Evolution des systèmes de grandes cultures : de la productivité à la transition agroécologique pour atteindre la multi performance Quelles solutions agronomiques ?

Philippe Gate, Académie d'Agriculture, ex ARVALIS-Institut du Végétal,
avec la collaboration de Stéphane Jézéquel (ARVALIS)

ACADÉMIE d'AGRICULTURE de FRANCE
AGRICULTURE ■ ALIMENTATION ■ ENVIRONNEMENT

Produire beaucoup, pour satisfaire tous les usages

- ***Piloter l'azote et l'eau dans une optique d'optimisation de la production C, stimuler les régulations naturelles, avec une évaluation multicritère des services rendus***

Optimiser la photosynthèse

Réduire la dépendance aux intrants

Produire beaucoup

Grain alimentation
- France, UE
- Export pays tiers

Biomasse, paille exportés
- Elevage, énergie, matériaux, chimie verte

Résidus végétaux enfouis

+ de Couverts, espèces

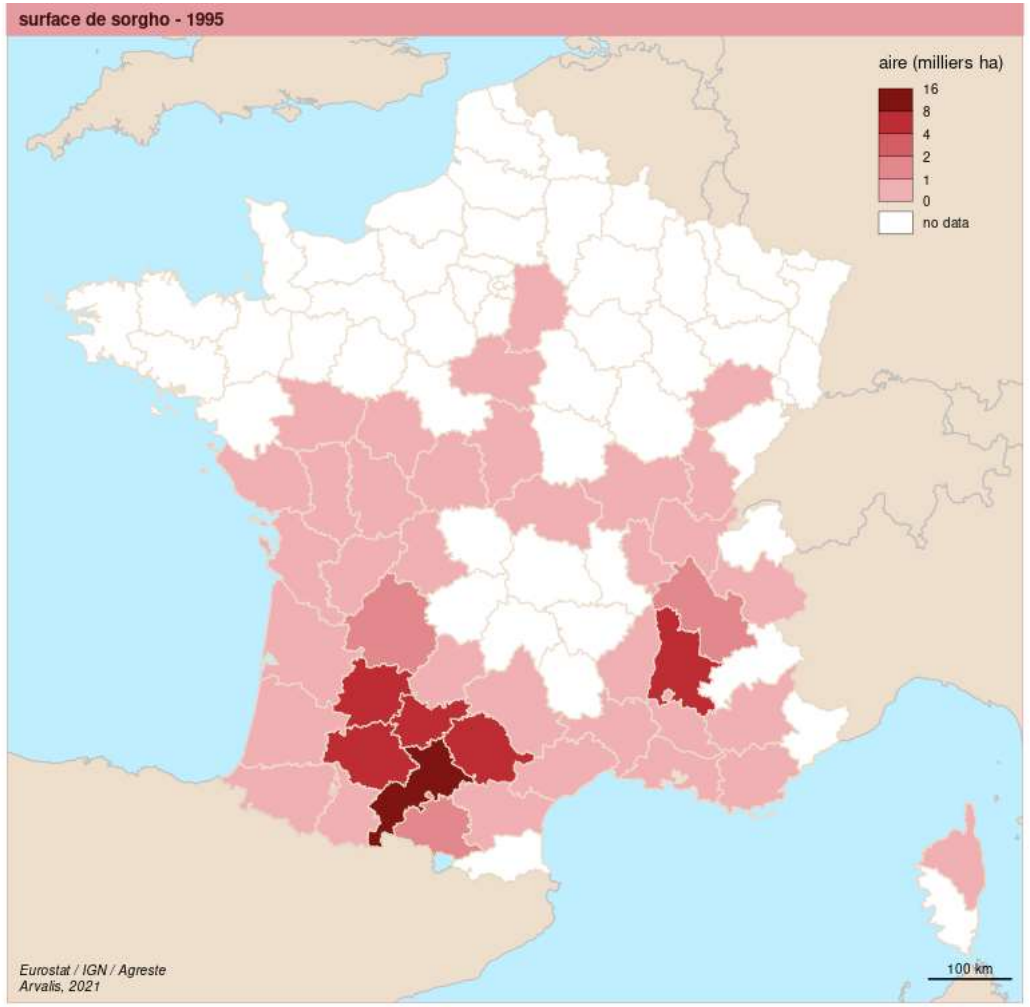
Racines

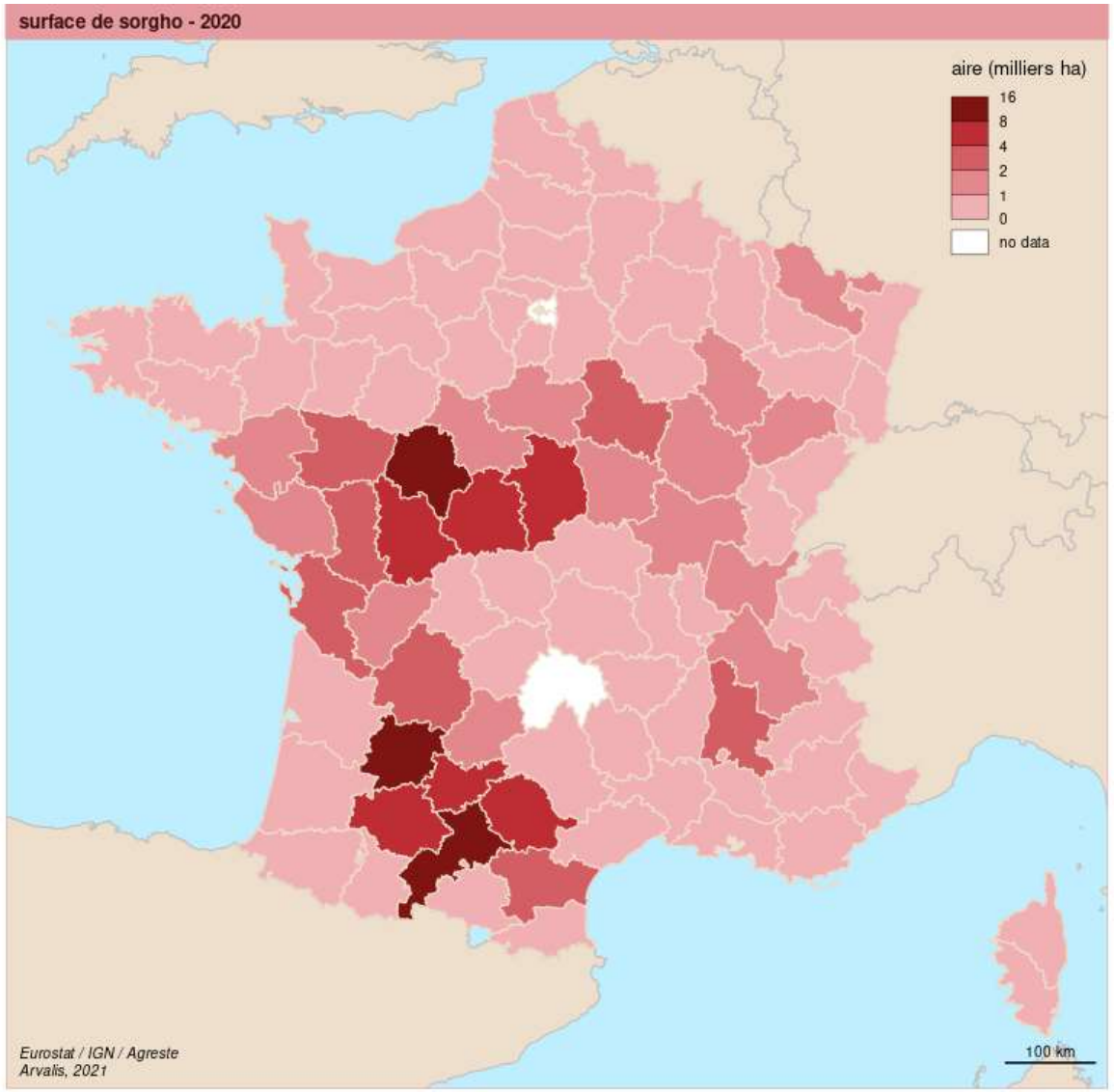
- Amélioration de la fertilité et de la biodiversité des sols, stockage de C, régulations naturelles des bioagresseurs, microbiote racinaire nutrition et immunité des plantes

Quelques évolutions

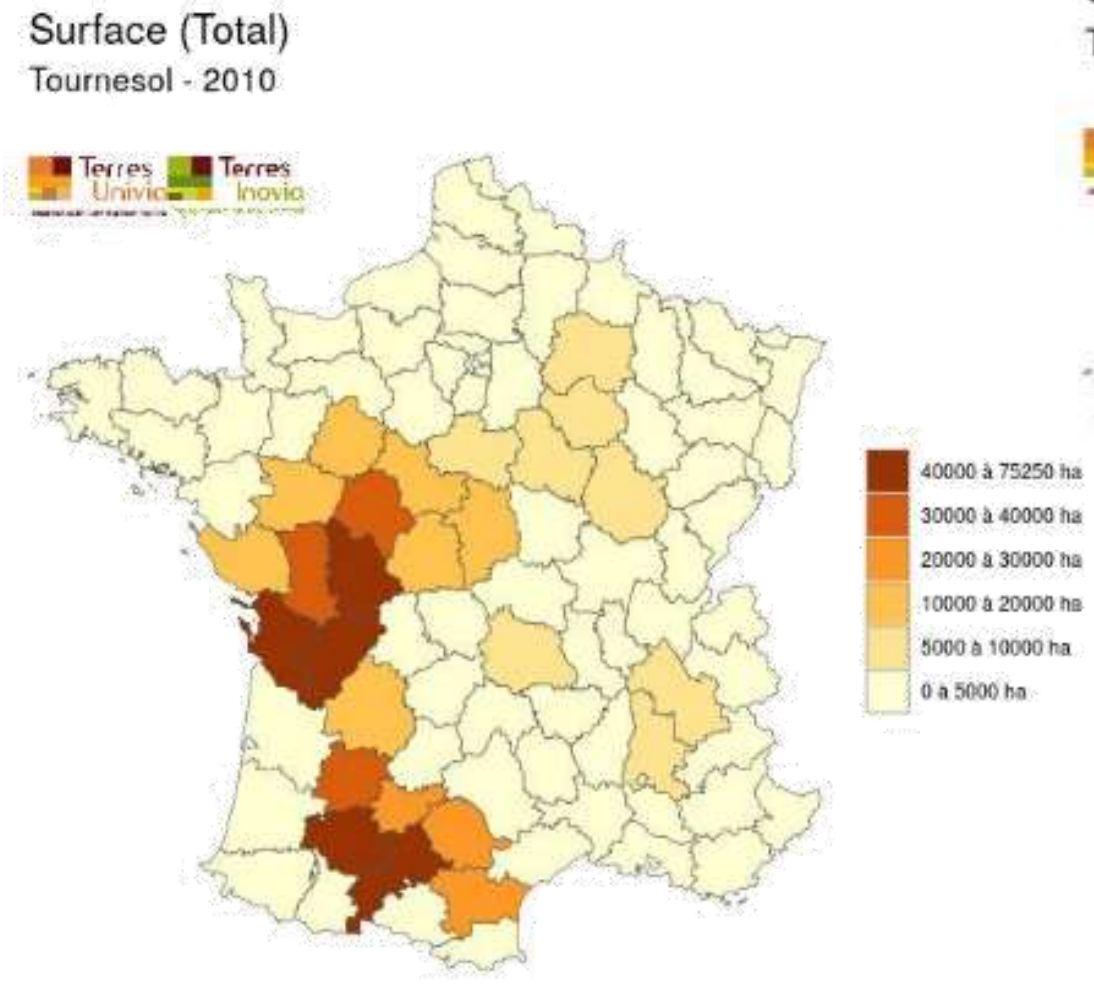
- conséquences du dérèglement climatique
- évolution des pratiques culturales

Evolution des surfaces en sorgho entre 1995 et 2020

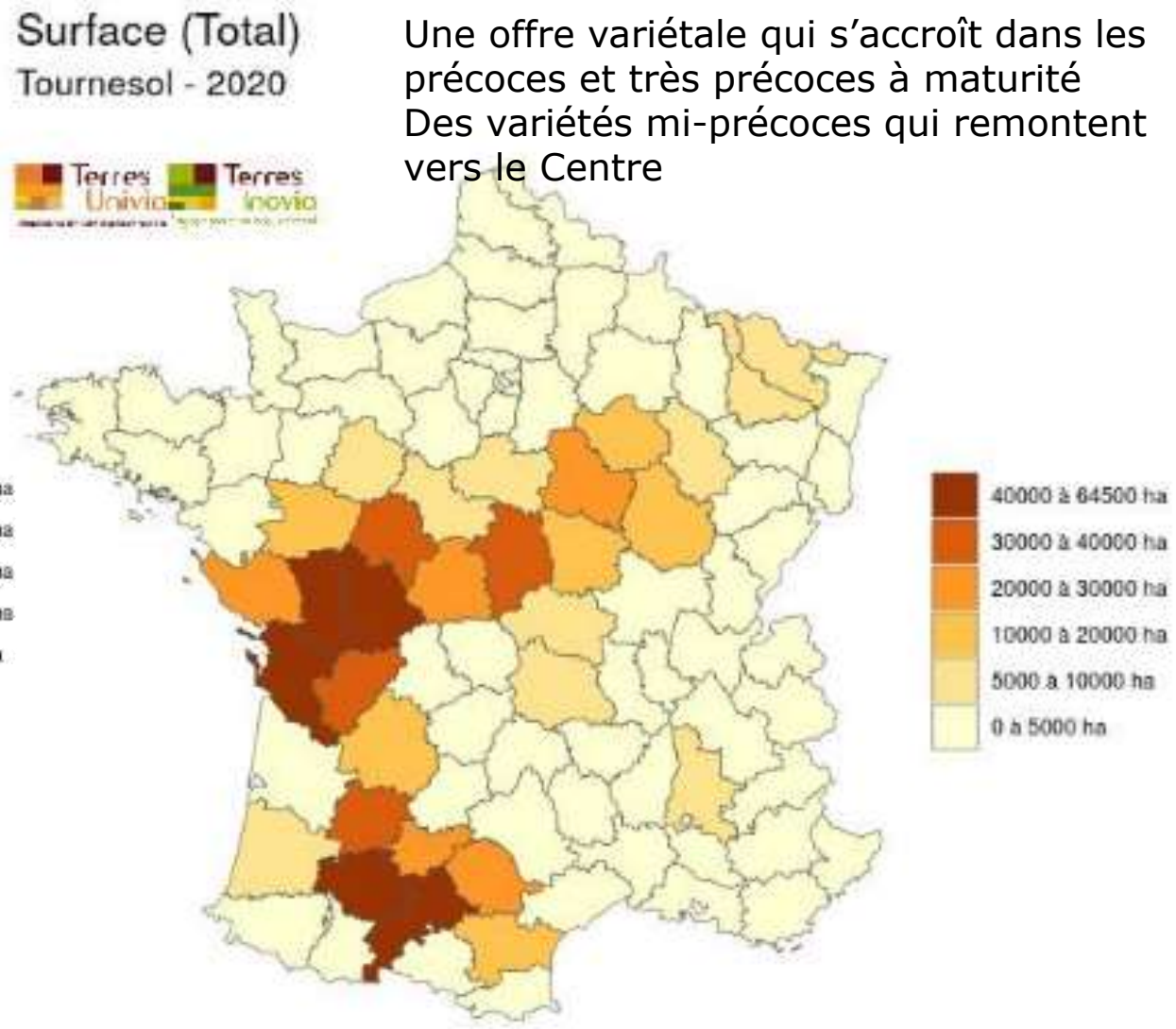




Evolution des surfaces de tournesol entre 2010 et 2020



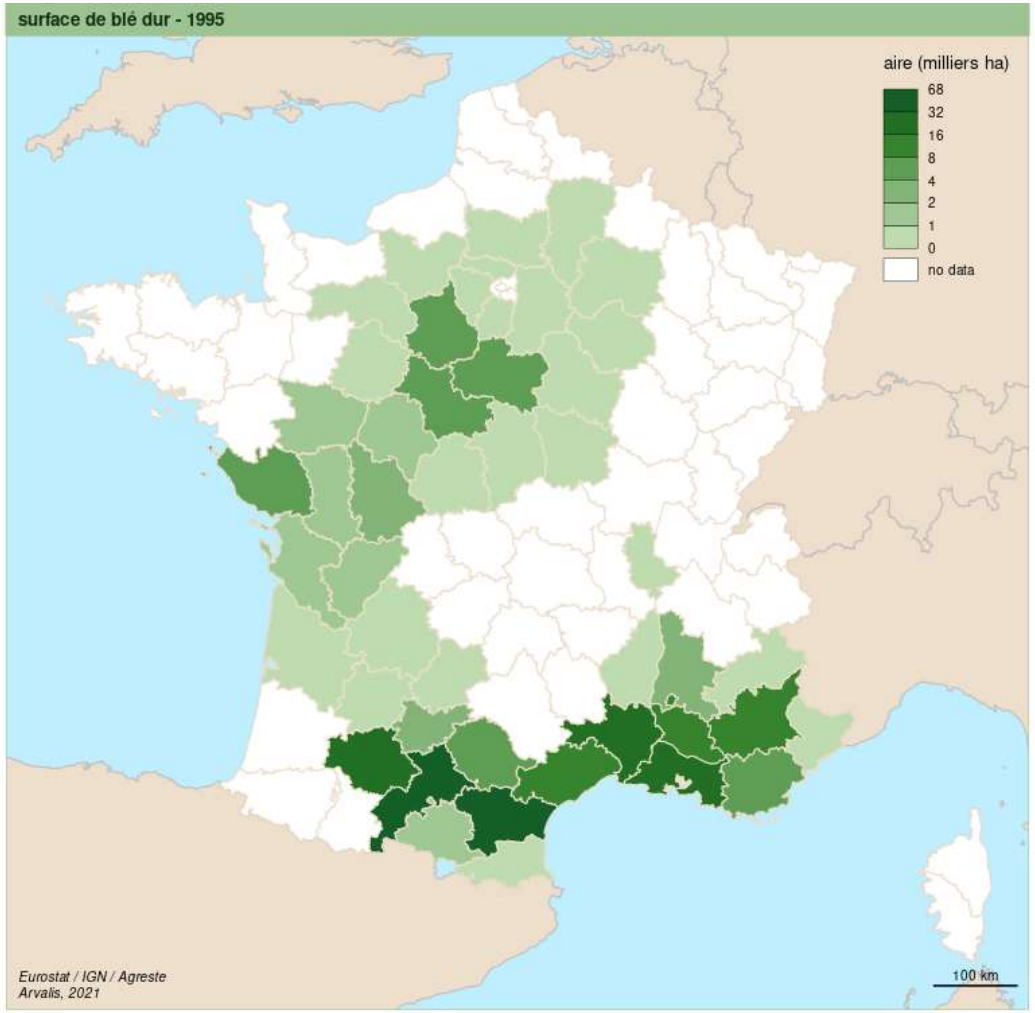
Terres Inovia et Terres Univia d'après les données d'Agreste (*Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation)*

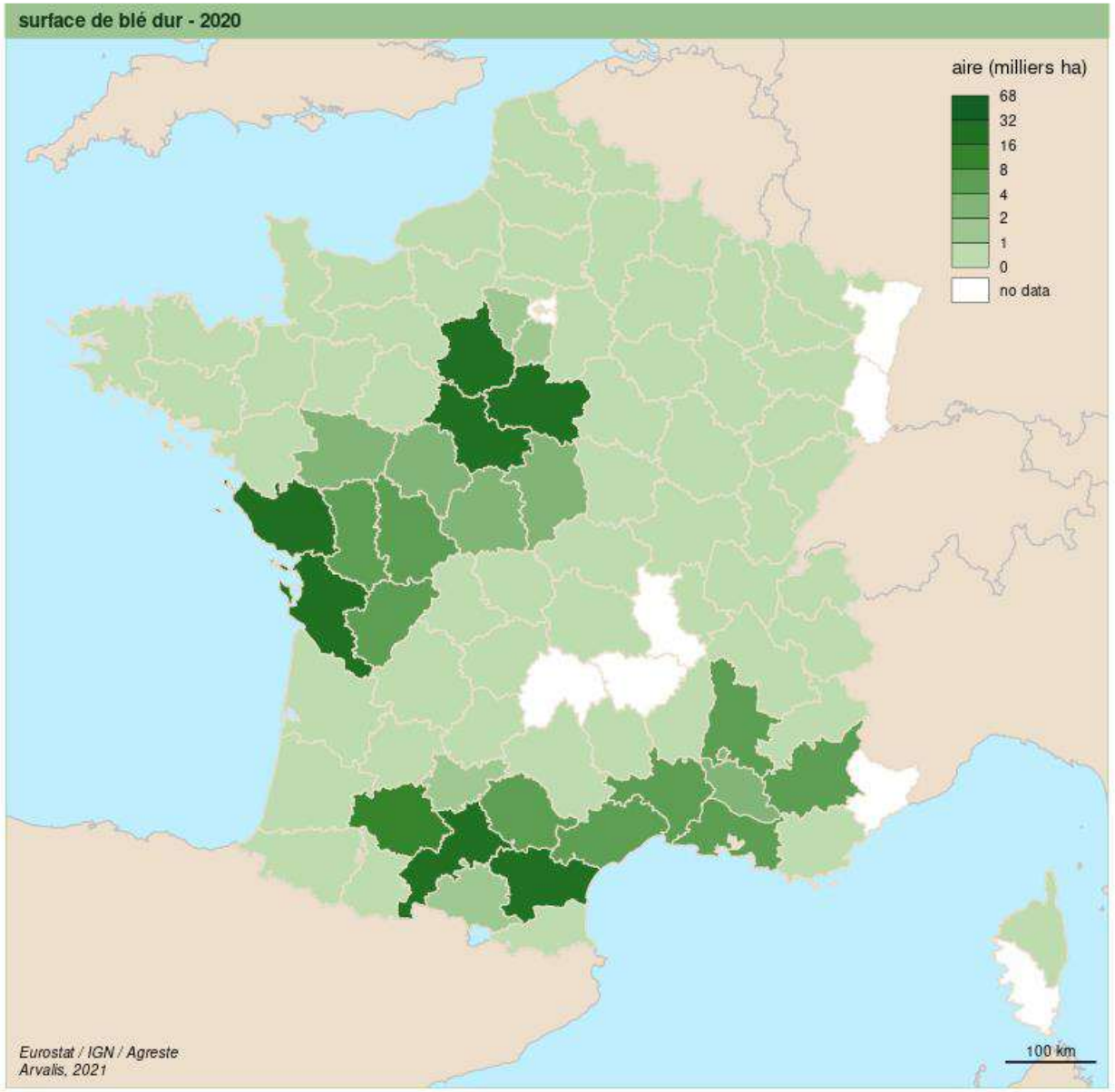


Terres Inovia et Terres Univia d'après les données d'Agreste (*Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation)*

Une offre variétale qui s'accroît dans les précoces et très précoces à maturité
Des variétés mi-précoces qui remontent vers le Centre

Evolution des surfaces en blé dur entre 1995 et 2020





Augmentation et caractères plus aléatoires de certains risques de parasitisme et de ravageurs

- Pucerons plus précoces
- Une rouille jaune himalayenne
- Extension vers le Nord de l'aire de nuisibilité de la sésamie,
- Multiplication des cycles de développement de la pyrale,
- Fréquence accrue de migrations d'Héliothis

Emergence de nouveaux parasites

Climat / transports

- Pyricularose des céréales
- Punaise andalouse
- Punaise diabolique
- Xylella fastidiosa
- Drosophila suzukii
- *Moustique tigre*
- *Chenilles processionnaires*
- …

Liée à la diversification des systèmes

- Augmentation de la biodiversité au sens large
- Davantage d'espèces hôtes
- Des ravageurs qui peuvent se développer (ex: nématodes)
- Présence accrue de couverts végétaux (CIVE et pucerons, ACS et rongeurs, limaces)

Emergence de nouveaux auxiliaires

Cotesia typhae (sésamie)

Opraell communa (ambroisie)

Augmentation et caractères plus aléatoires de certains risques de parasitisme et de ravageurs

Climat, transports, diversification des systèmes

Emergence de nouveaux parasites, impacts sur les auxiliaires : actions

- **Observatoire et diagnostics de l'évolution spatio-temporelle des bioagresseurs et des auxiliaires**
  - **dispositif capable de distinguer les effets dûs au climat de ceux induits par par le système de culture**

→ **Renforcer les régulations naturelles**

→ **Recherche sur des solutions alternatives**

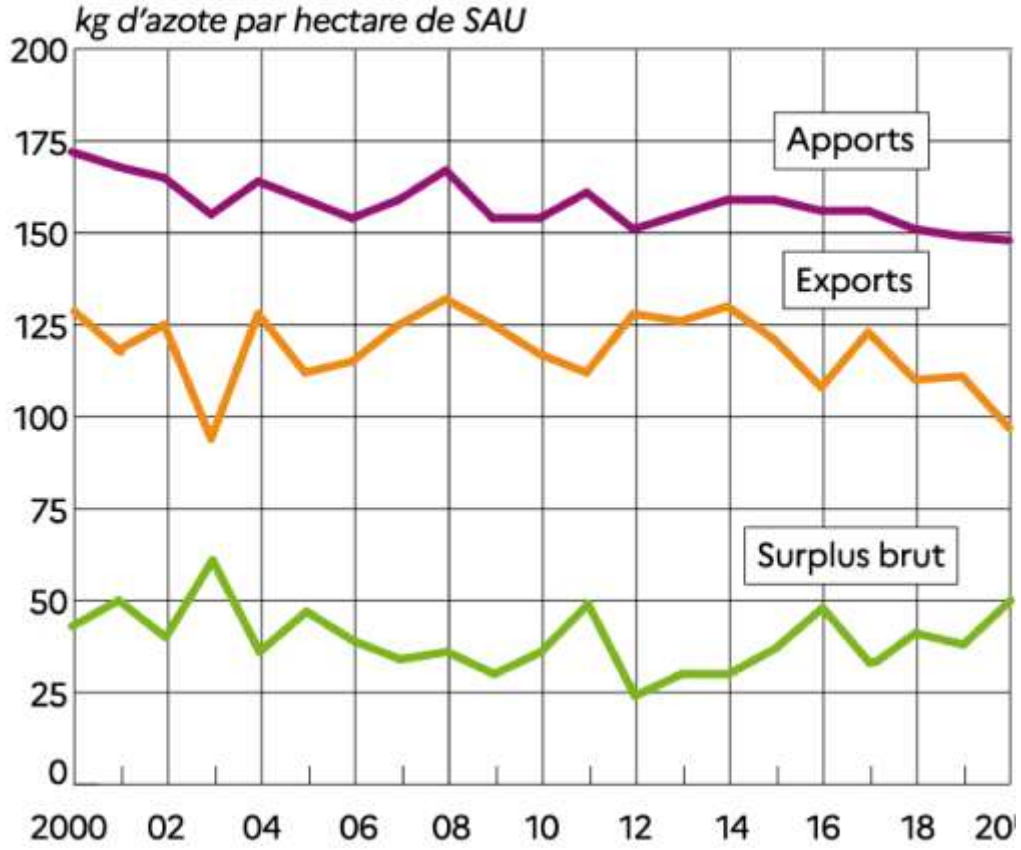
Introduire davantage d'agronomie dans la conception et le suivi du BSV

Outil de monitoring, de conseil et de recherche

Baisse régulière des apports d'azote et de phosphore

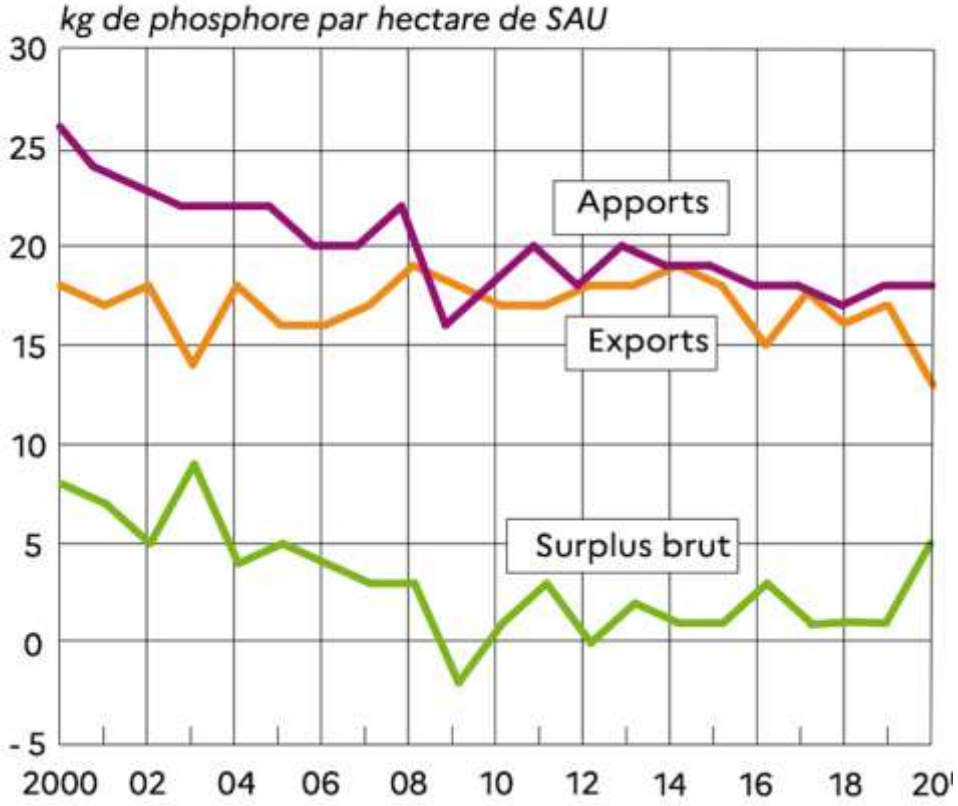
Azote : bilan

- 15% sur 20 ans, - 1.25 kgN/ha/an



Phosphore : bilan

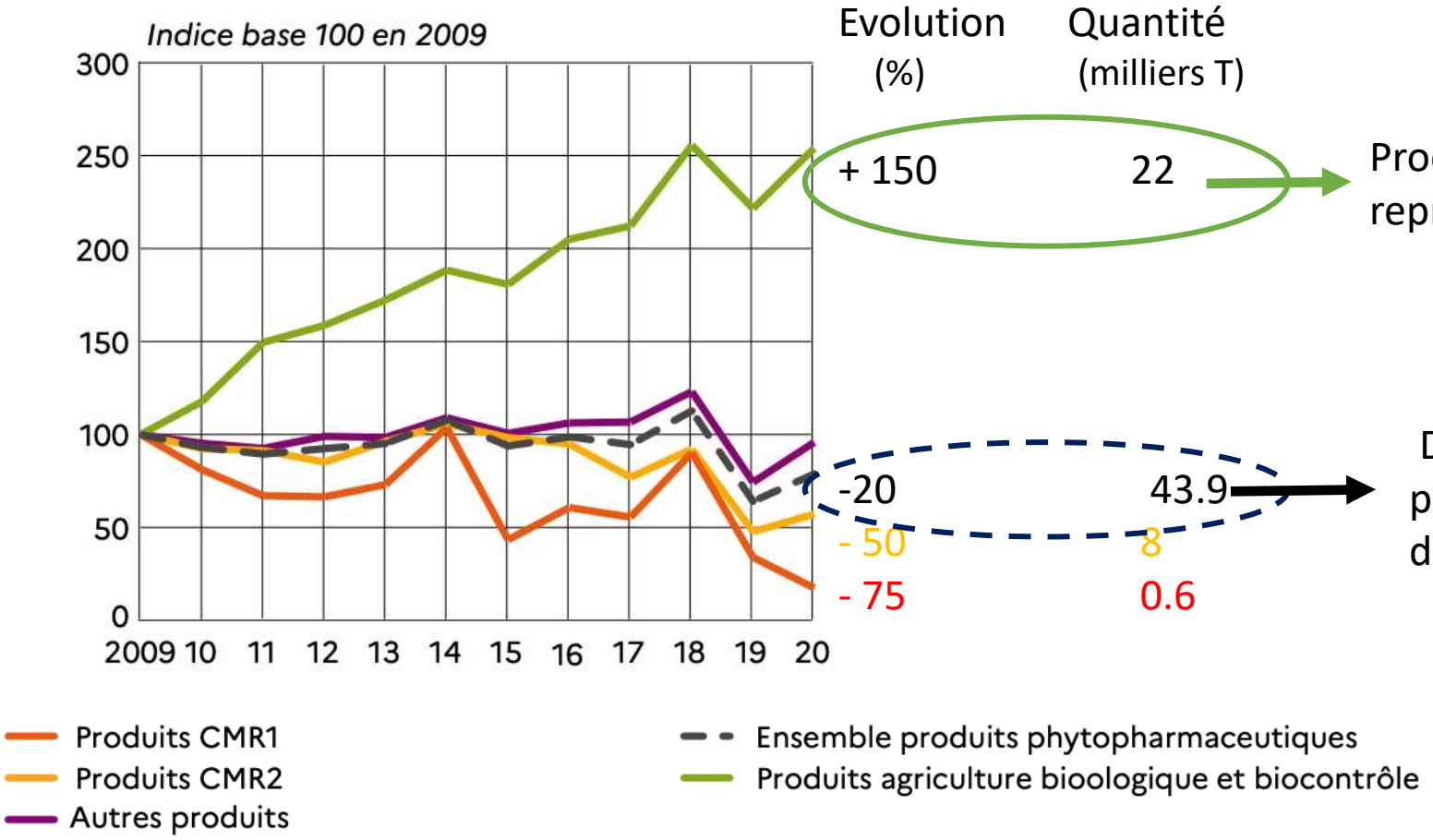
- 18% sur 20 ans, - 0.4 kgP/ha/an



Mais le surplus (part qui reste dans le milieu) quasi constant pour l'azote en lien avec une érosion des rendements par hectare

Source : Agreste 2022

Protection des cultures : Evolution des quantités totales de substances vendues (toutes espèces)



	Evolution (%)	Quantité (milliers T)
Produits CMR1	- 75	0.6
Produits CMR2	- 50	8
Autres produits	-20	43.9
Produits agriculture bioologique et biocontrôle	+ 150	22

Produits en forte expansion relative et surtout représentés par Cuivre, Soufre, Phosphates…

Diminution récente des produits phytosanitaires surtout dues à la réduction d'usage des produits les plus dangereux

Source : Agreste 2022

Irrigation

6.8 % SAU ; diminution significative des grandes cultures les plus irriguées (maïs et soja), stagnation ou augmentation pour d'autres (vignes, légumes..)

Cultures irriguées

Cultures	2010	2020	
	Part irriguée de la surface totale de la culture		Surface irriguée
	%		ha
Maïs grain et maïs semence	40,0	34,0	590 386
Blé	3,7	4,8	216 599
Légumes frais, fraises, melons	58,4	62,1	152 741
Cultures permanentes	51,0	50,5	131 715
Maïs fourrage et autres cultures fourragères annuelles	7,4	6,1	125 769
Autres céréales	3,3	4,0	107 738
Prairies temporaires et surfaces toujours en herbe	0,5	0,7	74 564
Pommes de terre	39,6	38,8	86 185
Betteraves industrielles	10,7	12,0	50 299
Vignes	3,6	8,9	69 333
Tournesol	3,8	5,9	46 041
Soja	51,0	38,1	71 109
Colza	0,8	2,5	27 565
Autres cultures	5,5	5,3	76 388
Total* France	5,7	6,8	1 826 432

Quelques rappels :

-20% de la SAU mondiale irriguée assure 40% de la production

- Pas d'agroécologie sans eau

- Combien de litres d'eau pour 1 kg de ?
  coton 5263, riz (1600-5000)…
  maïs 450, blé 590

- Recyclage de l'eau 20 % : + 100 mm
  1 millions d'hectares

Surface sans labour : 47%

Surfaces qui restent nues en hiver : 14%

Modes de culture : AB 6%, ACS < 2%, Conventionnel= le reste

Source : Agreste 2022

SOLUTIONS

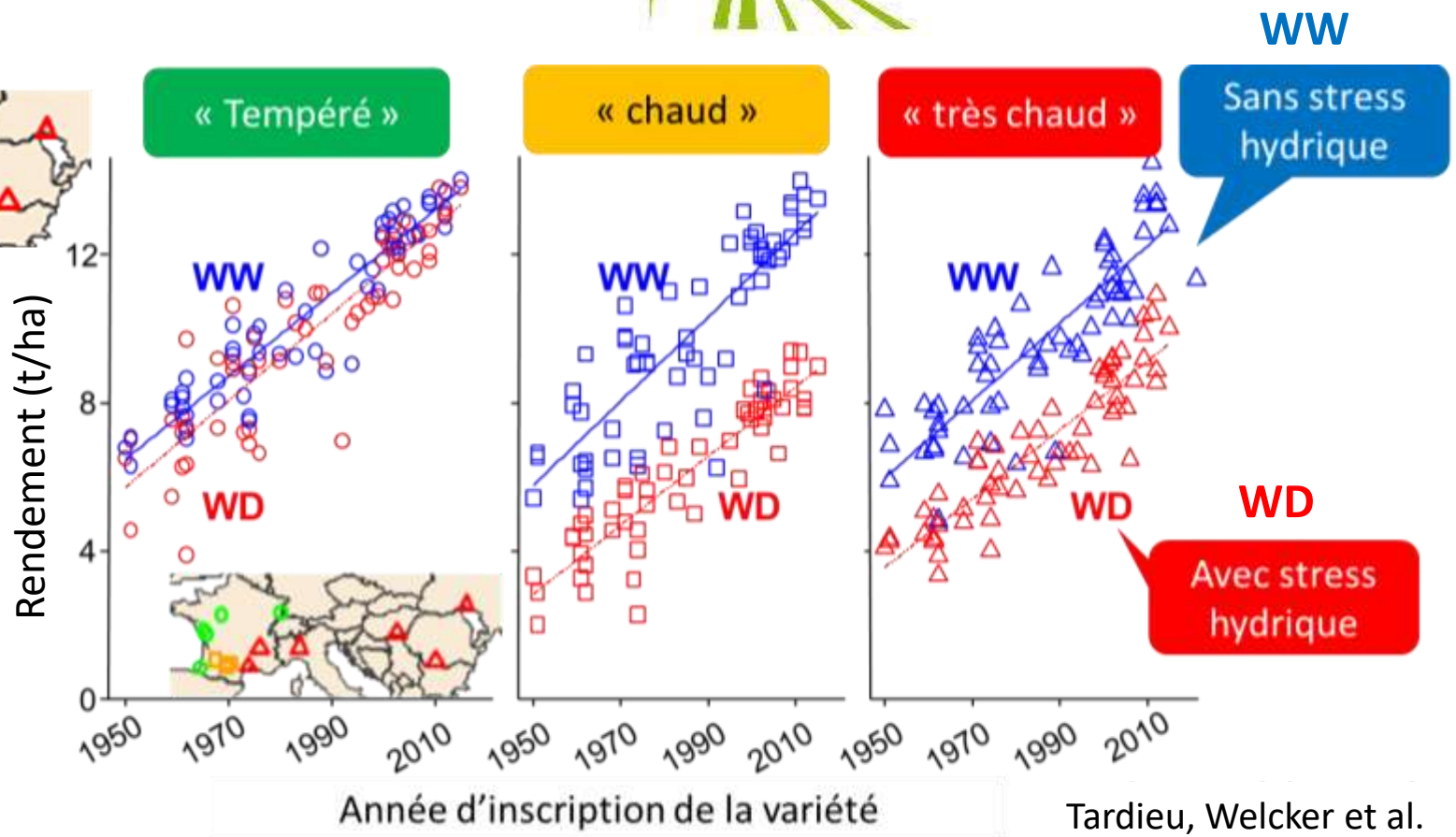
Valoriser la génétique

stress abiotiques et biotiques

adaptation à de nouvelles pratiques

Le progrès génétique continue même en conditions de stress hydrique

66 variétés hybrides de maïs, inscrites de 1950 à 2015 (très cultivées) testées dans 6 environnements distincts



Tardieu, Welcker et al.

Un progrès génétique +1 q/ha/an dans les tous les scénarios climatiques

Valoriser la variabilité génétique

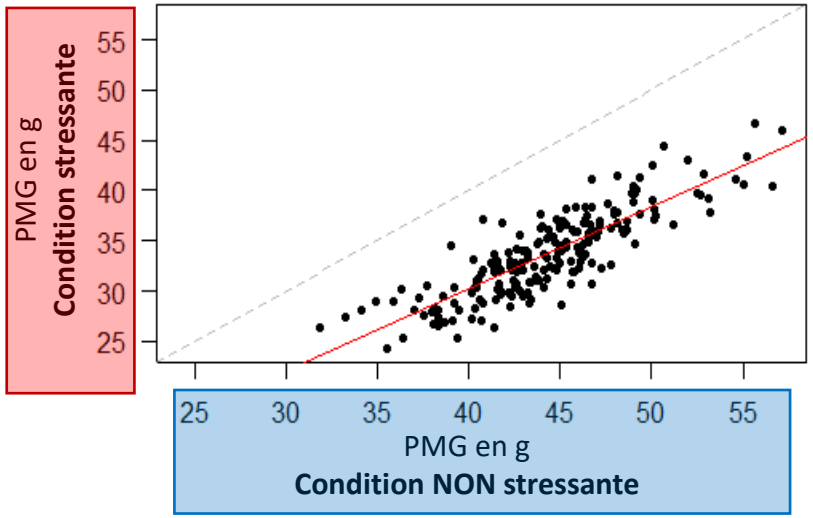
Identifier des déterminismes variétaux face à la tolérance au stress thermique

Journées de L'innovation

➢ Tolérance au stress thermique

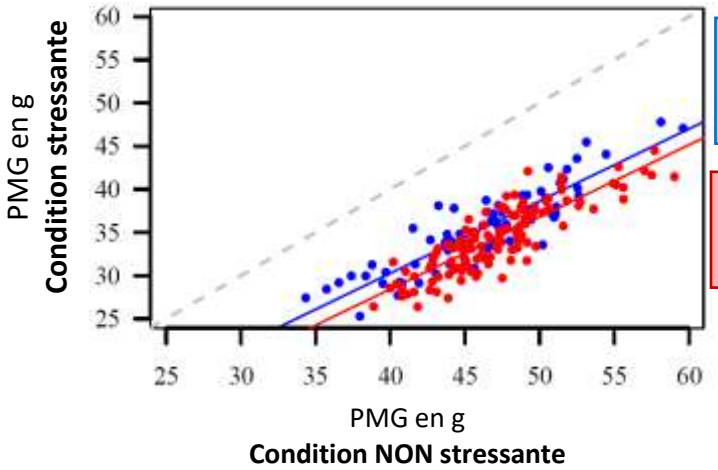
Stress thermique post floraison en conditions contrôlées

Corrélation entre les PMG des variétés en condition stressante et en condition non stressante



Le stress affecte le PMG
Les pertes sont variables en fonction des variétés (10 à 30%)

Corrélation entre les performances des variétés en condition stressante et en condition non stressante pour le poids de mille grains



En bleu allèle minoritaire du QTL 4B
+ 3.5 g

En rouge allèle majoritaire du QTL 4B
- 3.5 g

Enjeu avec des variétés plus tolérantes :
+ 3,5 g de PMG ≈ + 7q/ha

HeatWheat 2014
S. Lafarge

Explorer, améliorer(*) des espèces déjà adaptées à des stress climatiques sévères et porteuses de débouchés

Quinoa

Mécanismes de tolérance au sec insolites ! Grande diversité génétique

State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013 (FAO)

Rendements stables (CAPL)

Amélioration génétique (EU) en cours

Millet ou Mil

Proche du sorgho

Système racinaire original (développement vertical et horizontal

Fonio

Sobriété, stabilité

Cultivale sur sols pauvres

Sans gluten

Manioc

Originalité : farine extraite d'organes de réserve (résilience) et très proche du blé

Sans gluten

Remplace le blé ukrainien en Afrique

Kernza

« Blé » pérenne : pain, bière, fourrages…

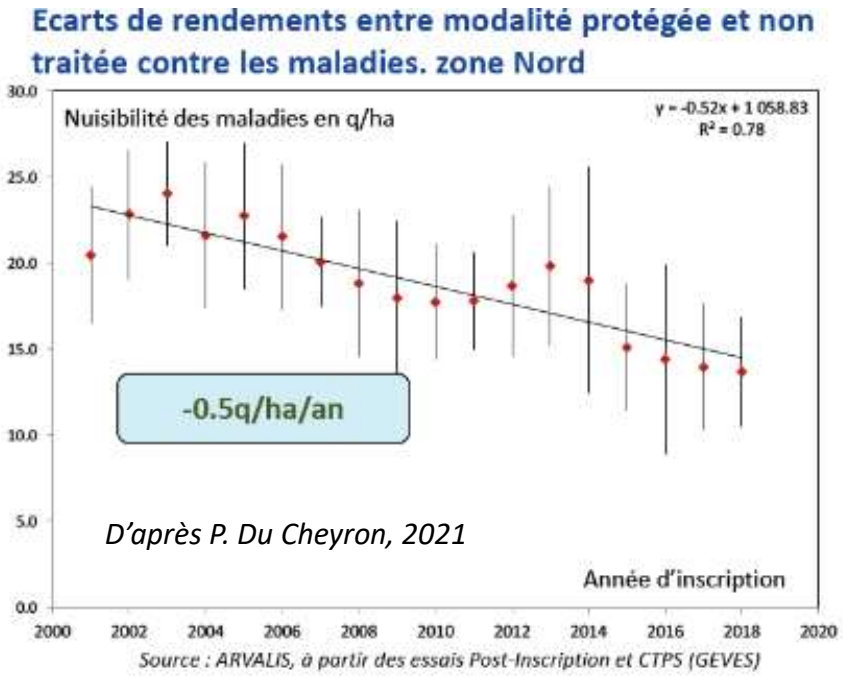
Système racinaire

Gènes de résistance aux maladies insolites

(*) au départ le blé tendre perdait ses grains avant la récolte, était inapte à la panification et ne produisait pas plus de 10 q/ha !

Dépendance aux intrants : Valoriser les progrès de la génétique

Tolérance aux maladies

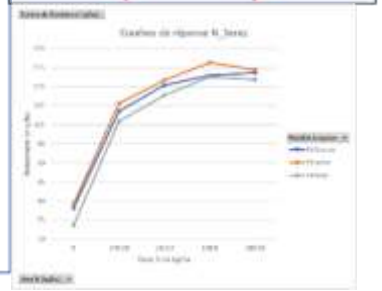


→ **Apparition récente (2010) de variétés multirésistantes**

Si les efforts de sélection se poursuivent, <u>égalité des performances</u> en situations traitées et non traitées en 2040

Efficience vis-à-vis de l'azote

TRAITS	ENJEUX
• Le besoin par quintal (exigence) : de 2.7 à 3.5	30 kg N/ha (Arvalis)
• La capacité à enrichir le grain en protéines pour une même dose N	15 kg N/ha (J. Le Gouis)
• La tolérance : pertes de rendement faible, 40 kg N en dessous de l'optimum : sortir du « carcan » de l'optimum *Les derniers quintaux proches de l'optimum agronomique requièrent plus d'azote (coûtent plus chers)*	20 kg N/ha (Arvalis)



→ **cumuler les traits au sein d'une même plante**

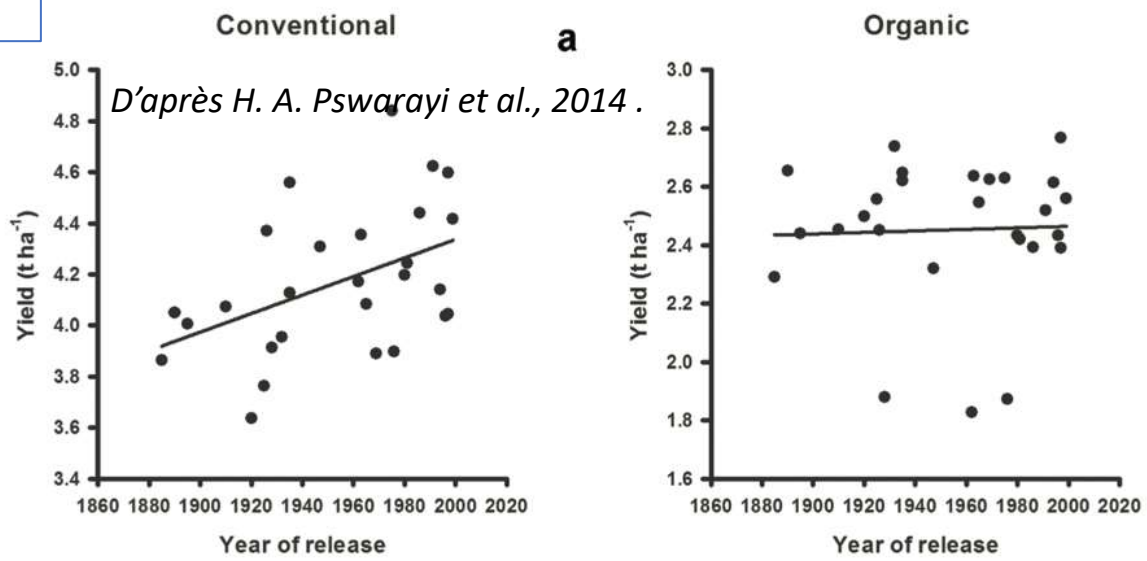
Génétique et diversification des systèmes de culture : une priorité de demain

AGRICULTURE DE CONSERVATION DES SOLS

Les variétés des espèces ne sont pas adaptées à cohabiter ensemble. Des variétés spécifiques sont identifiées par les producteurs (ex : Maïs P0725 sur sainfouin ou luzerne)

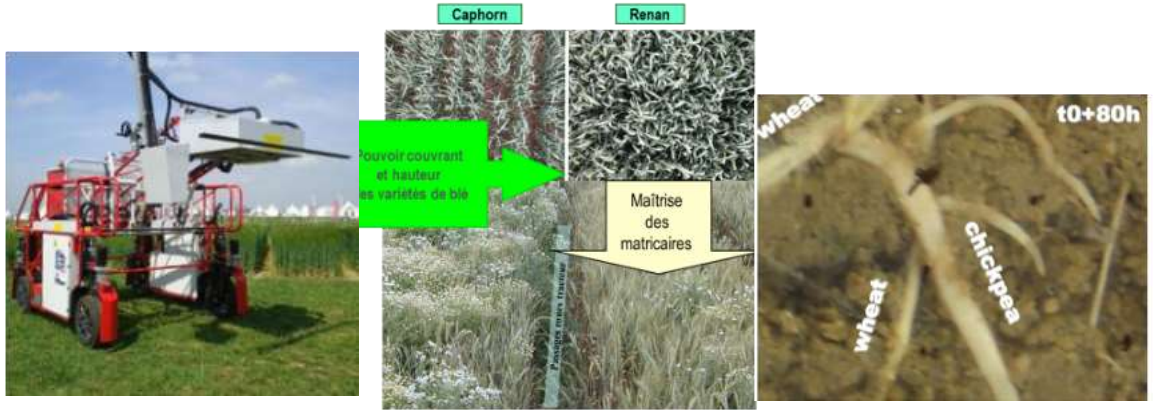
AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Les variétés récentes ne font pas mieux que les anciennes en AB ce qui n'est pas le cas en conventionnel

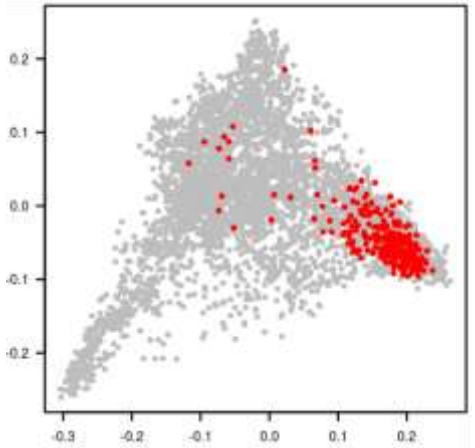


D'après H. A. Pswarayi et al., 2014 .

→ **PHENOTYPER dans des DISPOSITIFS ADAPTES**



→ **Explorer la VARIABILITE GENETIQUE**



Ex : Blé, une petite variabilité explorée

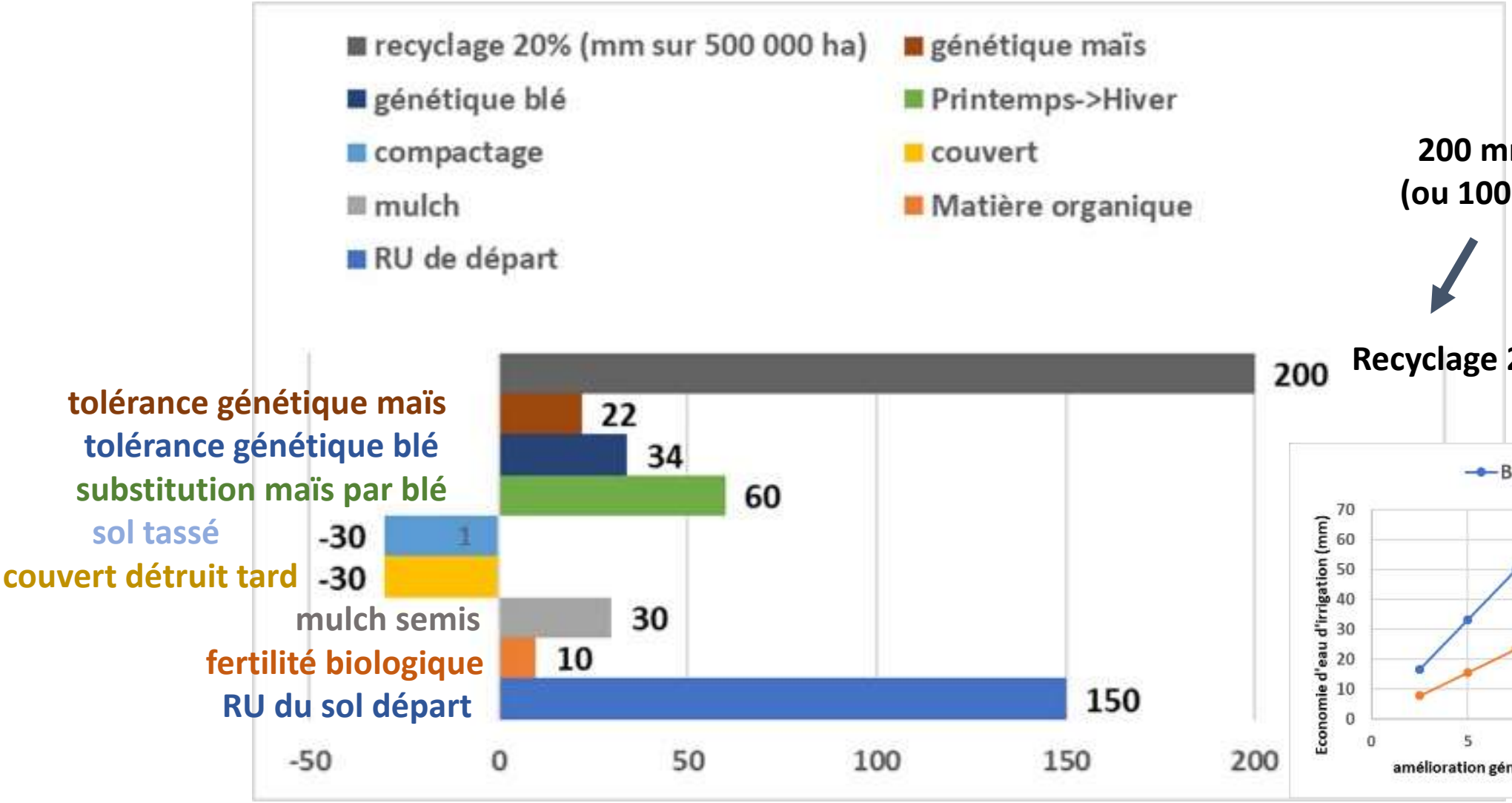
Source : Travaux de Sophie Bouchet

L’eau

Pour assurer une agriculture agroécologique et compétitive et produire pour tous les usages

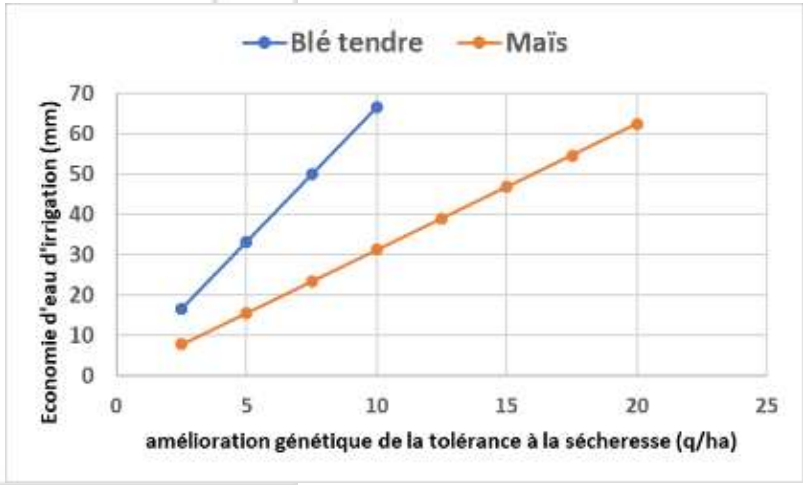
- Stabiliser la production (quantité et qualité)
- Permettre la diversification des espèces, pilier de l’agroécologie, le stockage du C…
- Réduire les inégalités géographiques

Ordres de grandeur des leviers de la gestion quantitative de l'eau
Gains ou pertes en mm d'eau



200 mm sur 500 000 ha
(ou 100 mm sur 1 million)

Recyclage 20%



Le défi de la protection des cultures

Réduire les consommations de produits phytopharmaceutiques en grandes cultures

bilan mitigé du colloque national sur les fermes DEPHY (novembre 2018)

- en 7 ans, en mobilisant les pratiques de l'agroécologie dont la diversification, la **réduction moyenne** de l'utilisation des pesticides en grandes cultures et **de 14%**
- avec **41% des fermes** ayant pu descendre **à 25%,**
- mais avec un quart des exploitations qui ont connu des pertes de rentabilité,
- avec parfois un accroissement de la charge de travail.

Produits de biocontrôle autorisés en grandes cultures selon les usages du catalogue – Un nombre de solutions encore insuffisant mais qui progresse

Selon usages du catalogue	Nb usages pourvus par au moins un PPP	Nombre usages avec au moins un produit de biocontrôle (Liste)
Blé /Càp/Céréales	24	9 (37%)
Betterave	13	3 (23%)
Crucifères oléagineuses	14	7 (50%)
Graines protéagineuses	14	2 (7%)
Maïs grain	21	6 (29%)
Pomme de terre	14	10 (71%)

Source : extractions base de données DGAL-ANSES (CTOP)- Juillet 2022

Des contraintes de productions qui mettent le biocontrôle à l'épreuve :

- protéger une culture à un coût assez bas
- en faible nombre de passages

Des usages majeurs sans solution de biocontrôle :

- Blé*rouilles
- Pucerons vecteurs de viroses
- Coléoptères
- Désherbage…

« Usages pourvus » ne veut pas dire « Usages bien pourvus » (efficacité, coûts, méthodes d'application à adapter, nécessité de combiner…)

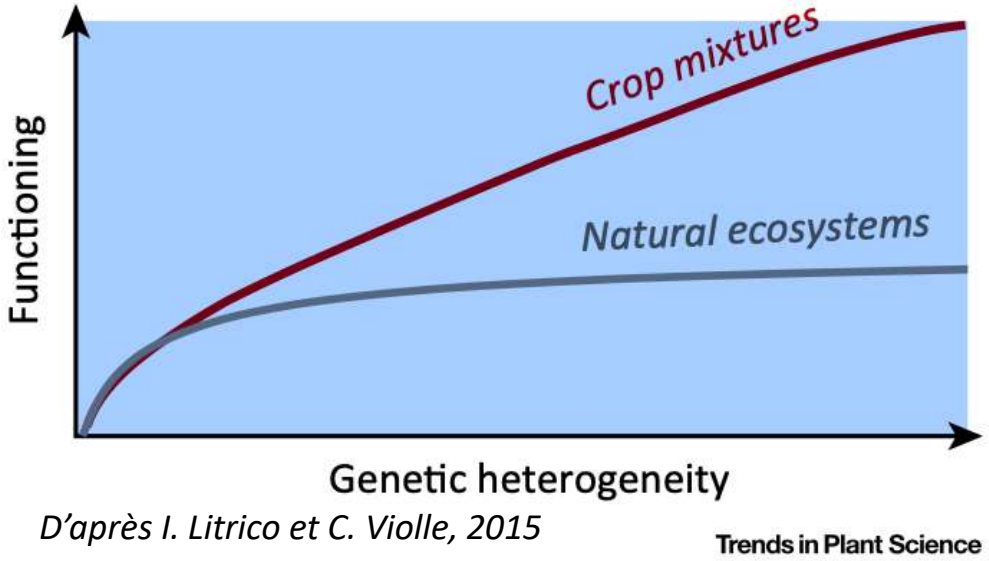
Ex Septoriose blé : 66 formulations examinées entre 2016 et 2022 : 2 substances seulement entrant dans des AMM :

- Soufre (sept 2018)
- Phosphonate de potassium (oct 2021)

Associer pour plus de résilience

Théorie,
Quelques résultats et orientations

Association d'espèces : vers une sélection des idéomélanges



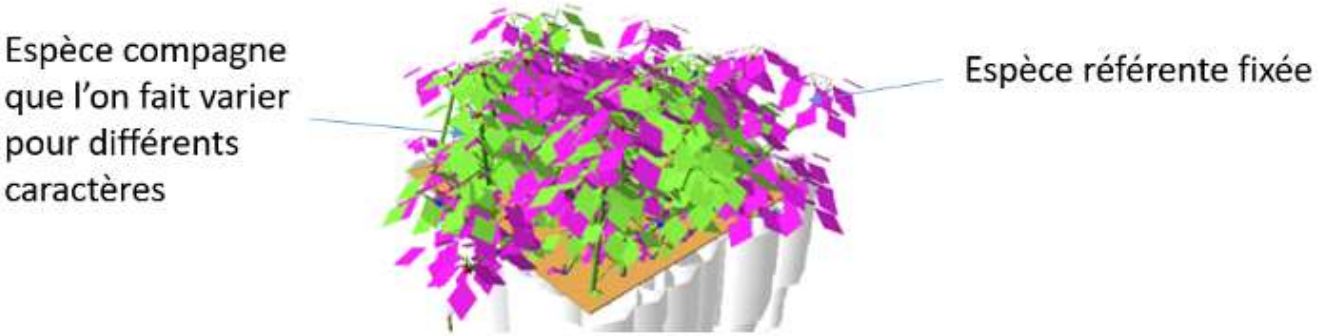
D'après I. Litrico et C. Violle, 2015

- Dans les écosystèmes naturels, le niveau de performance des associations sature plus tôt, par des effets de redondance fonctionnelles
- Dans les agrosystèmes on peut par sélection déplafonner les performances

- complémentarité fonctionnelle, gestion différente dans le temps et dans l'espace des ressources
- notion de plantes « généraliste » et « spécialistes »

→ méthode de sélection : basée sur les traits en interaction, capacité cohabiter et à fonctionner les uns avec les autres

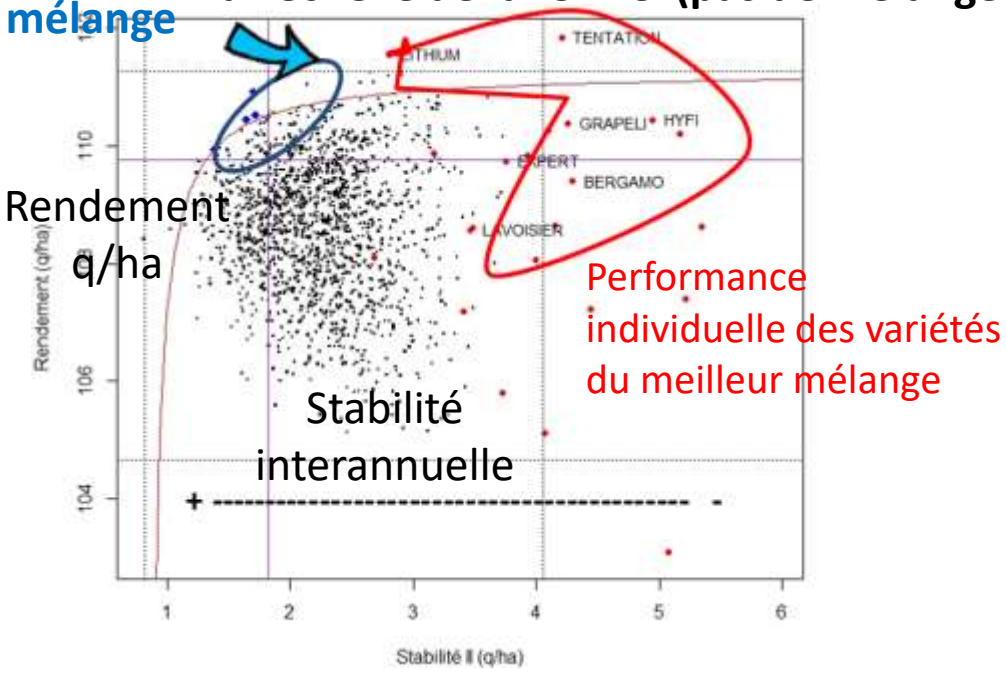
Des plateformes de phénotypage, des projets de recherche et des connaissances en modélisation, dédiés à la conception et à l'évaluation des associations d'espèces

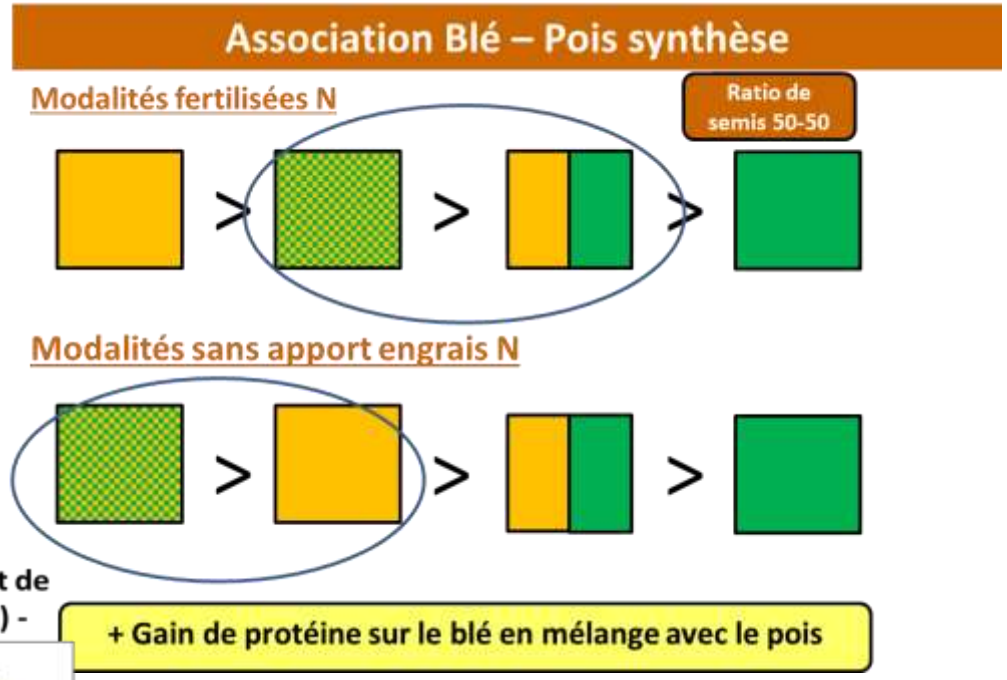


D'après, P. Barré, 2022

Agroécologie : des succès à déployer, à sécuriser

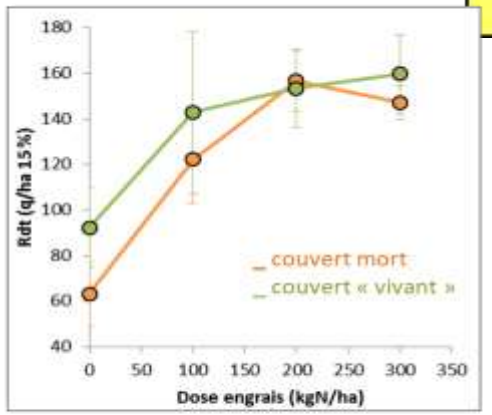
Bouquets variétaux : choix de variétés différentes à l'échelle de la ferme (pas de mélange intra parcellaire)





- Amélioration de la stabilité interannuelle en combinant des variétés différentes
- Remarque : beaucoup de mélanges font moins bien que certaines variétés cultivées seules
- Prédire les meilleurs mélanges

Maïs en Semis sous couvert de sainfoin essai Oraison (04) -



Produit autant avec moins
+ effet long terme (mo, érosion…)

- Association blé – pois 50-50 permet :
- En conventionnel de produire plus de blés protéinés en mélangeant sur une même parcelle
- En BIO : 50% de blé dur mélangé fait mieux 100% seul

Mais résultats **très variables** ! Liés à la croissance du couvert (concurrentielle ou trop faible) !

Intérêt des associations d'espèces en grande culture pour une meilleure adaptation à la sécheresse ?

Blé – Pois

- Intérêt basé sur l'indicateur LER (Land Equivalent Ratio)
- Doit être > 1 pour démonter l'intérêt agronomique d'un mélange
- LER(pois) = Rdt pois en mélange/ Rdt pois seul
- LER(blé) = Rdt blé en mélange / Rdt blé seul

→ LER (mélange) = LER(pois) + LER(blé)

Yecora, Elissavet : blé
Isard, Olympos : pois

Table 4. Land equivalent ratio (LER) of the different treatments that there were used under Irrigated and Rainfed conditions. Data presented are mean values with the least significant difference (LSD).

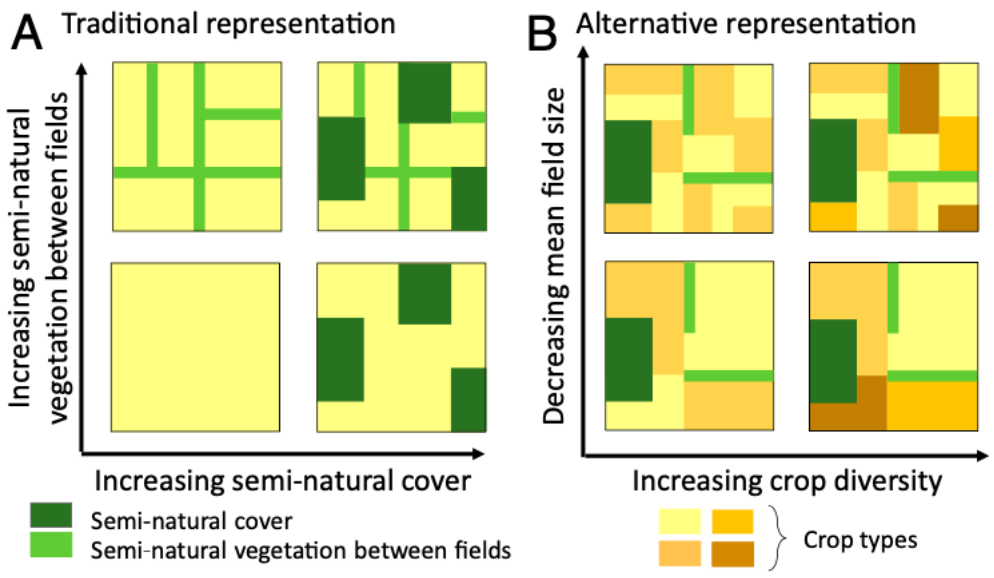
Treatments	Partial Land Equivalent Ratio				Land Equivalent Ratio (LER)	
	Wheat (LER_w)		Pea (LER_p)		Total	
	Irrigated	Rainfed	Irrigated	Rainfed	Irrigated	Rainfed
Yecora E-Isard	0.67	0.52	0.55	0.43	1.22	0.95
Yecora E-Olympos	0.35	0.31	0.87	0.88	1.22	1.19
Elissavet-Isard	0.52	0.39	0.68	0.85	1.20	1.24
Elissavet-Olympos	0.21	0.24	0.79	0.76	1.00	1.00
Mean	0.44	0.37	0.72	0.73	1.16	1.10
LSD	0.06		0.11		0.15	

D'après, C. Pankou, 2022

→ *Possibilité de mieux valoriser les ressources en eau, limitantes ou non,*

→ *avec certains mélanges… et pas d'autres*

Retrouver la biodiversité sans retirer des terres de la production agricole ?



- Augmenter les surfaces en couvertures semi-naturelles ?
- Agencer différemment les espèces cultivées
  - nombre d'espèces
  - taille des parcelles par espèce

Analyse de 435 paysages (Europe, Amérique du Nord)
Calcul d'un indice de biodiversité basé sur 7 taxons

D'après, C. Sirami et al., 2019

CONCLUSION : OUI
L'augmentation des mosaïques d'espèces cultivées a plus d'effet bénéfique que les couvertures naturelles
Rôle important de la taille des parcelles unitaires (optimum =3 ha)

MAIS…
Faisabilité agronomique et rentabilité (chantiers, interventions, matériel) avec les moyens actuels dans les exploitations…
Demain avec les innovations nécessaires : agroéquipement, robotique… ?

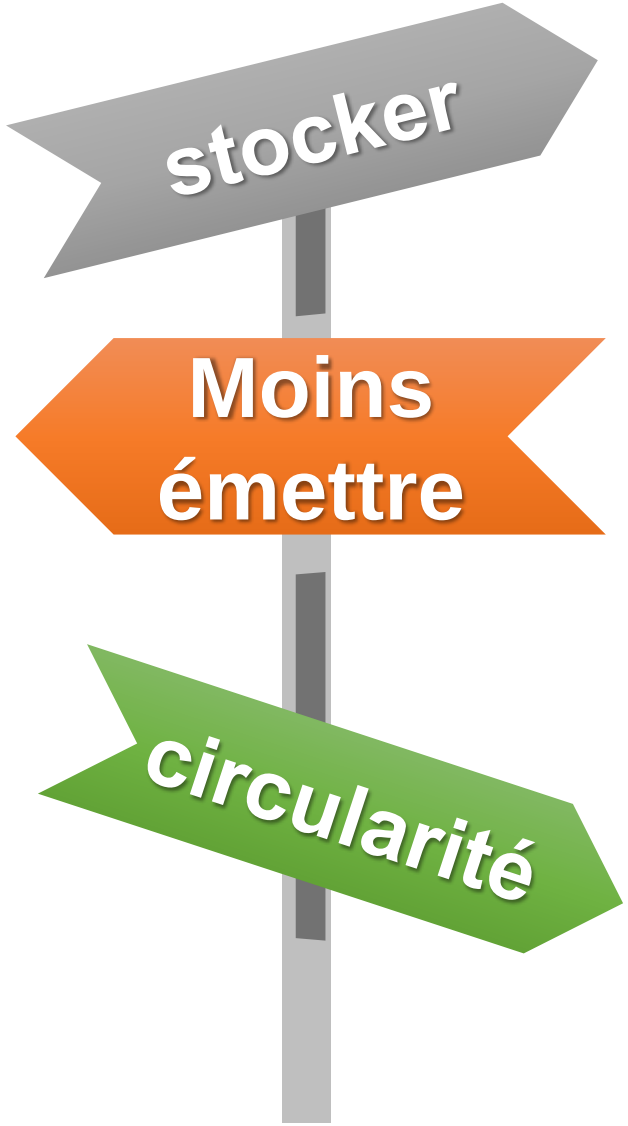
Atténuation du dérèglement climatique

L'urgente atténuation : les solutions en cours en production (+ actions filières amont aval)

RÉDUIRE LES ÉMISSIONS

- **N20** : réduction des engrais, efficience des apports, innovations engrais (jusqu'à -50%), tendre vers N2. *Rappel: un sol nu non drainé émet plus qu'un sol drainé fertilisé à l'optimum ; Rappel : Emission = 3.2% +/- 70% (GIEC)*

- **Energie consommée** : semis sous couverts..
- **CH4** : rations (ex : rôle du lin) → -14% ; mais phénomène surtout, lié au nombre d'animaux et à l'espèce



STOCKAGE NATUREL DE CARBONE

- **Dans les sols**

émissions totales = 9 milliards et les sols du monde contiennent 2400 milliards de T de C (9 ≈ 4‰x 2400)

- **Les grandes cultures représentent 85% du stockage additionnel possible** (cf rapport INRAe juillet 2019)

→ 5.2 ‰ possible/an (-47% des émissions agricoles)

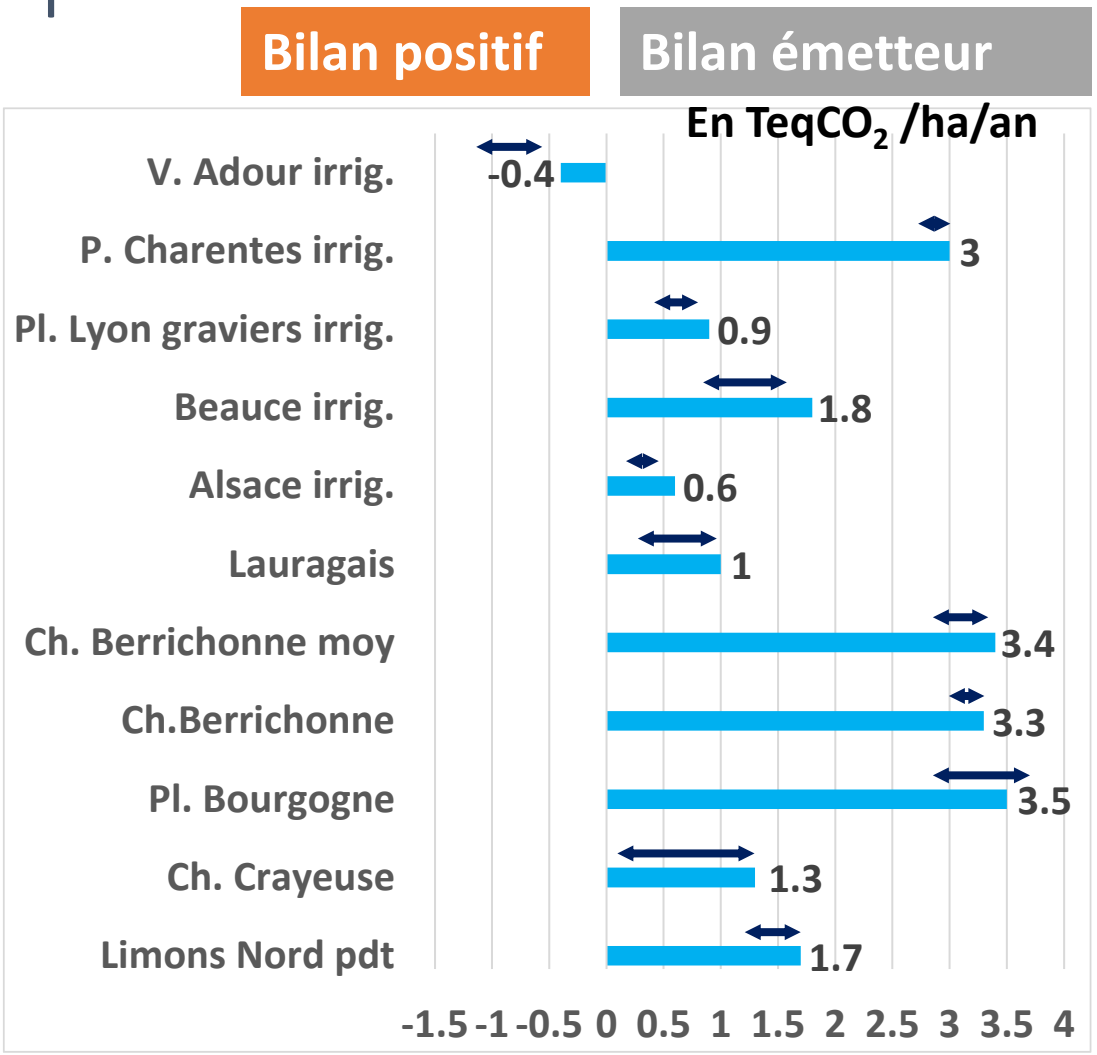
- **Dans la biomasse (photosynthèse)**
  - Les cultures (ex : 18teqCO2 captées/ha/an) et les prairies

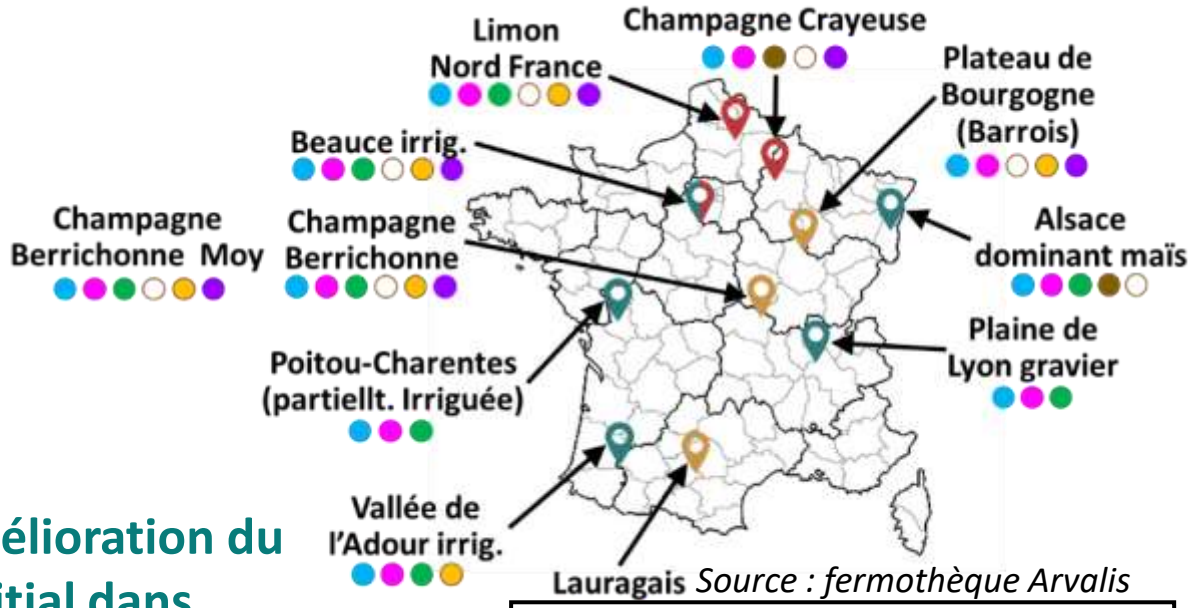
VALORISATION DE LA BIOMASSE, DES MATIÈRES PREMIÈRES VÉGÉTALES

→ **Production d'énergie, Bio-économie au sens large**

Amélioration du bilan C initial (*$TeqCO_2$ /ha/an*) par la mise en œuvre de leviers bas carbone

LABEL BAS CARBONE Grandes Cultures





Source : fermothèque Arvalis

Une amélioration du bilan initial dans toutes les fermes

C'est souvent coûteux (100 €/TeqCO2…)

Difficile d'être stockant net

- Dose/Forme N
- Culture faible N
- Couverts +
- PRO couverts
- PRO culture
- CIVE
- Combinaisons
- Expl avec bett et/ou PdT
- Expl avec irrigation
- COP sur petit potentiel

Crédits carbone crées par les leviers

Source : Arvalis –Calculs SYSTERRE® -CHN-AMG et Carbon Extract

Stocker du carbone dans les sols :

Intérêts des couverts « permanents »

→ *Perspectives : savoir les réguler*

2. Cultures intercalées vers une gestion sans herbicides des couverts (AB et Agriculture de Conservation des Sols)

Intérêt du guidage RTK pour un broyage de précision (2cm)

Semis de blé entre les rangs d'une luzerne (séparation des espèces dans l'espace)

Fauchage de la luzerne entre les rangs de blé au printemps

Blé à floraison qui domine la luzerne, le blé profite des restitutions d'azote de la luzerne

Couverture du sol et stockage d'azote par la luzerne durant l' interculture

Besoin de variétés adaptées à ces techniques

Dynamique de croissance Architecture

d'après Régis Hélias, ARVALIS

Cultures intercalées espacées pour accueillir une grande diversité de couverts et pour stimuler la photosynthèse

Des corridors solaires pour stimuler la photosynthèse du maïs et introduire un plus grand nombre d'espèces de couverts

écartements très larges (ex : 154 cm dans le cas du maïs)

→ stimulation de la photosynthèse du maïs, variabilité génétique (KREMER RJ. Et DEICHMAN CL., 2014).

→ possibilité de semer un grand nombre de couverts (plus de lumière)

→ pertes de rendement du maïs seulement les premières années (d'après les agriculteurs) ?

Des traits nouveaux : plasticité de la photosynthèse, nombre d'épis par tige…

Opaline Lysiak, http://agriculture-de-conservation.com/Du-mais-en-corridors-solaires.htm

Dans ce contexte changeant et agroécologique, nécessité de disposer en plus des outils numériques de pilotage à la parcelle, d’outils de conseils stratégiques à l’échelle des exploitations

→ Quels assolements ? --> Quelle gestion agroécologique du sol ? → Quels variétés, mélanges ?

AGRO-ECO SOL

AUREA – ARVALIS - INRAE

Interprétation des bioindicateurs du sol en conseils personnalisés

→ Quels couverts ? → Gérer les aléas par le pilotage → Evaluation multicritère →

SYSTERRE

Système de production multiperformant

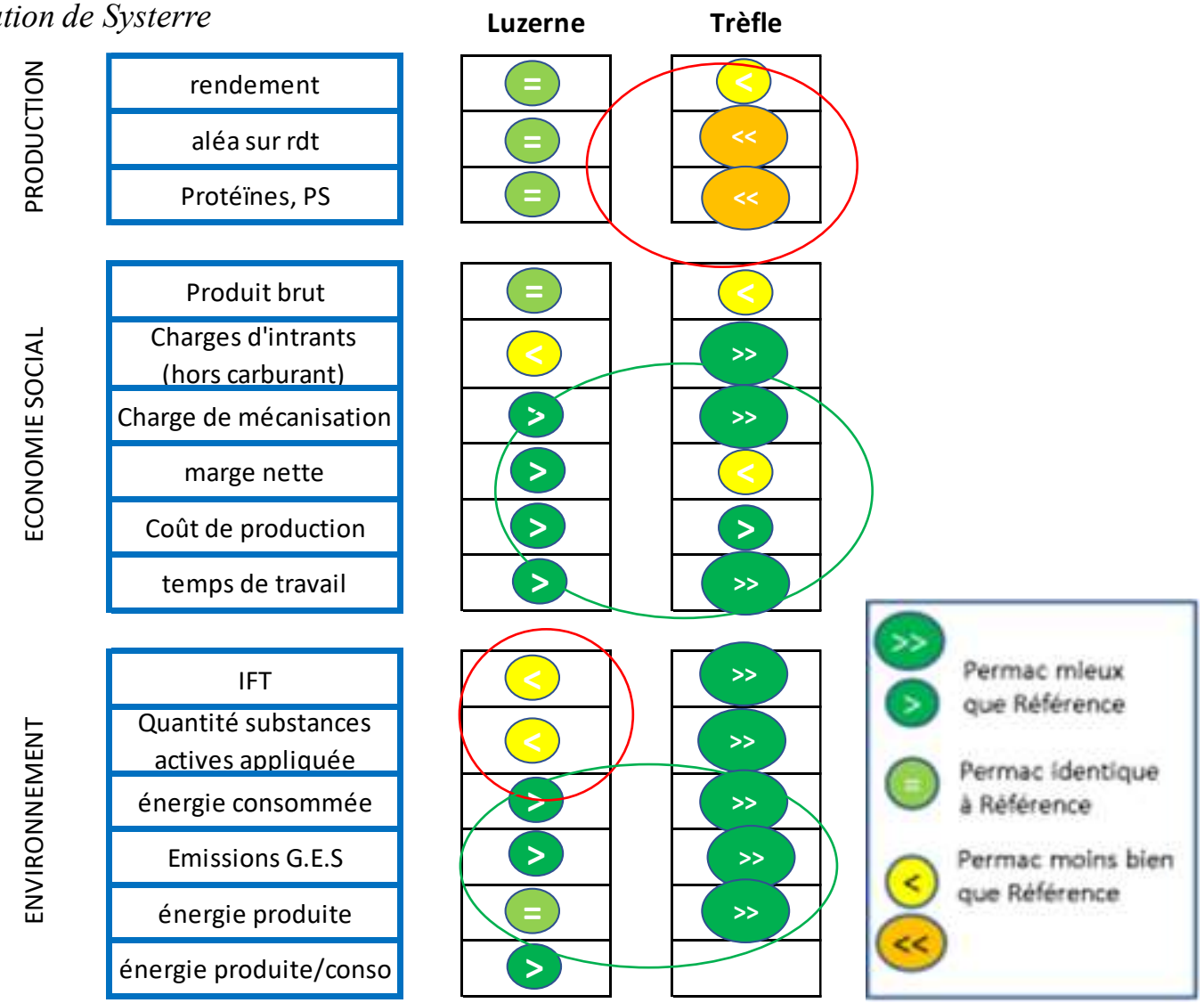
Biodiversité, stock C
Risques transferts phyto azote
Performance alimentaire

EVALUATION
à l’échelle des systèmes

Evaluation multicritère des systèmes ACS

ex : Projet PERMAC (systèmes sous couverts, P de Loire)

D'après Phloème 2018
utilisation de Systerre



Point de vue d'ARVALIS (S. Jezequel, 2023)

Points positifs

- augmentation des marges et maîtrise des charges
- amélioration de la fonctionnalité des sols (intérêt de l'irrigation)

Points d'attention

- une grande diversité en ACS : des solutions différentes, transition technique à accompagner
- IFT herbicide, résistance herbicide
- débouchés pour certaines espèces

Résultats ACS réseau Agriculteurs Arvalis

Performances de l'ACS : trajectoire de deux fermes sur 10 ans

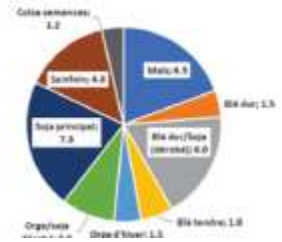
Les Culturales 2023 14-15 juin

Exploitation 1 : sud-est
Daniel Brémond

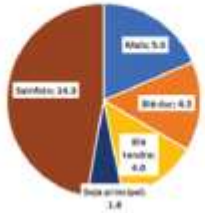
- SAU = 40 ha ; UTH : 0,4
- Argilo-calcaire légèrement caillouteux
- Climat méditerranéen dégradé : été chauds/secs, automnes pluvieux, hivers froids/secs
- Irrigation
- ACS depuis 2009 (TCS depuis 1996)
- **Travail du sol** : absent
- **Couverts** : annuels et semi-permanents (sainfoin/luzerne)
- Cultures dominantes : blé dur, sainfoin, maïs
- Ray grass résistant herbicides HRAC 1-2

Assolement & exemple de rotation

Assolement 2013-2015



Assolement 2019-2022

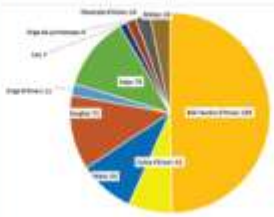


Exploitation 2 : nord-ouest
Anthony Quillet

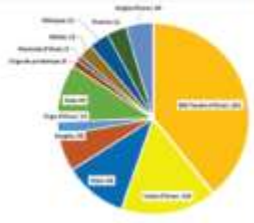
- SAU = 639 ha ; UTH = 4,1
- Limono-argilo-sableux
- Climat océanique
- Irrigation
- ACS depuis 1998
- **Travail du sol** : absent
- **Couverts** : annuels
- Cultures dominantes : blé tendre, soja, colza
- Ray grass résistant herbicides

Assolement & exemple de rotation

Assolement 2017-2019



Assolement 2020-2022



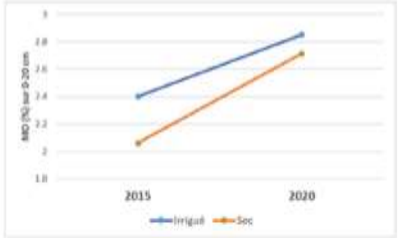
Résultats techniques, économiques & environnementaux

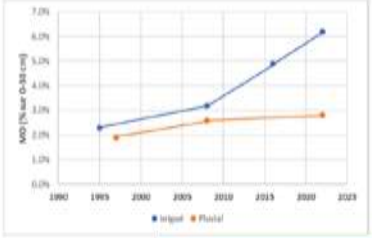
		Exploitation Sud France (irriguée)			Exploitation Ouest France (irriguée)		
		2013-2015	2019-2022	Evol	2017-2019	2020-2022	Evol
Economie	SAU	34	34		639	639	
	UTH totaux (salariés compris)	0.4	0.4		4.08	4.08	
	IVAN (€/ha)	2683	3167	18%	1521	1989	31%
	Chiffre d'Affaire (€/ha)	1335	1665	25%	1065	1387	30%
	Aides PAC (€/ha)	426	260	-39%	230	193	-16%
	Produit brut (€/ha)	1761	1925	9%	1295	1621	25%
	Ch Intrants Total (€/ha)	553	527	-5%	359	285	-21%
	Ch Engrais (€/ha)	137	162	18%	138	56	-59%
	Ch Phytos (€/ha)	86	52	-39%	98	112	14%
	Ch semences (€/ha)	163	101	-38%	80	76	-5%
	Ch irrigation (€/ha)	167	212	27%	34	37	9%
	Marge Brute avec aides (€/ha)	1207	1398	16%	936	1336	43%
	Ch Méca (€/ha)	331	418	26%	123	182	48%
	Marge Nette avec aides (€/ha)	469	546	16%	349	643	84%
Cultures principales	Rendement moyen blé tendre (T/ha)	6.0	4.5	-25%	7.48	5.58	-25%
	Coût de production complet blé dur ou tendre (€/t)	287	270	-6%	125	191	52%
	Rendement moyen maïs grain (T/ha)	12.4	13.0	5%	9.52	10.38	9%
	Irrigation maïs (mm/ha)	218	360	65%	143	150	5%
Indicateurs techniques	N Total (kg/ha)	134	94	-30%	142	142	0%
	IFT Total (calcul avec doses référence ministère)	2.6	1.8	-29%	3.26	4.07	25%
	IFT herbicides	1.2	1.3	8%	2.46	2.69	9%
	Temps de traction par ha (h/ha)	5.7	5.8	1%	2.2	1.9	-14%
	Irrigation (mm/ha)	172	217	26%	29	30	3%
	SAU /UTH	84	82	-3%	156	156	0%
Indicateurs Env	Emissions GES Totales (kgéqCO2/ha)	1985	1553	-22%	2083	2056	-1%
	Consommation d'énergie primaire totale (MJ/ha)	34278	37123	8%	14701	15542	6%
	Production Energie Brute (MJ/ha)	96528	74779	-23%	98164	82888	-16%

Rendements moyens (t/ha)

	Exploitation 1	Exploitation 2
Avoine de printemps	2.6	
Blé dur d'hiver	4.7	
Blé Tendre d'Hiver	5.3	6.5
Orge de printemps		4
Orge d'Hiver		5.6
Seigle d'hiver		3.5
Colza d'hiver	1.3 (semences)	2.5
Maïs	12.7	10.0
Sorgho		5.9
Féverole d'Hiver	2.1	1.2
Pois d'hiver	3	
Soja	3.4	3.7
Prairie		4
Sainfoin graine	0.8	
Lin		1.8
Millet		2.6
Sarrasin		1.2

Exploitation 1 :
Irrigué : maïs-soja-blé
Pluvial : tournesol/blé/féverole
Absence d'apports de MO exogène





Exploitation 2 :
Irrigué : maïs-soja-blé
Pluvial : blé/colza/blé/sorgho/blé
Epandage de boues et déchets verts (6-10T tous les 2 ans en irrigué et tous les 3 ans en pluvial)

Points positifs
- Augmentation des marges et maîtrise des charges malgré inflation.
- Amélioration fonctionnalités sols (MO, réduction battance, infiltration eau)

Points d'attention
- Transition technique
- Maîtrise pression ray grass résistant.
- IFT herbicide
- Débouchés incertains pour cultures « de niche » (féverole, sainfoin)

Evaluation multicritère réalisée avec le logiciel SYSTERRE

APAD ARVALIS

Synthèse pluriannuelle (2017-2021) des plateformes agroécologiques SYPPRE inter-institut

✓ *Plus performantes d'un point de vue environnemental que les systèmes de référence.*

✓ *Mais sont moins productives, moins rentables :*

- rendements plus faibles (moins d'intrants...), nouvelles pratiques (ex : betterave et p de terre en non labour), espèces nouvelles

- espèces de diversification moins rentables, espèces à haute valeur ajoutée moins fréquente par l'allongement des rotations

OBJECTIFS DE DURABILITÉ : ces systèmes en transition ne sont pas encore tous rentables

		Résultats 2017-2020					
OBJECTIFS PAR RAPPORT AU SYSTÈME TÉMOIN		PIC	CHA	BER	LAU	BEA- T3	BEA- I1
TECHNIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX	-20% d'azote minéral	-29%	-29%	-31%	-19%	-47%	-10%
	-50 % d'IFT	-26%	-14%	-27%	+16%	-22%	+11%
	-20% d'émissions de GES	-19%	-22%	-25%	-15%	-27%	-2%
	Plus de stock de matière organique	+	-	-	+	+	+
	-20% de consommation d'énergie	-21%	-14%	-17%	-2%	-21%	-6%
RENTABILITÉ	Marge directe/ha supérieure	-42%	-32%	-13%	-35%	+33%	-28%
	Excédent brut d'exploitation/UTH supérieur	-48%	-33%	-12%	-36%	+56%	-32%
PRODUCTIVITÉ	Production d'énergie supérieure	-27%	-9%	-22%	-6%	+2%	-14%
	Efficience énergétique supérieure	-7%	+7%	-6%	-5%	+30%	-9%

Tableau 1 ***Résultats moyens observés pour chacune des plateformes expérimentales Syppre pour les campagnes 2017 à 2020.*** Les valeurs sont exprimées en pourcentage d'écart au système témoin de chaque plateforme.

PIC : Picardie, **CHA :** Champagne, **BER :** Berry, **LAU :** Lauragais, **BEA :** Béarn.

Atteinte des objectifs : objectif atteint résultat tendant vers l'objectif résultats moins bons/beaucoup moins bons que le témoin peu ou pas d'écart entre systèmes

Evaluation multicritère des fermes de Boigneville

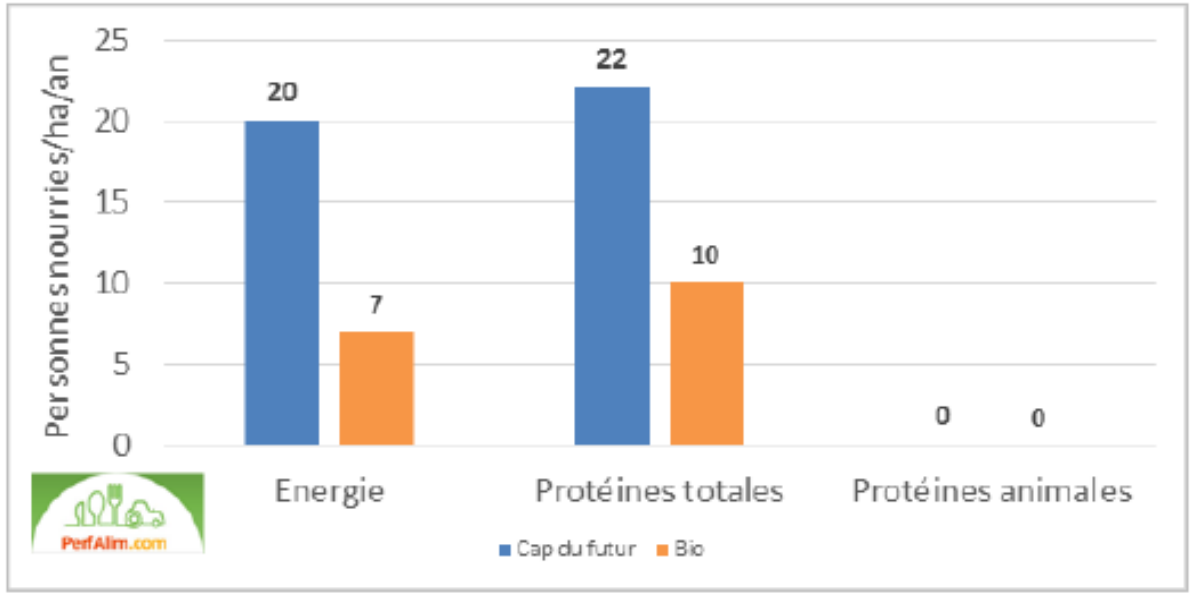
AB : Meilleures performances environnementales et efficience énergétique

Moyenne Récolte 2017 à 2021	Ferme Type	BIO	Cap du Futur
N Total (kg/ha)	164	0	169
Quantité Irrigation (m3/ha)	205	0	680
Consommation Carburant (L/ha)	68	84	81
Consommation Energie Primaire Totale (MJ/ha)	16411	4666	22285
Emissions GES Totales (kgéqCO2/ha)	2524	405	2666
Production Energie Brute (MJ/ha)	129975	51227	125355
Efficience Energie	**8**	**11**	**6**

- Pas d'engrais azoté
- Consommation = machines et interventions
- Le rapport entre la production et la consommation (efficience) est plus élevé (pour 1 unité consommée, 11 unités produites

Mais fonction nourricière nettement moins favorable

- **moins 70%** (énergie), **moins 50%** (protéines végétales)
  - augmenter les rendements par ha, les surfaces disponibles...mais besoin d'animaux donc de surfaces fourragères...et problèmes de débouchés (légumineuses)



D'après ARVALIS, ferme de Boigneville

CONCLUSION

En Résumé ce qu'il faut retenir (1)

- Une agriculture compétitive et agroécologique est une agriculture qui **produit beaucoup** pour assurer tous les usages :
  - fonction nourricière, fonction rémunératrice : augmenter les rendements en réduisant la dépendance aux intrants
  - stocker du C, améliorer fonctionnement des sols, bioéconomie, régulation naturelle : exporter et enfouir des résidus, diversification et association
- Aujourd'hui **tous les modes de production progressent** mais **aucun atteint simultanément toutes ces fonctions**
  - Agroécologie : amélioration environnementale au détriment de la rentabilité et de la production
  - BIO : fonction nourricière défavorisée, durabilité agronomique pas assurée
  - ACS : herbicide, forte variabilité
- **Financer différemment** l'agriculture pour pallier le déficit d'innovations nécessaires, **promouvoir la recherche nécessaire**

En Résumé ce qu'il faut retenir (2) : actions, réflexions

- Saisir **les opportunités** : changement climatique, dialogues amont-aval…
- Evaluer les services **et** les disservices de la diversification pour une prophylaxie systémique durable
- Génétique : phénotyper pour des traits en lien avec **de nouvelles pratiques**
- Association végétale : mélanger **et intercaler** à **différentes échelles**
- **Réduire les usages ou les impacts ?**
  - Réduire les usages peut être un frein à l'innovation, un fardeau pour les producteurs et une contrainte pour l'agroécologie

MERCI

DE VOTRE ATTENTION

DIAS COMPLEMENTAIRES SI BESOIN

Le Changement climatique : tout va très vite !

- Ce qui est vrai aujourd'hui le sera-t-il encore ?

✓ *Dans les années 90, le pois allait rejoindre le blé (70q/ha)...*

✓ *Dans les années 2000, le maïs était voué à décliner...*

✓ *Jusqu'en 2015, la betterave était encore l'espèce la mieux adaptée...*

✓ *L'offre française en céréales est garantie : « climat tempéré béni des dieux »... : 2016 !!!!!*

✓ *Emergence de nouveaux bioagresseurs, comme une Rouille Jaune qui vient de l'Himalaya*

✓ *Le département qui aujourd'hui cultive le plus de sorgho est ?*

✓ *La profondeur idéale d'un semis de blé est 2 cm, la floraison a lieu après l'épiaison*

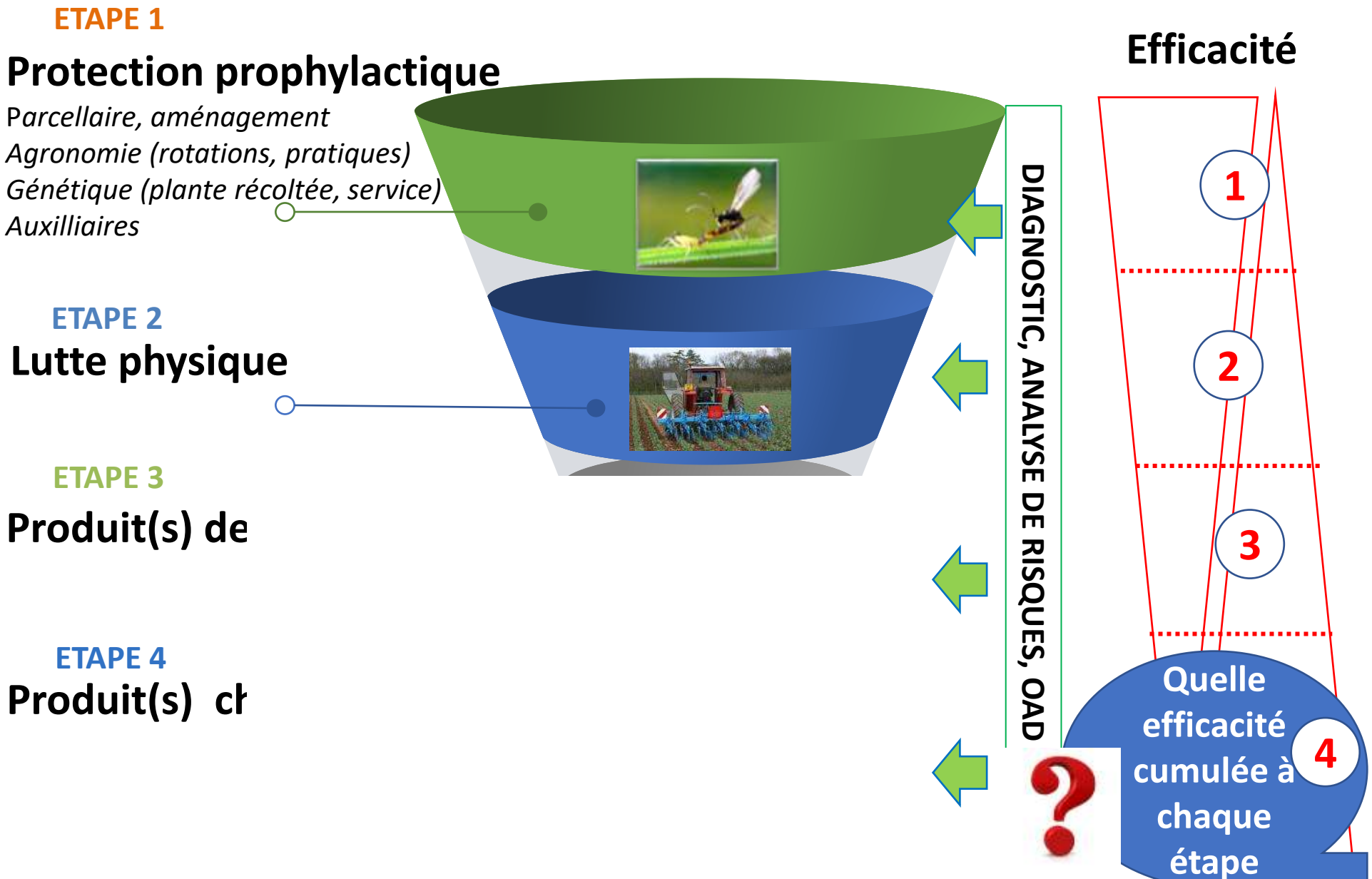
→ **Remise en question de nos référentiels, de nos modèles...**

→ **Quelles espèces demain dans les territoires ?**

→ **Quelles performances et stabilité des pratiques agroécologiques ?**

La lutte chimique en dernier recours :

Quelle vulnérabilité après chaque « tamis » de la protection intégrée ?

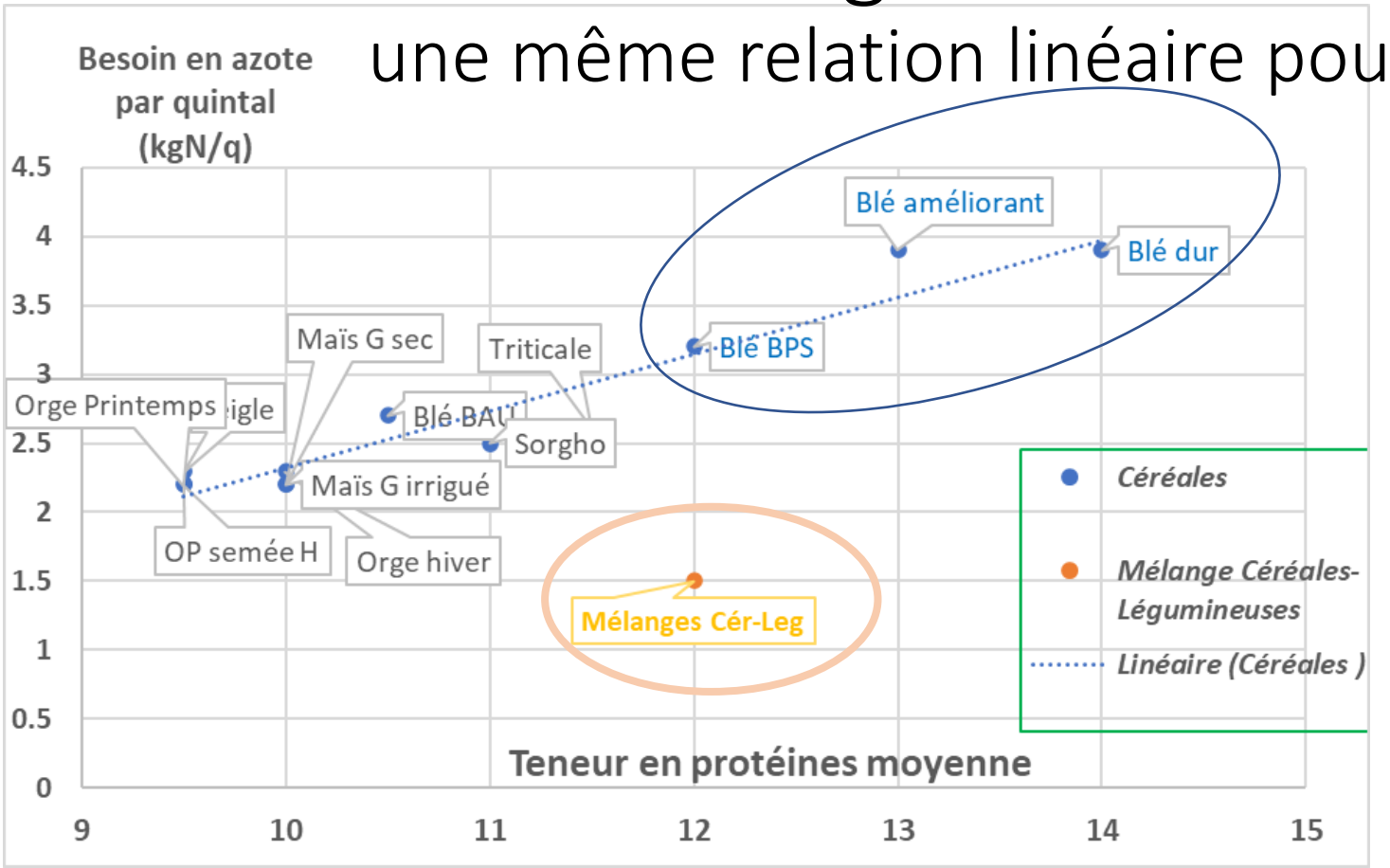


Utilisation de l’azote des grandes cultures

Comparaison entre les espèces
les voies de progrès

Céréales: une exigence en azote liée aux débouchés

une même relation linéaire pour toutes les céréales



- Des différences en termes de sobriété et d'efficience en lien avec les utilisations aval

  (de l'orge de brasserie à 9.5 au blé dur à 14%...)
- « Disruption » : Intérêt des mélanges avec les légumineuses

Voies de progrès :

- **98% de BPS** dans la sole de blé tendre en France : **peu cohérent avec la demande des marchés**
- Génétique : travailler sur la **qualité** des protéines et non seulement la **quantité** et le **transfert vers les grains**
- Modifier les **process de l'aval** (possible de faire des pâtes alimentaires à 12% et non à 14%)
- Association **avec des légumineuses**

Le désherbage ciblé

L'un puis l'autre
Temps différé

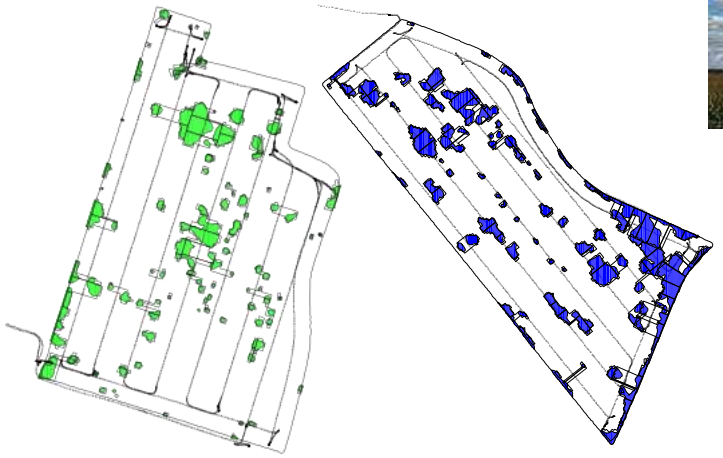
détection → **application**

En même temps

adventive spécifique
Tout sauf culture en place

Evaluation qualité de l'algorithme

Evaluation de la capacité de pulvérisateur à respecter la carte de préconisation



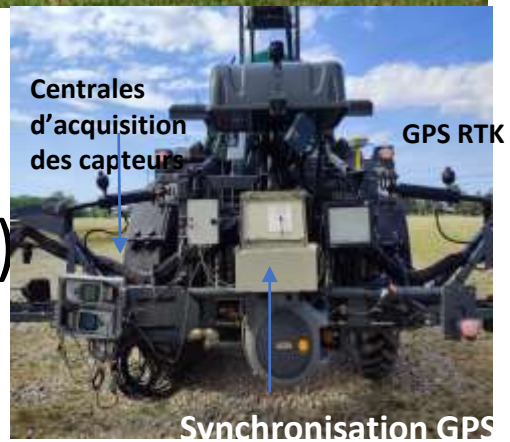
Détection puis application : Temps différé

Travaux menés par Benjamin Perriot, Lionel Jouy, et Delphine Desbourdes, Arvalis, Phloème, 3 nov 2022

→ **Réduction de 98% de produit utilisé sur la parcelle en 2021. Selon les parcelles et les années, la réduction varie de 80 à 99% (Chardon, Rumex) ;**

→ **Rentabilité assurée dès 50% de surface traitée dans les parcelles concernées malgré un surcoût de 84000€ HT**

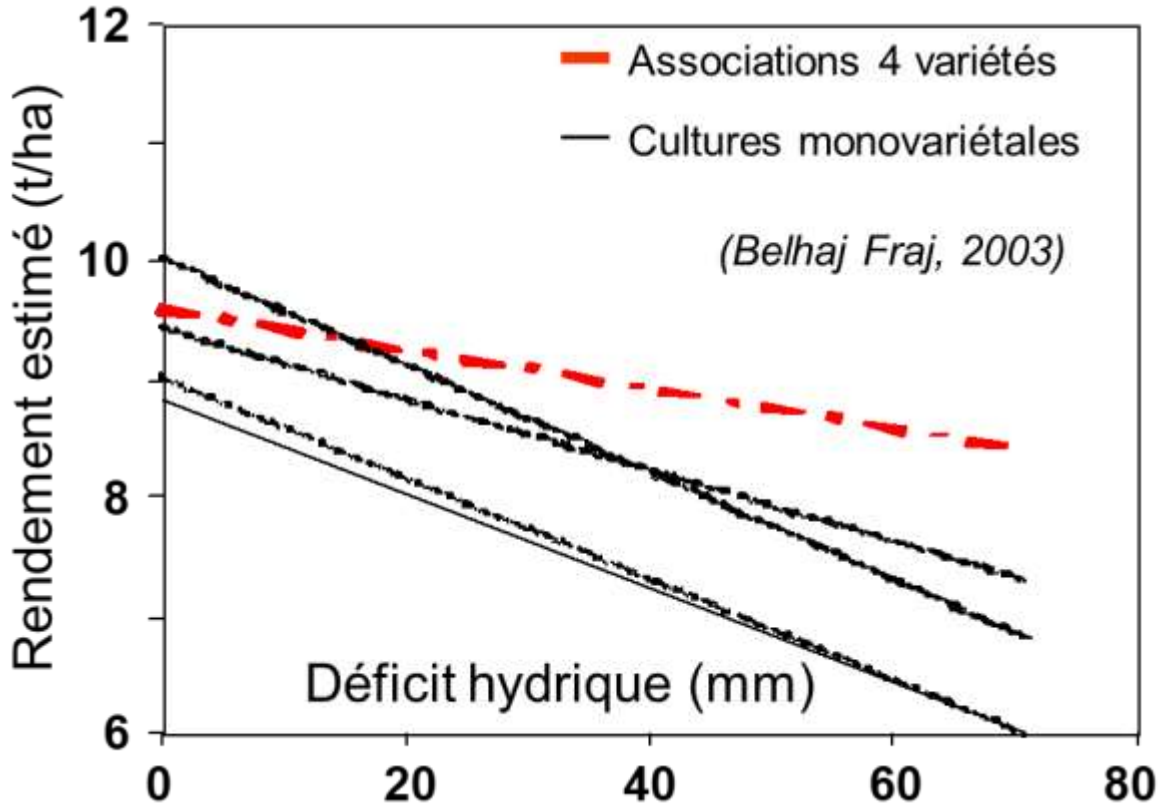
Détection et application en même temps



20/09/2023

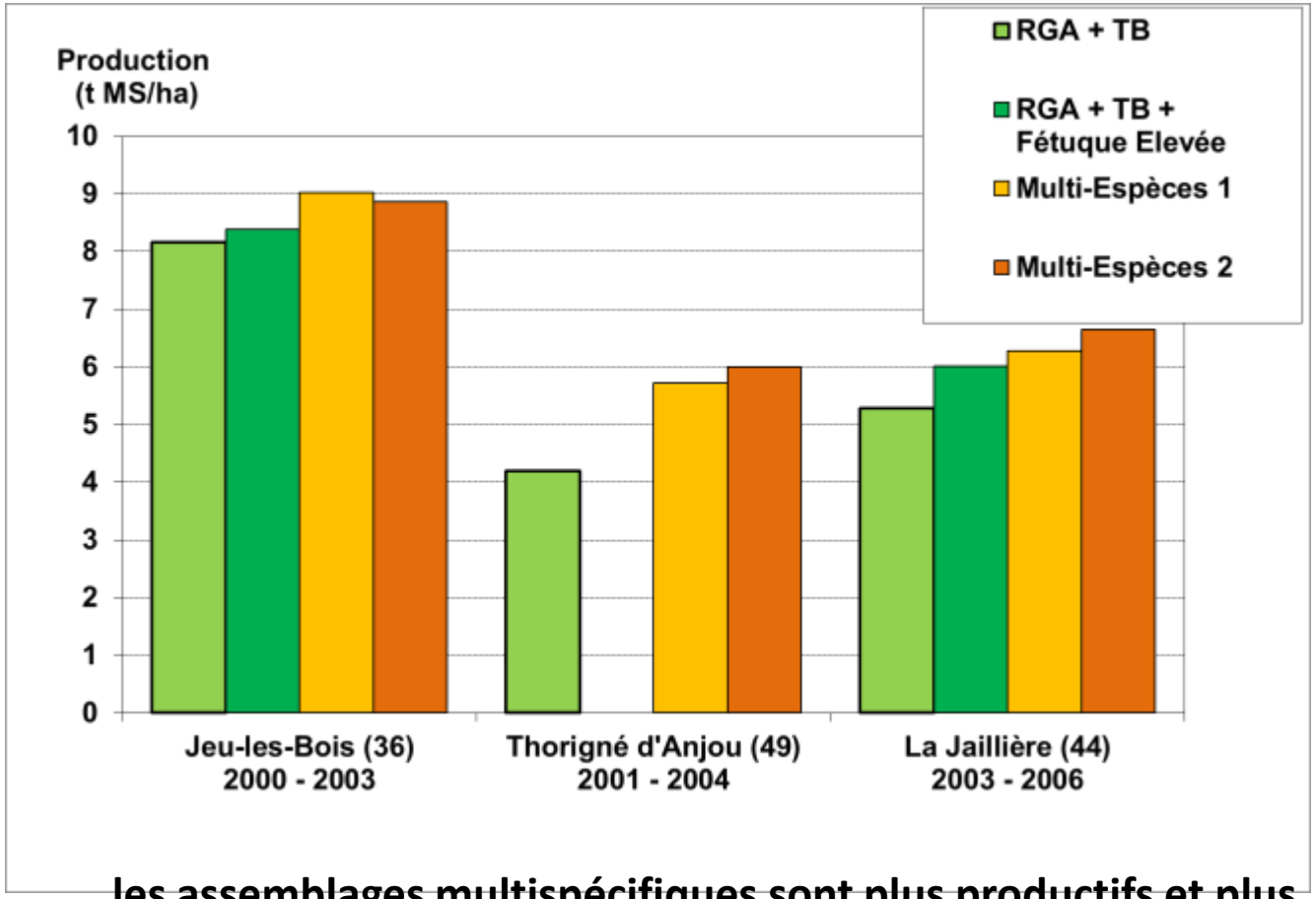
D'autres innovations à suivre : Pulvérisateur Ara (Ecorobotix)
Robots (Trektor de Silia)…

Intérêt des mélanges variétaux vis-à-vis des stress abiotiques (sécheresse) (azote, température) ?



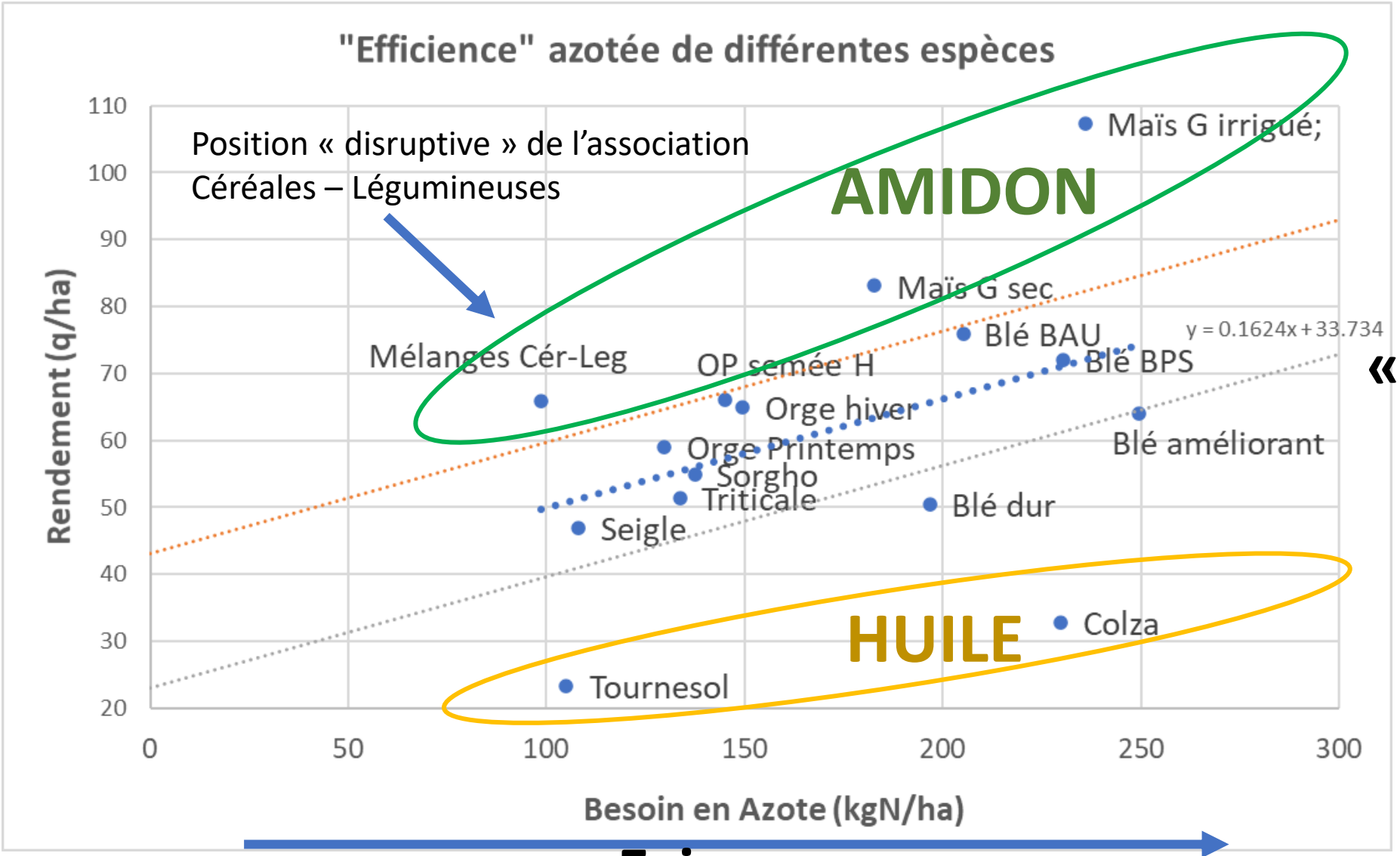
les associations de variétés à l'échelle intra parcellaire sont moins pénalisées en situations de déficit hydriques (Belhaj Fraj, 2003)

Mélanges prairiaux multispécifiques



les assemblages multispécifiques sont plus productifs et plus stables (notamment sécheresse) (PROTIN P.V. et al., 2014)

Azote : positionnement de différentes espèces



Exigence

« Efficience »

Source : Agreste, Comifer ; Gate 2022

Evaluation multicritère des fermes de Boigneville

Evaluation multicritères sur 5 ans 2017 à 2021 (Outil utilisé : SYSTERRE®) : exemples d'indicateurs étudiés

Moyenne Récolte 2017 à 2021	Ferme Type	BIO	Cap du Futur
Surface (ha)	300	300	300
Main d'oeuvre salariale (UTH)	0.5	1	1
Main d'oeuvre familiale (UTH)	1	1	1
Surface / UTH (ha)	200	150	150
Surface Irrigable (%)	75	0	100
Temps de travail Total (h/ha)	3.1	3.8	4.8
Aides couplées (€/ha)	7	50	9
Aides découplées (€/ha)	212	373	211
Produit brut (€/ha)	1626	1548	1568
Ch Intrants Total (€/ha)	530	131	537
Marge Brute avec aides (€/ha)	1096	1418	1031
Ch Méca hors irrig (€/ha)	280	244	322
Ch Méca Irrigation (€/ha)	37	0	60
Ch Salariales (€/ha)	52	103	102
Cotisations MSA (€/ha)	122	192	82
Marge Nette avec aides (€/ha)	380	646	237
Marge Nette hors aides (€/ha)	161	222	17

Remarque : Les charges méca du Cap du Futur sont pénalisés par la présence de chanvre (coût prestations élevées).

- Le ferme BIO de Boigneville fait mieux que la ferme de référence et la digiferme « Cap du futur »
- Mêmes produits bruts (€/ha) avec moins de charges en intrants
- Marges nettes supérieures y compris sans aides

D'après ARVALIS, ferme de Boigneville