

Programme PICOBLE : Volet blé tendre

Irène Felix, ARVALIS, Bernard Rolland, INRA Rennes, Bertrand Omon, Sébastien Piaud, Olivier Guérin, Chambres d'Agriculture

Hypothèses et historique du réseau

A l'occasion de travaux menés entre 1999 et 2002, dans le cadre d'un contrat de branche, par l'INRA, ARVALIS et le GIE Club des Cinq, quatre itinéraires techniques ont été définis pour répondre à des exigences différentes de production, de performance économique et de modération des intrants (Félix et al 2002, Rolland et al 2003, Loyce et al 2009) :

- Atteindre le niveau de production potentiel (ITK1)
- Viser le rendement atteignable 6 années sur 10 dans la parcelle (ITK2) : cette conduite s'appuie sur « l'état de l'art » des préconisations régionalisées des organismes de conseil pour une variété sensible aux maladies ;
- Réduire de façon coordonnée les intrants en visant un objectif de rendement plus faible et en maîtrisant la qualité de la récolte (PS et teneur en protéines) (ITK3) : cette conduite de protection intégrée mobilise les acquis de l'agronomie pour prévenir les risques (maladies et verse) en mettant en place un couvert à biomasse réduite (-40 % de densité), par ailleurs plus économe en azote (-30 N, avec suppression de l'apport tallage) et en eau ; cet itinéraire ne mobilise qu'une intervention fongicide et fait l'impasse du raccourcisseur ;
- Réduire plus significativement (-60 N ; zéro fongicide) les intrants (ITK4).

Croisant les quatre itinéraires techniques avec des variétés choisies pour avoir des profils de sensibilité aux maladies fortement différents (témoins Isengrain, Trémie et Oratorio), un réseau de 33 essais a permis de mettre en évidence des interactions significatives entre variétés et itinéraires techniques c'est-à-dire un classement variétal différent selon l'itinéraire technique sur un ensemble de variables agronomiques, rendement et maladies (Rolland et al, 2003, Loyce et al, 2008) et sur des indicateurs économiques et environnementaux (Félix et al, 2003, Meynard et al, 2009, Loyce et al, 2011). Une analyse régionalisée des données (Félix et al, 2003) a révélé des différences de comportements variétaux et d'interactions variétés * itinéraires selon les régions. Il est aussi démontré qu'associer une variété résistante aux maladies avec un itinéraire à intrants réduits permet une protection contre les maladies foliaires aussi efficace qu'avec une variété plus sensible et un itinéraire technique plus intensif (Loyce et al, 2008, Meynard et al 2009).

A partir de 2003, un nouveau réseau, rassemblant Chambres d'Agriculture, ARVALIS et INRA (Bouchard et al, 2008) a repris ce travail en le centrant principalement sur les deux niveaux de conduites intermédiaires, conduite de référence et conduite à intrants réduits (ITK2 et ITK3). Les objectifs de ce nouveau réseau étaient les suivants : diffuser les connaissances acquises dans le réseau 1999-2002, grâce à un réseau d'essais simplifiés, support d'animation de développement ; valider dans des conditions très variées les conclusions du réseau antérieur ; puis élargir la liste des variétés testées pour enrichir les préconisations variétales sous différentes conduites.

En 2003, la baisse des prix des produits agricoles était le principal moteur de la mise en place des expérimentations. Il s'agissait, avec l'ITK3, de définir un nouvel équilibre économique entre intrants et production pour préserver les marges brutes des exploitations agricoles. Au fur et à mesure des années, dans un contexte de prix des grains et des intrants fluctuants, les préoccupations environnementales sont devenues plus prégnantes.

L'élargissement régional du réseau et sa plus grande proximité avec les agriculteurs et techniciens du développement a imposé une réécriture progressive des règles de décision affectées à chaque itinéraire technique pour prendre en compte des contraintes spécifiques du milieu (par exemple, très faibles reliquats azotés en sols superficiels nécessitant de revenir à un apport azoté fin tallage) et permettre l'appropriation par les agriculteurs des règles de décision. Ces évolutions successives, sans jamais remettre en cause la différenciation des conduites et la cohérence propre à chacune d'entre

elles, ont traduit l'appropriation, la reformulation et l'extension des règles de décision dans les différents contextes pédo-climatiques expérimentaux.

Sur les années 2003 à 2006, années à faibles pressions de maladies, les interactions entre variétés témoin (Orvantis et Caphorn) et itinéraires techniques ont été plus faibles que dans le réseau précédent. Bien plus, Orvantis, variété très sensible aux maladies, s'est révélée mieux adaptée à l'itinéraire à coûts réduits que Caphorn, en particulier dans des situations de carence azotée précoce marquée. Ainsi, la « rusticité » d'une variété n'est pas seulement affaire de tolérance aux maladies mais fait appel à d'autres caractéristiques variétales telles que l'adaptation à une faible biomasse précoce (Bouchard *et al*, 2008).

A partir de 2007, dans un réseau encore géographiquement élargi, on s'est attaché à tester des listes variétales plus conséquentes de façon à établir, autant que faire se peut, des listes régionalisées de variétés à conseiller pour chaque type de conduite. Le choix des variétés mises en essai a été un compromis entre les besoins de recherche et les enjeux du développement. Dans ce contexte, peu de variétés très sensibles aux maladies ont été retenues, diminuant d'autant la probabilité de mettre en évidence des interactions fortes avec les itinéraires techniques. De fait, les résultats des années 2008 et 2009 (Félix *et al*, 2010), s'ils ont permis d'établir des préférences variétales pour chaque itinéraire technique et confirmé qu'il n'y avait pas parfaite adéquation entre sensibilité globale des variétés aux maladies et adaptation à une conduite économe en intrants, ont aussi mis en évidence un enjeu de l'interaction entre variétés et conduites relativement faible sur le rendement.

Le programme CASDAR Picoblé (2008-2011) a été une opportunité pour approfondir quelques-unes des questions qui restaient en suspens : bâtir une base de données partageable ; exploiter les données de composantes de rendement et de maladies. Un troisième objectif, créer des références sur la présence de mycotoxines, a été abandonné en cours de programme en raison des faibles pressions de fusariose observées en 2009.

Matériel et méthode

Ont été exploités à l'occasion de ce travail les résultats des 189 essais mis en place de 2003 à 2010 par les Chambres d'Agriculture, ARVALIS et l'INRA et particulièrement de 141 d'entre eux « validés pour le calcul de la marge » c'est-à-dire ayant le plus strictement possible respecté les règles de décisions définies. Ces 141 essais mettent en comparaison au moins deux itinéraires techniques (ITK2 et ITK3) pour des listes variétales plus ou moins longues, comprenant obligatoirement les témoins Caphorn en 2003, Caphorn et Orvantis de 2004 à 2007 puis Caphorn et Premio de 2008 à 2010, choisis pour être à la fois largement cultivés et avoir des profils de sensibilité aux maladies différents. Les IFT moyens sont respectivement de 4 et 2,5 pour les ITK2 et 3, pour des IFT de référence proches de 5 en moyenne pour les régions concernées.

	ITK	Densité de semis	Dose d'azote	Fractionnement de l'azote	Régulateur de croissance	Fongicide (4)
Référence	ITK2	Conseils locaux selon sol et date de semis	Dose du bilan pour un rendement atteignable six années sur dix	3 apports	0 à 2 (2)	Selon les recommandations régionales pour une variété assez sensible aux maladies (5)
Coûts réduits	ITK3	ITK2 – 40 % (7)	ITK2 – 30 N	2 apports : impasse sur l'apport tallage (1) ; un tiers de la dose retenue et au moins 40 N en dernier apport autour de l'épiaison	0 (3)	Programme ciblé sur une variété peu sensible aux maladies ; cas général : une intervention unique au stade dernière feuille déployée (6)

(1) et suivantes : les petites notes renvoient à des précisions dans l'énoncé des règles de décision, permettant l'adaptation aux différents contextes de production. Elles peuvent être consultées dans les publications relatives aux essais.

Rq : il n'est pas rappelé ici la description des ITK1 et 4

Sur les années 2003 à 2010, on recense trois années à fortes pressions de maladies (2007, 2008 et 2009), une année à hiver froid, handicapant potentiellement le tallage (2009) et trois années à printemps sec, peu favorable à l'absorption de l'azote en début de montaison (2003, 2009 et 2010).

Les dispositifs d'essais sont soit des dispositifs à deux facteurs (criss cross, split plot, ou factoriel deux facteurs), soit des bandes distinctes pour les deux itinéraires, dans lesquels des essais en bloc permettent la comparaison des variétés. Le grand nombre d'essais permet de valoriser l'ensemble des données du réseau, chaque site pouvant être considéré comme une répétition.

Résultats et discussion

Sur la période 2003-2010, sur 169 essais ayant fait l'objet d'une analyse statistique, les effets variétés et itinéraires sont significatifs respectivement dans 87 et 83 % des essais. L'interaction entre variété et itinéraire technique n'est significative que dans 37 % des essais. L'effet variété et l'interaction variété*itinéraire expliquent respectivement 33 % et 10 % de la variabilité des rendements. Ce poids des interactions, plus faible que dans le réseau 1999-2002, s'explique par la pression modeste de maladies au cours de cinq années sur huit, par le resserrement des itinéraires testés principalement autour des ITK2 et 3 et par l'évolution des variétés mises en essais. Au cours des années, les variétés inscrites intègrent de plus en plus des caractéristiques de résistances aux maladies. Parmi elles, celles retenues par les expérimentateurs sont à nouveau les plus résistantes. Cette restriction de la diversité des profils variétaux a limité les possibilités d'expression des interactions entre variétés et itinéraires techniques, interactions très nettement mises en évidence antérieurement avec un panel de variétés et de conduites plus diversifié.

L'analyse des données de l'ensemble du réseau confirme en revanche le poids des interactions entre variétés et environnement et entre itinéraires techniques et environnement, c'est-à-dire une hiérarchie différente des performances des choix techniques selon l'année et le site étudié.

En moyenne, les écarts de performance observés sur le réseau, inférieurs à 8 quintaux entre ITK2 et ITK3, conduisent à des performances économiques individuelles comparables et des performances environnementales potentielles sensiblement supérieures pour les ITK3. Aucun lien n'est observé entre potentiel de rendement et écarts de rendement. Sur les témoins Caphorn et Orvantis puis Caphorn et Premio, la variabilité des résultats, mesurée par l'écart type des rendements est équivalente en ITK3 (respectivement 12,8 et 13,1 pour Caphorn et Orvantis sur les années 2004 à 2007) et en ITK2 (respectivement 12,9 et 14). Enfin, la qualité et les marges en ITK3 sont comparables à celles constatées en ITK2 dans la gamme des hypothèses de prix étudiées.

Pour autant, il existe des situations où les écarts de performance sont bien réels, au profit de l'une ou l'autre des conduites (valeurs extrêmes de + 27 q au profit de l'ITK2 à + 5 q au profit de l'ITK3), qu'on s'est attaché à identifier pour pouvoir les éviter.

Les différents niveaux d'analyse mobilisés permettent de retenir quelques pistes, tant pour le choix variétal que pour l'ajustement des itinéraires techniques. Tous convergent pour souligner, sur le jeu de données dont nous disposons, que la différenciation des rendements (entre les variétés ou entre sites) se fait principalement en première partie de cycle (r^2 de 66 % entre écarts de rendement et écarts de nombre de grains/m²), en réaction aux écarts de peuplement et de fertilisation azotée précoce et donc de biomasse produite précocement.

Les observations de pressions de maladies confirment des écarts finalement modestes de surface foliaire nécrosée entre itinéraires techniques, le maximum étant observé sur septoriose avec seulement 4 % de surface foliaire nécrosée en plus en ITK3 par rapport à l'ITK2. Les écarts entre variétés sont plus marqués que les écarts entre conduites. Ces résultats témoignent de la maîtrise des maladies obtenues en ITK3 sous l'effet combiné de la diminution de la biomasse et du maintien d'une protection fongicide réduite mais centrée sur la période clé pour la protection du feuillage. Ils mettent en évidence la possibilité d'utiliser le levier variétal en complément du levier fongicide, avec autant sinon plus d'efficacité.

Dans les régions sensibles aux maladies, il est néanmoins possible de proposer quelques repères concernant le choix variétal, du point de vue de la sensibilité aux maladies et à la verse. Pour des conduites classiques, de type ITK2, on évitera les variétés sensibles à la verse et si possible à la rouille brune, accidents souvent imparfaitement maîtrisés malgré les objectifs assignés à l'itinéraire technique ; et on privilégiera en ITK3 des variétés peu ou moyennement sensibles à la septoriose et à la rouille brune et, dans les seuls secteurs à risque, à la rouille jaune ou à la fusariose. Ainsi, les critères prioritaires de sélection variétale, du point de vue de la sensibilité aux maladies et à la verse, évoluent selon les conditions de culture auxquelles ces variétés sont destinées.

La caractérisation de profils-types variétaux du point de vue de l'adaptation à un peuplement limité et à une fertilisation azotée restreinte en début de cycle est plus problématique. Une analyse fine sur Caphorn et Orvantis illustre ces stratégies d'adaptation, plus performante pour Orvantis que pour Caphorn en cas de déficit de peuplement et en situation d'alimentation azotée contrainte. En élargissant la gamme variétale étudiée, une piste a été explorée autour de variétés susceptibles de réduire fortement leurs capacités de tallage-épi en situation adverse tout en maintenant un indice foliaire non limitant, permettant des compensations fortes dans les phases ultérieures du cycle. Dans des situations d'alimentation hydrique contraintes, la restriction précoce de biomasse est aussi une opportunité pour conserver les réserves en eau nécessaires à une alimentation correcte des dernières phases du cycle. Ces schémas, séduisants, ne sauraient cependant être généralisés, les pistes d'adaptation semblant, pour une espèce aussi plastique que le blé, aussi riches que la diversité génétique. A l'issue de ce travail, il n'est pas possible de proposer un classement a priori des variétés dans des conditions de densité et d'alimentation azotée restrictives en début de cycle.

Enfin, ce travail a permis de poser un diagnostic approfondi sur la maîtrise des itinéraires techniques sur les différents sites d'essai. Il permet de mesurer les marges de progrès encore possibles dans la maîtrise de l'ITK2, pourtant itinéraire de référence, en particulier dans le calcul de la dose d'azote et dans la combinaison cohérente des niveaux d'intrants (régulateurs et fongicides en particulier). Pour l'ITK3, il suggère, dans le contexte de prix de l'étude, de ne pas réduire la dose d'azote de plus de 30 kg/ha par rapport au calcul classique du bilan, au risque de constater un décrochage marqué des rendements. Il met en évidence la pertinence de règles de décision élaborées par le réseau pour gérer l'impasse de fertilisation azotée au tallage, et suggère des pistes de travail expérimental pour confirmer l'adaptation des outils de pilotage de l'azote aux peuplements mis en place en ITK3 et ajuster les programmes fongicides de cette conduite aux risques régionaux.

Le programme Picoblé ayant permis de bâtir une base de données partageable, il est désormais possible aux différents partenaires d'aller plus loin dans l'exploration et la valorisation des enregistrements, particulièrement riches, de ce réseau.

BIBLIOGRAPHIE succincte

- Bouchard, C., Félix, I., Guérin, O., Loyce, C., Omon, B., Rolland, B., Bernicot, M.H. (2008). Associer des itinéraires techniques de niveau d'intrants variés à des variétés rustiques de blé tendre : évaluation économique, environnementale et énergétique. *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA* 55, 53-77
- Félix, I., Loyce, C., Bouchard, C., Meynard, J. M., Bernicot, M. H., Rolland, B., Haslé, H. (2002). Associer des variétés rustiques à des niveaux d'intrants réduits: intérêts économiques et perspectives agronomiques. *Perspectives Agricoles* 279, 30-35
- Félix, I., Loyce, C., Bouchard, C., Meynard, J. M., Bernicot, M. H., Rolland, B., Haslé, H. (2003). Une des voies pour s'adapter aux baisses de prix du blé : des variétés rustiques conduites à faible coût. *Perspectives Agricoles* 290, 22-29
- Félix I., Rolland B., Loyce C., Guérin O., Omon B., Piaud S. (2010). Conduite à coûts réduits – les variétés qui tirent leur épingle du jeu. *Perspectives Agricoles* 367, 52-60
- Félix I., Geffard G., Jaunel P.Y., Piroux F., Rolland B., Loyce C., Guérin O., Omon B., Piaud S. (2012). Variétés et conduites de culture : 8 ans de résultats expérimentaux en protection intégrée du blé tendre d'hiver. *Rapport complet, programme CASDAR Picoblé* 74 p. + annexes
- Loyce C., Meynard J.-M., Bouchard C., Rolland B., Lonnet P., Bataillon P., Bernicot M.H., Bonnefoy M., Charrier X., Demarquet T., Duperrier B., Félix I., Heddad D., Leblanc O., Leleu M., Mangin P., Méausoone M., Doussinault G. (2008). Interaction between cultivar and crop management effects on winter wheat diseases, lodging, yield and profitability. *Crop Protection* 27, 1131-1142
- Loyce C, Meynard J.M., Bouchard C, Rolland B, Bernicot M.H, Lonnet P (2009). Growing winter wheat cultivars resistant to diseases under integrated crop management systems: economical, environmental and energetic evaluation. *Farming system design, Monterey*, août 2009, 2 pp.
- Meynard, J.M. (1985). "Construction d'itinéraires techniques pour la culture du blé d'hiver," *Thèse. INA-PG, Paris*
- Meynard J.M., Rolland B., Loyce C., Félix I., Lonnet P. (2009). Quelles combinaisons variétés / conduites pour améliorer les performances économiques et environnementales de la culture de blé tendre ? *Innovations agronomiques* 7, 29-47 (site : http://www.inra.fr/ciag/revue_innovations_agronomiques/)
- Rolland B., Bouchard C., Loyce C., Meynard J.-M., Guyomard H., Lonnet P., Doussinault G., 2003. Des itinéraires techniques à bas niveaux d'intrants pour des variétés rustiques de blé tendre : une alternative pour concilier économie et environnement. *Courrier de l'environnement de l'INRA* 49 ; 47-62

PICOBLE : Protection intégrée des rotations avec colza et blé tendre

conception et évaluation multicritère d'itinéraires techniques économes en produits phytosanitaires



coordination du pgm

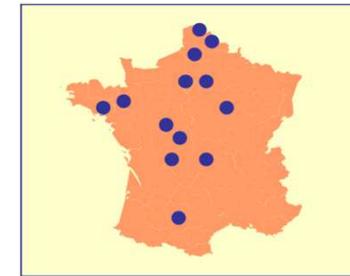


avec la contribution financière du CASDAR ,
programme 2008-2011



Historique (1/5)

- Un premier réseau est constitué par G. Doussinault (INRA Rennes Amélioration des plantes) dans le cadre d'un contrat de branche



(4 ans, 33 essais)



- 4 ITK

	Densité de semis	Dose d'azote ⁽¹⁾	Nbre d'apports d'azote ⁽¹⁾	Nbre de régulateurs	Nbre de fongicides
Conduite 1	normale	Bilan + 30 N	3	1 ou 2	3 ou 2
Conduite 2	normale	Bilan	3	0 ou 1	2
Conduite 3	- 40 %	Bilan - 30 N	2	0	1
Conduite 4	- 40 %	Bilan - 60 N	2	0	0

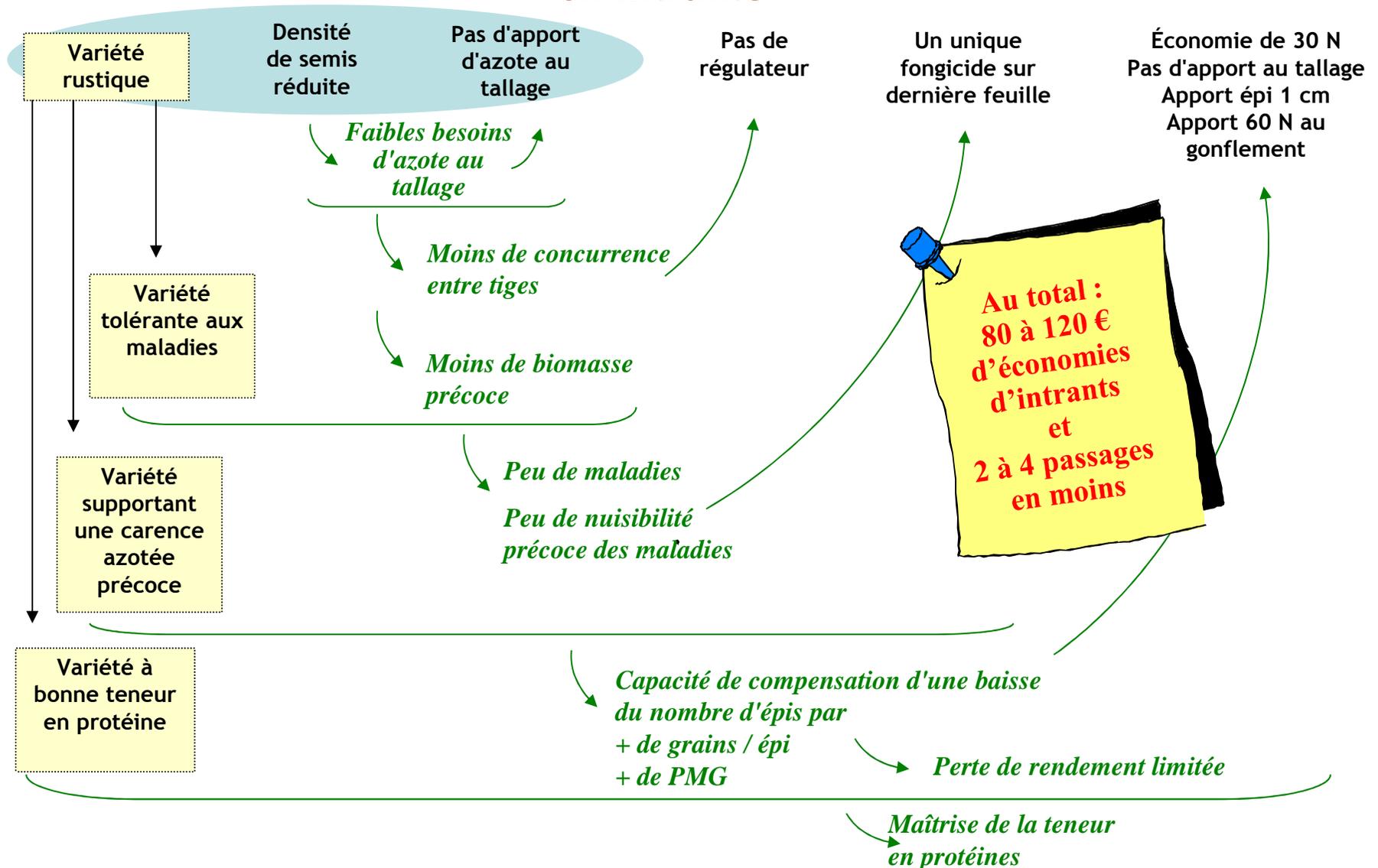
- 3 variétés témoins : Trémie, Oratorio, Isengrain

- Objectifs :

- vérifier, du point de vue technique, économique et qualitatif, s'il existe des variétés valorisant mieux que d'autres des conduites à coût réduit
- et définir dans quelles conditions ces couples « variétés "rustiques" * conduites à coût réduit » peuvent être plus performants que les couples « variétés classiques * conduites raisonnées »

Historique (2/5)

Les hypothèses pour la construction d'itinéraires techniques économes en intrants



Historique (3/5)

Principaux enseignements

a – les variétés se classent différemment (effet significatif) selon le niveau de contraintes auxquelles elles sont soumises. L'optimisation des résultats techniques, économiques et environnementaux de chaque itinéraire technique passe par un choix variétal adapté

b – une analyse régionalisée des données met en évidence des différences de classement variétaux selon les régions, en interaction avec l'itinéraire technique

c – associer une variété résistante aux maladies avec un itinéraire à bas niveaux d'intrants permet une protection contre les maladies foliaires aussi efficace qu'avec une variété plus sensible et un itinéraire technique plus intensif

Félix et al, 2002

Rolland et al, 2003

Loyce et al, 2008,

Loyce et al, 2010,

Meynard et al, 2009

Bouchard et al, 2008

Félix et al, 2003

Bouchard et al, 2008

Loyce et al, 2008,

Meynard et al, 2009

Historique (4/5)

➤ Constitution d'un deuxième réseau d'essais

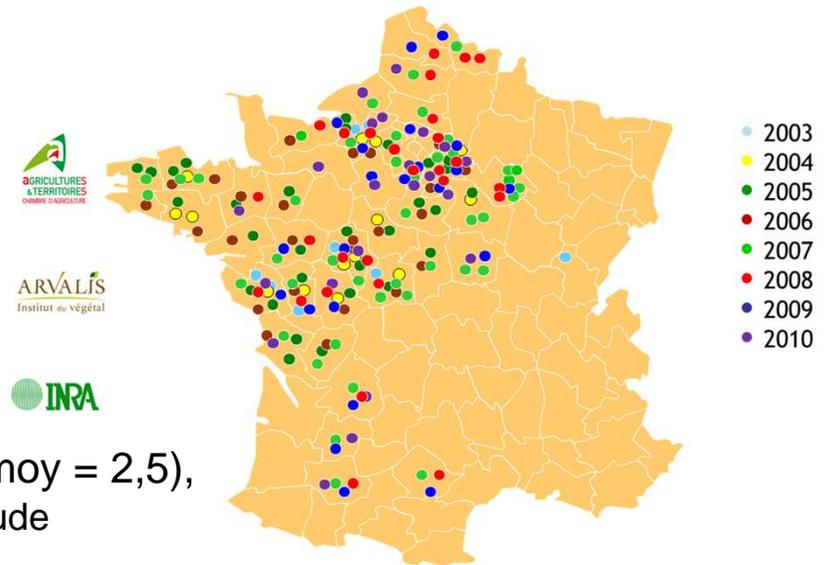
➤ Co-animation informelle INRA – ARVALIS
+ Chambres

➤ Principalement ITK2 (IFT moy = 4) et 3 (IFT moy = 2,5),
avec adaptation des règles de décision aux régions d'étude

➤ De nouveaux témoins : Caphorn, Orvantis, ...

➤ Objectifs :

- Diffuser les connaissances acquises dans le réseau antérieur grâce à un réseau d'essais simplifiés, support d'animation et de développement
- Valider dans des milieux très différents les conclusions du réseau 1999-2002
- Puis : élargir la liste des variétés testées



Historique (5/5)

Sur la période 2003-2006, les interactions entre variétés témoins et ITK sont faibles : peu de maladies, différenciation moindre des variétés par rapport à la période antérieure

Bouchard et al, 2008

La « rusticité » d'une variété n'est pas seulement affaire de tolérance aux maladies mais fait appel à d'autres caractéristiques variétales telles que l'adaptation à une faible biomasse précoce (densité + carence en N)

Bouchard et al, 2008

Un classement différencié des performances variétales selon l'ITK peut néanmoins être proposé (2008-2009), avec des enjeux faibles

Félix et al, 2010

Des prolongements espérés

Créer une base de données partageable

Exploiter les données composantes du rendement et maladies pour approfondir l'interprétation des résultats

Créer des références sur la maîtrise de la qualité (mycotoxines)

 abandonné : pb opportunité

Une opportunité

Le projet PICOBLE

(CASDAR , programme 2008-2011)

Résultats techniques

Rappel du dispositif

- les conduites de culture
- les variétés
- les dispositifs
- les règles d'exclusion des essais
- 2003-2010 : huit années très différenciées

ITK et variétés

Principalement deux ITK

ITK2 et ITK3 (protection intégrée)

Des témoins

2003	Caphorn
2004-2007	Caphorn, Orvantis
2008-2010	Caphorn, Premio

et de façon complémentaire, Atlass, Aldric (Nord) et Garcia (Sud)

Une liste variétale complémentaire

une gamme de précocité adaptée aux grandes régions (sud / centre / nord)

des variétés plutôt peu sensibles aux maladies

quelques variétés très sensibles pour la mise en évidence (le cas échéant),
d'une interaction profil variétal * conduite

Les dispositifs

Dispositif	Effectif
Split-plot	55
2 facteurs en blocs	36
Criss cross	5
Bandes côte-à-côte	71
Sans répétition	3
Pas d'information sur le dispositif	19
Total	189

Le réseau

Règles d'exclusion des essais de la base

ETR > 6 pour les ITK1 à 3

Non-conformité marquée au protocole (différences de dates de semis entre ITK, différences fortes de listes variétales, ...)

Accidents ou hétérogénéités fortes du milieu : piétin échaudage, cécidomyies, ...

+

Règles d'exclusion des essais de la synthèse sur les marges

Écart de dose d'azote < 15 N ou > 45 N

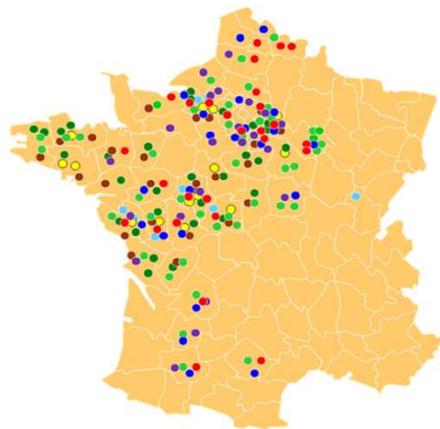
Protection fongicide en ITK2 >> conseil local (couverture totale des risques)

Fractionnement de l'azote en ITK3 non respectueuse du protocole

Absence d'écart de densité de semis

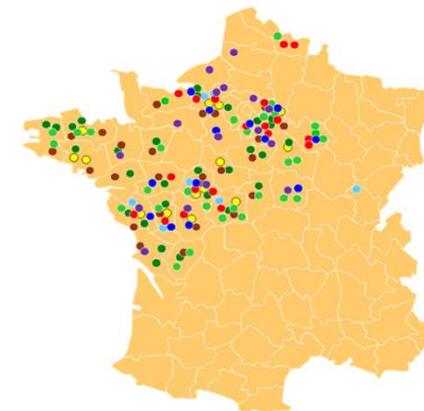


ARVALIS
Institut du végétal



189 essais

● 2003
● 2004
● 2005
● 2006
● 2007
● 2008
● 2009
● 2010



141 essais

ARVALIS
Institut du végétal

Le climat

	Nuisibilité des maladies *	autres
2003	9 q	Assimilation N début montaison
2004	12 q	
2005	16 q	
2006	14 q	
2007	24 q	
2008	27 q	
2009	20 q	Automne et hiver froids ; pb assimilation N printemps
2010	9 q	Pb assimilation N printemps

* : source : réseau performance d'ARVALIS et partenaires ; plutôt sur variétés sensibles – moyenne France

Résultats techniques

Matériel et méthodes

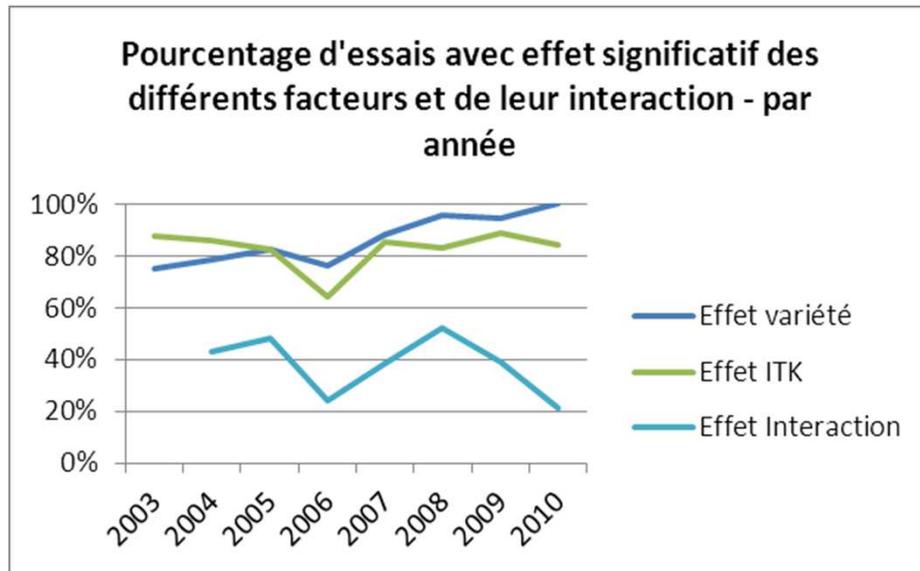
- le réseau : 189 essais
- les conduites de culture
- les variétés
- 2003-2010 : huit années très différenciées
- les dispositifs

Résultats

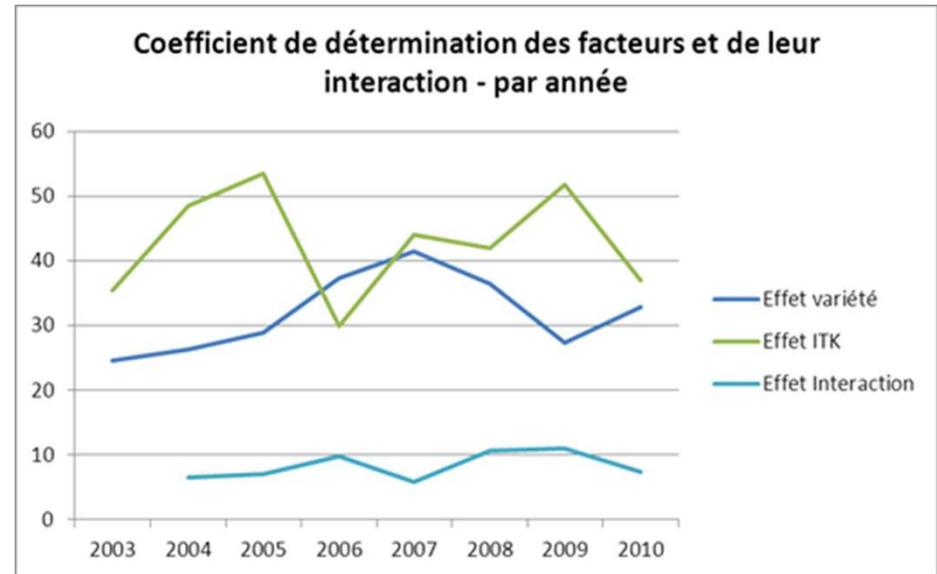
- quelle interaction variétés * ITK ?
- quelles performances des ITK réduits ?
- quel poids des maladies pour expliquer les écarts de rendement ?
- quel profil variétal rechercher ?

Quelle interaction variétés * ITK ?

Analyse individuelle des essais



Un gros tiers d'essais (37 %) avec une interaction variété * conduite significative



L'interaction variété * conduite n'explique que 10 % des écarts de rendement

Définir à quelles conditions cette interaction s'exprime



C'est-à-dire dans quelles conditions le choix variétal adapté à la conduite permet d'améliorer les résultats

Quelle interaction variétés* ITK ?

Analyse globale de la base

Sur 182 essais, ITK2 et ITK3 (validés ou non validés « marge »)

Utilisation d'un modèle linéaire mixte :

effets fixes : ITK

effets aléatoires : site, année, variété

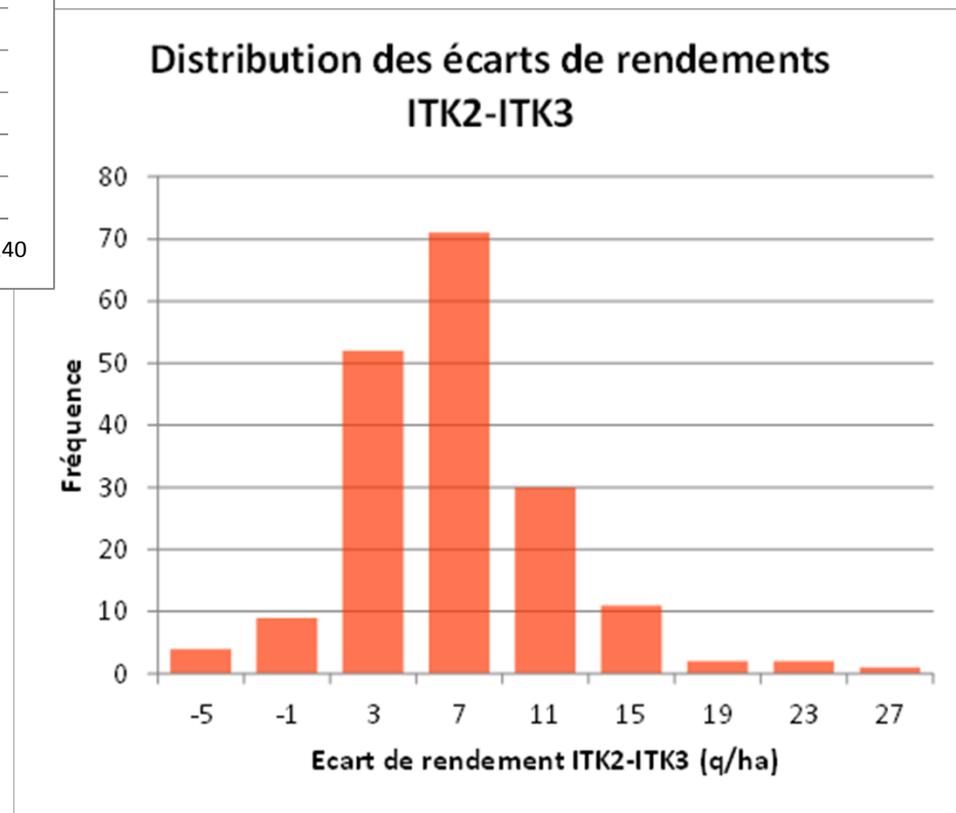
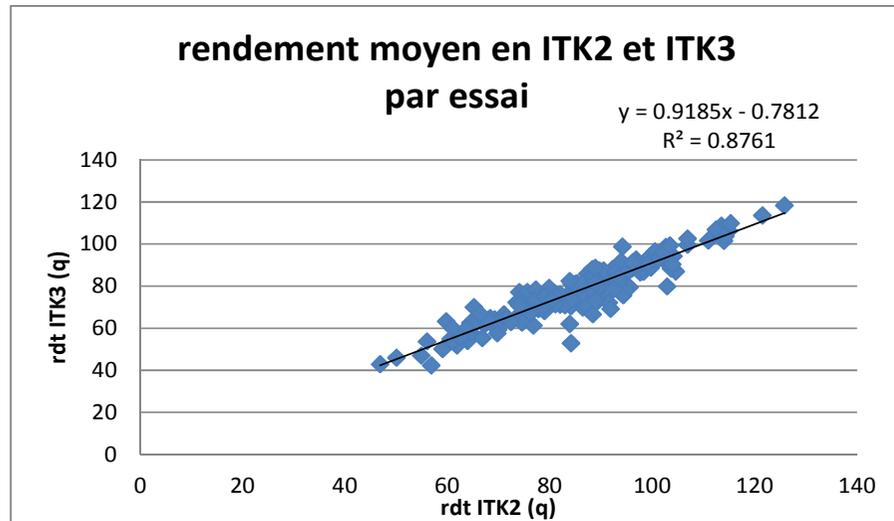
Facteur	Variance	Ecart type	Intervalle
essai	177.32	13.32	53.26
variete	12.1368	3.48	13.94
essai*variete	14.6001	3.82	15.28
ITK*variete	0.3927	0.63	2.51
essai*ITK	12.163	3.49	13.95
Residual	6.3575	2.52	10.09

⇒ faible effet de l'interaction variété* conduite

⇒ mais très fort effet de l'essai et de l'interaction essai*variété et essai*ITK ⇒ quel conseil pour une performance stable ?

Quelle performance des ITK réduits ?

Sur 182 essais, ITK2 et ITK3 (validés ou non validés « marge »)



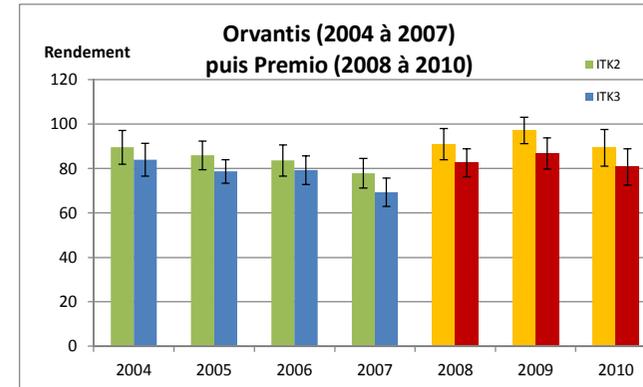
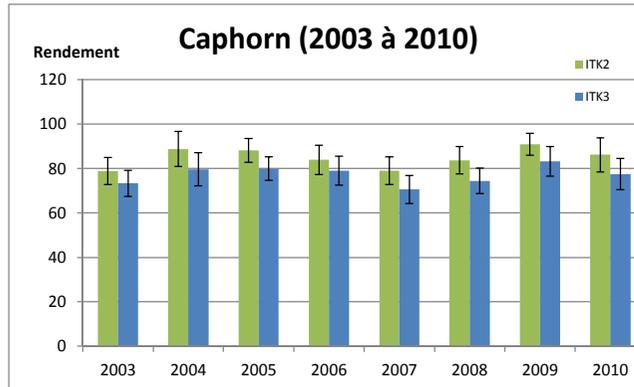
écart moyen = 8 q



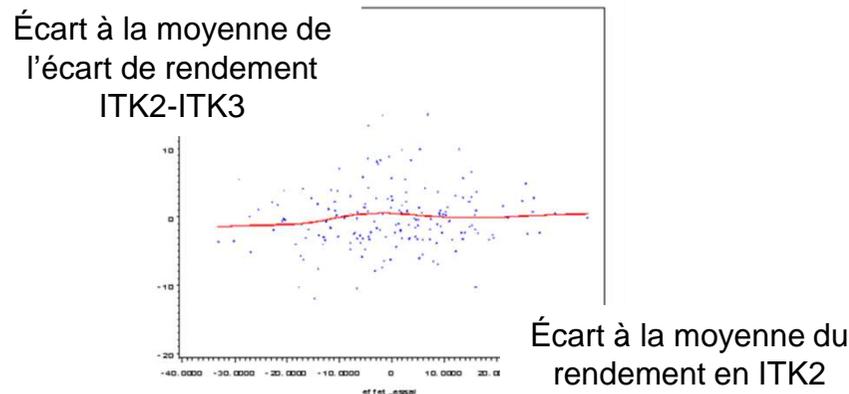
Expliquer les différences d'écarts de rendement

Quelles performances des ITK réduits ?

- Mêmes écarts et même variabilité des écarts de rendement entre ITK sur les témoins, malgré des profils différents

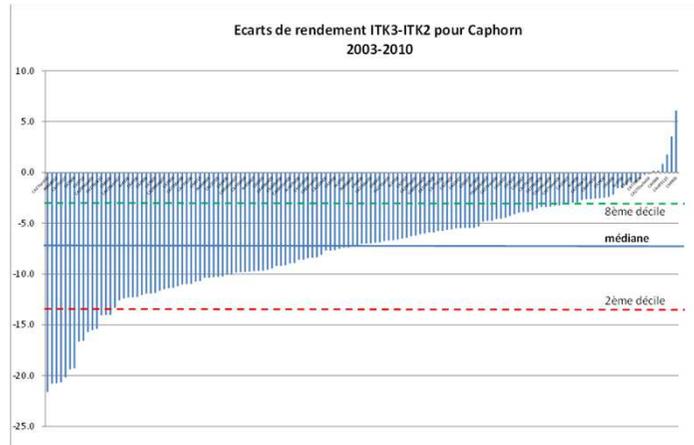


- Une performance technique, économique et environnementale intéressante des ITK3
 - PS = protéines ITK3 = ITK2 - 0.1 %
 - marge ITK3 > ou = ITK2
 - productivité et efficience intrants ITK3 > ITK2
- Pas d'effet du potentiel de rendement du site sur l'écart de rendement



Quelles performances des ITK réduits ?

Analyse agronomique des écarts de rendement



➤ **Diagnostic agronomique des essais en-deçà ou au-delà des 2^{ème} et 8^{ème} déciles**



Diagnostic a posteriori des ITK :
dose N apportée/optimum a posteriori ;
régulateurs ; fongicides



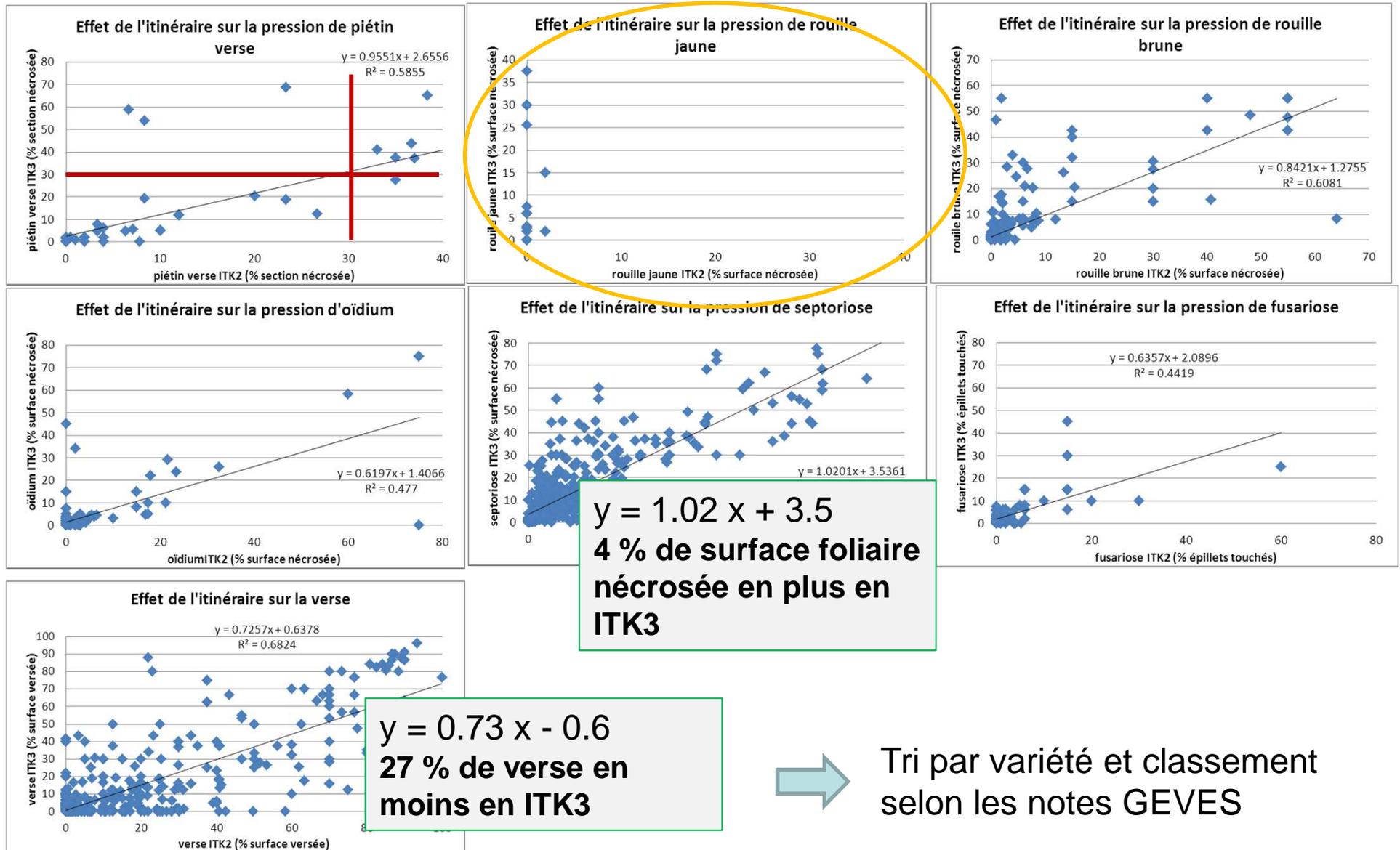
Conseils pour améliorer la maîtrise
des ITK : règles de décisions, OAD
adaptés, ...

Diagnostic des effets des ITK
selon les variétés et les sites



Hierarchisation des facteurs limitants
et
mise en évidence de stratégies
d'adaptation différentes selon la variété

Quel poids des maladies pour expliquer les écarts de rendement entre ITK ?



Repères pour un profil de variété adapté à chaque ITK

résistance aux maladies et à la verse

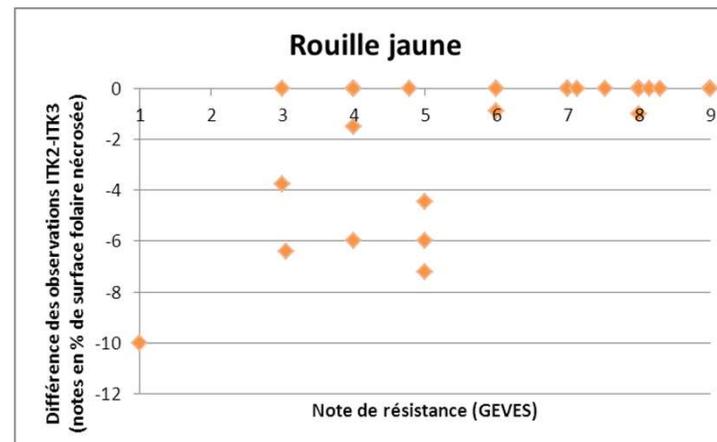
En ITK2, sélectionner sur :

- la verse
- la résistance à la rouille brune

En ITK3, sélectionner sur :

- la tolérance à la septoriose
- la résistance à la rouille brune
- si le risque existe, la tolérance à la rouille jaune
- puis éventuellement, piétin verse et fusariose

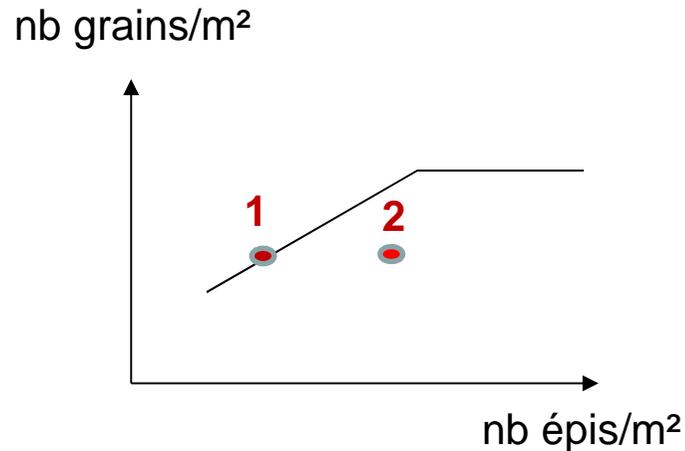
Notes GEVES septoriose	% surface foliaire nécrosée	
	ITK2	ITK3
moyenne variétés avec note GEVES de 4	9.1	12.4
moyenne variétés avec note GEVES de 5	8.2	12.4
moyenne variétés avec note GEVES de 6	5.4	8.6
moyenne variétés avec note GEVES de 7	5.2	8.5



- risque en ITK3 pour variétés sensibles (notes < 6)
- repérer les situations à risque

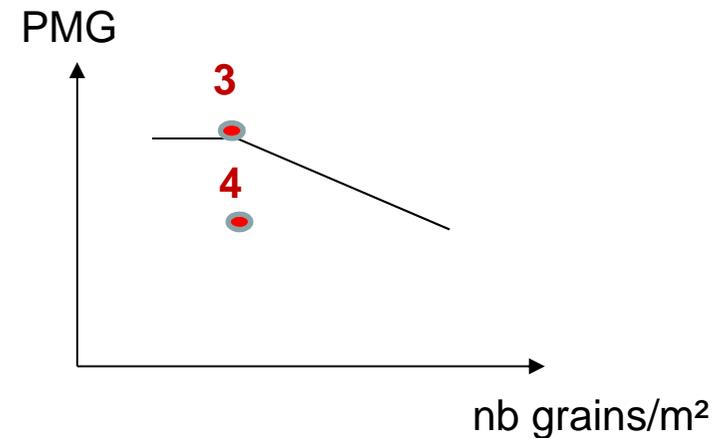
Quel poids des maladies pour expliquer les écarts de rendement entre ITK ?

Diagnostic des écarts de composantes de rendement



1 : défaut de peuplement ou conditions défavorables en début montaison (par exemple, carence N)

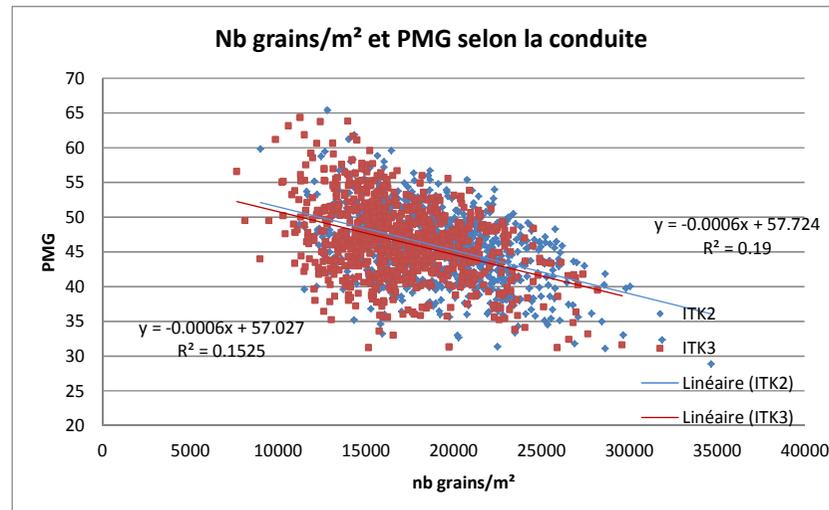
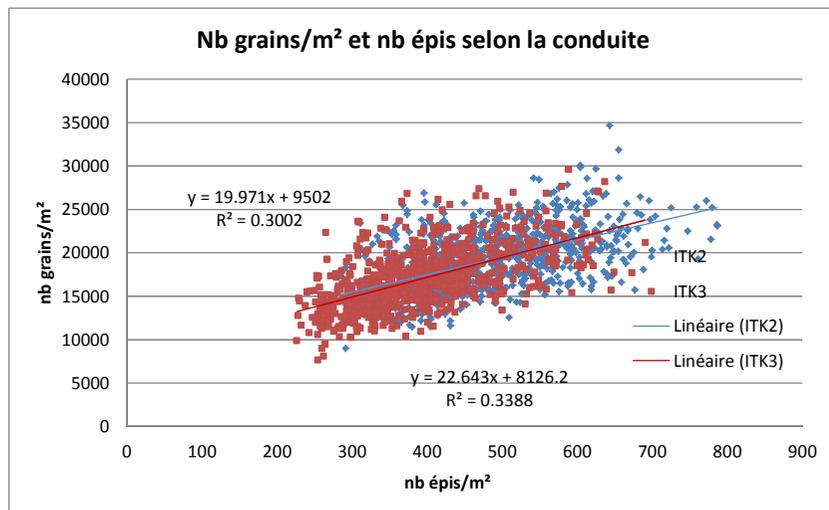
2 : conditions défavorables en cours de montaison (carence N, carence ou excès eau, climat, ...)



3 : compensation favorable

4 : conditions défavorables au remplissage du grain : maladies, verse, déficit hydrique, surface foliaire verte limitante, ...

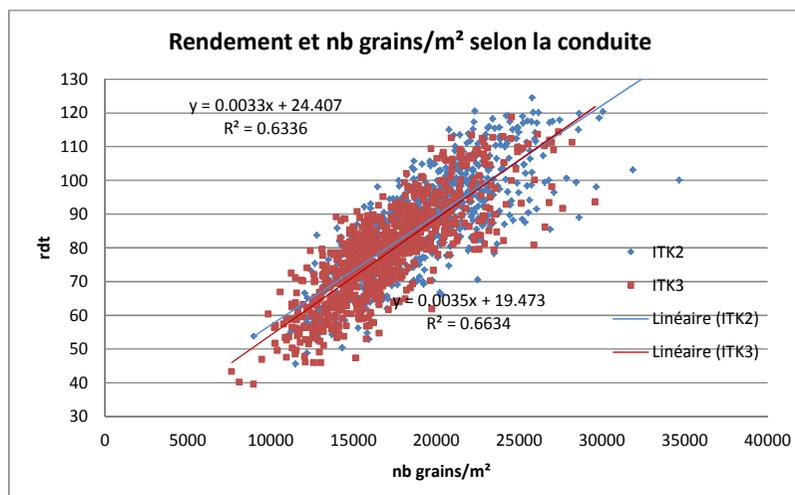
Quel poids des maladies pour expliquer les écarts de rendement entre ITK ?



Moins d'épis (-18 %) donc moins de grains (- 11 %)

Moins de grains donc plus de PMG (+ 1 %), malgré une protection phytosanitaire moindre

774 observations
84 essais
toutes variétés

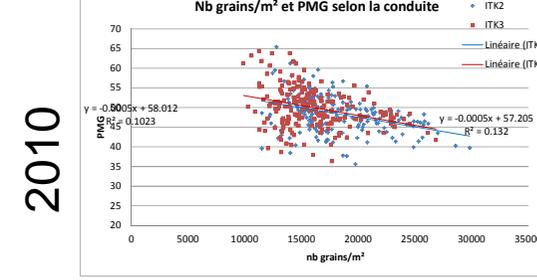
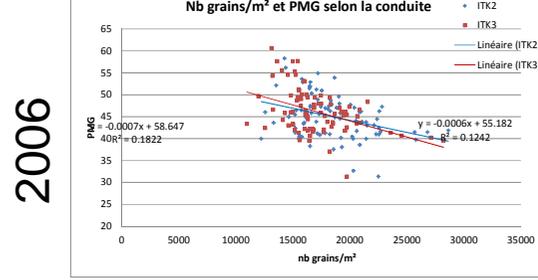
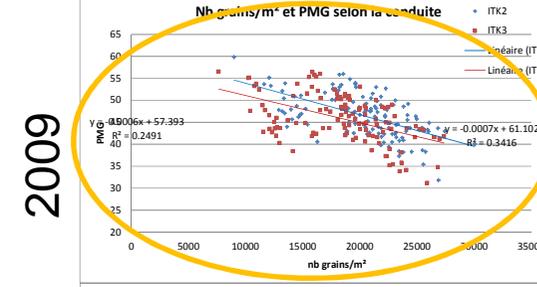
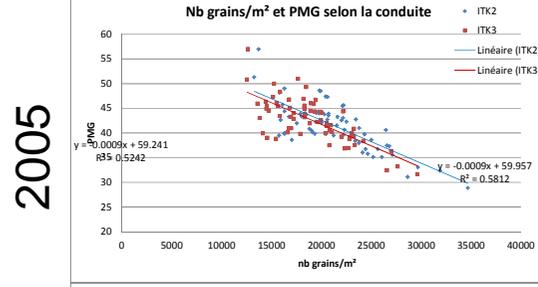
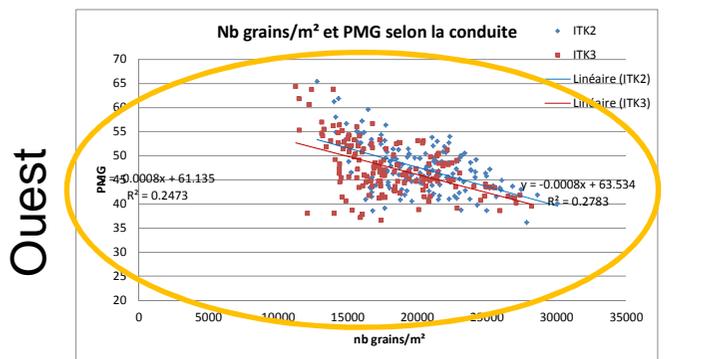
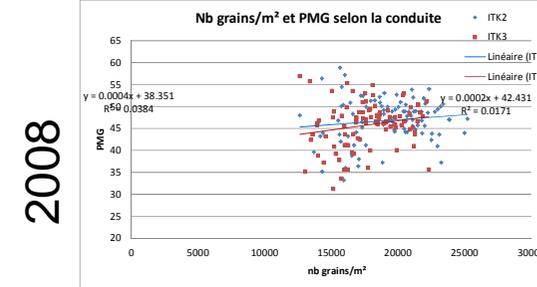
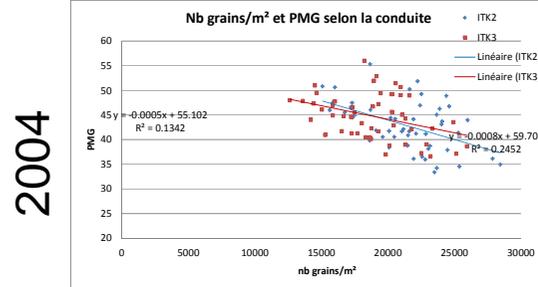
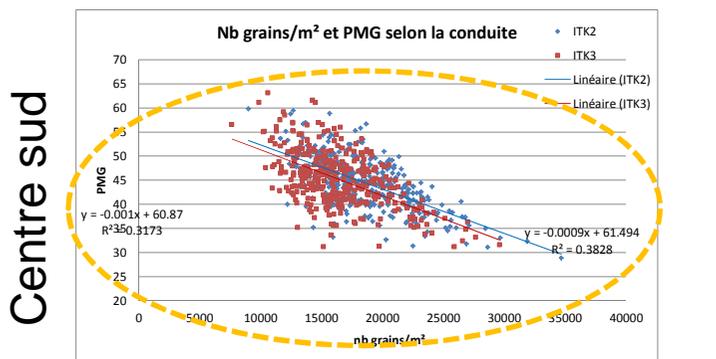
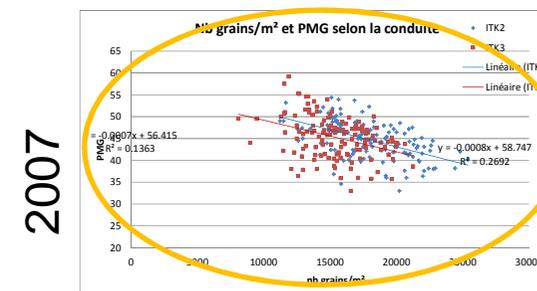
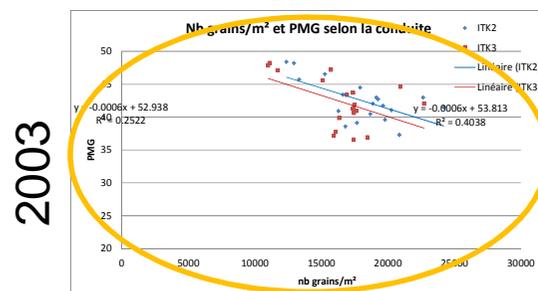
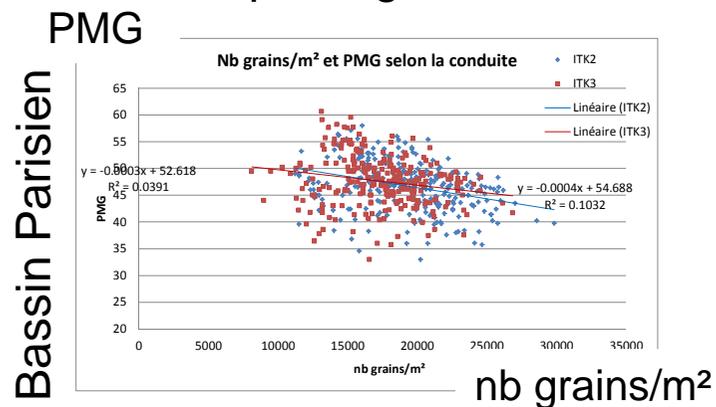


Donc un rendement (- 9 %) fonction du nb grains/m² selon des nuages de points décalés mais quasi superposés

Quel poids des maladies pour expliquer les écarts de rendement entre ITK ?

par région

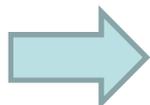
par année



Quel poids des maladies pour expliquer les écarts de rendement entre ITK ?

En ITK3,

- des pressions de maladies finalement limitées (ce n'est pas un ITK « zéro fongicide »)
- expliquent la part modeste des composantes de fin de cycle sur la formation des écarts de rendement, même sur variétés sensibles aux maladies
- la sensibilité aux maladies (**liste variétale mise en essais**) n'a qu'une importance limitée dans le « portrait robot » de la variété rustique (**DANS LES CONDITIONS DES ESSAIS**, beaucoup Centre Ouest)



Expliquer les écarts de rendement par le début de cycle : effets peuplement et fertilisation azotée retardée

Quel profil variétal adapté aux conditions suboptimales de début de cycle ?

classement sur le potentiel épi/m ² *	épis ITK3 (%ITK2)		gr/épi ITK3 (% ITK2)		gr/m ² ITK3 (% ITK2)		PMG ITK3 (% ITK2)		rdt ITK3 (% ITK2)	
	CAPHORN	KORELI	77.2	EUCLIDE	102.8	KORELI	85.8	PALEDOR	97.0	KORELI
GARCIA	SANKARA	79.8	GARCIA	104.7	GARCIA	86.5	RUSTIC	98.9	GARCIA	87.3
MENDEL	ATTLASS	79.9	ORVANTIS	105.4	MENDEL	87.7	ALDRIC	100.2	MENDEL	88.9
KORELI	TOISONDOR	80.2	SOLEHIO	105.9	ALTIGO	87.8	AREZZO	100.3	ALDRIC	89.0
GONCOURT	ORATORIO	80.2	HYSUN	106.4	HYSUN	88.1	PR22R58	100.5	MERCATO	89.2
PALEDOR	ALTIGO	80.9	MERCATO	106.6	TOISONDOR	88.4	KORELI	100.6	ALTIGO	89.7
CEZANNE	HYSUN	81.5	MENDEL	107.3	PREMIO	88.7	MERCATO	100.8	GONCOURT	90.4
ORVANTIS	MENDEL	81.9	PREMIO	108.1	MERCATO	88.7	CAPHORN	100.9	CAPHORN	90.5
ALDRIC	ALDRIC	82.0	RUSTIC	109.4	ALDRIC	88.9	GONCOURT	101.0	RUSTIC	90.6
RUSTIC	AREZZO	82.7	APACHE	109.4	EUCLIDE	89.0	CEZANNE	101.2	HYSUN	90.6
SOLEHIO	CEZANNE	82.7	CAPHORN	109.9	HYSUN	89.3	SOLEHIO	101.2	PREMIO	90.7
HYSUN	CAPHORN	82.7	ALTIGO	110.0	ORVANTIS	89.4	GARCIA	101.4	PALEDOR	91.0
HYSUN	GONCOURT	82.8	ALDRIC	110.3	GONCOURT	89.5	SANKARA	101.4	ORVANTIS	91.1
EUCLIDE	PR22R58	83.2	PR22R58	110.5	ORATORIO	89.9	ORVANTIS	101.8	PR22R58	91.2
ALTIGO	APACHE	83.4	TOISONDOR	111.4	CAPHORN	89.9	ORATORIO	101.8	SANKARA	91.2
PREMIO	PALEDOR	83.5	CEZANNE	111.7	APACHE	90.1	ALTIGO	102.4	ORATORIO	91.4
SANKARA	PREMIO	83.7	GONCOURT	112.2	SANKARA	90.2	PREMIO	102.4	HYSUN	91.5
AREZZO	HYSUN	84.0	HYSUN	113.1	ATTLASS	90.4	APACHE	102.6	TOISONDOR	92.1
MERCATO	MERCATO	84.3	ORATORIO	113.3	PR22R58	91.0	HYSUN	102.6	APACHE	92.5
PR22R58	GARCIA	84.9	PALEDOR	114.1	RUSTIC	91.8	MENDEL	102.8	AREZZO	92.5
ORATORIO	ORVANTIS	85.7	SANKARA	114.6	CEZANNE	91.9	HYSUN	103.1	CEZANNE	92.7
APACHE	RUSTIC	86.4	KORELI	114.9	AREZZO	92.5	ATTLASS	103.4	EUCLIDE	92.7
ATTLASS	EUCLIDE	87.4	ATTLASS	115.7	SOLEHIO	93.0	EUCLIDE	104.4	ATTLASS	93.2
TOISONDOR	SOLEHIO	90.7	AREZZO	116.8	PALEDOR	94.0	TOISONDOR	104.6	SOLEHIO	93.8

* moyenne de la différence entre le nb épis de la variété en ITK2 et le nb d'épis moyen dans l'essai en ITK2

Quel profil variétal adapté aux conditions suboptimales de début de cycle ?

Eviter de perdre des épis ?

Pas forcément

- Importance de la fertilité épi
- Récupération complémentaire sur le PMG :
 - quand déficit hydrique, grâce à l'économie d'eau permise par la réduction de biomasse en début de cycle
 - si maîtrise des maladies suffisante
 - si indice foliaire maintenu suffisant malgré réduction de biomasse (voir types variétaux ?)

Des profils types ?

- Probablement pas, ou alors plusieurs !
- Grande plasticité du blé

Conclusion

Sur 141 essais, en 8 ans, sur un gros tiers centre-ouest de la France

- Des interactions conduites * variétés de poids modeste (cf liste variétale) mais des interactions conduite * milieu et variétés * milieu élevées → comment prévoir ?
- Des écarts de rendement moyens de 8 quintaux, des qualités très proches, des performances économiques comparables et des performances environnementales/ha favorables aux ITK3
- Un écart de rendement qui se crée surtout en début de cycle : réaction à la baisse de peuplement et de fertilisation azotée
- Des écarts finalement modestes de surface foliaire nécrosée, des effets variétés > effets conduites sur la pression de maladies
- En situation de forts risques de maladies ou de verse, des critères de choix variétaux différents pour une conduite en ITK2 et pour une conduite en ITK3
- Il faut probablement renoncer à trouver une structure de peuplement type pour l'adaptation des variétés à une conduite infra-optimale en début de cycle ; une piste : « renoncer » à faire des épis et avoir une forte capacité de compensation par la suite ???

Conclusion

Sur la maîtrise des itinéraires techniques

- Des progrès encore possible pour l'ITK2 :
 - dose d'azote,
 - combinaison cohérente d'intrants

- Des progrès pour l'ITK3 :
 - rester dans des réductions modérées de doses d'azote (- 30 N maxi) ;
 - gestion fine du fractionnement de l'azote ;
 - adaptation des outils de pilotage de l'azote ;
 - s'autoriser une adaptation des programmes fongicides