

Des variétés rustiques concurrentes des adventices pour l'agriculture durable, en particulier l'agriculture biologique

L. Fontaine¹, M.-H. Bernicot², B. Rolland³, L. Poiret⁴

¹ : ITAB, 9 Rue André Brouard – BP70510 – 49105 Angers Cedex 02,

² : INRA UE Dijon-Epoisses, Domaine expérimental d'Epoisses, 21110 Bretenière

³ : INRA UMR APBV, domaine de la Motte au Vicomte BP 35327, 35653 Le Rheu

⁴ : ARVALIS – Institut du végétal, Station expérimentale, 91720 Boigneville

Correspondance : laurence.fontaine@itab.asso.fr

Le durcissement de la réglementation européenne allant vers la réduction d'usage d'herbicides, le développement des résistances d'adventices, l'augmentation probable du coût des intrants chimiques et du désherbage mécanique lié au renchérissement de l'énergie sont autant de raisons justifiant actuellement la recherche de variétés concurrentes des adventices. Le programme présenté vise à favoriser la sélection de tels cultivars.

Résumé :

Un programme de trois ans a débuté en 2007 pour établir une méthode d'évaluation du pouvoir concurrentiel des variétés de blé vis-à-vis des adventices et favoriser la prise en compte de ce critère dans les programmes de sélection. La première année d'essais a permis d'identifier les caractères les plus explicatifs du pouvoir concurrentiel du blé (vis-à-vis de ray-grass d'Italie qui simulait les adventices) : la hauteur en premier lieu et, en complément, la couverture du sol et le port des feuilles. Ces facteurs restent cependant insuffisants pour prédire totalement le pouvoir de compétition des variétés de blé, en particulier les variétés intermédiaires, pour lesquelles dans les essais considérés des variations importantes d'une situation à l'autre ont été observées. Les résultats des deux années supplémentaires d'essais sont attendus.

Mots clés : variété, blé tendre, pouvoir concurrentiel, adventices, agriculture biologique, agriculture durable.

Abstract: Hardy varieties in competition with weeds for sustainable agriculture and especially organic farming

A three-year programme was begun in 2007 to develop a method for assessing the competitive potential of wheat varieties with respect to weeds and to encourage the adoption of this criterion in selection programmes. The first year of experiments made it possible to identify the most explanatory characteristics of the competitive potential of wheat (using Italian ryegrass to simulate weeds): height first, followed by ground cover and leaf habit. These factors are nevertheless not adequate for totally predicting the competitive potential of wheat varieties and, in particular, intermediate varieties for which wide variations were observed from one situation to another in our experiments. We are now waiting for the results of two additional years of experiments.

Keywords: variety; soft wheat; competitive potential; weeds; organic farming; sustainable agriculture.

Introduction

L'offre variétale en blé tendre est aujourd'hui peu adaptée aux exigences de l'agriculture biologique (AB) (Fontaine *et al.*, 2008). En particulier, la compétitivité des génotypes vis-à-vis des adventices n'a pas été prise en compte dans les schémas de sélection au cours des cinq dernières décennies, depuis la généralisation de l'usage des herbicides. Que ce soit en AB - où la maîtrise des adventices passe par la gestion de la rotation, le travail du sol et le désherbage mécanique -, ou en agriculture conventionnelle - où la possibilité d'utilisation des herbicides tend à se restreindre -, l'utilisation du facteur variétal pour participer à la diminution de l'enherbement est aujourd'hui une piste à explorer.

L'ITAB, l'INRA, ARVALIS–Institut du végétal, Saaten Union et Lemaire Deffontaines ont démarré en 2007 un programme de trois ans visant à quantifier les différences de pouvoir concurrentiel entre variétés de blé tendre d'hiver. Les objectifs sont, d'une part, d'établir une méthode pertinente et facile à mettre en œuvre pour apprécier le pouvoir concurrentiel du blé vis-à-vis des adventices et, d'autre part, de rassembler un maximum d'éléments méthodologiques qui serviront à appuyer toute initiative de sélection de génotypes compétitifs face aux adventices.

Cet article s'intéresse aux résultats de la première année du programme de recherche. Les observations menées dans les essais concernés avaient pour objectifs (i) d'évaluer les composantes du pouvoir concurrentiel des différentes variétés, à savoir la tolérance des variétés aux adventices et leur aptitude à les supprimer, (ii) d'étudier les relations entre ces deux composantes (les variétés les plus tolérantes sont-elles les plus suppressives ?), (iii) d'identifier les caractéristiques phénotypiques des génotypes les plus prédictives de ce pouvoir concurrentiel dans les situations considérées et (iv) d'améliorer les protocoles et méthodologies employées pour la poursuite du programme.

Matériel et méthodes

Dispositif

En années 1 et 2, des essais analytiques sont menés sur deux sites non AB (suivis par ARVALIS en Ile-de-France et par l'INRA en Bourgogne), en situation de forte compétition avec les adventices, lesquelles sont simulées par un semis de ray-grass d'Italie (RGI) (variété Ligrande ; 2n, non alternatif) ; les modalités sont doublées (avec et sans RGI). Les essais comprennent en commun 14 génotypes de blé tendre, choisis de façon à présenter une gamme de précocité d'épiaison et de maturité, de hauteur et de couverture du sol (Tableau 1). Les variétés considérées comme témoins sont Caphorn (connue pour sa faible compétitivité vis-à-vis des adventices) et Renan (reconnue comme assez couvrante, première variété cultivée en AB en France) ; une variété de triticales a été ajoutée de façon à avoir sur l'essai une céréale à fort pouvoir concurrentiel. Un essai INRA et un essai ARVALIS sont de plus conduits à deux niveaux de fertilisation azotée, celle-ci pouvant jouer sur l'aptitude à la concurrence (Lecomte *et al.*, 2000). Les deux essais ARVALIS sont eux conduits avec plusieurs densités de semis. Le Tableau 2 synthétise les modalités suivies dans chaque essai en année 1.

D'autres types d'essai sont prévus à compter de la deuxième année de programme. En années 2 et 3, le comportement des variétés vis-à-vis des adventices y est cette fois caractérisé dans des situations de compétition naturelle dans quatre essais en agriculture biologique (ARVALIS 41, INRA 91, CREAB 32, Agrobio Poitou-Charentes 86). En année 3, les observations seront validées via la mise en place chez des agriculteurs biologiques de bandes comparatives avec deux à trois variétés à pouvoir concurrentiel différent.

Evaluation du pouvoir concurrentiel

Le pouvoir concurrentiel peut se définir comme la capacité d'une plante cultivée à diminuer la nuisibilité des adventices. Il a été évalué par deux approches pour les différents génotypes de blé étudiés : d'une part en mesurant sur les génotypes la perte de rendement relative entre la situation désherbée et la

situation enherbée (notion de tolérance aux adventices : capacité à ne subir que de faibles pertes de rendement entre les deux situations), d'autre part en quantifiant sur les adventices des différences de croissance et de production de graines induites par les génotypes (notion de suppression des adventices).

Tolérance aux adventices :

Une analyse en regroupement d'essais a été effectuée sur les pertes de rendement relatives entre situation enherbée (avec RGI) et situation désherbée (sans RGI), en considérant 5 milieux différents (différents lieux, niveaux de fertilisation et densités de semis) et en retenant les 12 génotypes communs aux 5 milieux.

Suppression des adventices :

L'aptitude à supprimer les adventices a été évaluée par deux approches :

- Mesure de la biomasse de RGI sur 6 variétés de l'essai d'ARVALIS, au moment de la floraison de Renan. Cette mesure n'a été faite que sur une partie des variétés car lourde à réaliser.
- Comptage du nombre d'épis produits par le RGI dans l'essai de l'INRA.

Une notation visuelle de la concurrence entre le blé et le RGI a également été faite par estimation du dépassement de la variété par le RGI. Elle reflète ce qui se voit (les épis de RGI plus hauts que le blé), mais au final elle n'a pas été retenue comme pertinente car, dans les blés hauts, des épis de RGI sont dans la végétation et ne sont pas vus.

Tableau 1 : Liste des variétés communes aux essais analytiques en année 1 (non AB, adventices simulées par RGI), caractérisées par leur hauteur et leur précocité.

	Courte	Moyenne	Haute
Précoce	CAPHORN	CEZANNE SUR.01/233/618	SUR.01/242/511 Triticale (GRANDVAL)
Intermédiaire	APACHE SANKARA	QUEBON CF99102 RENAN	SATURNUS
Tardive	GLASGOW	LD269	LD76B PEGASSOS

Tableau 2 : Présentation des essais analytiques en année 1 (non AB, adventices simulées par RGI).

Lieu	Nom essai	Densité de semis	Facteurs étudiés		
			Variété	Azote	Adventice
La Minière (78, ARVALIS)	ARD+	200 grains.m ⁻²	14 variétés de blé + 1 variété de triticale	- N+ = 100 kg.ha ⁻¹ - N- = 0 kg.ha ⁻¹	- Blé seul (BS) - Blé avec RGI (RG)
	ARD-	130 grains.m ⁻²	14 variétés de blé + 1 variété de triticale	- N+ = 100 kg.ha ⁻¹	- Blé seul (BS) - Blé avec RGI (RG)
Bretenière (21, INRA)	INR	225 grains.m ⁻²	15 variétés de blé + 1 variété de triticale	- N+ = 130 kg.ha ⁻¹ - N- = 50 kg.ha ⁻¹	- Blé seul (BS) - Blé avec RGI (RG)

Légende :

N+ = attention, il ne s'agit pas d'une conduite en excès d'azote, la conduite de l'essai étant globalement une conduite légère : densité de semis = préconisations -20% pour ARD+ et INR, pas de régulateur de croissance, dose d'azote = X-30 unités.

N- = forte contrainte azotée (-80 à -100 unités par rapport à N+) pour se rapprocher des contraintes de l'AB.

Caractéristiques phénotypiques des génotypes étudiés

Les observations menées sur les génotypes de blé et le triticale étaient :

- Le pouvoir couvrant (ou taux de couverture du sol) des variétés, observé aux stades épi 1 cm (Z30), 2 nœuds (Z32) et épiaison (Z55). Il s'agit d'une estimation de la fraction non visible du sol lorsqu'on observe la végétation, notée de 1 à 9 (sol nu entre les lignes de semis à sol non visible). En complément des notes de pouvoir couvrant (qui évoluent au fil du cycle cultural), un calcul de l'aire sous la courbe « couverture du sol en fonction de la somme de températures cumulées ou du nombre de jours depuis le semis » a été réalisé afin d'avoir une note globale de couverture du sol au cours du temps. Le pouvoir couvrant a été évalué d'une part par notation visuelle, d'autre part par analyse d'image. Les deux méthodes de mesures concordaient (forte corrélation, particulièrement aux stades épi 1 cm et 2 nœuds).
- L'interception du rayonnement dont les mesures sont aussi fortement corrélées aux notes de pouvoir couvrant aux stades épi 1 cm et 2 nœuds.
- Le port des feuilles (de dressé à étalé), noté aux mêmes stades que le pouvoir couvrant.
- La mesure de la hauteur de chaque variété, réalisée au moins 10 jours après la floraison, afin de s'assurer que les plantes avaient atteint leur hauteur maximale. Sur les essais d'Arvalis, des mesures au biomètre ont été menées en complément de la hauteur ; il s'agit d'un appareil permettant de mesurer une combinaison de la hauteur et de la biomasse de végétation. Les mesures ont été effectuées à deux dates autour du stade 2 nœuds et à l'épiaison.
- La biomasse aérienne du blé (stades épi 1 cm, 2 nœuds et maturité), les dates d'atteinte des stades épi 1 cm et épiaison, le nombre de talles et le nombre d'épis ont également été mesuré.

Une analyse des observations conduites sur les variétés a été menée afin de repérer les plus explicatives du pouvoir concurrentiel : pour chaque milieu et chaque caractéristique du pouvoir concurrentiel, les caractères les plus prédictifs ont été obtenus par régression linéaire progressive (introduction des variables explicatives – les caractères des variétés – pas à pas pour créer un modèle prédictif des variables à expliquer – la tolérance aux adventices et la suppression des adventices).

Résultats et discussion

Nous disposons actuellement des résultats de l'année 1 (campagne 2006/2007), les résultats de la campagne de l'année 2 étant en cours de traitement.

Analyse du pouvoir concurrentiel des variétés

L'analyse des pertes de rendement des variétés (Tableau 3) montre qu'en termes de tolérance aux adventices Grandval (triticale), LD76B et Pegassos étaient les variétés les plus compétitives, tandis que Caphorn, Glasgow et Sankara se retrouvaient systématiquement avec les pertes de rendement les plus importantes.

Concernant l'aptitude à supprimer les adventices, l'effet des 6 variétés de céréale sur la biomasse du RGI était significatif : Grandval et LD76B étaient les plus suppressives, à l'opposé de Glasgow et Caphorn pour lesquels les biomasses de RGI dans les parcelles étaient fortes ; les comportements de Renan et Pegassos étaient intermédiaires. L'impact significatif de la variété est confirmé par le comptage du nombre d'épis : il y avait deux fois plus d'épis de RGI dans les parcelles de Sankara que dans celle de Pegassos, variété connue pour son bon pouvoir concurrentiel.

Tableau 3 : Perte de rendement relative en % par rapport à la situation désherbée, dans les essais analytiques (non AB, adventices simulées par RGI), en année 1. Moyenne sur tous les essais et toutes les conduites.

Variétés	Pertes relatives de rendement (%)	groupes homogènes (à 5%)
GRANDVAL	-15	A
LD76B	-21	B
PEGASSOS	-23	B C
APACHE	-26	B C D
SATURNUS	-28	B C D E
RENAN	-29	B C D E
CF99102	-31	C D E F
LD269	-33	D E F G
QUEBON	-36	E F G
CAPHORN	-38	F G
GLASGOW	-38	F G
SANKARA	-40	G

En complément, les relations ont été étudiées entre les deux critères 'tolérance aux adventices' (pertes de rendement limitées pour les variétés de blé) et 'suppression des adventices' (impact sur le RGI). Les biomasses des adventices et les pertes de rendement relatives étaient fortement corrélées (coefficient de corrélation de 0,95 sur ARD+N+ et de 0,72 sur ARD+N-); il est possible que ces corrélations aient été moins fortes si la gamme variétale étudiée (6 géotypes) avait été plus importante et avec des variétés moins différenciées. Le nombre d'épis de RGI et les pertes de rendement relatives étaient assez bien corrélés (coefficient de corrélation de 0,74 sur INR N-). On constate que les variétés les plus tolérantes sont aussi les plus suppressives, comme LD76B et Grandval; à l'opposé les moins tolérantes comme Caphorn, Glasgow et Sankara sont les moins suppressives. Par contre pour les variétés intermédiaires la relation est beaucoup moins marquée.

Caractéristiques phénotypiques explicatives du pouvoir concurrentiel

Les caractères du blé qui influencent le plus son pouvoir concurrentiel varient selon que l'on cherche à expliquer la tolérance ou la suppression aux adventices et selon les conduites (Tableau 4). Le stade de notation est également un facteur de variation.

Néanmoins, sur ces quelques essais, la hauteur à maturité est de loin le premier facteur explicatif du pouvoir concurrentiel des variétés : elle permet d'expliquer dans toutes les situations, à l'exception d'une seule (ARD+/N-), plus des 2/3 des pertes de rendement et apparaît dans presque tous les modèles comme la caractéristique la plus explicative du pouvoir concurrentiel (Tableau 5). Lorsque la hauteur n'apparaissait pas dans le modèle le plus prédictif (comme c'était le cas par exemple pour expliquer la biomasse du RGI sur ARD+N-, ou bien les pertes de rendement sur ARD-), il était néanmoins possible de créer un modèle presque aussi prédictif en utilisant la hauteur comme variable explicative (Tableau 4).

La biomasse du blé n'apparaît que dans un seul modèle (ARD+N-), mais avec un pourcentage d'explication qui n'était supérieur que de 4% par rapport au modèle avec la hauteur ; elle n'est donc pas la meilleure variable pour prédire le pouvoir concurrentiel des blés. L'interception lumineuse, les nombres de talles et d'épis et la précocité des variétés n'apparaissent pas dans les modèles. Ces caractères ne sont donc pas les plus prédictifs du pouvoir concurrentiel des blés. Il ressort par contre

que la couverture du sol et le port des feuilles étaient, en complément de la hauteur, les variables les plus prédictives du pouvoir concurrentiel des variétés.

Tableau 4 : Modèles les plus prédictifs du pouvoir concurrentiel des variétés sur les essais (caractères observés sur la conduite BS N-).

Essai	Variable à expliquer (Y)	Modèle le plus prédictif	Pourcentage d'explication du modèle (r ²)
ARD+	Pertes de rendement relatives, en N+	$Y = 93.884 - (0.367 \times \text{hauteur}) + (1.076 \times \text{port3}) - (0.01 \times \text{cov123})$	86,9 %
	Pertes de rendement relatives, en N-	$Y = 26.324 + (0.237 \times \text{fcov1}) + (0.282 \times \text{fcov3}) - (0.013 \times \text{cov23}) - (0.222 \times \text{biometre3})$	79,3 %
	Biomasse de ray-grass en N+	$Y = 16.912 - (0.087 \times \text{hauteur}) - (0.08 \times \text{port3})$	99,6 %
	Biomasse de ray-grass en N-	$Y = 13.405 - (3.11 \times \text{biomasse1}) - (0.329 \times \text{cov2})$	99,7 %
		$Y = 10.858 - (0.055 \times \text{hauteur}) + (0.165 \times \text{port3})$	95,3 %
	Dépassement du ray-grass en N+	$Y = 18.348 - (0.136 \times \text{hauteur}) - (0.278 \times \text{port3})$	79,2 %
Dépassement du ray-grass en N-	$Y = 6.391 - (0.138 \times \text{hauteur}) + (0.14 \times \text{biometre1}) + (0.1 \times \text{fcov1})$	86,3 %	
ARD-	Pertes de rendement relatives	$Y = 94.988 - (0.023 \times \text{cov23}) + (0.957 \times \text{port3})$	83,6 %
		$\text{Pertes} = 95.245 - (0.286 \times \text{hauteur}) - (3.578 \times \text{cov2})$	83,5 %
	Dépassement du ray-grass	$Y = 20.921 - (0.162 \times \text{hauteur})$	78,8 %
INR	Pertes de rendement relatives en N+	$Y = 94.054 - (5.677 \times \text{port1}) - (0.632 \times \text{hauteur})$	86,5 %
	Pertes de rendement relatives en N-	$Y = 61.389 - (0.186 \times \text{sensibilitéN}) - (0.398 \times \text{hauteur})$	72,9 %
	Nombre d'épis de ray-grass par m ²	$Y = 240.725 - (0.097 \times \text{cov14}) - (1.191 \times \text{hauteur})$	73,7 %

Légende :

- **hauteur** : hauteur de la plante à maturité.
- **port1**, et **port3** : port de feuille/de plante aux stades épi 1cm et épiaison.
- **cov2**, **cov23**, **cov14** et **cov123** : couverture du sol (note visuelle) et aire sous la courbe "couverture du sol en fonction des sommes de températures cumulées ou du nombre de jours depuis le semis" entre les stades de notation : épi 1 cm (1), 2-nœuds (2), épiaison (3) et floraison (4).
- **fcov1**, **fcov3** : couverture du sol (analyse d'image) aux stades épi 1 cm (1) et épiaison (3).
- **biometre1**, **biometre3** : mesure au biomètre aux stades épi 1cm et épiaison.
- **biomasse1** : biomasse au stade épi 1 cm.
- **sensibilitéN** : sensibilité au stress azoté (pertes de rendement relatives entre BSN+ et BSN-).

La couverture du sol et la hauteur n'étant pas corrélées (Figure 1), il s'agit de variables complémentaires dans la compétition pour la lumière. On peut ainsi supposer qu'une variété haute et couvrante interceptera davantage de lumière dans les trois dimensions qu'une variété courte et peu couvrante : les variétés les plus hautes interceptent davantage les rayons arrivant de biais et les variétés les plus couvrantes interceptent davantage les rayons arrivant verticalement (Köpke, 2007). Les variétés Caphorn, Glasgow et Sankara étaient ainsi peu compétitives car courtes et peu

couvrantes, tandis que le triticale Grandval et le blé LD76B étaient hauts et couvrants et avaient ainsi un fort pouvoir concurrentiel.

Tableau 5 : Pourcentage d'explication du modèle par la hauteur pour les différentes caractéristiques du pouvoir concurrentiel dans les différents essais.

Essai	Variable à expliquer	Pourcentage d'explication de la hauteur (r^2)
ARD+	Pertes de rendement	- N+ : 62,8 % - N- : 37,9 %
	Biomasse du RGI	- N+ : 98% - N- : 82,3%
	Dépassement par le RGI	- N+ : 73% - N- : 72,1%
ARD-	Pertes de rendement	71,9 %
	Dépassement par le RGI	78,8%
INR	Pertes de rendement	- N+ : 67,4% - N- : 64,3%
	Nombre d'épis de RGI	N- : 66,8%

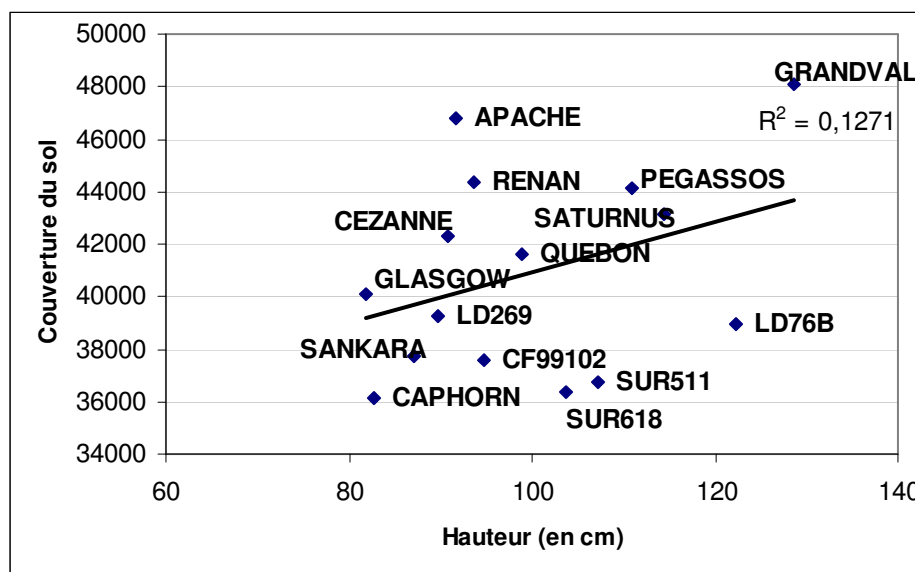


Figure 1 : Relation entre la couverture du sol au fil du temps (aire sous la courbe "couverture du sol en fonction de la somme des températures cumulées depuis le semis" – Couverture du sol obtenue par analyse d'image aux stades épi 1 cm, 2-nœuds et épiaison) et la hauteur à maturité sur l'essai ARD+N-.

Les évaluations de couverture du sol montrent de fortes différences entre variétés (Figure 2) ; la couverture du sol évolue différemment selon les variétés avec de grandes variations de classement (Figure 3). Le port des feuilles varie lui aussi au cours du temps (Figure 4) : si le triticale Grandval était très étalé au stade épi 1 cm, il se redresse ensuite. Saturnus, Pegassos et Cézanne à l'inverse s'étalent entre les stades 2 nœuds et épiaison. Ces évolutions soulèvent la question des stades les plus pertinents pour noter ces caractéristiques. En accord avec les références étrangères (Eisele *et al.*, 1997 ; Hoad *et al.*, 2005 ; Neuhoff *et al.*, 2004), nos recommandations sont d'ajouter des stades de notations pour les essais de seconde année : tallage (Z22-23) pour la couverture du sol ; dernière feuille étalée pour le port (Z45) ; stades précoces pour la hauteur. Ces nouvelles notations permettront d'affiner les conclusions quant aux paramètres relatifs à la vitesse de croissance et le possible impact sur l'infestation d'adventices.

Figure 2 : Photos des variétés Caphorn (à gauche) et Renan (à droite) au stade épi 1 cm (source : Poiret, 2007).

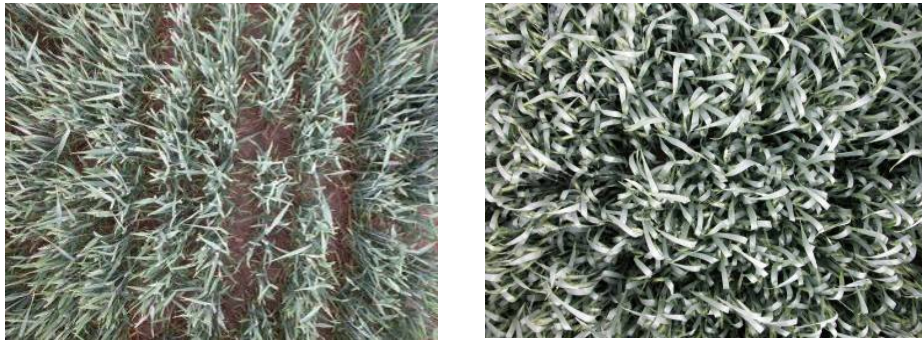
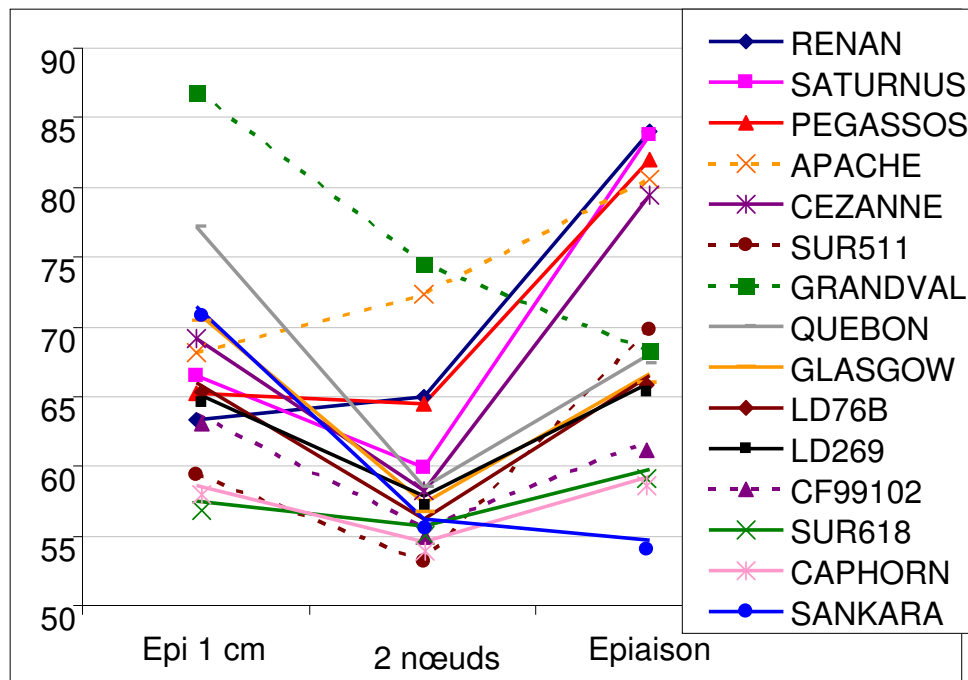
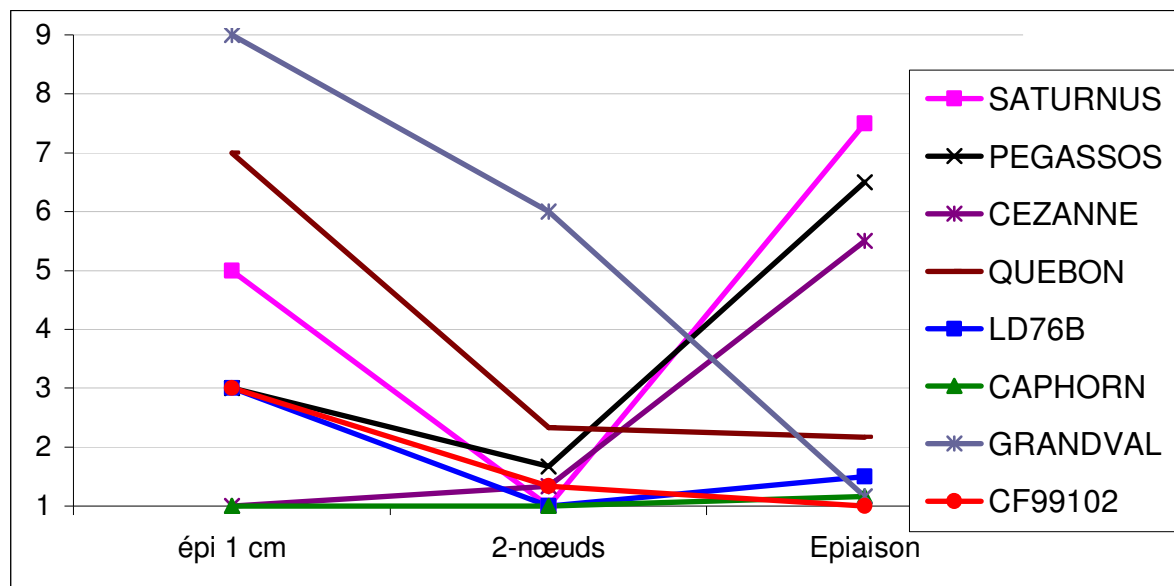


Figure 3 : Couverture du sol (en %) en fonction du stade, pour les 15 variétés de l'essai ARD+ sur la modalité BS N-.



Cette première année du programme de recherche a par ailleurs été riche d'enseignements en termes méthodologiques, puisqu'elle a permis d'apporter des améliorations aux protocoles mis en œuvre (méthodologies des notations de couverture du sol et de hauteur), tout en les questionnant : pertinence du choix du RGI ; difficulté à gérer les différences de précocité des variétés ; maintien de deux niveaux de fertilisation azotée, les modèles de prédiction variant avec ce facteur. En particulier, de forts questionnements demeurent sur les stades de notations les plus pertinents pour les caractéristiques variétales les plus importantes : à quel(s) stade(s) participent-elles le plus à l'élaboration du pouvoir concurrentiel ?

Figure 4 : Port des feuilles en fonction du stade d'observation pour quelques variétés sur l'essai ARD+. Note de 1 à 9 (du plus dressé au plus étalé). Moyenne des notes sur RG au stade épi 1 cm, sur BS au stade 2-nœuds et sur toutes les conduites au stade épisaison.



Conclusion

La première année d'essais nous a permis d'identifier des caractères importants du pouvoir concurrentiel des variétés de blé, en particulier la hauteur, la couverture du sol et le port des feuilles, relativement simples à observer et utilisables en sélection. Ces facteurs restent cependant insuffisants pour prédire précisément le pouvoir concurrentiel des variétés intermédiaires, pour lesquelles il peut beaucoup varier d'une situation à l'autre.

L'interaction entre le génotype et le milieu étant importante, la reconduction des essais de cette première année et la réalisation d'essais dans d'autres situations (en agriculture biologique avec infestation naturelle d'adventices) est nécessaire, pour être capable d'identifier les caractères les plus importants dans chaque situation et ainsi créer un indice permettant de classer les variétés en plusieurs catégories de pouvoir concurrentiel en fonction des conditions du milieu.

Les résultats de ce programme sont attendus. Ils permettront de mieux évaluer l'enjeu de la variabilité génétique disponible en termes de pouvoir concurrentiel des variétés de blé vis-à-vis des adventices. Ils donneront également des critères pour sélectionner sur cette capacité.

Remerciements : Ce projet de trois ans (2007-2009) est soutenu par le Fonds de Soutien à l'Obtention Végétale (FSOV). Partenaires : Arvalis – Institut du végétal, Inra, Lemaire-Deffontaines, Saaten Union Recherche, CREAB Midi-Pyrénées, Agrobio-Poitou-Charentes ; pilotage ITAB.

Références bibliographiques

Eisele J.A., Köpke U., 1997a. Choice of Cultivars in Organic Farming: New Criteria for Winter Wheat Ideotypes. 1: Light Conditions in Stands of Winter Wheat Affected by Morphological Features of Different Varieties. Pflanzenbauwissenschaften 1, 19-24.

Eisele J.A., Köpke U., 1997b. Choice of Cultivars in Organic Farming: New Criteria for Winter Wheat Ideotypes. 2: Weed Competitiveness of Morphologically Different Cultivars. *Pflanzenbauwissenschaften* 1, 84-89.

Fontaine L., Rolland B., Bernicot M.-H., 2008. Contribution to organic breeding programmes of wheat variety testing in organic farming in France. In: Neuhoff D. *et al.* (Eds.), *Proceedings of Cultivating the Future Based on Science: 2nd Conference of the International Society of Organic Agriculture Research ISOFAR*, Modena, Italy, p. 688-691.

Hoad S., Neuhoff D., Davies K., 2005. Field evaluation and selection of winter wheat for competitiveness against weeds. In: Lammerts Van Bueren E., Goldringer I., Oestergaard H. (Eds.): *Proceedings of the COST SUSVAR/ECO-PB Workshop on Organic Plant Breeding Strategies and the Use of Molecular Markers*. Driebergen, p. 61-66.

Köpke U., 2007. Winter wheat: Selection for weed competitiveness in organic and low-input cropping systems. Réunion FSOV Adventices. Paris, 17 septembre 2007, 8 p.

Lecomte C., Heumez E., Pluchard P., 2000. Identification de différences génotypiques dans la réponse aux contraintes environnementales : cas de la concurrence due aux mauvaises herbes dans une culture de blé tendre d'hiver. In : P. Maillard, R. Bonhomme (Eds.), *Fonctionnement des peuplements végétaux sous contraintes environnementales*. INRA Editions, Paris, p. 539-558.

Neuhoff D., Hoad S., Köpke U., Davies K., Gawronski S., Gawronska H., Drews S., Juroszek P., De Lucas Bueno C., Zanolli R., 2000-2004. Final Report of the FP 5 European Combined Project 'Strategies of Weed Control in Organic Farming' (WECOF) [en ligne]. Disponible sur : <http://www.wecof.uni-bonn.de/>

Poiret L., 2007. Caractérisation de l'aptitude des variétés de blé à concurrencer les adventices. Mémoire de fin d'études 146e promotion Agriculture, Institut Polytechnique LaSalle Beauvais, 100 p.