2017

Essais de variétés de blé biologique dans les Alpes de Haute Provence Synthèse

Mathieu MARGUERIE AGRIBIO 04

Stéphane JEZEQUEL- ARVALIS INSITITUT DU VEGETAL

Nathalie CHARLES - PNR LUBERON

01/09/2017

Sommaire

..... 0

Réalisation de l'essai 2

Présentation de l'essai 2

Itinéraire technique de l'essai 2

Conditions climatiques de l'année : fortes pluies en novembre, gel en avril et stress thermique et hydrique en juin. 4

Résultats généraux observés 6

- Résultats généraux par variété en irrigué 6
- Résultats généraux par variété en sec 7
- Relations rendements et protéines 8
- Le nombre de grains/m², principale composante explicative du rendement 10

Influence des conditions de culture et comportement variétal 11

- Caractérisation des stress hydrique et azoté 11
- Influence des conditions de culture sur le rendement 12
- Ecarts de rendement sec/irrigué par variété 13

Bilan général sur trois années d'essais (2015 à 2017) 14

- Conditions de production 14
- Couples rendements/protéines 16
- Evolution du couple rendement/protéines du fait de l'amélioration des conditions de culture 17
- Influence des conditions de culture sur les composantes de rendement en fonction du type de variétés 18

Et la suite 20

Réalisation de l'essai

Cet essai est le fruit d'une collaboration entre les producteurs, Agribio 04, Arvalis-Institut du Végétal et le Parc Naturel Régional du Luberon.

L'analyse des résultats présentés ici cache un travail important de nombreuses personnes pour la bonne conduite de ce projet. Remerciements particuliers à :

- *Gérard Daumas pour l'accueil (pour la troisième année consécutive !) de la plateforme d'essais.*
- *Stéphane Jézéquel (Arvalis) pour l'appui dans l'analyse des résultats et le soutien au projet.*
- *Magali Camous et Olivier Moulin (Arvalis) pour le semis, la récolte, la fertilisation et tant d'autres choses indispensables à la bonne conduite des essais.*
- *Gaëlle Caron, Elia Madeleine, Meygane Blanc pour l'appui aux notations et comptages.*
- *Nathalie Charles pour la coopération pour la recherche de financements et la co-animation du projet.*
- *Gérard Guillot, et plus largement l'ensemble des producteurs impliqués, de près ou de loin, dans le projet pour rendre ce dernier vivant et utile aux filières et territoires de la région.*
- *Et enfin évidemment, aux partenaires financiers qui ont accepté de nous faire confiance : la Fondation de France, la Région PACA et le Département 04.*

Mathieu Marguerie, Agribio 04

Présentation de l'essai

L'essai (Agribio 04-Arvalis-PNR Luberon) visait, pour la troisième année consécutive à évaluer le comportement de variétés paysannes et modernes de blés biologiques en sec et en irrigué. Vingt-trois variétés ont été implantées le 15 novembre 2015 à Mane, sur l'exploitation de M.Gérard Daumas, dans les Alpes de Haute-Provence, dont dix modernes et treize paysannes. Ces variétés ont été implantées dans des microparcelles de 23m², répétées quatre fois dans deux essais au sec et à l'irrigué dans la même parcelle. Pour des questions de place, le précédent diffère pour l'irrigué (lentilles) et le sec (tournesol).

Itinéraire technique de l'essai

L'essai a été réalisé à Mane (04) sur l'exploitation de Gérard Daumas dans un sol composé à 12% d'argile, 24% de limons et 35% de sable. Le taux de calcaire est de 27% et le pH est de 8.3. Le sol est peu caillouteux (moins de 15%), possède une bonne réserve utile (130 mm) et un taux de matière organique compris entre 1.97 et 2.2% selon les endroits.

L'essai a été implanté assez tardivement le 15 novembre dans de bonnes conditions derrière lentille (pour la partie irriguée de l'essai) ou tournesol (pour la partie au sec). Un labour a été effectué le 2 novembre et la préparation du lit de semences le 8 novembre. Toutes les variétés ont été implantées à 400 grains/m² (ce qui correspond à une densité moyenne de 180 kg/ha, en fonction du PMG des variétés). On note un taux moyen de levée de 72%, plus faible que l'an passé (95%) du fait

de la tardivité du semis (températures minimales négatives) et des pluies post-semis importantes une semaine après (200mm) ayant provoqué des problèmes de germination, voire d'ennoiement à certains endroits.

Un passage de herse étrille a été effectué le 14 mars. Une fertilisation au Kerazote® (10-0-0), engrais organique essentiellement à base de matière organique d'origine animale (poils, crins) a été effectuée le 9 mars (au stade fin tallage) à raison de 40 unités d'azote en irrigué, et 55 en sec.

Dans la modalité irriguée, trois irrigations ont cette année été réalisées pour un total apporté de 89 mm :

- 20 mm le 24 avril en montaison.
- 40 mm le 26 mai à épiaison-floraison.
- 29 mm le 8 juin en début de remplissage du grain.

On ne note aucune maladie significative sur les blés cette année, alors qu'en 2015-16, une importante pression de rouille jaune avait été observée.

Conditions climatiques de l'année : fortes pluies en novembre, gel en avril et stress thermique et hydrique en juin.

Au niveau climatique, la saison a été marquée par :

- **Des pluies très importantes une semaine après le semis** (plus de 200 mm en quelques jours) ayant eu un impact sur la levée des blés, en particulier dans les quelques zones où l'eau est restée stagnante. Cet évènement a pu pénaliser l'enracinement du blé.
- **Une fin d'hiver et un début de printemps relativement pluvieux**, permettant l'établissement de bons potentiels de rendements climatiques théoriques pour la montaison (173 mm en février, mars et avril contre une centaine les deux années précédentes).
- **Des températures en dessous de 4 degrés, voire carrément négatives** deuxième quinzaine d'Avril au moment de la méiose, ayant ainsi eu un impact notable sur la fertilité d'épis (problème de fetilité des grains, voire gel d'épis), en particulier pour les variétés les plus tardives possédant des talles encore mal montées fin avril.
- **Une sécheresse marquée à partir de mi-mai** ayant pu pénaliser fortement les variétés les plus tardives dès la fin de la méiose ou le tout début de l'épiaison et les plus précoces dès la floraison.
- **Des températures échaudantes dès le 10 juin,** pouvant impacter le remplissage des grains.

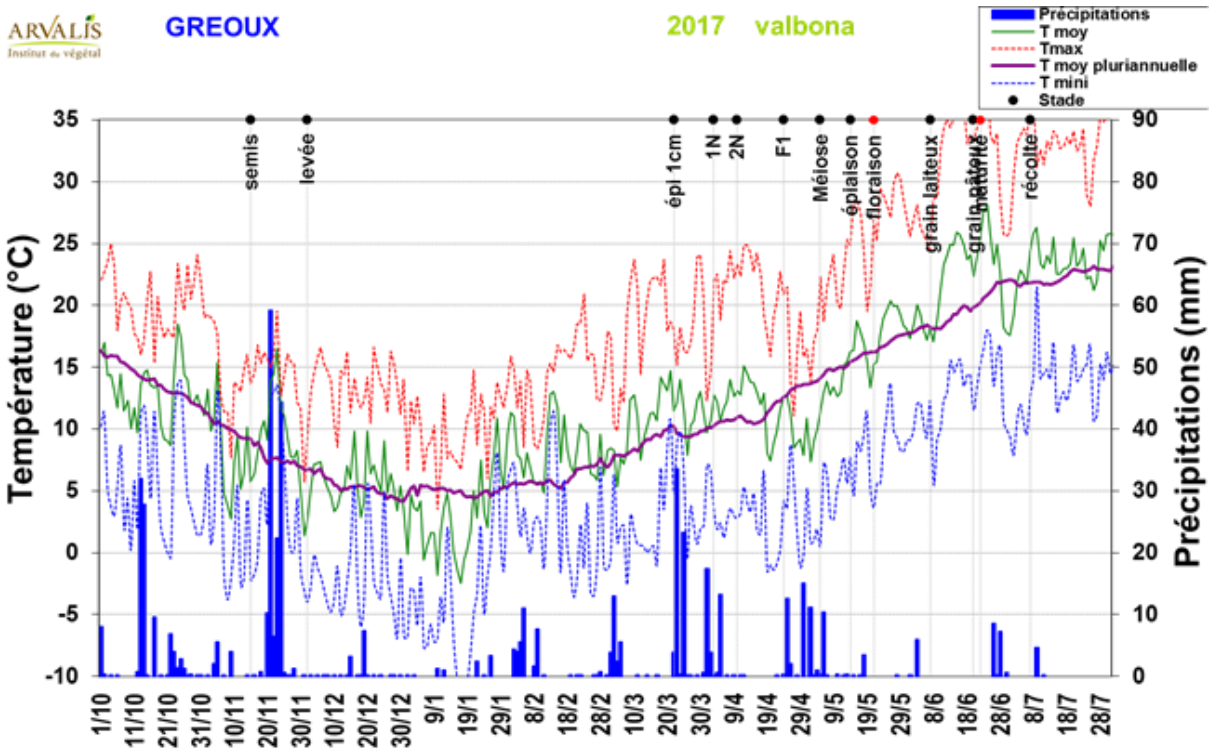


Figure 1 : Climat de l'année sur le cycle du blé

En l'absence d'irrigation, le déficit hydrique a été particulièrement marqué dès 23 mai (floraison sur Valbona, variété la plus précoce de l'essai) et cumul en fin de cycle du blé à 200mm (figure 2).

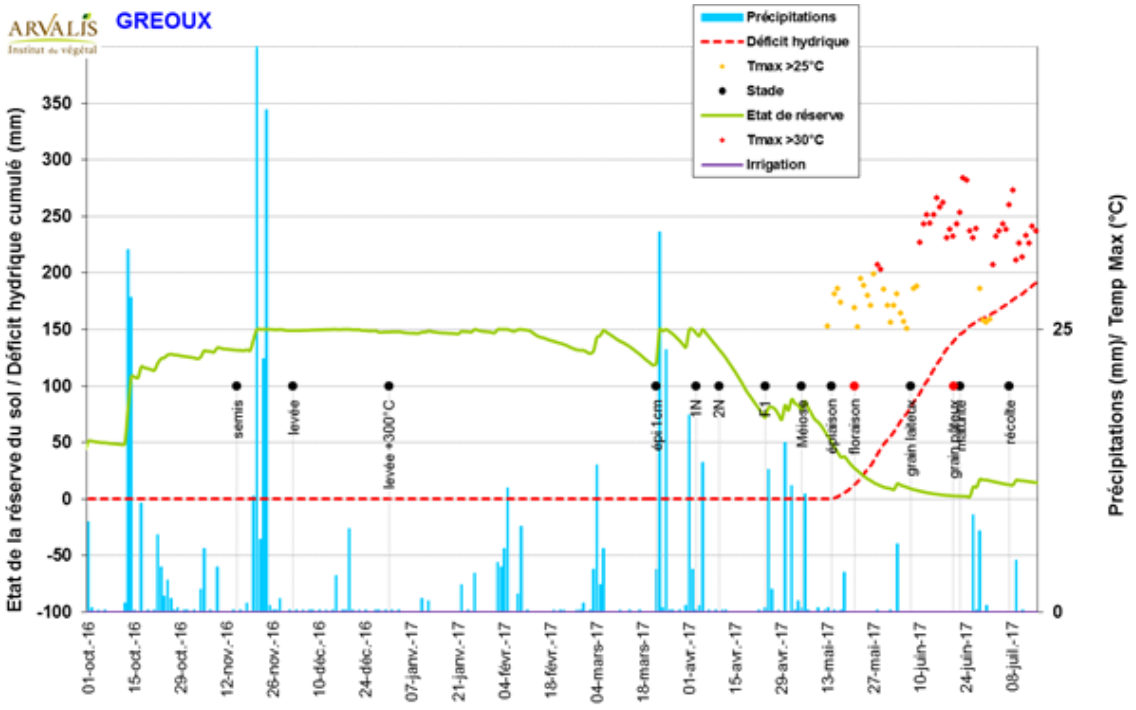


Figure 2 : Modélisation du climat sur la modalité sans irrigation (Agrobox - Arvalis). *La courbe rouge matérialise le déficit hydrique et la verte l'état de réserve du sol (légendes à gauche). Les points jaunes représentent les températures moyennement échaudantes (plus de 25 degrés) et fortement échaudantes (plus de 30 degrés) dont la légende se trouve à droite.*

En présence d'irrigation, le déficit hydrique a été décalé au 10 juin (grain laiteux sur Valbona) et le déficit hydrique cumulé est deux fois moins important qu'en sec (100 mm).

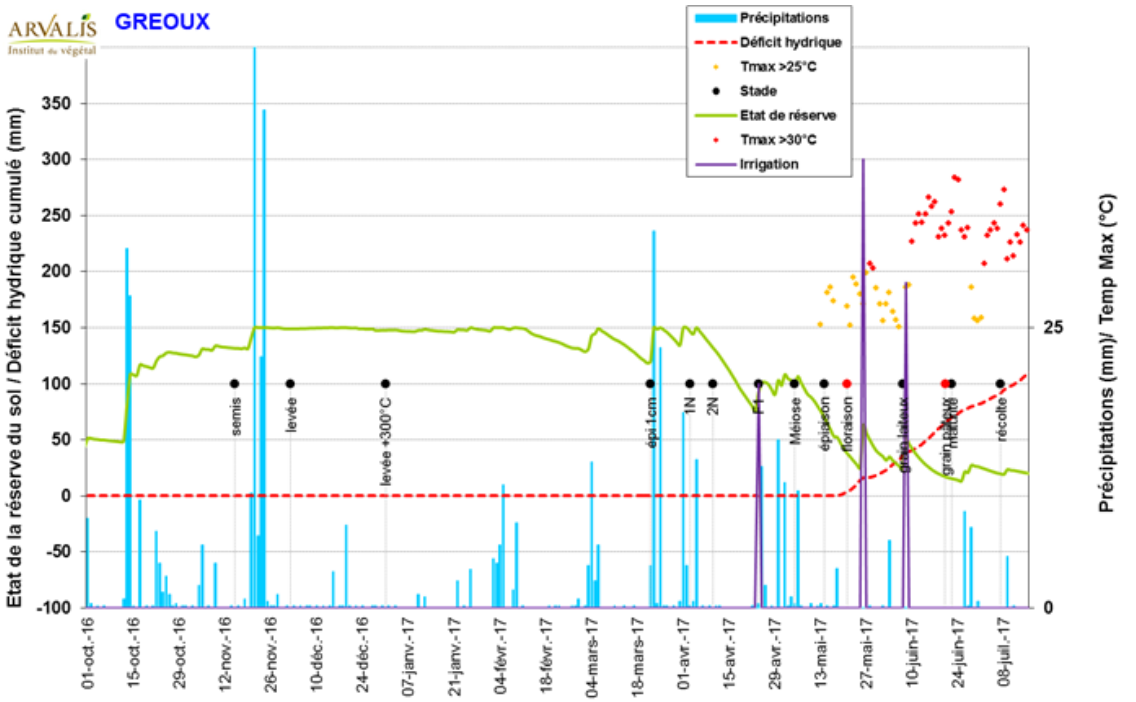


Figure 3 : Modélisation du climat dans la modalité avec irrigation (Agrobox-Arvalis)

Résultats généraux observés

Résultats généraux par variété en irrigué

La figure 4 représente les résultats bruts de l'essai. Dans l'irrigué, les rendements vont de 12,6 à 40,5 qtx/ha. La moyenne de l'essai en irrigué est de 26,5 qtx/ha et 12,2% de protéines.

Variété	Rendement en qtx/ha (à 15% validé)	Protéines (en %)	PMG en g à 15% validé	Groupes homogènes rendement						
AREZZO	40,5	10,9	45,3	A						
HANSWIN	34,2	11,4	45,2		B					
ALHAMBRA	34,0	9,9	42,4		B					
SOLEHIO	31,8	10,5	49,4		B	C				
SAISSETTE DE PCE	31,2	11,3	52,2		B	C	D			
ADESSO	30,2	12,7	42,0		B	C	D	E		
REBELDE	30,1	11,1	37,7		B	C	D	E		
IZALCO CS	30,0	12,7	40,9		B	C	D	E		
TOGANO	29,8	12,2	42,9		B	C	D	E		
BLE DE LANGOGNE	26,6	12,2	46,4			C	D	E	F	
ROJO DE SABENDO	25,6	12,1	47,5				D	E	F	
FORCALI	25,1	11,9	41,0					E	F	
VALBONA	25,1	12,4	48,2					E	F	
TOUSELLE DE NIMES	23,6	11,9	41,2						F	G
ROUGE DE ROC	23,5	13,4	45,3						F	G
KHORAZAN	23,2	12,6	65,3						F	G
PETANIELLE NOIRE DE NICE	22,0	12,8	44,8						F	G
ALAUDA	21,5	12,8	41,0						F	G
BLE DE PYRENNEES	21,4	12,7	46,2						F	G
REDON BLANC	20,9	13,8	44,5						F	G
BLADETTE DE PCE	20,7	13,7	47,5						F	G
ROUGE DE BORDEAUX	20,7	13,1	47,9						F	G
SIXT SUR AFF	18,6	13,5	44,1							G

Figure 4: Performances agronomique des variétés de l'essai en irrigué

Les variétés ayant des lettres complètement différentes dans la colonne « groupes homogènes rendement » ont une différence de rendement statistiquement significative. La précision des données nous permet de séparer les différences de rendement entre variétés à 2.25 qtx/ha près (ETR).

Résultats généraux par variété en sec

En sec, les rendements vont de 12.0 à 28.0 quintaux pour une moyenne de 19,6 qtx/ha et 12,1 % de protéines.

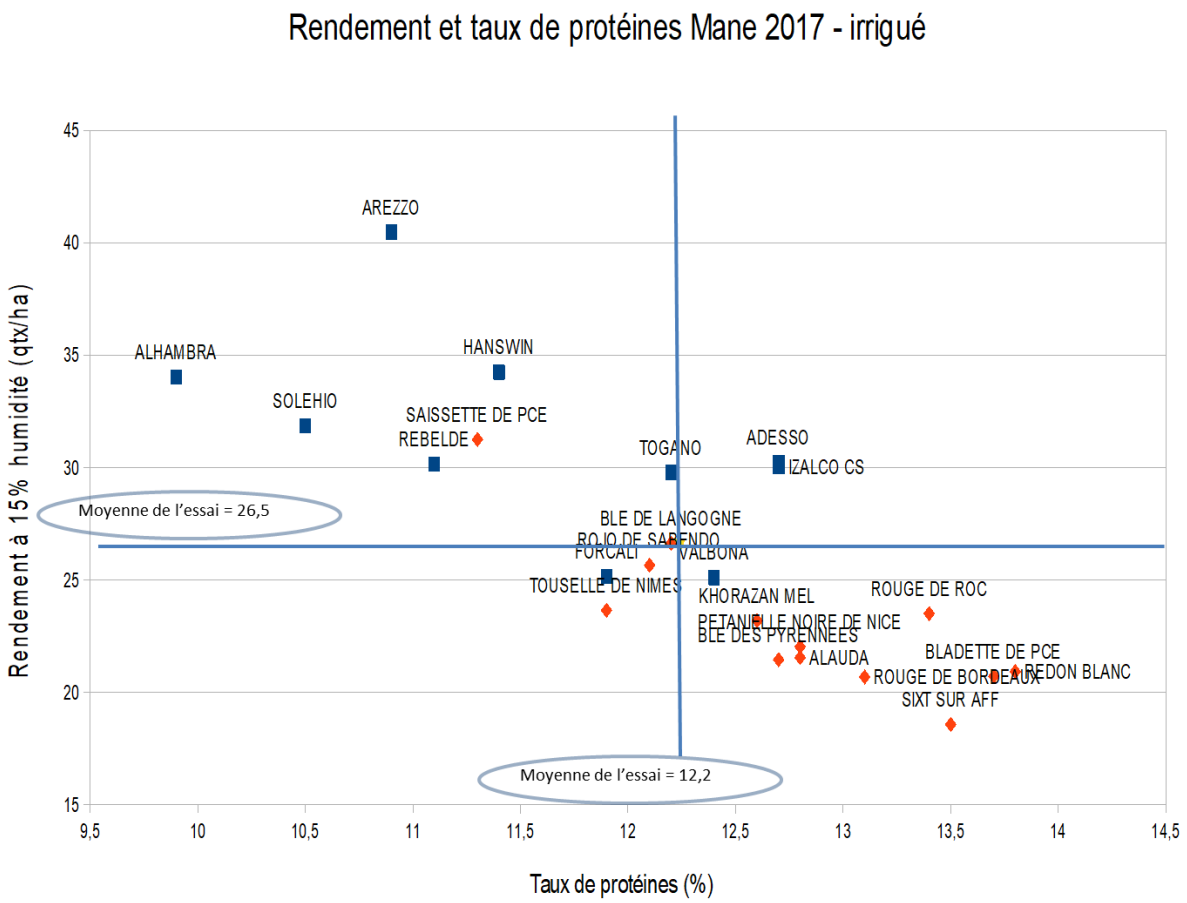
Variétés	Rendement en qtx/ha (à 15% validé)	Protéines (en %)	PMG en g (à 15% validé)	Groupes homogènes rendement						
AREZZO	28,0	10,1	39,5	A						
SOLEHIO	27,1	10,5	43,4	A						
ALHAMBRA	26,1	10,0	37,7	A	B					
HANSWIN	22,9	12,2	37,9	A	B	C				
REBELDE	22,5	11,8	36,6	A	B	C	D			
IZALCO CS	21,3	12,5	37,9		B	C	D	E		
VALBONA	21,2	12,6	44,7		B	C	D	E		
TOGANO	20,6	12,0	36,6		B	C	D	E	F	
ROJO DE SABENDO	20,5	12,2	40,2		B	C	D	E	F	
FORCALI	20,4	11,5	37,7		B	C	D	E	F	
TOUSELLE DE NIMES	20,4	11,7	38,0		B	C	D	E	F	
ADESSO	20,0	11,8	37,5			C	D	E	F	
BLE DE LANGOGNE	19,1	11,8	40,5			C	D	E	F	
SAISSETTE DE PCE	18,7	10,8	48,9			C	D	E	F	
ROUGE DE BORDEAUX	17,3	12,5	42,9			C	D	E	F	G
PETANIELLE NOIRE DE NICE	17,1	12,4	39,8				D	E	F	G
KHORAZAN	16,9	11,9	68,3				D	E	F	G
ROUGE DE ROC	16,9	12,8	42,5				D	E	F	G
BLADETTE DE PCE	16,2	13,7	39,3					E	F	G
BLE DE PYRENNEES	15,8	12,8	42,8					E	F	G
REDON BLANC	15,0	13,6	39,1						F	G
ALAUDA	15,0	12,7	35,0						F	G
SIXT SUR AFF	12,0	14,3	36,7							G

Figure 5 : Performances agronomique des variétés de l'essai en sec

Les variétés ayant des lettres complètement différentes dans la colonne « groupes homogènes rendement » ont une différence de rendement statistiquement significative. La précision des données nous permet de séparer les différences de rendement entre variétés à 2.14 qtx/ha près (ETR).

Relations rendements et protéines

Les figures 7 et 8 présentent le rendement des variétés en fonction de leur taux de protéines. La tendance qu'il en ressort, au sec comme à l'irrigué, est que **les variétés modernes font en général plus de rendement que les variétés paysannes mais moins de protéines**. Il est à noter tout de même que **les variétés modernes produisent plus de protéines à l'ha**, traduisant ainsi leur meilleure capacité à transférer les protéines vers le grain (car généralement moins hautes en pailles).



Des variétés modernes comme Arezzo, Alhambra et Soléhio ont été capables de faire plus de rendement, mais en perdant en taux de protéines. A l'inverse, les variétés paysannes Bladette de Provence, Redon Blanc et Sixt sur Aff ont été capables de faire de la protéine, mais en perdant beaucoup de rendement. On peut noter que les variétés offrant le meilleur compromis rendement/protéines sont **Valbona, Izalco CS, Togano, Rebelde et Adesso pour les modernes** et **Blé de Lagogne, Rojo de Sabendo et Saissette de Provence** dans les paysannes.

Figure 6 : Rendement en fonction des protéines (irrigué)

Les droites bleues représentent les moyennes de l'essai. Les variétés modernes sont représentées par des points bleus, les variétés paysannes par des points oranges.

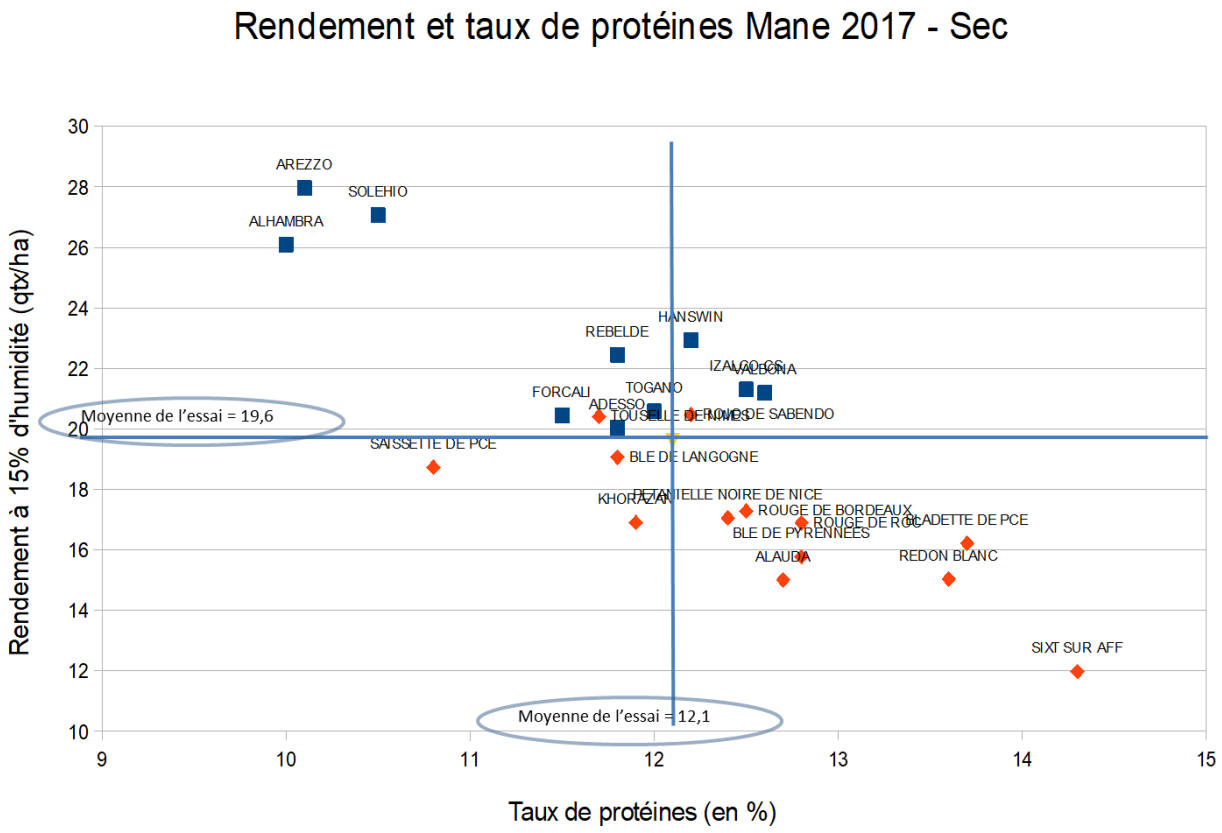


Figure 7 : Rendement en fonction des protéines (sec)

Les droites bleues représentent les moyennes de l'essai. Les variétés modernes sont représentées par des points bleus, les variétés paysannes par des points oranges.

Le nombre de grains/m², principale composante explicative du rendement

La variation du rendement du blé s'explique à plus de 80% par la variation de sa composante « nombre de grains par m² ». **Plus une variété fait un nombre de grains/m² important, plus son rendement est important.** Globalement, cette année il faut atteindre environ 7000 grains/m² pour faire 30 quintaux en irrigué et 8500 en sec. On constate donc que pour atteindre un même rendement, il faut plus de grains/m² en sec du fait de grains plus légers en l'absence d'irrigation.

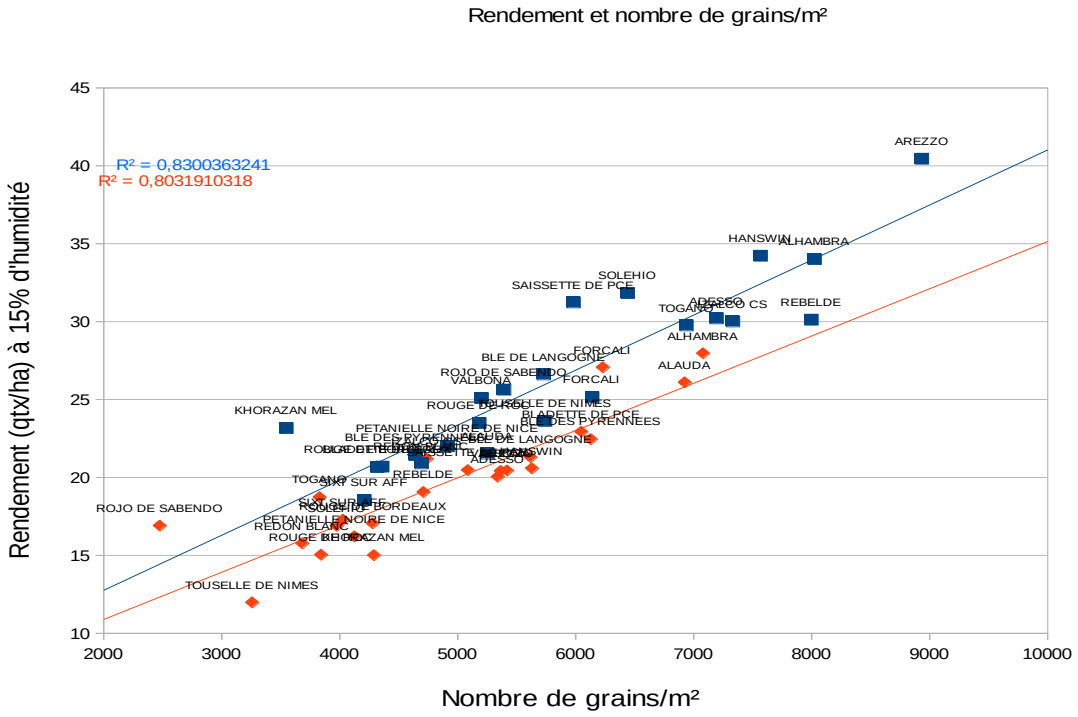


Figure 7 : rendement et nombre de grains/m²

En bleu, l'essai en irrigué. En orange, l'essai au sec.

Influence des conditions de culture et comportement variétal

Caractérisation des stress hydrique et azoté

L'analyse comparative du rendement et de ses composantes en différenciant les variétés selon qu'elles soient paysannes ou modernes permet de mieux appréhender leur comportement de l'année en conditions favorables (irrigué et précédent lentilles) et en conditions plus limitantes (au sec et précédent tournesol). Du fait des précédents différents entre sec et irrigué, il conviendra d'être prudent dans l'importance du stress hydrique pour l'interprétation des résultats.

La simulation du potentiel de rendement climatique sur la variété Valbona (rendement atteint potentiel en l'absence d'autres facteurs limitants que le climat) indique un potentiel de 50 quintaux en sec et de 65 quintaux en irrigué pour les conditions de sols de l'essai. Valbona n'a donc atteint que 42% de son rendement potentiel climatique en sec et 38% en irrigué. Ce résultat nous permet de tirer les enseignements suivants quant à l'explication des performances générales de l'essai :

- Des facteurs limitants, autres que le climat, ont impacté fortement les performances de l'essai. Parmi ces facteurs, le plus prépondérant est la nutrition azotée des blés : l'Indice de Nutrition Azotée, permettant de quantifier les **carences en azote des blés** par rapport à la biomasse qu'ils ont développé, est faible dans les deux cas : 0,34 en irrigué et 0,29 en sec. Cet indicateur est fortement lié au nombre de grains/m², et donc au rendement. Le différentiel de nutrition azotée entre les modalités sec et irrigué est sensiblement identique à celui des années précédentes d'essais, alors même que les précédents culturaux étaient les mêmes pour les deux modalités.
- **La présence de mauvaises herbes** dans l'essai a impacté encore plus fortement les rendements, et augmenté les stress azoté et hydrique.
- La faible nutrition azotée des blés a réduit à la baisse les écarts de rendement entre sec et irrigué (15 quintaux dans le modèle contre 7 en moyenne).

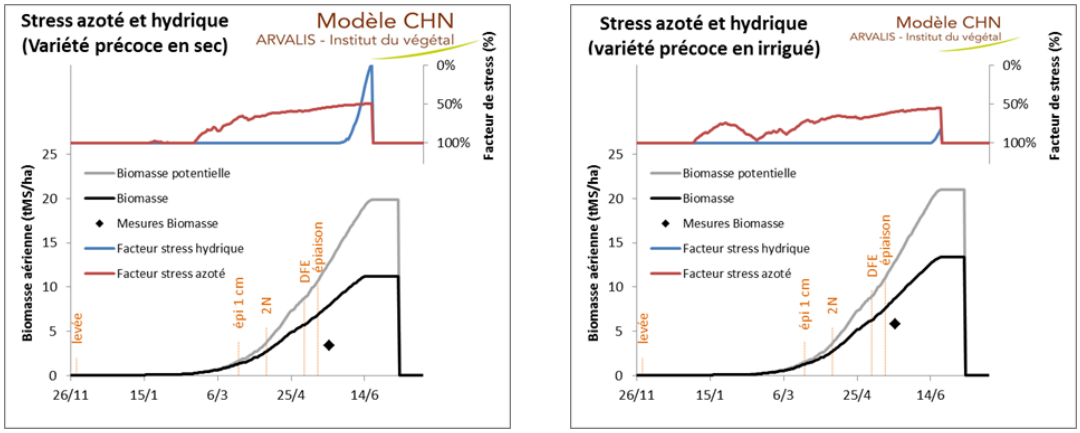


Figure 8 : Simulation des stress hydriques et azotés (CHN)

La simulation grâce aux modèles agro-climatique CHN effectuée sur Valbona montre un stress azoté (courbe rouge) et hydrique (courbe bleue) plus marqués et précoces en sec. Ces stress se traduisent notamment par une biomasse (courbe noire) inférieure à la biomasse potentielle (courbe grise) dès le stade épi 1 cm. L'écart entre la biomasse potentielle et réalisée est plus marqué en sec, comparativement à l'irrigué, confirmant la carence azotée et hydrique moins marquée sur cette dernière modalité. On note que la biomasse réellement mesurée sur le terrain (point noir) reste en dessous de la courbe du modèle, du fait de la présence de mauvaises herbes non comptabilisée dans le modèle, légèrement « optimiste ».

Influence des conditions de culture sur le rendement

Toutes variétés confondues, le gain de rendement du à la culture en conditions favorables est de 6.94 quintaux, ce qui est statistiquement significatif. Les résultats détaillés de l'étude **montrent que le gain de rendement est plus marqué pour les variétés modernes que les variétés paysannes.** Dans chacun des essais (sec et irrigué), les variétés modernes ont un rendement significativement supérieur aux paysannes. L'écart de rendement entre paysannes et modernes est moins important en sec qu'en irrigué.

Echantillon	Effectif	Rendement moyen (qtx/ha)	Groupes		
Moderne-Irrigué	40	31,090	A		
Paysanne-irrigué	40	23,045		B	
Moderne-sec	52	23,006		B	
Paysanne-sec	52	16,984			C

Figure 9 : Rendement des types de variétés paysannes ou irriguées en fonction des conditions de production

	Modernes			Paysannes			Test
Composantes	Conditions « favorables » de culture (irrigation et précédent lentilles)	Conditions « défavorables » de culture (sans irrigation et précédent tournesol)	Gain en conditions favorables	Conditions « favorables » de culture (irrigation et précédent lentilles)	Conditions « défavorables » de culture (sans irrigation et précédent tournesol)	Gain en conditions favorables	
Rendement	31,09 (a)	23,00 (b)	8.08	30,25 (b)	16,98 (c)	6.06	k-w
Nombre de grains/m²	7177 (a)	5916 (b)	1261	4920 (c)	4073 (d)	847	k-w
Nombre d'épis/m²	262,57 (a)	230,2 (ab)	32,4	258,9 (a)	211,2 (b)	47,7	k-w
Nombre de grains/épi	29,6 (a)	25,3 (b)	4.3	20.2 (b)	19.2 (b)	1	n-k
PMG	43.5 (b)	39 (d)	4.5	47.2 (a)	42,6 (c)	4,6	k-w
Protéines	11.57 (b)	11.50 (b)	0,07	12.76 (a)	12.55 (a)	0,21	k-w

Figure 10 : Evolution des composantes de rendement du fait du stress hydrique (test de Kruskall-Wallis au seuil de 5% ou de Newman-Keuls au seuil de 5% en fonction de l'organisation des données et des conditions d'applicabilité des tests)

En rouge figurent les différences statistiquement significatives dues au facteur irrigation et précédent lentilles. Par variable, les lettres entre parenthèse représentent les groupes d'homogénéité (modernes-irriguées ; modernes-secs ; paysannes-irriguées ; paysannes-secs). Deux groupes ayant des lettres communes n'ont pas de différence significative sur la variable observé. A l'inverse, deux groupes ayant des lettres différentes ont une différence significative sur la variable observée.

L'analyse des résultats montre des différences de comportement variétal en situation de stress hydrique entre les variétés paysannes et modernes.

- Les conditions « favorables » (précédent lentille et irrigation) ont permis **un gain de rendement significatif pour les variétés paysannes et modernes** par rapport aux conditions « défavorables » (précédent tournesol et absence d'irrigation). Ce gain est plus marqué pour les variétés modernes (8 quintaux contre 6 pour les paysannes).
- Etant donnée la très forte corrélation entre variation du rendement et du nombre de grains/m², cette dernière composante de rendement est significativement affectée par les changements de conditions de culture. Au 23 mai, stade de début de stress hydrique marqué, bon nombre de variétés (dont la quasi-totalité des paysannes) était encore au stade gonflement, à un moment donc où le nombre de grains/m² n'est pas déterminé.

- **Le nombre d'épis/m² est affecté de manière plus importante** par l'application des conditions défavorables de culture **dans le cas des variétés paysannes**. Plus tardives, ces dernières ont été impactées dans leur cycle par un stress hydrique plus précoce que les modernes. Au 23 mai, date à laquelle le stress hydrique se fait sensiblement sentir sur la modalité sans arrosage, de nombreuses variétés paysannes, contrairement aux modernes, n'étaient pas encore à épiaison.
- **La fertilité d'épis a été impactée** de manière significative du fait de conditions favorables de culture **uniquement dans le cas des variétés modernes**, ayant probablement plus de potentiel sur ce critère (sélection génétique). Les variétés tardives modernes ont bien amélioré cette composante (non achevée à l'entrée du stress hydrique). Toutes variétés confondues, la fertilité d'épis est plus basse que les années précédentes, du fait des faibles températures et des gels d'épis à la méiose. Ces évènements climatiques ont principalement affecté les variétés tardives pour lesquelles les dernières talles n'étaient pas bien montées en deuxième quinzaine d'avril.
- **Le PMG a été fortement impacté** pour les deux types de variétés en l'absence d'irrigation du fait des stress thermique et hydrique constatés au moins de juin.

De manière globale, le climat de l'année, semble, du point de vue des rendements avoir été plus défavorables aux variétés paysannes du fait de la plus grande tardivité de celles-ci (sensibilité au stress thermique et hydrique et au gel d'épis). En l'absence d'irrigation, les écarts de rendement entre variétés modernes et paysannes sont diminués.

Ecarts de rendement sec/irrigué par variété

Variétés	Rendement en qtx/ha (à 15% validé)	Rendement en qtx/ha (à 15% validé)	Différence de rendement sec-irrigué (en qtx/ha)	Gain de rendement avec l'irrigation (en %)
ADESSO	*20,0*	*30,2*	**10,2**	**34%**
ALAUDA	*15,0*	*21,5*	**6,5**	**30%**
ALHAMBRA	*26,1*	*34,0*	**7,9**	**23%**
AREZZO	*28,0*	*40,5*	**12,5**	**31%**
BLADETTE DE PCE	*16,2*	*20,7*	**4,5**	**22%**
BLE DE LANGOGNE	*19,1*	*26,6*	**7,6**	**28%**
BLE DE PYRENNEES	*15,8*	*21,4*	**5,7**	**26%**
FORCALI	*20,4*	*25,1*	**4,7**	**19%**
HANSWIN	*22,9*	*34,2*	**11,3**	**33%**
IZALCO CS	*21,3*	*30,0*	**8,7**	**29%**
KHORAZAN	*16,9*	*23,2*	**6,3**	**27%**
PETANIELLE NOIRE	*17,1*	*22,0*	**5,0**	**23%**
REBELDE	*22,5*	*30,1*	**7,7**	**25%**
REDON BLANC	*15,0*	*20,9*	**5,9**	**28%**
ROJO DE SABENDO	*20,5*	*25,6*	**5,2**	**20%**
ROUGE DE BORDEAUX	*17,3*	*20,7*	**3,4**	**16%**
ROUGE DE ROC	*16,9*	*23,5*	**6,6**	**28%**
SAISSETTE DE PCE	*18,7*	*31,2*	**12,5**	**40%**
SIXT SUR AFF	*12,0*	*18,6*	**6,6**	**35%**
SOLEHIO	*27,1*	*31,8*	**4,8**	**15%**
TOGANO	*20,6*	*29,8*	**9,2**	**31%**
TOUSELLE DE NIMES	*20,4*	*23,6*	**3,2**	**14%**
VALBONA	*21,2*	*25,1*	**3,9**	**16%**
		MOYENNE	**6,9**	**26%**

Figure 11 : Gain de rendement du fait de l'irrigation

Bilan général sur trois années d'essais (2015 à 2017)

Conditions de production

Les résultats accumulés sur trois années d'essais sont très représentatifs des conditions de production en bio : rendements modérés et carence azotée importante.

Par ailleurs, une forte variabilité climatique a été observée durant ces trois années, résumées dans la figure 12.

Si les semis tardifs en bio permettent de limiter les risques de salissement et d'attaques parasitaires, ils ont, dans le cas d'automne pluvieux, pour conséquence une altération de la qualité de levée (2014 et 2016). Pour cette raison, le nombre d'épis/m² reste une composante de rendement difficile à maîtriser en bio, en particulier sur terrains difficiles. Les variétés précoces, capables d'avoir une bonne fertilité d'épis, sont généralement favorisées dans les conditions de production biologiques de la région.

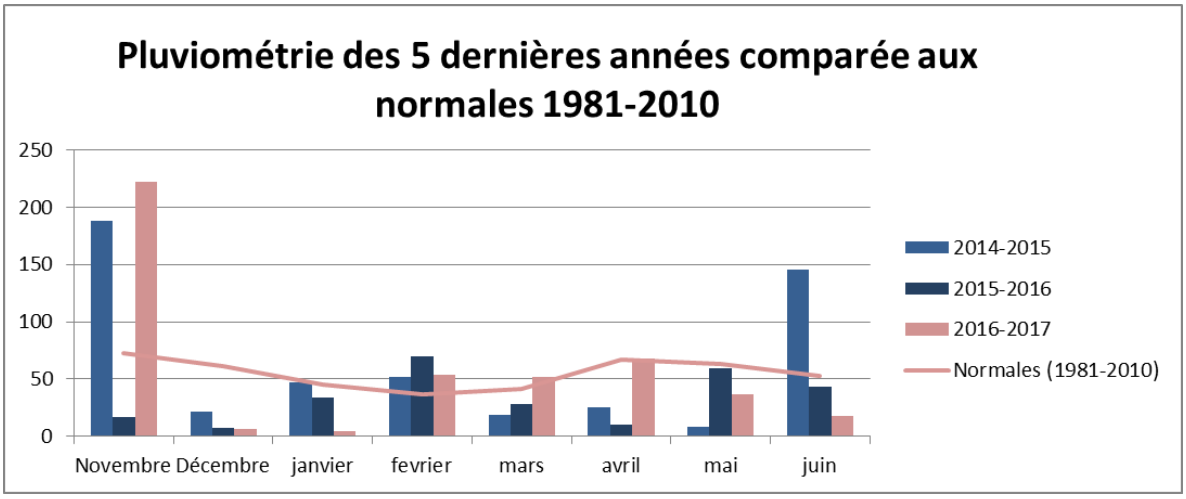
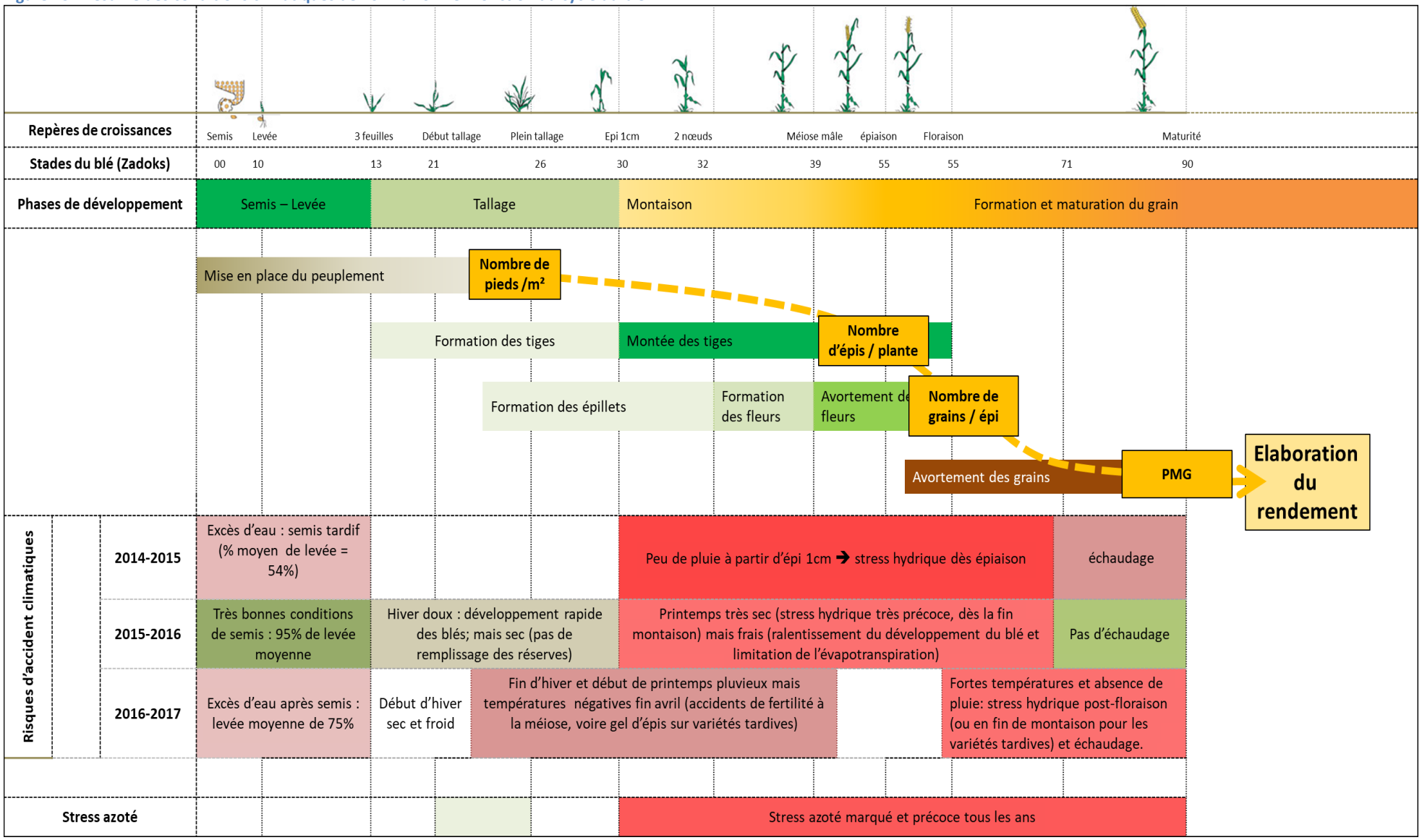


Figure 12: Pluviométrie mensuelle des années d'expérimentation en comparaison des normales de 1981 à 2010

De manière transversale aux trois années d'étude, on note que les blés ont toujours été stressés hydriquement en l'absence d'irrigation, soit pendant la période de remplissage du grain dans le meilleur des cas pour les variétés précoces, soit dès la fin de montaison pour les variétés les plus tardives ou lors des sécheresses les plus marquées (2016).

Figure 13 : Résumé des conditions climatiques de 2014 à 2017 en fonction du cycle du blé



Couples rendements/protéines

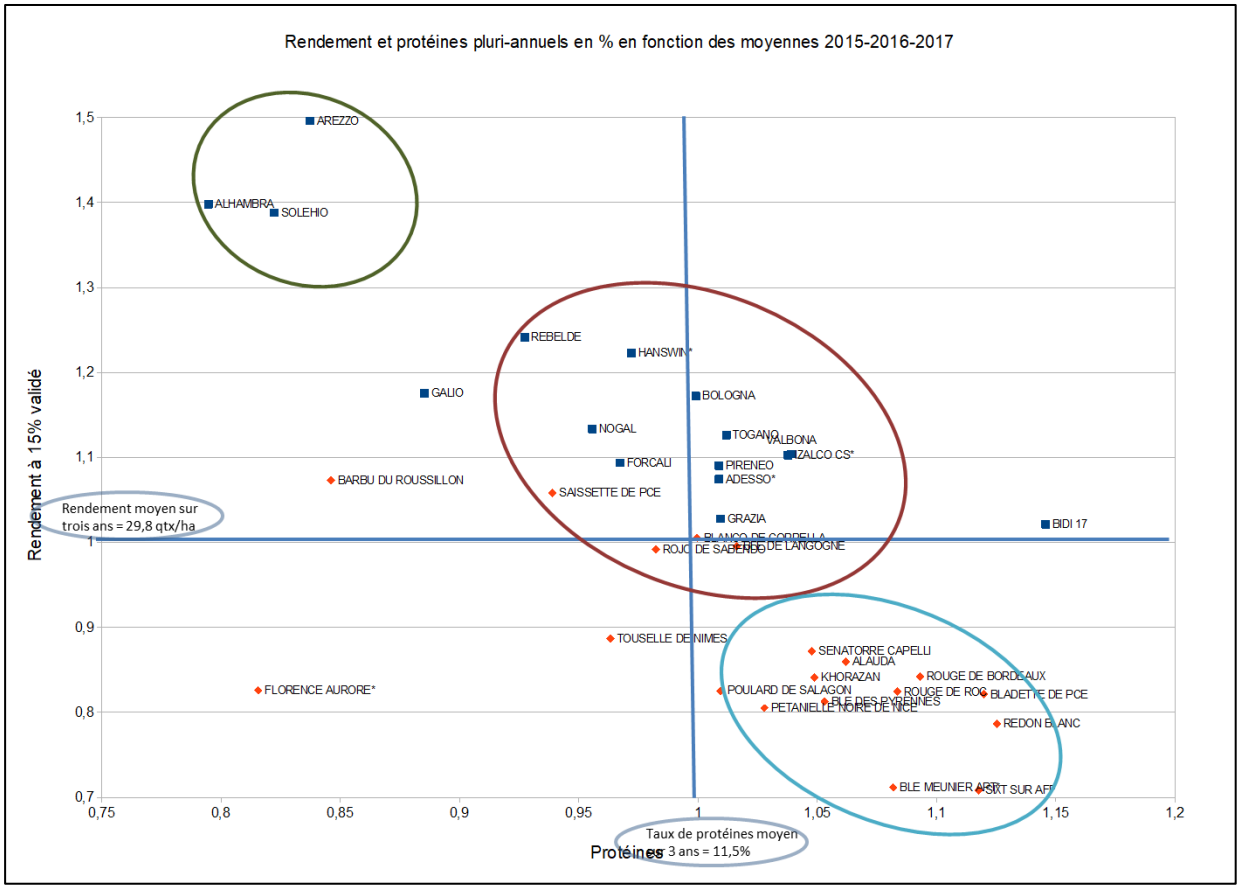


Figure 14: Couples rendement protéines sur trois années d'essais au sec et à l'irrigué.

Les résultats sont exprimés en % des moyennes annuelles pour les années 2015, 2016 et 2017. En orange figurent les variétés paysannes, en bleues les modernes. Les résultats portent sur deux à trois années d'essais avec et sans irrigation, sauf pour les variétés avec une étoile (une seule année d'essai). Les performances du Florence Aurore, blé réputé pour ses qualités en panification, s'explique par la présence de carie l'année où cette variété a été testée.

La figure 14 ci-dessus présente les couples rendement-protéines sur trois ans d'essais avec et sans irrigation. De manière générale, sur les trois ans d'essais, les variétés paysannes sont en moyenne plus portées sur le rendement que la protéine, à l'inverse des variétés modernes qui ont en grande partie des profils plus équilibrés. Dans le détail, on note :

- **Des variétés offrant un bon compromis rendement-protéines** dans les conditions de production de la région (cercle bordeaux). Essentiellement composé de variétés modernes (Rebelde, Hanswin, Togano, Valbona…), des variétés paysannes ont également des profils similaires (Saissette de Provence, Blanco de Corrella, Blé de Langogne, Rojo de Sabendo).
- **Des variétés productives au détriment de leur taux de protéines** (cercle vert) : ce sont exclusivement des variétés modernes (Arezzo, Alhambra, Soléhio) très probablement peu adaptées aux conditions de faibles nutritions azotées en bio pour faire un taux de protéines satisfaisant.
- **Des variétés peu productives mais offrant de bons taux de protéines :** ce sont exclusivement des variétés paysannes.

Evolution du couple rendement/protéines du fait de l'amélioration des conditions de culture

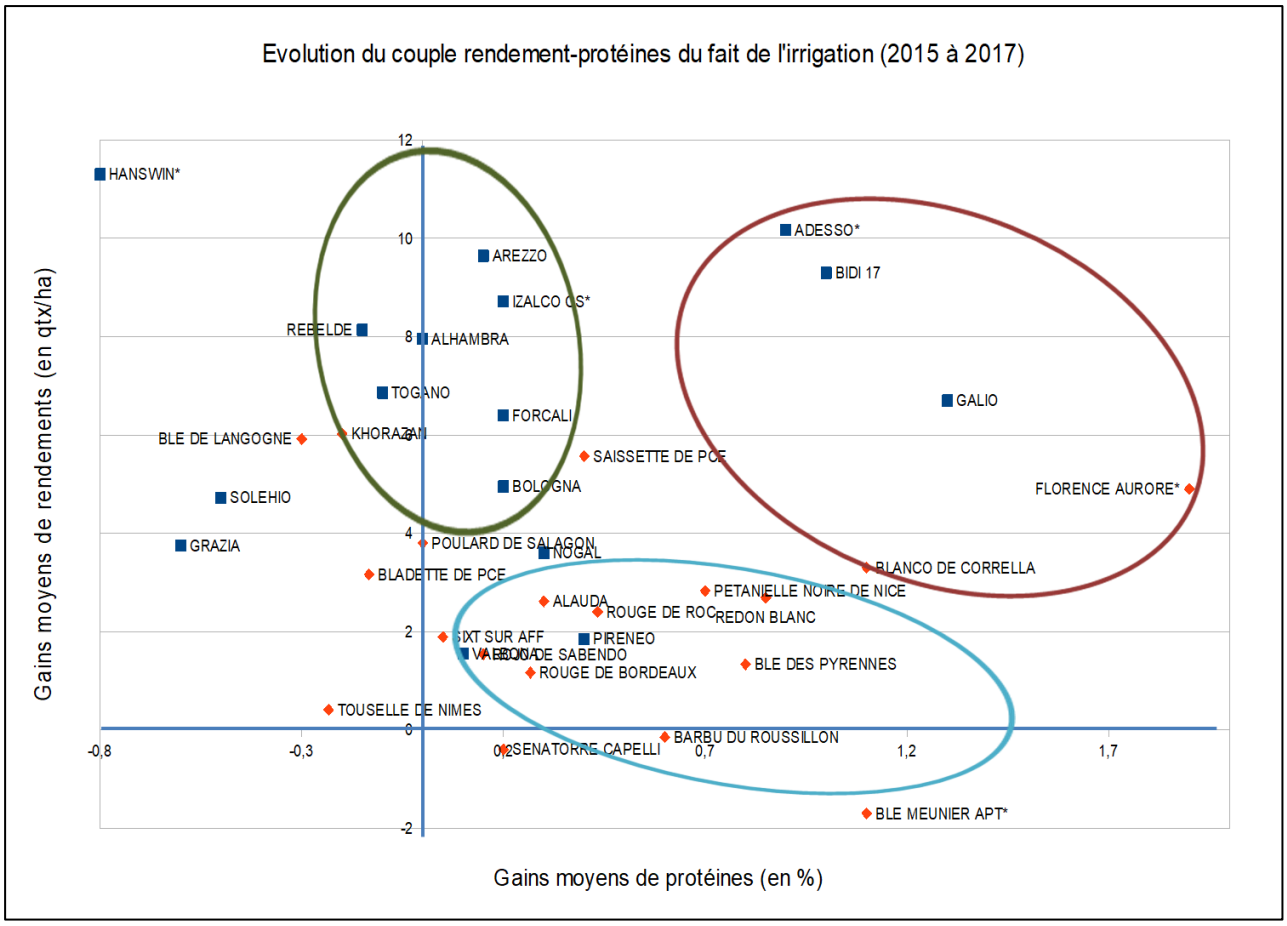


Figure 15 : Evolution du couple rendement-protéines du fait de l'amélioration des conditions de culture

Les résultats sont exprimés en % des moyennes annuelles pour les années 2015, 2016 et 2017. En orange figurent les variétés paysannes, en bleues les modernes. Les résultats portent sur deux à trois années d'essais avec et sans irrigation, sauf pour les variétés avec une étoile (une seule année d'essai). L'amélioration des conditions de culture comprend l'irrigation ajoutée d'un précédent légumineuse pour la récolte 2017.

La figure 15 ci-dessus présente l'évolution, en valeur absolue, des couples rendement-protéines sur trois années d'essais. De manière générale, on constate que l'irrigation a un effet plutôt positif sur le rendement et le taux moyen de protéines. Sur ce dernier point, d'autres essais peuvent montrer le contraire par un effet dilution de la protéine du fait de l'augmentation des rendements. Les situations azotés des trois années d'essais se caractérisant par un stress azoté important et précoce, l'irrigation a permis une meilleure assimilation de l'azote comparativement au sec.

En comparant le comportement des variétés modernes et paysannes, on constate, de manière très globale en conditions bios, une plus grande souplesse des variétés modernes concernant leur rendement, qui a tendance à plus augmenter du fait de l'irrigation que celui des variétés paysannes. A l'inverse, les variétés paysannes apparaissent plus aptes à augmenter leur taux de protéines du fait de l'irrigation. Dans le détail, on note :

- **Des variétés augmentant leur rendement et leur taux de protéines** du fait de l'irrigation (cercle bordeaux).

- **Des variétés augmentant leur rendement, mais voyant leur taux de protéines peu augmenter ou légèrement diminuer** (cercle vert). Ce sont généralement des variétés très productives au détriment de la protéine. Dans les conditions de carence azotée précoce du bio, ces variétés plafonnent en terme de protéines, malgré de meilleurs conditions de valorisation de l'azote du fait de l'irrigation.
- **Des variétés augmentant avant tout leur taux de protéines mais peu leur rendement** (cercle bleu). Ce sont généralement des variétés orientées qualité et moyennement productives.

Influence des conditions de culture sur les composantes de rendement en fonction du type de variétés

La répétition des essais sur trois années dans différentes conditions (sec et irrigué) permet de décrire de manière fine dans les conditions de production bio de la région PACA, le comportement des variétés modernes et paysannes.

Il en ressort que toutes années confondues, les variétés modernes ont un rendement significativement supérieur aux variétés paysannes, à condition de production équivalentes (Figure 16). Toutes années confondues, l'irrigation a un impact significatif sur le rendement plus marqué pour les variétés modernes (+6,2 qtx/ha) que les paysannes (+2,4 qtx/ha). Attention toutefois, l'irrigation n'ayant en général pas été suffisante pour ramener le stress hydrique proche de zéro, les différences de rendement entre sec et irrigué sont minimisées.

Echantillon	Effectif	Moyenne (qtx/ha)	Groupes			
Moderne-Irrigué	112	39,0	A			
Moderne-sec	112	32,8		B		
Paysanne-irrigué	156	27,2			C	
Paysanne-sec	160	24,8				D

Figure 16: Rendements moyens sur trois années d'essais des variétés paysannes et modernes (test de Kruskall-Wallis au seuil de 5%)

Les variétés ayant des lettres complètement différentes dans la colonne « groupes» ont une différence de rendement statistiquement significative. Ne sont prises en compte dans les essais que les variétés présentes chaque année à la fois en conditions sans arrosage et avec arrosage.

Les variétés paysannes apparaissent donc moins sensibles à l'irrigation, en particulier les années à bons rendements en sec, comme en 2016 (Figure 17).

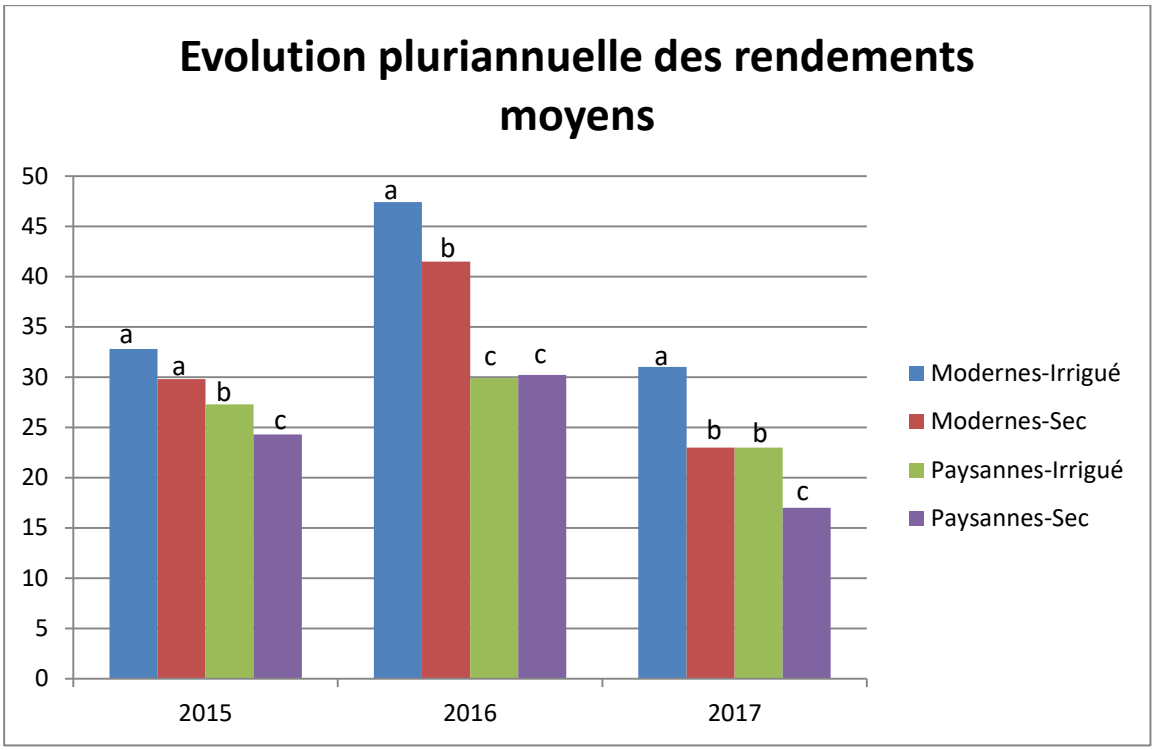


Figure 17 : Comparaisons des rendements par année (test de Kruskall-Wallis au seuil de 5%)

	Modernes			Paysannes			Test
Composantes	Conditions « favorables » de culture (irrigation et précédent lentilles)	Conditions « défavorables » de culture (sans irrigation et précédent tournesol)	Gain en conditions favorables	Conditions « favorables » de culture (irrigation et précédent lentilles)	Conditions « défavorables » de culture (sans irrigation et précédent tournesol)	Gain en conditions favorables	
Rendement	39,0 (a)	32,8 (b)	6,2	27,2 (b)	24,8 (c)	2,4	k-w
Nombre de grains/m²	8711 (a)	7911 (b)	800	5876 (c)	5716 (c)	160	k-w
Nombre d'épis/m²	297 (a)	292 (a)	5	285 (a)	255 (b)	30	k-w
Nombre de grains/épi	32,1 (a)	29,7 (a)	2,4	22,3 (b)	24,3 (c)	-2,1	k-w
PMG	45,4 (b)	41,4 (d)	3,8	47.1 (a)	44,6 (c)	2,5	k-w
Protéines	10,9 (c)	10,9 (c)	0	12 (a)	11,6 (b)	0,4	k-w

Figure 18 : Moyennes pluri-annuelles des composantes de rendement selon le type de variétés et le régime d'irrigation (test de Kruskall-Wallis au seil de 5%)

En rouge figurent les différences statistiquement significatives dues au facteur irrigation et précédent lentilles. Par variable, les lettres entre parenthèse représentent les groupes d'homogénéité (modernes-irriguées ; modernes-secs ; paysannes-irriguées ; paysannes-secs). Deux groupes ayant des lettres communes n'ont pas de différence significative sur la variable observé. A l'inverse, deux groupes ayant des lettres différentes ont une différence significative sur la variable observée.

L'analyse détaillée des composantes de rendement sur trois années d'essais montre que :

- **Les variétés modernes ont un nombre de grains/m² significativement plus élevé que les variétés paysannes** et sont capables d'avantage de profiter des bonnes conditions de cultures pour l'augmenter de manière notable. En revanche, le n**ombre de grains/m² des**

variétés paysannes est relativement stable quelles que soit le régime hydrique et semble plafonner autour de 6000 les bonnes années. Pour les variétés paysannes, l'irrigation ne permet pas d'augmenter de manière significative cette composante de rendement, d'autant plus sensible au stress hydrique que les variétés sont tardives (ce qui est le cas des paysannes). La souplesse constatée des variétés modernes sur cette composante de rendement provient du fait que, contrairement aux variétés paysannes, les bonnes conditions de l'essai ne sont pas leurs conditions optimales en raison du fort stress azoté.

- **L'irrigation**, positionnée en général fin mars au plus tôt, **n'impacte pas le nombre d'épis/m², sauf dans le cas des variétés paysannes plus tardives** et donc plus sensibles aux régressions de talle les années de sécheresse précoce.
- **La fertilité d'épis est significativement supérieure pour les variétés modernes**, sélectionnées sur ce critère. Elle augmente d'environ 2 points avec l'irrigation. En revanche, **la fertilité d'épis pour les variétés paysannes est en moyenne plus élevée en sec qu'en irrigué**. Dans le détail, cette composante de rendement n'évolue pas de manière significative en 2015 et 2017 en fonction du régime hydrique, mais est supérieur en sec par rapport à l'irrigué en 2016, « compensant » ainsi les fortes régressions de talle dues à la sécheresse précoce de l'année.
- Si elles produisent moins de grains/épi**, les variétés paysannes produisent un grain significativement plus gros que les modernes.** L'irrigation impacte significativement cette composante de rendement sur les deux types de variétés, étant donné les sécheresses, voire l'échaudage, de fin de cycle.
- **Les variétés paysannes ont des taux de protéines moyens significativement supérieurs aux modernes et semblent plus souples sur ce critère**. L'irrigation leur permet en effet d'augmenter significativement (+0,4 points) cet indicateur. Les variétés modernes semblent, dans leur ensemble, moins adaptées au stress azoté précoce du bio pour garantir un niveau de qualité semblable aux paysannes.

Et la suite

Pour affiner le choix variétal des producteurs, des analyses de panification sont menées par Arvalis. Elles seront complétées en locale par des tests de panification de meuniers, boulangers ou paysannes boulangers volontaires.

Par ailleurs, sont également prévues dans le programme des analyses de qualité nutritionnelle pour sept variétés paysannes et modernes récoltées en 2017. Ce critère est en effet central dans le développement de produits sains et dans la perspective de construction de filières.

Re**nseignements :**

Mathieu Marguerie, Agribio 04 : mathieu.marguerie@bio-provence.org

Stéphane Jézéquel, Arvalis-Institut du Végétal : s.jezequel@arvalisinstitutduvegetal.fr