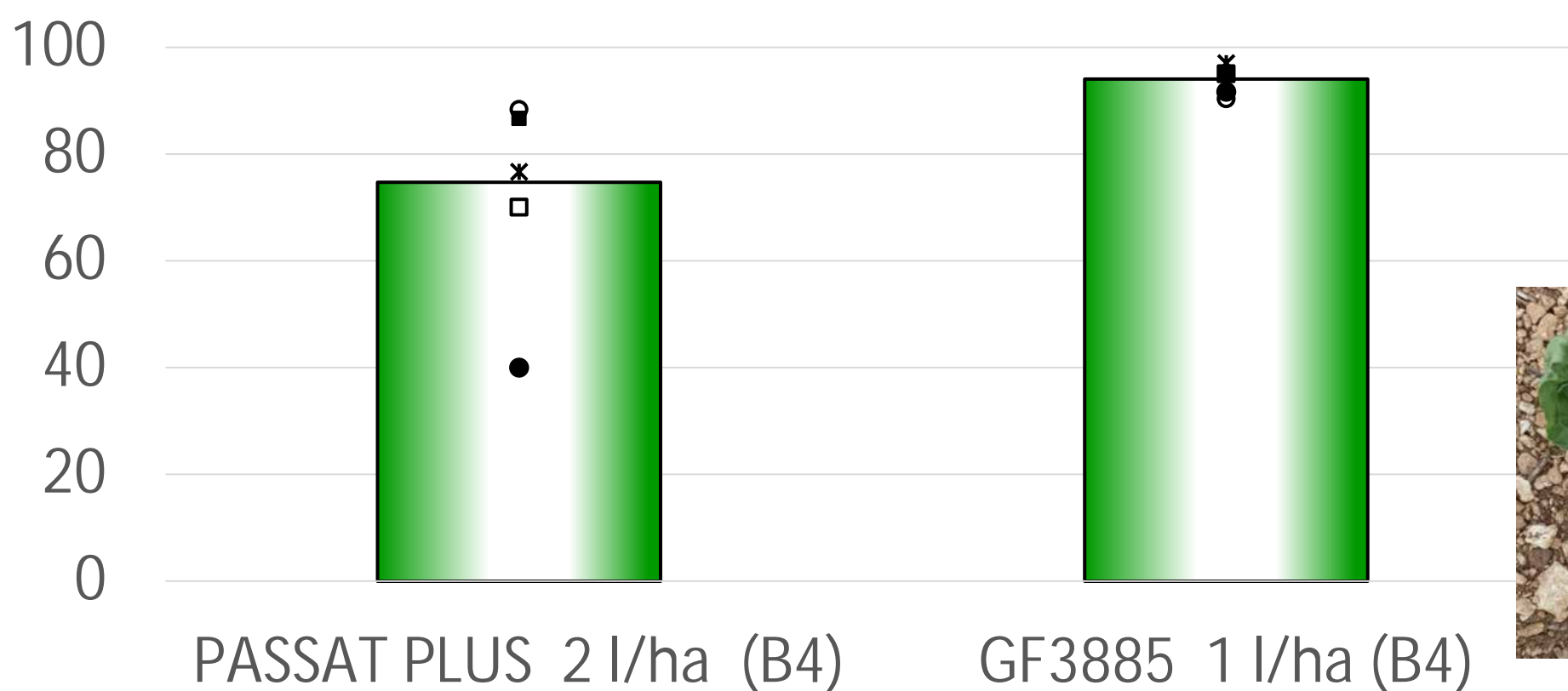
--- ATIC AQUA 2.5 / GF3885 1 (B4)



■ DAKOTA-P 2.5 / GF3885 1 (B4)

--- DAKOTA-P 2.5 / PASSAT PLUS 1,6 (B4)

Sur Ambroisie



- moyenne
- × 2018 dpt79
- 2018 dpt82
- 2019 dpt85
- 2019 dpt11
- 2020 dpt85
- * 2020 dpt47

à 6 essais 2018-2020
242 pl/m² - (10 à 880)



Symptômes furtifs de gaufrage dans les 48h après application



Symptômes de déformation de tiges parfois observables (application sur stade juvénile, recroisement de rampe)

Des programmes à adapter à chaque situation

Flore simple à pression modérée
à DAKOTA-P seul à 2,5 l/ha

45 à 50 €

Flore simple à pression forte renouvelées
à Atic-Aqua 2l + Proman 2l

85 €

Ou

à Atic Aqua 2l + Challenge 2,5 à 3l

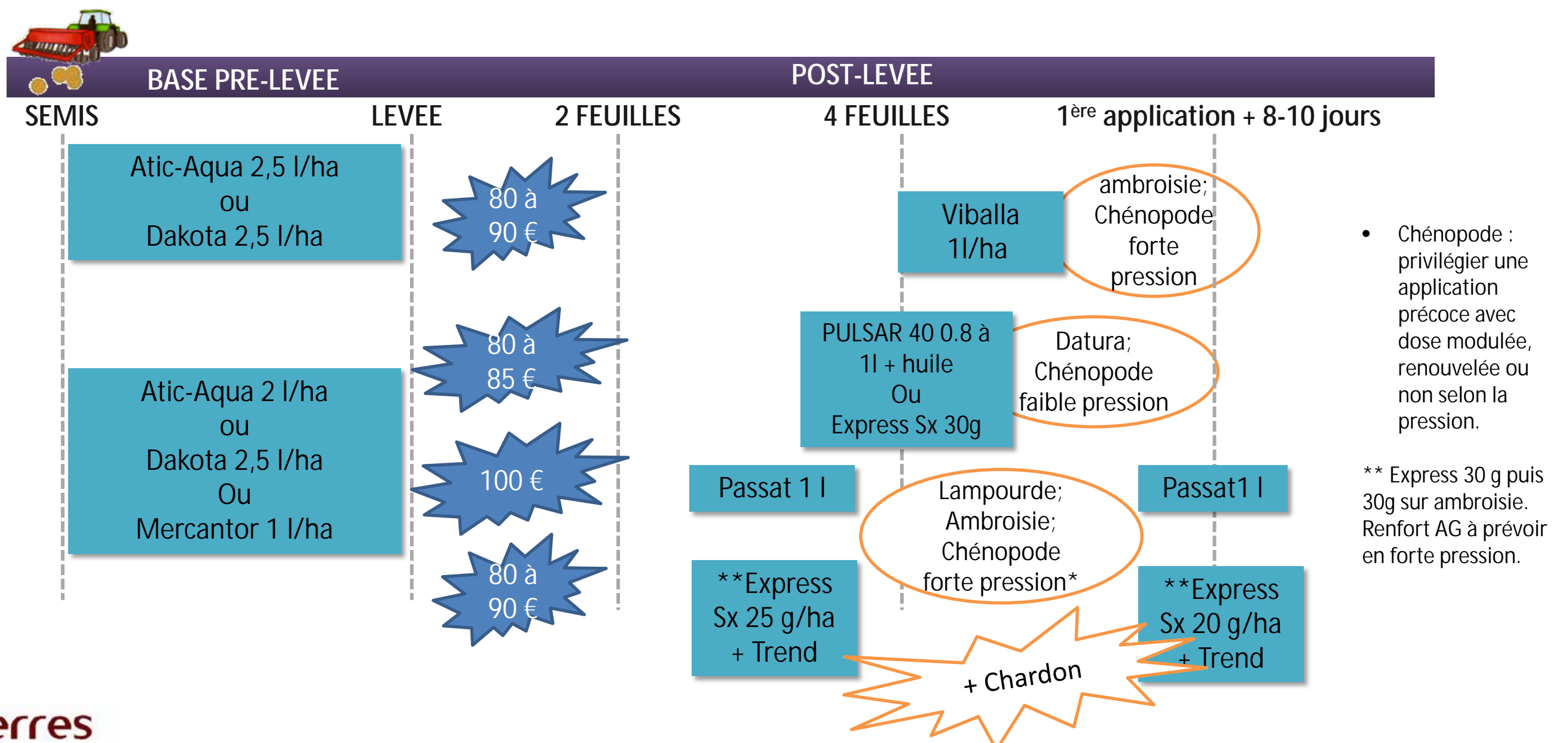
85 à 100 €

(Challenge renforce sur gaillet, et léger effet mercuriale insuffisant en pression forte)

Remplacement possible d'Atic-Aqua par Dakota-P 2l pour renforcer sur morelle. Privilégier Atic sur morelle si programme avec Proman 2l

	Dakota-P 2,5 à 3 l/ha	Atic-Aqua 2 l/ha + Challenge 600 3 l/ha	Atic-Aqua 2 l/ha + Proman 2 l
Digitaire			
Panic			
Ray-grass	*		
Sétaire			
Amarante			
Ambroisie	*		
Ammi élevé	*		
Arroche	*		
Bidens (chanvre d'eau)			
Capselle			
Chénopode			
Colza (repousses)			
Datura			
Ethuse	*		
Gaillet	*		
Laiteron			
Linaira batarde			*
Liseron des champs	*	-	*
Liseron des haies			
Matricaire	*		-
Mercuriale			
Morelle			
Mouron des champs			
Moutarde deschamps			
Ravenelle		*	
Renouée liseron			
Renouée des oiseaux	*		
Renouée persicaire	*		
Séneçon	*		-
Stellaire			
Véronique			

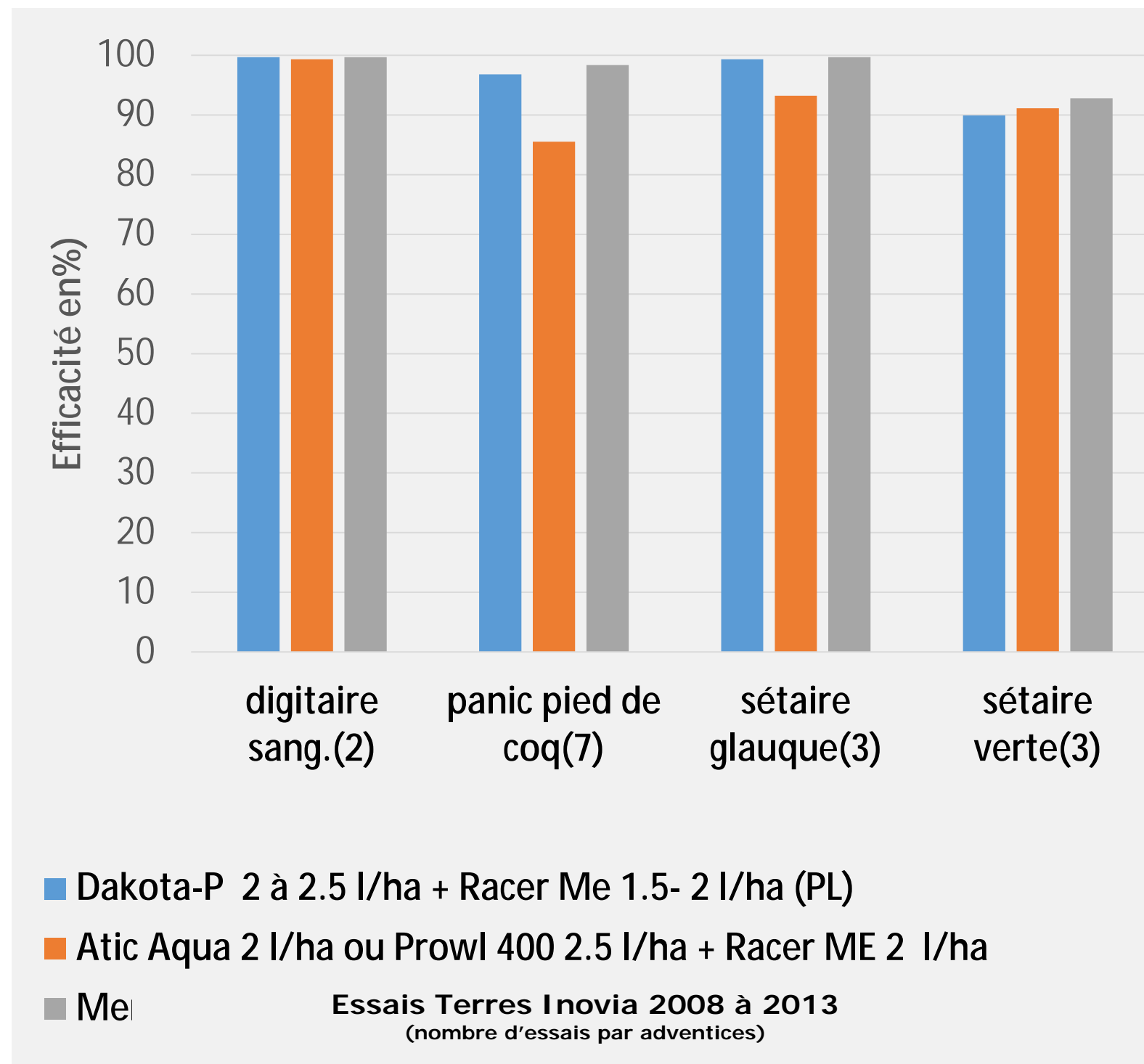
Exemples de gestion en situation de flores difficiles (Ambroisie, xanthium, datura)



Maintien des graminées sans s-métolachlore

PSD : point sur les solutions existantes

- **Pendiméthaline** seule ou associée **DMTA-p** offrent une protection équivalente dans grand nombre de situations.
- Recours possible aux antigraminées foliaires



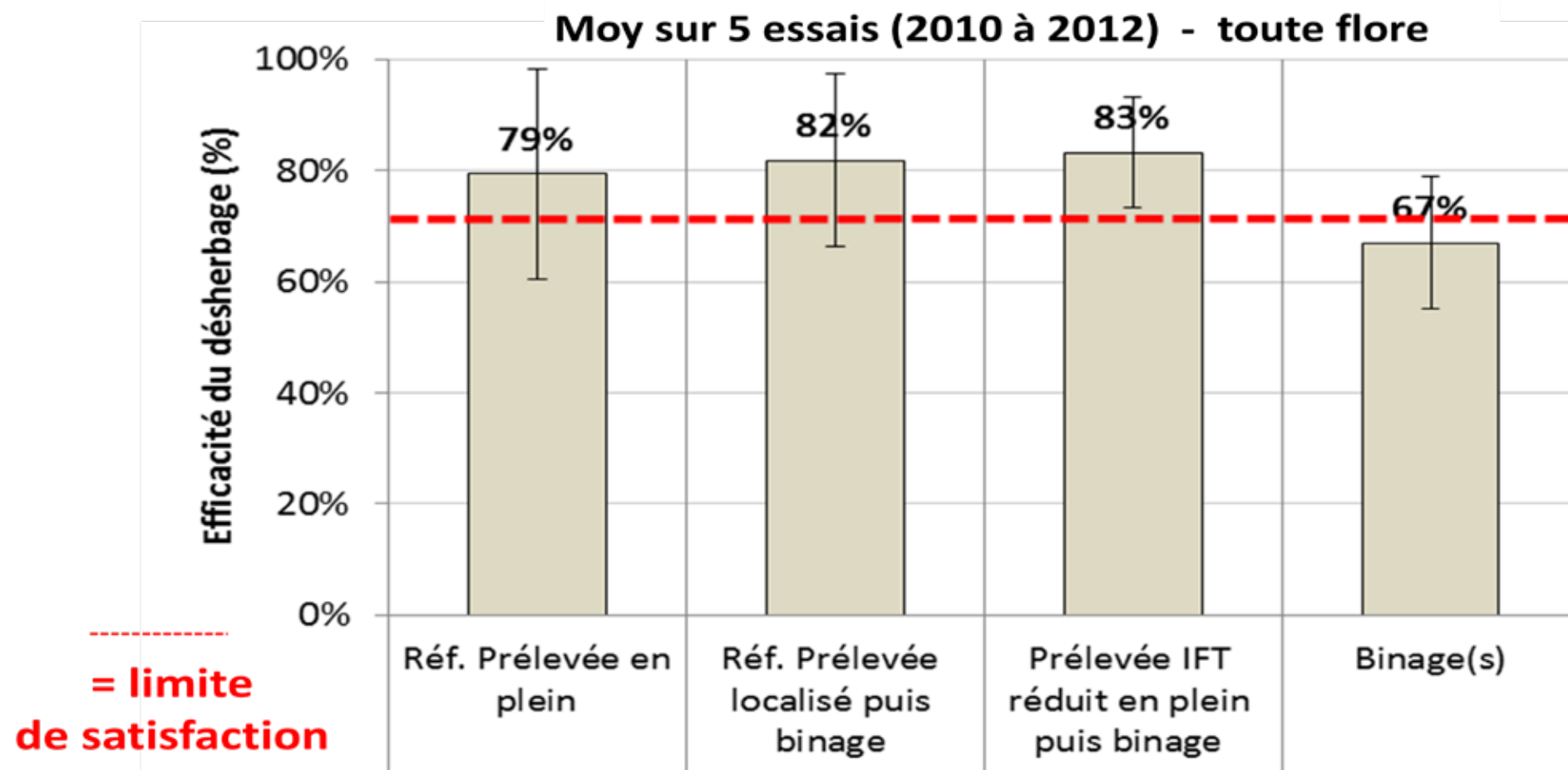
Ray-grass/vulpin

- Une situation préoccupante :
 - Résistance quasi généralisée aux inhibiteurs ACCase (fop/dymes) et ALS (imazamox)
- Quelles alternatives ?
 - Solutions à base de dmta-P (DAKOTA-P, dmta-P solo attendu)
 - Reconsidérer le renforcement de ces solutions avec Novall (essais en cours)

Désherbage mixte du tournesol avec binage

Herbisemis puis binage

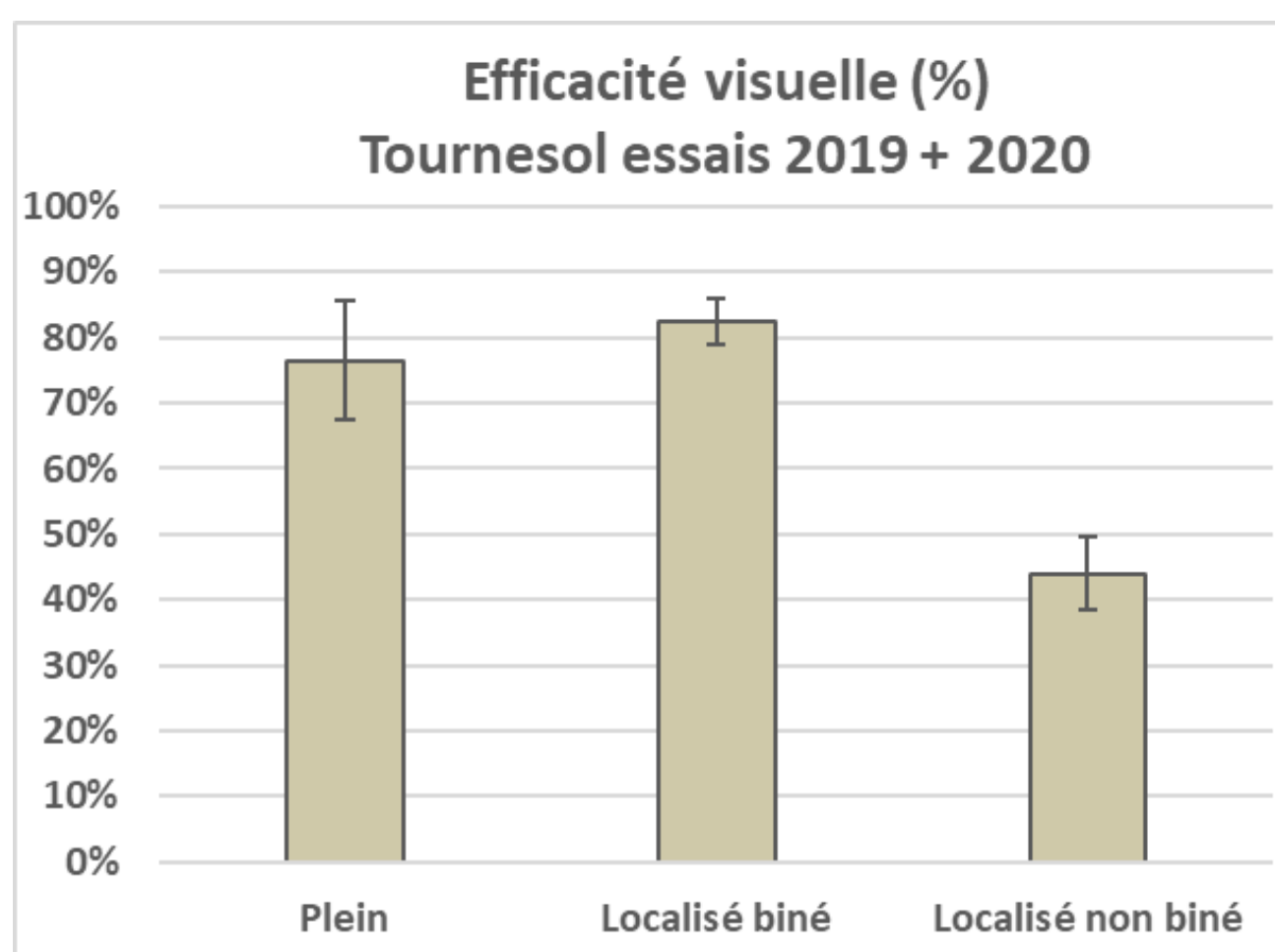
Herbicide de prélevée sur le rang avec un kit sur le semoir (herbisemis) PUIS binage



- Bonne complémentarité des deux
- Efficacité équivalente au traitement en plein
- IFT réduit (67 %) et coûts réduits (71 %)

Herbicide localisé en post-levée puis binage

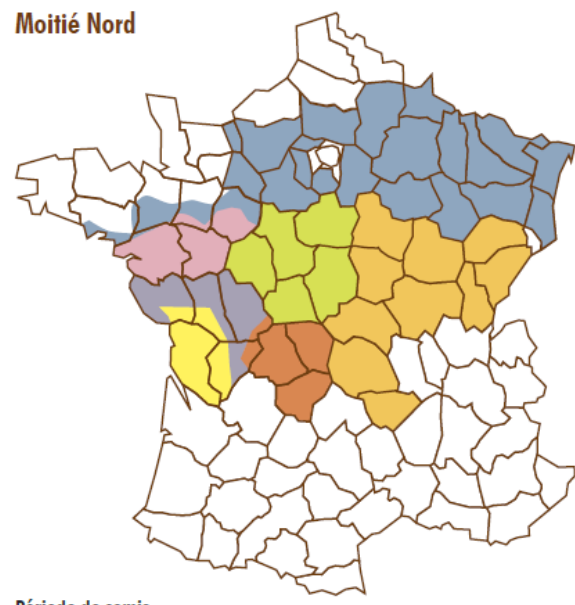
Traitement de post-levée (ex : Pulsar 40, utilisé dans ces essais, sur variété tolérante) sur le rang PUIS binage à usage d'une rampe spécifique Maréchal



- Complémentarité des deux indispensable
- Efficacité équivalente voire meilleure au plein
- IFT réduit de 56 %

Sécuriser un peuplement optimal, quels leviers d'actions ?

Le binôme période de semis et précocité

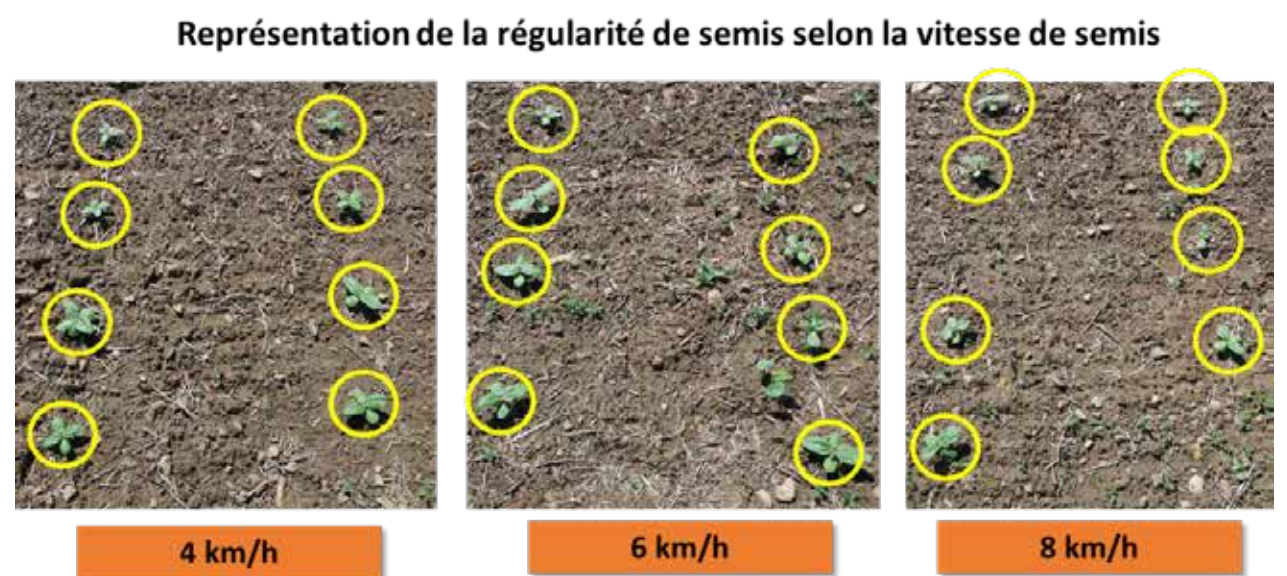


Période de semis
 ●●● recommandée
 ●● possible
 ● possible mais non conseillée

Précocité variétale
 T : tardive MT : mi-tardive MP : mi-précoce
 P : précoce TP : très précoce

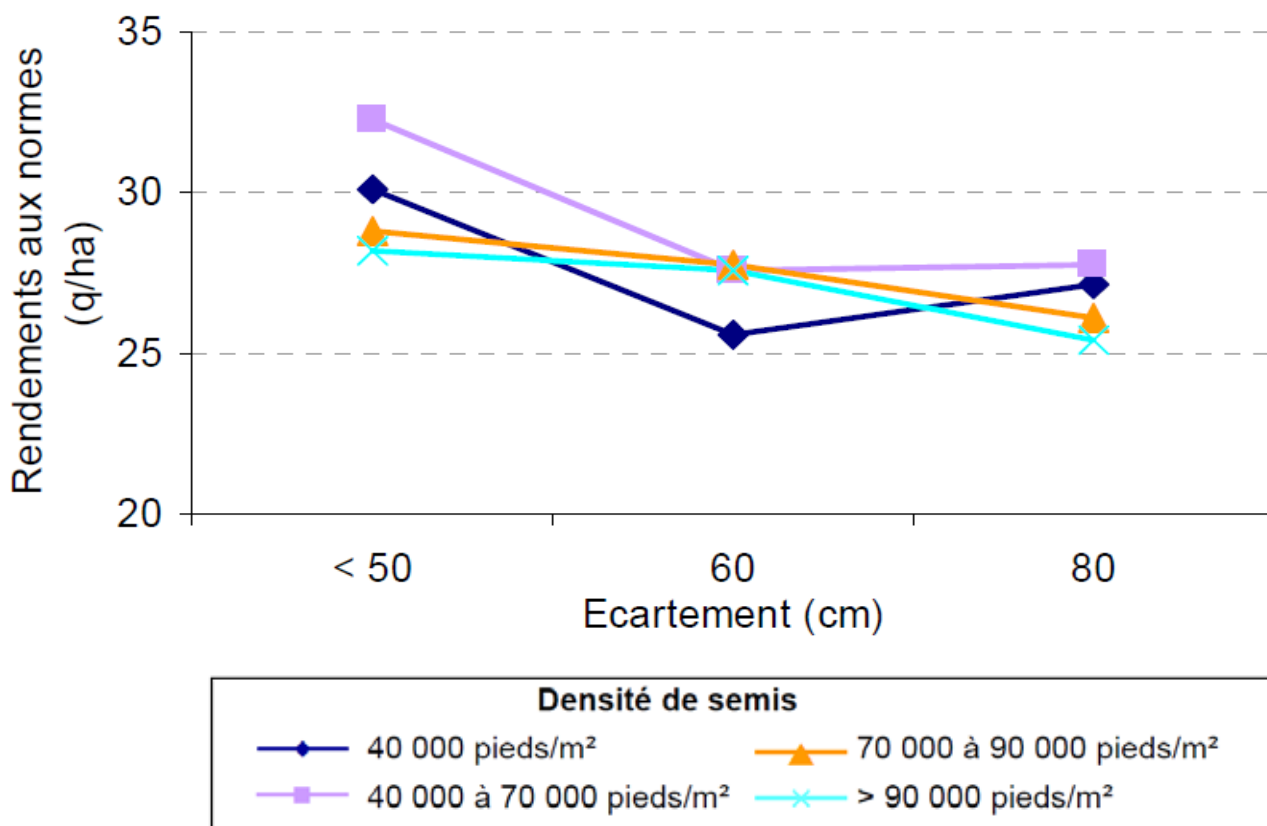
	21 au 31 mars	1 ^{er} au 20 avril	21 au 30 avril	Après le 1 ^{er} mai
Période de semis	●●	●●●	●●	●
Précocité	P, MP	P	P	P, TP
Période de semis	●	●●●	●●●	●
Précocité	P, MP	P	P	P, TP
Période de semis	●●	●●●	●●	●
Précocité	MP	P, MP	P, MP	P, TP
Période de semis	●	●●	●●●	●
Précocité	P	P	P	P, TP
Période de semis	●●	●●●	●●	●
Précocité	MP, MT, T	P, MP, MT, T	P, MP	P, TP
Période de semis	●●	●●●	●●	●
Précocité	P, TP	P, TP	P, TP	TP
Période de semis	●	●●●	●●	●
Précocité	MP, P	MP, P, TP	P, TP	TP

Le type de semoir et la vitesse de semis



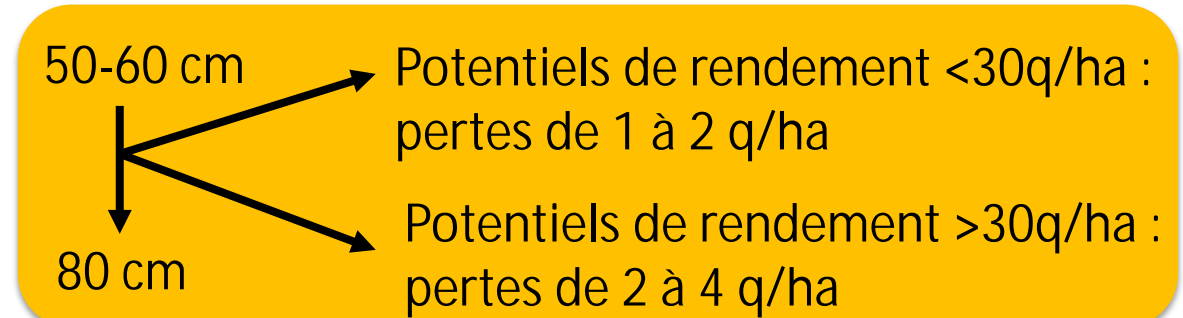
Semis à 6 km/h maxi, idéalement 4 km/h (à nuancer en fonction du semoir)

L'écartement entre-rang



à Ecartement entre rangs : les écartements larges peuvent :

- augmenter la compétition entre plantes sur le même rang,
- limiter la capacité d'interception de la lumière par le couvert, À baisse du nombre de grains / m² non compensée par une augmentation du poids des graines.



Un peuplement régulier, c'est capital pour le rendement

Impact de l'hétérogénéité du peuplement sur le rendement

Diagramme	% de couverture du sol	Rendement (% du témoin)	Distribution des plantes dans le peuplement
	100	100	Distribution uniforme
	75	88,3	Distribution uniforme, mais les surfaces foliaires se recouvrent 2 par 2
	83	87,8	Distribution non uniforme ; quelques surfaces foliaires se recouvrent
	66	71,1	Forte hétérogénéité et mauvaise distribution des plantes sur le rang
	50	76	Distribution hétérogène et présence de plantes isolées sur le rang

Fertilisation du Tournesol

Bien identifier les besoins de la culture (exemple pour un rendement à 35 q/ha) ...



- è Des besoins généraux couverts en grande partie par les restitutions.
- è L'azote et le bore sont les éléments prioritaires dans le cadre du pilotage de la fertilisation !
- è Dans certains cas, le tournesol trouve tout ce dont il a besoin dans son environnement (pas besoin d'apport)



... Pour mieux y répondre le cas échéant !

Cas de l'Azote

		Objectif de rendement	
		25 q/ha (sols superficiels) (1)	35 q/ha (sols profonds) (2)
Reliquat d'azote minéral au semis	Faible (30 u)	40 à 80 u	80 à 100 u
	Moyen (60 u)	moins de 40 u	40 à 80 u
	Elevé (90 u)	0 u	moins de 40 u

- (1) argilo-calcaire superficiel, sol sableux, cranette...
- (2) : limon, limon argileux, argile limoneuse, craie...

Si la minéralisation est forte, choisir la valeur basse de la fourchette et inversement. Les reliquats d'azote au semis se mesurent jusqu'à 90 cm, voire 120 cm pour les sols les plus profonds.

Privilégier l'apport d'azote en végétation :

- è L'apport d'azote en végétation (6 à 14 feuilles) est au moins aussi bien valorisé que l'apport au semis car réalisé au moment où les besoins de la culture sont les plus élevés
- è Il permet d'améliorer l'estimation de l'objectif de rendement en tenant compte de l'état du peuplement installé
- è Pour apporter l'azote en végétation sans risque, utiliser une forme solide (ammonitrate ou urée), par temps sec, avant l'apparition du bouton étoilé

Cas du Bore

Apport	Stade	Forme	Dose de bore (B)
Au sol	Incorporer ou pas avant le semis (1)	Solide ou liquide	1.2 kg/ha (3)
En application foliaire	Entre les stades "10 feuilles" et LPT (1)(2)	Liquide : apporter au moins 200 l/ha de bouillie	300 à 500 g/ha (4)

- (1) Peut être réalisé à l'occasion du désherbage ou de l'application du fongicide.
- (2) LPT : limite de passage du tracteur. Le tournesol mesure 55 à 60 cm.
- (3) Chélat B : 250 g B/ha au sol - 200 g B/ha en application foliaire
- (4) Soit environ 3 l de produit liquide à 150 g/l de bore



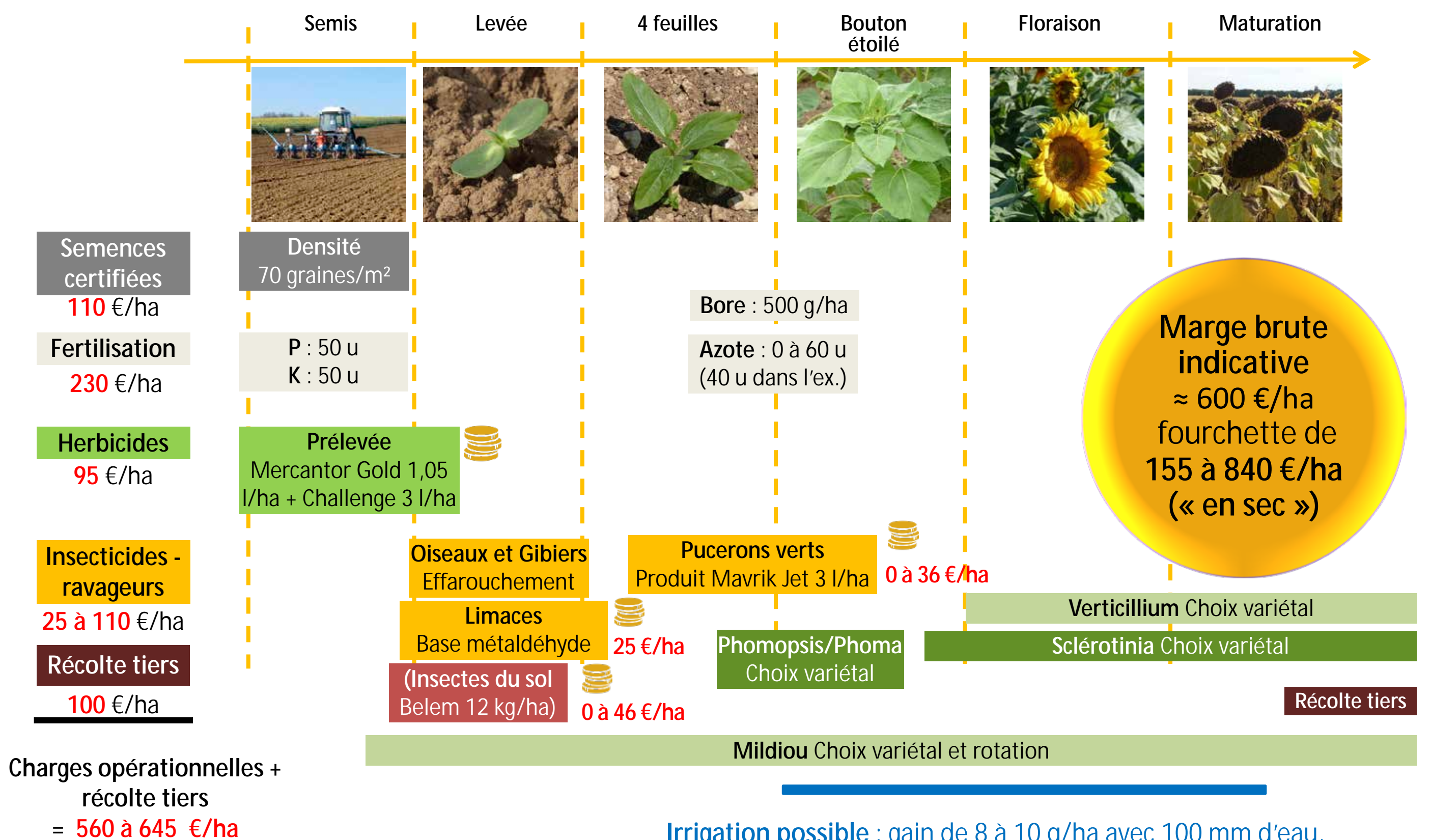
Facteurs de risque et facteurs aggravants

- è pH supérieur à 7.0
- è Plus de 10% de calcaire actif dans le sol
- è Sols légers, filtrants et superficiels
- è Chaulage (blocage du bore)
- è Chocs thermiques entre « 10 feuilles » et « début floraison »
- è Retour fréquent du tournesol sans apport de bore



Exemple d'itinéraire technique du tournesol

- Préparer son sol : interculture, structure, adventices
- Optimiser son choix variétal : débouchés, précocité, maladies, technologies
- Semer avant un réchauffement
- Adapter son désherbage : prélevée, post-levée, mécanique, mixte
- Gérer les bioagresseurs : limaces, oiseaux, pucerons verts
- Alimenter correctement : eau, NPK, bore



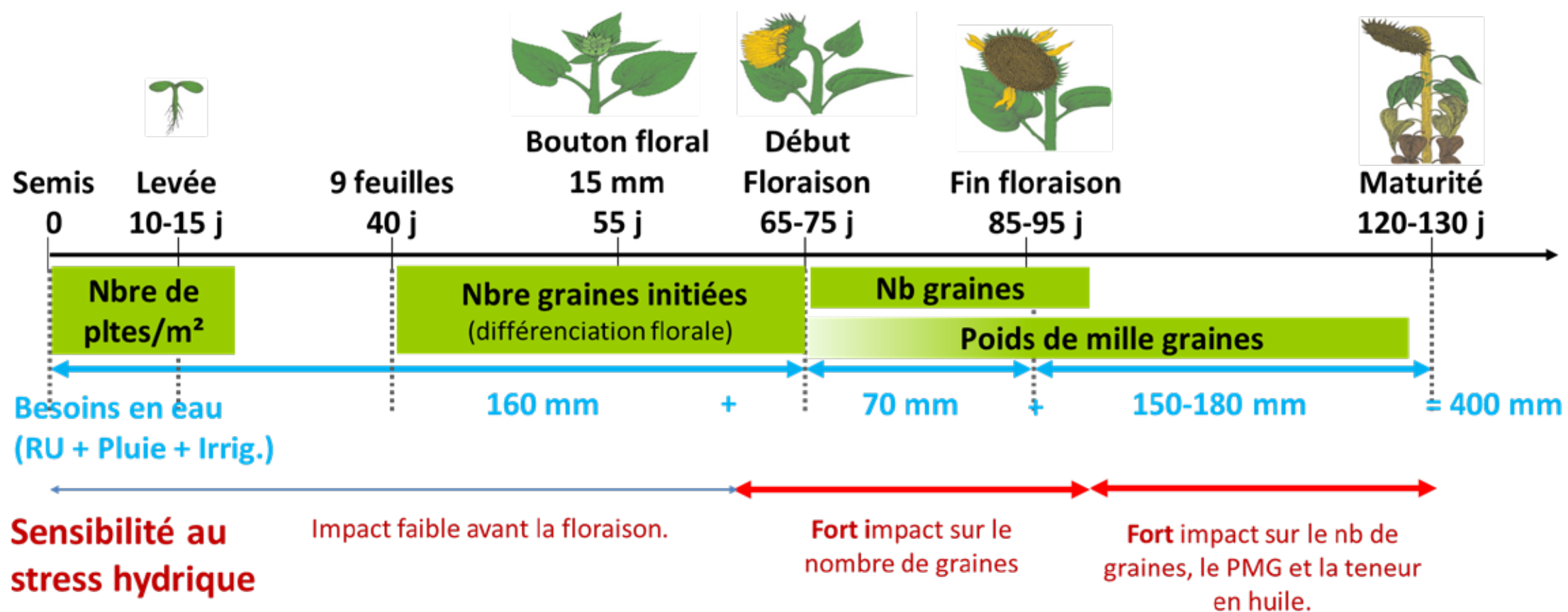
Rendement moyen : 20-30-35 q/ha en sec

Prix de vente indicatif : 400 €/t

Produit brut indicatif : 800-1200-1400 €/ha

Irrigation du tournesol : réussite et atout économique

Les besoins en eau



- Mécanismes d'endurcissement avant floraison
- Obtenir un développement foliaire modéré avant floraison (IF= 2.5) , éviter un feuillage exubérant
- Maintenir la surface foliaire « verte » pour assurer un bon fonctionnement jusqu'à maturité

Bonnes conduites d'irrigation

1 à 3 apports d'eau au bon moment pour maximiser l'efficacité de quantités limitées d'eau d'irrigation
Privilégier les variétés très peu ou peu sensibles au sclérotinia et au phomopsis

Je dispose de :

Croissance au stade bouton	1 tour d'eau 30/40 mm	2 tours d'eau 60/80 mm	3 tours d'eau 90/120 mm
faible à modérée	<ul style="list-style-type: none"> • Juste avant la floraison <p>Début floraison</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Juste avant la floraison • Puis fin floraison <p>Début floraison Fin floraison</p>	<p>EN SOL SUPERFICIEL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bouton étoilé • Début floraison • Puis fin floraison <p>Bouton étoilé Début floraison Fin floraison</p> <p>EN SOL PROFOND</p> <ul style="list-style-type: none"> • Début floraison • Fin floraison puis 10 jours plus tard
normale à exubérante	<ul style="list-style-type: none"> • Fin floraison <p>Fin floraison</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fin floraison • Puis 10 jours plus tard <p>Fin floraison + 10 jours</p>	

Intérêt économique de l'irrigation

- Très bonne réponse à l'eau
- Efficacité moyenne : ~ 10 q/ha pour 100 mm d'eau d'irrigation
- L'irrigation améliore grandement la marge brute

