

Visite des essais de blés 2018 - Photos Mathieu Marguerie



Caractérisation de l'adaptation agronomique des blés paysans et modernes sur le territoire Luberon-Lure

Mathieu MARGUERIE¹, Stéphane JÉZÉQUEL², Nathalie CHARLES³, Nicolas LATRAYE⁴ & Léa QUÉRIOT⁵

RÉSUMÉ

Les variétés paysannes de céréales ont failli disparaître du territoire du Parc naturel régional du Luberon (PNRL). Elles contribuent au développement d'une agriculture durable et à la biodiversité végétale. Depuis 2014, avec l'appui de la Fondation de France, le Conseil départemental 04 et la Région PACA, Agribio 04 (Groupement des agriculteurs biologiques des Alpes-de-Haute-Provence) et le PNRL en partenariat avec l'institut du végétal Arvalis, ont collecté et multiplié des variétés de blé qui tendent à disparaître alors qu'elles apparaissent comme essentielles à la conservation du patrimoine local. Il fallait donc étudier ces variétés afin de savoir si elles étaient en adéquation avec la nature des sols et climats du Luberon et valider leur aptitude à la panification. Des essais conduits pendant 4 ans sur la commune de Mane chez Gérard Daumas puis chez Hugues Massuco ont eu pour objectif d'identifier le comportement des variétés de blé tendre et leur résistance au stress hydrique. Chaque année, Agribio 04 et Arvalis ont testé en micro-parcelles plusieurs dizaines de variétés de blé en bio, pour moitié paysannes et moitié modernes, au sec ou bien à l'irrigation, en vue d'apprécier leur capacité à faire le plus grand nombre de grains au m² tout en offrant en même temps une meilleure qualité boulangère.

Les premiers constats sur le plan agronomique pendant 4 ans ont permis ainsi de mieux caractériser les variétés de blé tendre. La sélection des blés s'est opérée également en fonction des terroirs sur des variétés plus adaptées au changement climatique. Cette expérimentation a eu pour finalité d'identifier les meilleures variétés paysannes afin de les proposer à la meunerie artisanale.

Mots-clés: Sélection participative, variétés paysannes, agriculture biologique, pratiques agro-écologiques, changement climatique.

TITLE

Characterization of the agronomic adaptation of peasant and modern wheat on the Luberon-Lure territory

ABSTRACT

Peasant varieties of cereals almost disappeared from the area of Parc naturel régional du Luberon (PNRL). They contribute to the development of a sustainable agriculture and vegetal biodiversity. Since 2014, with the financial support of the Fondation de France, the Département of Alpes de Haute Provence and the Région PACA, Agribio 04, the PNRL and Arvalis have collected and multiplied peasant wheat varieties which tend to disappear while they seem to be important to local patrimony conservation. It was necessary to study these peasant varieties in order to know if they were in adequation with the type of soils and climates of the Luberon and in order to validate their aptitude to make bread. Trials managed during five years in Mane on the farms of Gerard Daumas and Hugues Masucco aimed to characterize the agronomic behaviour of modern and peasant varieties of bread wheat and their resistance to hydric stress. Every year, Agribio 04 and Arvalis tried in micro-plots between 20 and 30 varieties, half of which are peasant and modern dry or irrigated.

The peasant varieties are less productive but have a higher level of proteins. Irrigation is not very influent on their yield but they seem to be less adapted than modern varieties to thermic and hydric stress.

Keywords: Participatory selection, old varieties, organic farming, agroecology, climate change.

1 Ingénieur conseil au Groupement des agriculteurs biologiques des Alpes-de-Haute-Provence (Agribio 04)
2 Ingénieur conseil à l'Institut du végétal ARVALIS
3 Chargée de mission agriculture au Parc naturel régional du Luberon - nathalie.charles@parcduluberon.fr
4 Stagiaire au Groupement des agriculteurs biologiques des Alpes-de-Haute-Provence
5 Stagiaire au Groupement des agriculteurs biologiques des Alpes-de-Haute-Provence

INTRODUCTION

Historique

En 1985, des techniciens du Parc du Luberon retrouvent des semences de la variété « Blé meunier d'Apt » chez un agriculteur retraité de Buoux (84). Il s'agit d'une Touzelle blanche sans barbe (ou Saissette) attestée en 1887 qui avait quasiment disparu. Des récits de 1808 relatent que la farine « blé meunier d'Apt » était au XIX^e siècle très appréciée localement par les boulangers et les ménagères pour la fabrication des gâteaux. Une étude ethno-historique commandée par le groupement des agriculteurs biologiques de Haute Provence (Agrificio 04) est conduite en 2007 par Élise Bain sous la direction de Danièle Musset du Musée départemental de Salagon. Elle met en évidence les intérêts agronomiques et nutritionnels multiples de certaines de ces anciennes variétés de blé dont le « Meunier d'Apt » autrefois cultivé en Haute Provence et plus particulièrement sur le territoire du Parc naturel régional du Luberon. Une poignée d'agriculteurs bio en convention d'expérimentation se réapproprient alors la variété. Un partenariat encadré par l'Institut du végétal Arvalis et Agrificio 04 se construit dès 2008 avec des producteurs motivés par la biodiversité et la conservation du patrimoine végétal local. Le Moulin Saint Joseph à Grans (Bouches-du-Rhône) et des boulangers du territoire sont alors associés à la création d'une micro filière territoriale : « blé-farine-pain au Blé meunier d'Apt » soutenue par le Parc naturel régional du Luberon.

Éléments de contexte

Avec l'installation récente de paysans boulangers sur le territoire Luberon-Lure, certains producteurs de céréales manifestent l'intérêt d'expérimenter de nouvelles variétés paysannes de blé, adaptées localement à la production biologique et à des itinéraires techniques innovants et respectueux de l'environnement.

Depuis les années 1950, avec l'apparition des premières variétés de blé sélectionnées, la recherche a été axée sur des critères de productivité sans tenir compte de l'engagement naturaliste de certains agriculteurs face à la diversité de leurs sols et de leurs pratiques culturales. Aujourd'hui, force est de constater que l'agriculteur dans son cœur de métier est bien souvent le plus à même d'évaluer les potentialités de son système agricole et d'agir en conséquence pour en assurer sa pérennité environnementale.

Cette ferveur pour le maintien de la biodiversité domestique a été vérifiée au travers du recueil de témoignages réalisés pour l'édition des livres « Moissons de savoirs » (Amir & Charles, 2015) et « Vers l'agroécologie, Paroles de paysans » (PNR-PACA, 2017). Encore fallait-il au préalable valider agronomiquement par des essais participatifs de variétés modernes et paysannes de blé bio, l'intérêt ou non de réintroduire ces variétés paysannes dans l'assolement.

Le partenariat, Parc naturel régional du Luberon, Agrificio 04, Institut du végétal Arvalis, agriculteurs avec les apports des acteurs de la recherche et du développement (Inrae*, RSP*, Inserm*), des instituts techniques (Itab*) des partenaires filière (Moulin Pichard, Moulin Saint Joseph, organismes stockeurs, syndicats boulangers...) des partenaires de l'éducation (écoles de la boulangerie, lycées agricoles...), a donc permis entre 2014 et 2018 d'évaluer le comportement agronomique et les aptitudes à la panification d'une trentaine de variétés de blé bio.

Contexte scientifique

Des besoins en sélection adaptés au climat local

L'agriculture biologique a longtemps été considérée comme le parent pauvre de l'amélioration génétique (Rolland *et al.*, 2012). En effet, les instituts de recherche ont majoritairement orienté la sélection pour le système agricole conventionnel, en sélectionnant principalement des variétés à haut rendement pour des conditions favorables de culture (forte fertilisation azotée et usage d'herbicides), (Brac de la Pierrière *et al.*, 2011; Rolland *et al.*, 2012). Néanmoins, si ces variétés sont productives dans des conditions favorables de culture (nutrition azotée optimale et forte régulation des herbes adventices), elles peuvent se révéler inadaptées aux environnements stressants (Demeulenaere & Goldringer, 2017), comme c'est usuellement le cas dans des conduites en agriculture biologique.

Dans les systèmes biologiques, les critères de recherche variétale s'axent principalement selon trois points :

Capacité à résister au stress azoté

- L'azote organique étant très cher et difficilement apporté aux moments optimaux des besoins de la culture, c'est souvent le facteur le plus limitant du rendement et de la qualité en agriculture biologique. Un choix de variété ayant la capacité de mobiliser au mieux l'azote, d'assurer

un rendement optimal et un taux de protéines suffisamment élevé afin de pouvoir commercialiser sans problème ses récoltes est nécessaire

Pouvoir couvrant

- Il est recherché dans des variétés hautes en paille une capacité à concurrencer et étouffer les adventices afin de limiter les pertes de rendement

Résistance aux maladies

- Plusieurs maladies sont problématiques sur blé tendre d'hiver, notamment la rouille jaune en Provence.

En région PACA, les défis techniques des grandes cultures biologiques sont accentués par la présence d'un climat méditerranéen. Celui-ci est caractérisé par des températures échaudantes* pour le blé durant l'été en fin de cycle et des hivers doux avec des températures plus froides à mesure que l'on monte dans les zones septentrionales. La pluviométrie moyenne est comprise entre 600 et 700 mm/an, avec une répartition annuelle inégale. Ainsi les hivers et les étés sont particulièrement secs à l'inverse des printemps et automnes qui peuvent être très arrosés (Marguerie, 2015).

Depuis plusieurs années, le changement climatique se fait ressentir sur la région. Une étude portée par Météo-France promet une intensification des sécheresses printanières et estivales et une répartition des précipitations de plus en plus aléatoire. Ces changements risquent d'induire une augmentation du stress hydrique (et éventuellement thermique) des cultures (Soubeyroux *et al.*, 2011).

Différentes « stratégies variétales »

Devant le constat du manque de variétés disponibles sur le marché satisfaisant les attentes des agriculteurs bios (Fontaine, 2003), des démarches de sélection végétale pour la diversité des systèmes et des marchés économiques en AB sont nécessaires. Celles-ci font parties des huit priorités de recherche identifiées en 2018 par le Conseil scientifique de l'agriculture biologique (CSAB) (Meynard *et al.*, 2018). Trois démarches complémentaires sont possibles pour choisir des variétés appropriées à l'AB (Fontaine, 2003). Une première possibilité consiste à déterminer parmi les variétés existantes, sélectionnées dans le cadre de l'agriculture conventionnelle, celles qui conviennent le mieux aux exigences de l'AB (Fontaine, 2003). Ainsi, depuis les années 2000, des programmes de sélection et

de criblage variétal menés en France ont intégré le pouvoir couvrant, la hauteur de paille et la moindre sensibilité aux stress azotés dans les critères de sélection des blés bio (David *et al.*, 2013). La seconde démarche correspond à la sélection de lignées répondant aux exigences de l'AB. Ainsi, l'Inra a inscrit au catalogue en 2011 les deux premières variétés de blé tendre sélectionnées spécifiquement pour l'agriculture biologique. Il s'agit des variétés « Hendrix » et « Skerzzo » (Rolland *et al.*, 2012). Enfin, la troisième démarche consiste à valoriser les variétés paysannes, connues aussi sous le nom de variétés anciennes, lesquelles ont pour caractéristique d'avoir été obtenues principalement avant la modernisation agricole et le recours généralisé aux produits phytosanitaires et engrais de synthèse (Demeulenaere & Goldringer, 2017). Comme ces variétés n'ont pas d'existence juridique dans la plupart des réglementations nationales du commerce ou de la protection intellectuelle, cette étude s'en tient à la définition donnée par le réseau Semences paysannes (RSP) en 2009 : « *Nous entendons par "variétés paysannes", les variétés que nous, paysans, sélectionnons et que nous ressemons et continuons à faire évoluer dans nos champs pour les adapter à de nouvelles nécessités agronomiques, alimentaires, culturelles, ou dues aux changements climatiques. Nous considérons que ces activités sont un droit imprescriptible de chaque paysan, chaque jardinier et qu'il nous appartient de plein droit de gérer collectivement le "patrimoine génétique" issu de milliers d'années de travail de nos ancêtres paysans.* » (réseau Semences paysannes, 2009 cité par Demeulenaere & Bonneuil, 2010).

Comportement comparatif des variétés anciennes et modernes

Les variétés paysannes – ou anciennes –, ont été créées avant les goulets d'étranglements liés à l'apparition de la sélection « formelle » (sélection par fixation dans les populations, puis sélection généalogique) et à l'intensification de la sélection et de l'agriculture durant la révolution verte (qui a entraîné l'introduction de nouvelles variétés) (Roussel *et al.*, 2005). Cette diversité génétique présente un intérêt en agriculture biologique puisqu'elle permet l'adaptation dynamique d'une variété aux conditions locales et aux changements climatiques. La culture de ces variétés, comme le souligne son synonyme « variétés de pays », revêt donc une dimension à la fois sociale (protection de l'héritage local) et économique (adaptation des variétés au système de production, autonomie face à l'industrie phytosanitaire et semencière) (Bocci & Chable,

2008). En effet, des études ont montré que ces variétés présentent des performances agronomiques comparables aux variétés modernes en condition de faible intrant et en agriculture biologique (Di Silvestro *et al.*, 2012).

Les travaux menés et relatés dans cette étude tendent à nuancer ces résultats en démontrant une plus faible productivité des variétés paysannes de blé, comparativement aux modernes dans des conditions biologiques provençales de production.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le dispositif d'essais

Des essais en micro-parcelles avec quatre répétitions ont été menés sur la commune de Mane entre 2014 et 2018. Les répétitions en quatre blocs distincts permettent de pallier les différences pédologiques inter-parcellaires. Ce dispositif permet d'étudier les variétés toutes conditions étant égales par ailleurs. Chaque variété est semée à la même densité (350 à 400 grains/m²). La conduite technique étant alors ensuite la même sur chaque variété : opérations de préparation du sol, dates de semis, désherbage mécanique, fertilisation et dates de récolte.

Chaque micro-parcelle mesure 2 mètres de large et 10 mètres de long. L'essai est semé grâce au matériel expérimental d'Arvalis et récolté avec une moissonneuse-batteuse également adaptée. Sur les trois premières années d'essais (semis 2014 à 2016), l'essai a été dédoublé, avec dans le même champ, le dispositif avec et sans irrigation. Cela a permis, en fonction des sécheresses au printemps, de mettre en évidence l'impact du stress hydrique sur le comportement des variétés. Ce dernier a été quantifié grâce à un suivi par des sondes tensiométriques et l'utilisation des modèles agro-climatiques d'Arvalis (Garric®, CHN®).

Les mesures réalisées

Facteurs biotiques

Dégâts de bioagresseurs

Pour ce qui est des bioagresseurs*, lors des différentes visites parcelles, un rapide suivi a été mis en place afin de repérer si un phytopathogène ou ravageur est présent. Le relevé de phytopathogène est principalement ce qui a été observé. Il consiste en une recherche de la présence de maladie fongique sur les parties aériennes. À partir du moment où un bioagresseur est identifié, un suivi régulier avec

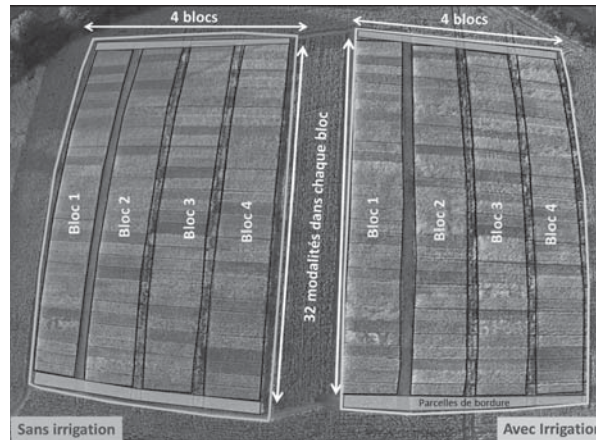


Fig. 1 : essais en micro-parcelles : modalités de répartition des variétés.

Facteurs abiotiques

Tension hydrique du sol

La tension hydrique du sol est consignée régulièrement afin de connaître la disponibilité de la ressource en eau pour la culture afin de déclencher l'irrigation pour les blocs le nécessitant. Les tensiomètres ont été relevés tous les 7 jours en début de cycle, puis de plus en plus souvent lorsque le manque d'eau commençait à se faire sentir afin de pouvoir déclencher l'irrigation avant le moindre stress. Il a été mesuré à l'aide de sondes tensiométriques (Watermark®) et d'un boîtier de lecture. Les sondes ont été placées à 30, 60 et 90 cm de profondeur afin de simuler au mieux la disponibilité pour les racines du blé, l'essentiel d'entre elles se situant généralement à 60 cm de profondeur.

Reliquats azotés

Afin de connaître l'azote minéral disponible dans le sol à un instant donné, des analyses de reliquats azotés ont été réalisées à plusieurs périodes (sortie hiver, deux nœuds et floraison) pour connaître l'évolution de la disponibilité en azote du sol. Les analyses ont été réalisées sur le premier (0-30 cm) et le deuxième (30-60 cm) horizon du sol en mélangeant plusieurs échantillons de terre sur toute la parcelle. Les mesures, réalisées au plus tard 48h après prélèvement en conservant les échantillons à 4°C pour minimiser la minéralisation, sont effectuées sur 100 grammes de terre tamisée et diluée dans 100 ml d'eau déminéralisée. Après filtration inverse, les mesures sont faites à l'aide d'un lecteur Nitratek®.

Caractérisation du sol

Pour caractériser au mieux les parcelles, ainsi que les rendements potentiels, des analyses de sol ont été réalisées chaque année. Celles-ci se sont faites sur 5 à 10 prélèvements sur le premier horizon* 0 à 30 cm de profondeur en condition de sol ressuyé.

Les mesures, réalisées par le laboratoire Galys, permettent d'obtenir :

- la granulométrie
- la concentration en matières organiques
- le taux de calcaire
- la capacité d'échange cationique* (CEC)
- le pH
- le taux de P₂O₅ assimilable
- le taux de K₂O, MgO et CaO échangeable.

Données climatiques

Les données météorologiques utilisées sont issues des relevés du réseau Cirame, Météo France et Arvalis. Pour chaque parcelle, la station la plus proche et la plus en phase avec la région pédoclimatique est utilisée. Deux stations seront à disposition dans le département : Gréoux-Bains et Château-Arnoux-Saint-Auban. En ce qui concerne l'essai, un pluviomètre, relevé après chaque pluie et chaque irrigation, est installé permettant d'obtenir des relevés précis.

Suivi cultural

Stade de développement

Le stade de développement est suivi à chaque relevé de tensiomètre afin de suivre le bon développement de la culture. Les dates de floraison et de précocité à épiaison* sont particulièrement suivies afin de repérer les variétés les moins sensibles à l'échaudage. Il est consigné en se basant sur l'échelle de notation Zadock (Zadock *et al.*, 1974).

Indice de nutrition azotée

L'indice de nutrition azotée (INN) est effectué à floraison et permet d'évaluer le niveau de carence en azote de la culture. En effet, à ce stade, si la carence azotée est avérée, l'impact sur le remplissage du grain sera non négligeable. Le manque d'azote étant le facteur le plus limitant en AB, le calcul de l'indice de nutrition azotée en est d'autant plus important qu'il permet de caractériser à quel point cette carence est avérée. (Deswarte, 2013).

Composantes de récoltes à la récolte

À maturité, la partie aérienne du blé a été récoltée. La biomasse de paille ainsi que le nombre d'épis et d'épillets* ont été quantifiés. L'ensemble des composantes de rendement ont ainsi été détaillées par variétés : nombre de grains/m² (nombre d'épis/m², nombre d'épillets/épi, nombre de grains par épillet et nombre de grains/m²) ainsi que le PMG (Poids des 1 000 grains).

Couverture du sol/hauteur de paille

La couverture du sol sera relevée en fin de tallage*, permettant de connaître le pouvoir couvrant des variétés, afin de comparer ce dernier aux populations d'adventices et d'évaluer si un impact est observable. La hauteur de toutes les variétés de l'essai est mesurée à maturité pour caractériser les variétés et, si possible, pour démontrer l'incidence ou non de cette dernière vis-à-vis de la concurrence des adventices.

Indice de tallage

L'indice de tallage consiste à mesurer le nombre de talles* par pied levé, il permet également de connaître le pouvoir couvrant.

Caractérisation des parcelles et des pratiques culturales

Conditions pédoclimatiques

Les résultats accumulés sur quatre années d'essais sont très représentatifs des conditions moyennes de production des céréales biologiques en région PACA : rendements modérés et carence azotée importante.

Les trois premières années d'essais (récolte 2015, 2016 et 2017) ont été réalisées avec deux modalités : une sans ou avec irrigation, permettant ainsi de mesurer l'impact du stress hydrique (et parfois thermique lors de températures échaudantes à plus de 25°C) de fin de printemps ou de début d'été. La récolte 2018 est marquée par un printemps historiquement pluvieux et une absence totale de stress hydrique, événement particulièrement rare en Provence.

Mane se situe dans la région pédoclimatique du bassin de Forcalquier. Au niveau pédologique, les essais ont été réalisés les quatre années sur la même exploitation, dans des sols à profondeur relativement bonne pour la région (150 mm de réserve utile*), pourvus en matière organique (plus de 2%) et composés environ de 12% d'argile et entre 25 et 35% de limons et de sables. Les ana-

lyses de sol réalisées sur l'essai mettent en évidence un sol basique (pH de 8,7) s'expliquant par une forte quantité de calcaire total (379,7 g/kg). Le rapport C/N (taux de carbone/taux d'azote) de 10,9 permet une minéralisation satisfaisante des apports organiques. La CEC moyenne de 81,20 meq/kg expose la difficulté du sol à retenir les éléments minéraux.

Conditions de culture

Les conditions de culture de chaque année d'essai sont décrites dans le tableau n°1. Une des caractéristiques annuelles est la présence d'un stress azoté marqué quel que soit le précédent (faibles INN).

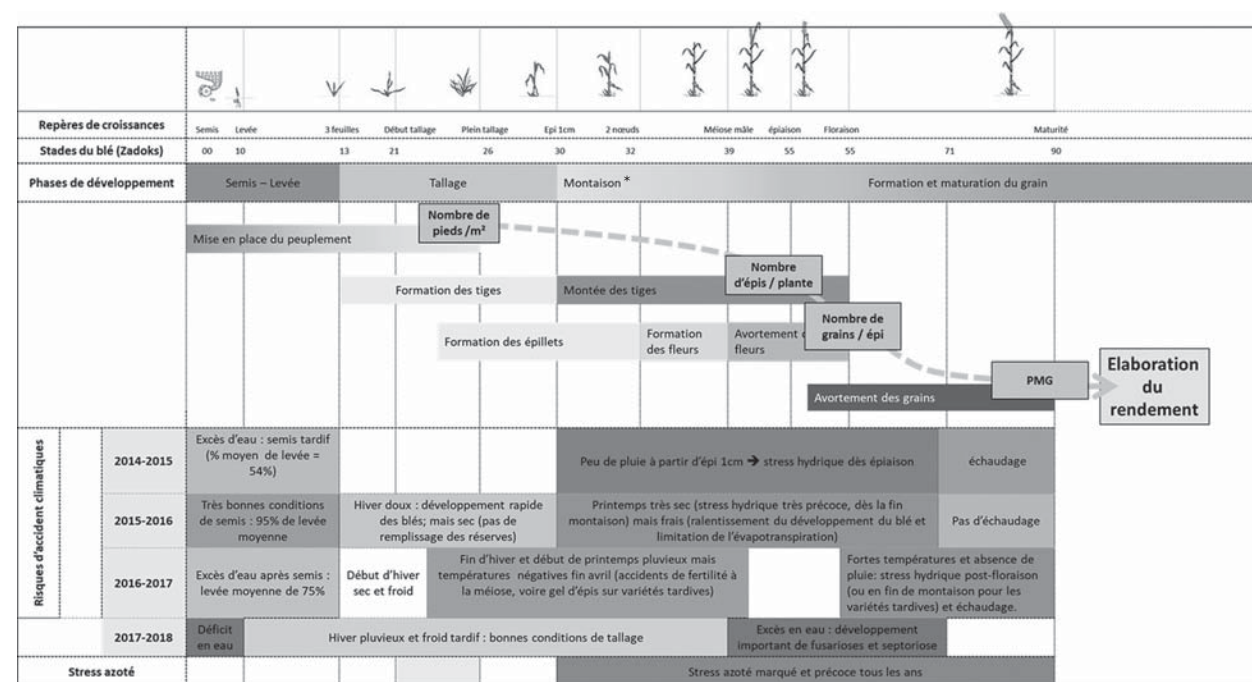


Fig. 2 : Résumé des conditions climatiques de 2014 à 2017 en fonction du cycle du blé.

Modélisation

Le modèle CHN est utilisé pour modéliser les flux hydriques et d'azote ainsi que la croissance et le développement de la culture. Ce modèle prend en compte :

- la réserve utile du sol qui est paramétrée en fonction de la profondeur de sol qui peut être explorée par les racines, la texture, la teneur en matières organiques et la teneur en cailloux du sol

- les données variétales obtenues grâce aux différentes expérimentations d'Arvalis (précocité, production de biomasse...)

- les données climatiques de la station Météo-France la plus proche de la parcelle (Saint-Auban ou Gréoux-les-

Bains) corrigées en fonction des irrigations réalisées

- les reliquats d'azote et les biomasses mesurés à floraison
- les fertilisations azotées réalisées
- le précédent cultural et sa date de récolte.

Ce modèle permet ensuite d'identifier avec précision l'ampleur et les périodes de stress hydrique et azoté vécus par la plante.

Le modèle AgroBox est utilisé pour visualiser les effets des conditions météorologiques sur la culture. En intégrant les mêmes données que le modèle Garicc, il permet de visualiser les périodes de stress provoquées par les températures basses ou élevées.

Tableau 1 : conditions de cultures des variétés (2014-2017)

Année de semis	2014	2015	2016	2017
Précédant cultural	Pois chiche	Tournesol	Lentille (irrigué) ; tournesol (sec)	Pois chiche
Type de travail du sol	Labour	Labour	Labour	Non labour
Date de semis	17/11/2014	09/11/2015	15/11/2016	02/11/2017
Conditions climatiques de semis	Humides	Ressuyées	Humides (pluies intenses après semis)	Très sèches (irrigation avant semis)
Roulage*	28/02/2015			
Désherbage (herse étrille)	15/04/2015	15/02 et 06/03/2016	14/03	07/04
Indice de Nutrition Azoté à Floraison		Irrigué : 0.39 Sec : 0.34	Irrigué : 0.34 Sec : 0.34	Irrigué : 0.34
Fertilisation	40 unités N 11/03/2015	50 unités le 02/03/2016 (fin tallage)	55 unités en sec 40 unités en irrigué	60 unités le 30/03/2017
Stress hydrique du printemps (modélisation Garric)	150 mm sans irrigation 80 mm avec irrigation	160 mm sans irrigation 70 mm avec irrigation	200 mm sans irrigation 100 mm avec irrigation	0 mm
Conditions climatiques remarquables	Des températures échaudantes (supérieures à 30 degrés) entre le grain laiteux et le grain pâteux ayant pu affecter le rendement par de l'échaudage	Températures échaudantes (supérieures à 30C) tardives ayant pu impacter le rendement des variétés les plus tardives.	Températures inférieures à 4 degrés au moment de la floraison (problèmes de fertilité), voir négatives (gels d'épis) Sécheresse très marquée en mars et avril. Températures échaudantes dès le 10/06 (grain aqueux) : fort impact sur le remplissage du grain	Sécheresse longue et exceptionnelle de juin à novembre 2017 (95 mm) Pluies abondantes et régulières du 10 décembre à mi-avril : reconstitution des réserves en eau du sol Froid marqué et prolongé de fin janvier à mars. Proche -10°C, sans incidence sur stade développement du blé Épisodes historiquement pluvieux, continus et abondants entre 1^{er} avril et 10 juin : cumul de pluie de 195 mm
Irrigation (sur l'essai concerné) et stade de la variété la plus précoce de l'essai	24 mm le 23/04 (montaison) 28 mm le 19/05 (épisaison) 37 mm le 02/06 (fin floraison)	12 mm le 22/04 (stade F1) 13 mm le 27/04 (épisaison) 21 mm le 18/05 (floraison) 25 mm le 02/06 (grain aqueux)	20 mm le 24/04 (montaison) 40 mm le 26/05 (floraison) 29 mm le 08/06 (début de remplissage du grain)	Pas d'irrigation après semis.

Analyse statistique

Le logiciel utilisé pour l'analyse des résultats est XLS-TAT®. Les résultats ont été traités par une analyse de variance* (Anova) lorsque les conditions le permettaient. Après chaque Anova réalisée sur les essais, les hypothèses faites sur le modèle et sur les résidus ont été vérifiées.

Pour certains tests, les variances n'étant pas égales, le test de Newman-Keuls ne pouvait être réalisé. Dans ces cas-ci, un test non paramétrique a été utilisé: le test de Kruskal-Wallis. Il donne un résultat sous la même forme que le test paramétrique, mais n'est pas aussi puissant que ce dernier.

RÉSULTATS

Précocité des variétés

Le tableau 2 présente le classement des variétés testées selon leur précocité. Plus les conditions de culture sont sensibles au stress hydrique (sols superficiels et/ou retenant peu l'eau, absence d'irrigation), plus il est recommandé de prendre des variétés précoces.

Tableau 2 : Précocité des variétés à épiaison (notations sur les essais de 2014 à 2018).

En italiques les variétés paysannes, en caractères droits les modernes.

Variétés précoces à épiaison	Alhambra, Arezzo, <i>Barbu du Roussillon</i> , <i>Bologna</i> , Izalco CS, Nogal, Rebelde, <i>Saissette de Provence</i> , Solehio, Valbona
Variétés intermédiaires	<i>Blé Meunier d'Apt</i> , Forcali, Galio, <i>Khorazan</i> , <i>Rouge de Bordeaux</i> , Togano, Touselle de Nîmes
Variétés tardives à épiaison	Adesso, <i>Alauda</i> , <i>Bladette de Provence</i> , <i>Blé des Pyrénées</i> , Pireneo, Redon Blanc, Renan, <i>Rojo de Sabendo</i> , <i>Rouge du Roc</i>

Couples rendements/protéines

Les résultats sont exprimés en % des moyennes annuelles pour les années 2015, 2016, 2017 et 2018. En nuances de gris clair figurent les variétés paysannes, en nuances de gris foncé 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'expliquent par la présence de carie l'année où cette variété a été testée.

La figure 3 présente les couples rendement-protéines sur les quatre années d'essais avec et sans irrigation. De manière générale, les variétés paysannes ont en moyenne un taux de protéines plus élevé et un rendement moindre, 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 gris). 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 gris): ce sont exclusivement des variétés modernes (Arezzo, Alhambra, Soléhio) très probablement peu adaptées aux conditions de faibles nutriments azotés 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.

Comportements moyens des variétés modernes et paysannes

L'analyse globale des résultats sur les quatre années d'essais, sec et irrigué (soit 7 essais au total réalisés dans des conditions représentatives des modes de production biologiques de la région) montre:

- **un rendement moyen des variétés modernes supérieur** de 8,6 quintaux/ha par rapport aux paysannes
- **un nombre de grains/m²** (composante très explicative du rendement) des variétés modernes supérieures aux paysannes, expliquant les différences de rendement entre les deux types de variété

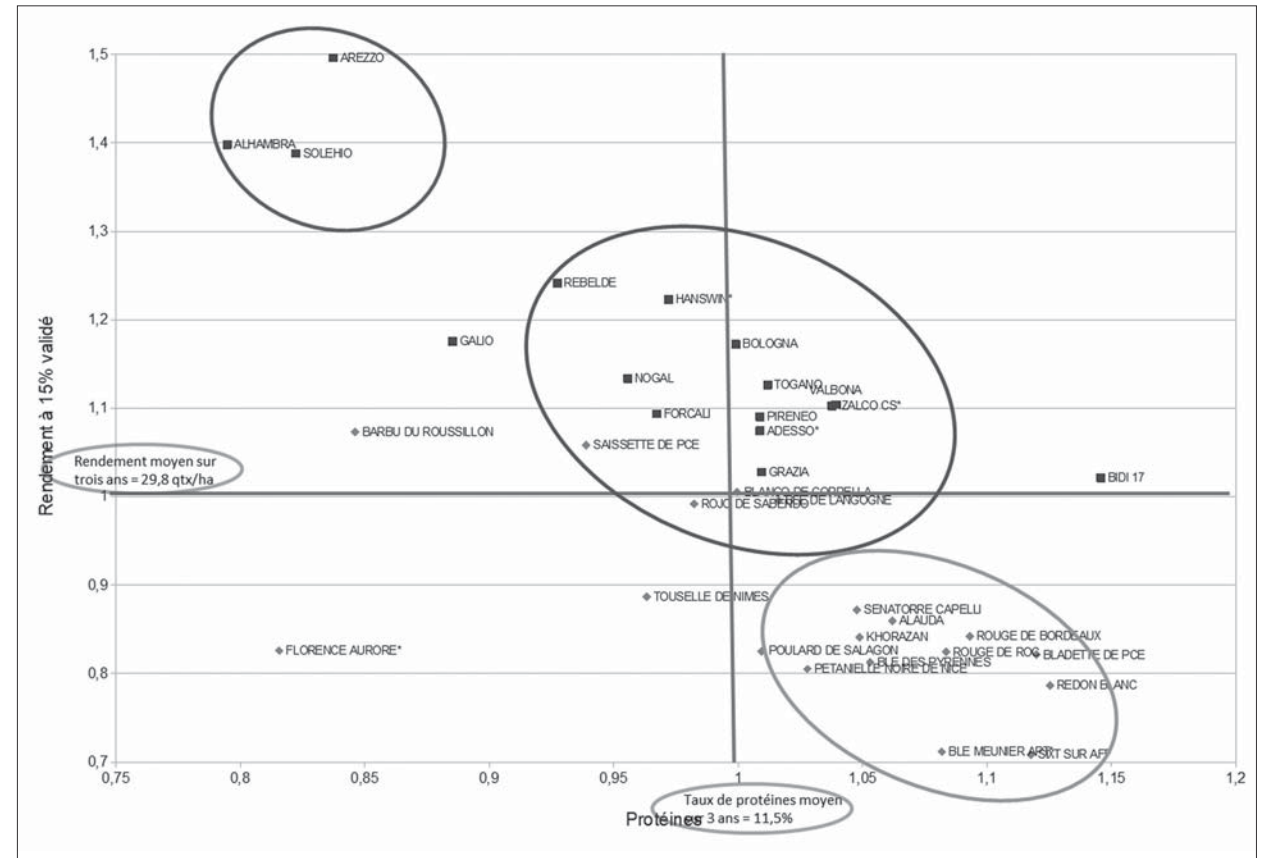


Fig. 3 : Couples rendement protéines sur quatre années d'essais au sec et à l'irrigué.

Les résultats sont exprimés en % des moyennes annuelles pour les années 2015, 2016, 2017 et 2018.

En nuances de gris clair figurent les variétés paysannes, en nuances de gris foncé 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'expliquent par la présence de carie l'année où cette variété a été testée.

- **une fertilité d'épis supérieure dans le cas des variétés modernes** (en moyenne 5,7 grains/épi supplémentaires), témoin de la sélection récente sur cette composante de rendement

- **un nombre d'épis/m², supérieur pour les variétés modernes, à levée équivalente par rapport aux paysannes**, alors que le nombre d'épis/plant levé est relativement similaire entre les deux types de variété. Le climat, caractérisé par des printemps fréquemment secs, peut entraîner des régressions de taille sur les variétés paysannes généralement plus tardives que les modernes

- **des grains plus lourds pour les variétés paysannes** (PMG)

- **des taux de protéines, supérieurs d'un point en moyenne, pour les variétés paysannes.**

En résumé, si on s'en tient au rendement et à ses composantes, les variétés modernes font plus de rendement que les paysannes, du fait d'épis en moyenne plus fertiles et plus nombreux. Les variétés paysannes font, elles, moins de rendement, du fait d'une plus grande sensibilité aux printemps secs (régressions de taille) et d'une fertilité d'épis plus faible sur un nombre d'épis qui n'est pas plus important que celui des variétés modernes. En revanche, les variétés paysannes font des grains plus gros et plus riches en protéines.

Tableau 3 : Comparaison des composantes de rendement entre variétés modernes et paysannes sur quatre années d'essais, sec et irrigué confondus (tests de Mann-Whitney au seuil de 5%)

	Modernes	Paysannes	Test	Significativité
Rendement	34,3	25,7	M-W	oui
Nombre de grains/m ²	8652	6040	M-W	oui
Nombre d'épis/m ²	292	267	M-W	oui
Nombre de grains/épi	29,7	24,0	M-W	oui
Nombre d'épis/plant levé	1,00	0,95	M-W	oui
Nombre de pieds/m ²	304	294	M-W	non
PMG	40,1	44,0	M-W	oui
Protéines	11,1	12,1	M-W	oui

Composantes moyennes de rendement

Les résultats, par variété, de l'ensemble des essais réalisés sur chacune de ses composantes de rendement en pourcentage des moyennes pour les années 2015 à 2018 sont présentés en annexe.

Évolution du couple rendement/protéines du fait de l'irrigation

La figure 4 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. 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. À l'inverse, les variétés paysannes apparaissent

plus aptes à augmenter leurs 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 (à droite)
- des variétés augmentant leur rendement, mais voyant leur taux de protéines peu augmenter ou légèrement diminuer (à gauche). 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 termes de protéines, malgré de meilleures conditions de valorisation de l'azote du fait de l'irrigation.
- des variétés augmentant avant tout leur taux de protéines mais peu leur rendement (en bas). Ce sont généralement des variétés orientées qualité et moyennement productives, plutôt des variétés paysannes.

Influence du stress hydrique sur le comportement des variétés

Sur les trois premières années d'essais (dispositif expérimental sec et irrigué), on constate (Fig. 4) que :

- les variétés modernes sont plus productives que les paysannes, y compris dans les situations les plus stressantes hydriquement
- le gain de rendement du fait de la diminution du stress hydrique grâce à l'irrigation est plus marqué pour les variétés modernes que les paysannes. Si ces dernières

sont moins productives, elles semblent en revanche avoir des rendements plus stables en fonction du stress hydrique qu'elles subissent.

- le stress hydrique impacte fortement le nombre de grains/m² des variétés modernes, et peu celui des paysannes. Dit autrement, dès que les conditions hydriques du printemps sont plus favorables, les variétés modernes, largement en dessous de leur potentiel génétique de production de grains/m² dans les conditions de production biologique, ont de la souplesse sur cette composante, contrairement aux variétés paysannes.

- la tardivité des variétés paysannes les pénalise, en cas de printemps secs, par des régressions de talles diminuant ainsi le nombre d'épis/m². Ce phénomène est particulièrement marqué les années où la sécheresse printanière s'installe précocement, pendant la montaison (2016). Néanmoins, ces années-là, elles « rattrapent » leur rendement par une augmentation de la fertilité d'épis.

- le stress hydrique printanier, et encore plus l'échaudage, impacte variétés paysannes et modernes sur le remplissage du grain (PMG), avec des grains plus gros pour les variétés paysannes.

En résumé, en termes de rendement, les variétés modernes de l'essai semblent plus adaptées à des printemps secs, fréquents en Provence. Sélectionnées principalement sur la fertilité d'épis et plus précoces, elles ont la capa-

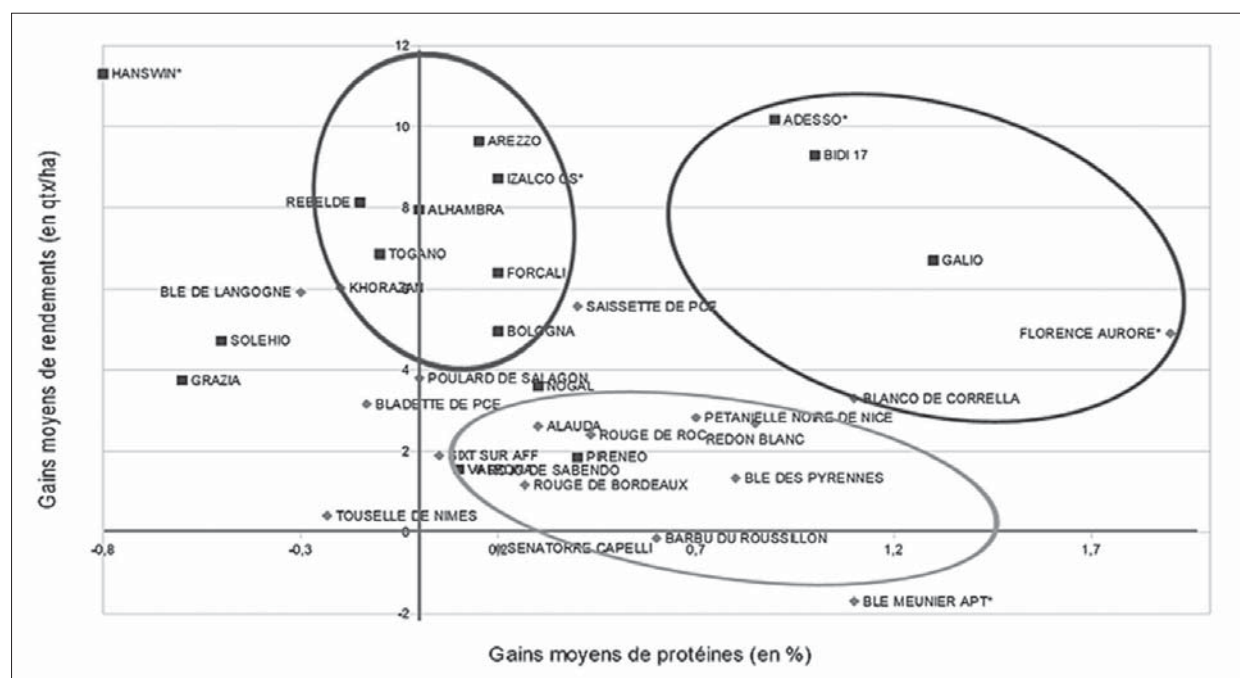


Fig. 4 : Évolution du couple rendement-protéines du fait de l'amélioration des conditions de culture. Les résultats sont exprimés en % des moyennes annuelles pour les années 2015, 2016 et 2017. En gris clair figurent les variétés paysannes, en gris foncé les modernes. Les résultats portent sur deux à 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.

Tableau 4 : Moyennes pluri-annuelles des composantes de rendement selon le type de variétés et le régime d'irrigation (test de Kruskal-Wallis au seuil de 5%)

En gras figurent les différences statistiquement significatives dues au facteur irrigation et précédent lentille. Par variable, les lettres entre parenthèses 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 observée. À l'inverse, deux groupes ayant des lettres différentes ont une différence significative sur la variable observée.

Composantes	Modernes			Paysannes			Ttes
	Avec irrigation	Sans irrigation	Gain lié à l'irrigation	Avec irrigation	San irrigation	Gain lié à l'irrigation	
Rendement	39,0 (a)	32,8 (b)	6,2	27,2 (b)	24,8 (c)	2,4	K-W
Nombre de grains/m ²	8711 (a)	7911 (b)	800	5876 (c)	5716 (c)	160	K-W
Nombre d'épis/m ²	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

cité de produire plus de grains par épi dans des conditions d'installation du nombre d'épis/m² souvent limitantes et peu maîtrisées en agriculture biologique (semis tardifs avant l'hiver, fertilité moyenne des sols, faible disponibilité en azote pour la montaison). En revanche, les variétés paysannes, si elles sont moins productives, ont des rendements plus stables, quel que soit le niveau de stress hydrique observé.

Hauteur en paille

La hauteur en paille est, comme le rendement, très dépendante des conditions météorologiques de l'année et de la profondeur de sol. La figure 5 exprime les résultats de hauteur de paille, mesurés sur les récoltes 2016 et 2018 sans irrigation en % de la moyenne des essais de ces deux années. Les variétés paysannes ont une hauteur de paille en moyenne plus importante que les modernes.

DISCUSSION

Différences de productivités entre variétés anciennes et modernes de blé dans des environnements limitants de culture

Un des principaux enseignements agronomiques de cette étude est le fait que les variétés anciennes sont en moyenne moins productives que les modernes dans des conditions difficiles de production (eau et azote) telles qu'elles l'ont été dans cet essai. Cela confirme les résultats publiés par Voss-Fell *et al.* (2019), qui montrent, à partir d'une étude des rendements de blé des cinquante dernières années en Europe occidentale que les variétés modernes ont tendance à être plus performantes en rendement dans des environnements limitants de culture, avec peu d'azote et de fongicides. En outre, ils ont observé que les variétés modernes avaient une meil-

leure résistance aux maladies et une meilleure efficacité de l'utilisation de l'azote ou de la photosynthèse. Ceci est confirmé par Zhang *et al.* (2020) qui observent une meilleure absorption de l'azote par les racines des variétés modernes que par celles des anciennes; les variétés récentes utilisées en agriculture biologique mycorhizent mieux que les anciennes. Au niveau climatique, et notamment vis-à-vis du stress hydrique, les variétés modernes montrent une meilleure productivité dans notre essai, ce qui se rapproche des résultats de Giunta *et al.* (2019), qui constatent qu'en blé dur, les variétés anciennes sont plus sensibles aux conditions climatiques de fin de cycle du blé (stress hydrique et thermique post-floraison).

Comparaison des composantes de rendement entre variétés anciennes et modernes

Dans les essais, le PMG est similaire quel que soit le type de variété, c'est donc sur le nombre de grains par m² que les variétés modernes se démarquent. Afin de comprendre pourquoi les variétés modernes ont un nombre de grains nettement supérieur aux variétés paysannes, il est intéressant de s'attarder sur la sélection de ces variétés. Les sélectionneurs ont eu deux leviers de sélection afin d'augmenter le nombre de grains par m²: le premier se situant sur le nombre d'épis et le deuxième sur la fertilité de ces épis (Jézéchel, 2016), (Hategekimana *et al.*, 2012). Les premières sélections ont donc tenté de favoriser le tallage et plus particulièrement le nombre de tiges-épi par plant. Les analyses montrent que les variétés modernes possèdent un nombre plus élevé d'épis par m², cette théorie se confirme donc. Lorsque les sélectionneurs ont atteint la limite de ce nombre d'épis, ils se sont attachés à une deuxième composante: la fertilité des épis. Elle consiste à augmenter le nombre d'épillets par épi mais également de fleurs fertiles par épillet. Les résultats de l'essai suivent cette sélection puisque le nombre de grains par épi est significativement plus important dans les variétés modernes que dans les variétés paysannes (de 23 à 31,5 grains par épi) quel que soit le régime d'irrigation. Le rendement s'effectuant en grande partie par le nombre de grains par m², l'augmentation de ce dernier par la sélection variétale explique la différence de rendement entre variétés paysannes et modernes. Les variétés paysannes, quant à elles, produisent un taux de protéines plus important que les variétés modernes, ceci allant de pair avec leurs rendements plus faibles, les protéines étant

moins diluées dans le grain. Mais lorsque la quantité de protéines à l'hectare est calculée, les variétés modernes en produisent plus. Encore une fois, la sélection moderne a favorisé les taux de protéines (Doussinault, 1995), augmentant donc la capacité des variétés à remobiliser l'azote des feuilles vers les plantes (Hategekimana *et al.*, 2012). C'est également dans ce sens que les variétés modernes sont plus courtes en paille, évitant un stockage indéfini des protéines dans les pailles (Barraclough *et al.*, 2010).

Hauteur en paille et nouvelles pratiques agroécologiques

La hauteur en paille, plus importante pour les variétés anciennes peut être un atout dans la lutte contre les adventices par un effet étouffement (Prieur & Escalier, 2015). Outre cet avantage agronomique particulièrement pertinent en agriculture biologique, des variétés plus hautes en paille permettraient d'ouvrir de nouvelles perspectives agroécologiques en termes d'agriculture de conservation des sols en bio. En zone méditerranéenne, la couverture permanente des sols permet de lutter contre l'érosion lors des épisodes cévenols, d'en améliorer la structure et la fertilité par un retour de matière organique et de permettre une meilleure résistance des plantes à la sécheresse. Arvalis a montré lors d'essais menés chez un agriculteur à Oraison (Jézéquel, comm. pers.) que les rendements potentiels pouvant être atteints par des blés en semis direct sous couvert vivant de luzerne pérenne sont équivalents à ceux d'une production « classique » avec travail du sol. La difficulté est de pouvoir réguler le couvert au bon moment avec la bonne intensité. Il est essentiel de réduire fortement le couvert avant le semis du blé, et pendant son développement, pour éviter la concurrence hydrique et azotée de la luzerne. Dans les conditions non bios, des usages d'herbicides donnent de bons résultats, ils évitent la compétition pour l'eau et ont un effet positif sur la nutrition azotée du blé, ce qui est positif pour la qualité des grains récoltés (taux de protéines). Ce couvert ainsi calmé se développe peu en cours de culture et permet en conditions méditerranéennes de limiter l'évapotranspiration des sols. Par contre, en mode de production biologique, la nutrition azotée du blé est plus faible et il est difficile de réguler efficacement la luzerne ou le sainfoin utilisés comme couvert. L'utilisation de blés hauts en paille pour mieux concurrencer le couvert permanent représente une piste d'adaptation de l'agriculture de conservation en bio.

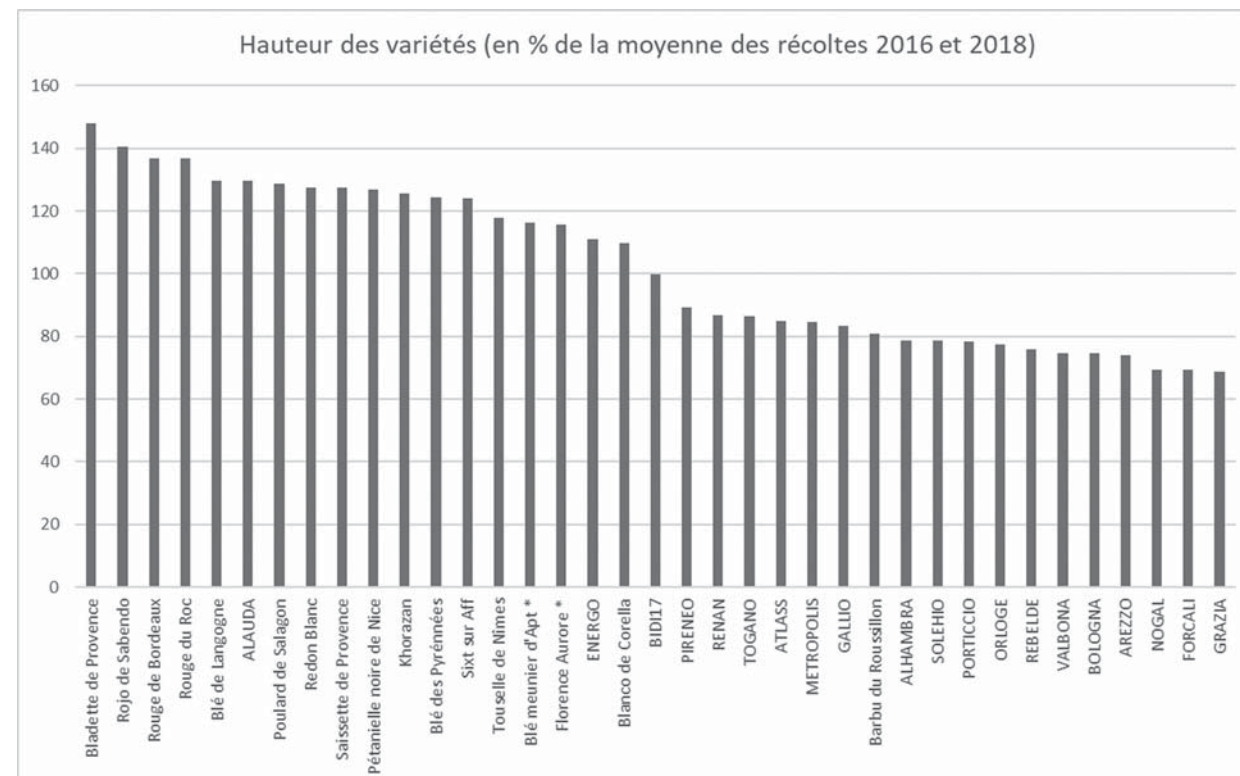


Fig. 5 : Hauteur des pailles (en % des moyennes mesurées sur les essais 2016 et 2018). Les variétés modernes sont en majuscules, les paysannes en minuscules.

Vers de nouvelles méthodes de sélection

Les variétés anciennes peuvent se révéler intéressantes mais elles peuvent aussi souffrir de nombre de défauts (faible productivité, manque de résistance aux nouvelles souches de pathogènes, hauteur et fragilité des pailles). Pour adapter du matériel génétique à des conditions environnementales nouvelles ou très spécifiques, d'anciennes méthodes de conduites de populations hétérogènes (Suneson 1956) ont été récemment remises en avant sous l'intitulé de sélection évolutive. Elles permettent d'appliquer dans des schémas de sélection participative avec les agriculteurs des principes d'agriculture darwinienne (Denison, 2012). La mise en contact d'une large base génétique avec de nouvelles contraintes permet la sélection de matériel génétique de mieux en mieux adapté au fur et à mesure des générations. De plus la variété-population* ayant une large base génétique, elle bénéficie des propriétés associées aux mélanges variétaux ou aux populations génétiquement hétérogènes pour leur résilience à l'imprédictibilité climatique et la protection contre le développement de pathogènes trop virulents (Borg *et al.*, 2018). Enfin, la sélection étant faite sur la ferme, les semences sont directement disponibles pour l'agriculteur et en cas de succès, la variété s'adapte de manière dynamique à son environnement.

Les nouvelles demandes des consommateurs

Le présent article s'est attaché à étudier les blés anciens et modernes sous l'angle agronomique. L'angle alimentaire est également une piste d'évaluation des variétés anciennes de blé. La sélection pour l'agro-industrie s'est intéressée à améliorer la qualité boulangère. Elle se concentre prin-

cipalement sur la force boulangère: des propriétés rhéologiques voulues pour la pâte, telles que l'extensibilité et la ténacité (Remesy *et al.*, 2015). La sélection du blé a ainsi été optimisée pour accroître la qualité boulangère. Les protéines du gluten, gluténines et gliadines, sont à l'origine des propriétés visco-élastiques du pain. En effet, au cours du pétrissage, ces différentes protéines forment un réseau responsable de ces propriétés: les gluténines confèrent à la pâte son élasticité et sa ténacité, tandis que les gliadines vont lui conférer sa viscosité et son extensibilité (Méléard, 2021). La sélection a visé à améliorer le taux de gluténines dans le but d'améliorer la ténacité de la pâte pour la panification industrielle. Ainsi la sélection du blé s'est principalement portée sur les critères du blé permettant d'augmenter les rendements et d'obtenir des propriétés rhéologiques* précises, mais la qualité nutritionnelle a très peu été prise en compte lors de la sélection. Les variétés anciennes représentent une piste de recherche pour améliorer la densité nutritionnelle des blés.

CONCLUSION

La présente étude a montré une nette différenciation des comportements agronomiques entre variétés anciennes et modernes. Les variétés modernes semblent plus adaptées aux conditions biologiques et climatiques changeantes en termes de productivité. À l'inverse si les variétés anciennes sont moins productives, elles se révèlent plus stables en rendement en présence ou en absence d'irrigation. Plus hautes en paille, elles permettent d'ouvrir de nouvelles perspectives pour le développement de l'agriculture biologique de conservation des sols. Les variétés anciennes sont également un atout dans la mise au point de nouveaux schémas de sélection décentralisés et plus participatifs pouvant prendre en compte la grande diversité des attentes des utilisateurs ou des consommateurs.

Bibliographie

- AMIR M. & CHARLES N., 2015. *Moissons de savoirs. Paroles d'agriculteurs et pratiques agro-écologiques en Luberon*. PNRL, Apt, 110 p.
- BARRACLOUGH P.B., HOWARTH J.R., JONES J., LOPEZ-BELLIDO R., PARMAR S., SHEPERD C.E. & HAWKESFORD M.J., 2010. Nitrogen efficiency of wheat: Genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *European journal of agronomy*. Vol. 33, juillet 2010, pp.1-11.
- BOCCI R. & CHABLE V., 2008. Semences paysannes en Europe: enjeux et perspectives. *Cahiers Agriculture*. Vol. 17, n°2, pp. 216-221. <https://doi.org/10.1684/agr.2008.0173>
- BRAC DE LA PERRIERE R-A, de KOCHKO P., NEUBAUER C., STORUP B., DEMEULENAERE E. & DELMOND F., 2011. *Visions paysannes de la recherche dans le contexte de la sélection participative - Comment co-construire et mutualiser les connaissances sur les plantes ?* Coll. Émergence, PEUV, 2011. <https://sciencescitoyennes.org/wp-content/uploads/2012/01/VisionsPaysannes.pdf>
- BORG J., KIAER L.P., LECARPENTIER C., GOLDRINGER I., GAUFFRETEAU A., SAINT-JEAN S., BAROT S. & ENJALBERT J., 2018. Unfolding the potential of wheat cultivar mixtures: a meta-analysis perspective and identification of knowledge gaps. *Field Crops Research*. Vol. 221 (May), pp. 298-313. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.006>
- DAVID C., ABECASSIS G., CARCEA M., CELETTE F., CORRE-HELLOU G. *et al.*, 2013. Améliorer la qualité technologique, nutritionnelle et sanitaire du blé biologique. Principaux leviers agronomiques et technologiques. *Innovations Agronomiques*, INRA, n°32, pp.1-13. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01189816/document>
- DEMEULENAERE E. & BONNEUIL C., 2010. Cultiver la biodiversité: semences et identité paysanne. In: HERVIEU B. et al. (Dir.), *Les mondes agricoles en politique. De la fin des paysans au retour de la question agricole*. Les Presses de Sciences Po, Paris, pp. 73-92.
- DEMEULENAERE E. & GOLDRINGER I., 2017. Semences et transition agroécologique: initiatives paysannes et sélection participative comme innovations de rupture. *Natures Sciences Sociétés. /Suppl. n°4*, pp. 55-59. <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2017-Suppl.%204-page-55.htm>
- DENISON R. F., 2012. *Darwinian agriculture: how understanding evolution can improve agriculture*. Princeton University Press. 272 p.
- DESWARTE J.C., 2013. Blé: des gelées à la méiose peuvent affecter la fertilité du pollen. *Arvalis-info.fr*. [En ligne] 8 mai 2013. [Citation: 10 juin 2016.] http://www.arvalis-infos.fr/view-10280-arvarticle.html?region=#ancre_2.
- DOUSSINAULT G., 1995. Cent ans de sélection du blé en France et en Belgique. In DUBOIS J. & DEMARLY (Ed.), *Quel avenir pour l'amélioration des plantes ?* John Libbey Eurotext, coll. Actualités scientifiques, Paris, pp. 3-8. http://www.bibliotheque.auf.org/doc_num.php?explnum_id=262.
- DI SILVESTRO R., MAROTTI I., BOSI S., BREGOLA V., SEGURA CARRETERO A., SEDEJ I. MANDIC A., SAKAJ M., BENEDELLI S. & DINELLI G., 2012. Health-promoting phytochemicals of Italian common wheat varieties grown under low-input agricultural management. *Journal of the science of food and agriculture*. Vol. 92, pp. 2800-2810. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5590>
- FONTAINE L., 2003. Offre variétale en blé tendre d'hiver: ce qui convient pour l'agriculture biologique. *Alter Agri*. N°62, nov/déc 2003, pp. 4-7.
- GOLDRINGER I., ENJALBERT J., DAVID J., PAILLARD S., PHARM J. & BRABANT P., 2001. Dynamic management of genetic resources: a 13-year experiment on wheat. In COOPER D. *et al.* (Ed.). *Broadening the genetic base of crop production*. CABI Publishing (UK), pp. 245-260.
- GIUNTA F., PRUNEDDU G & MOTZO R., 2019. Grain yield and grain protein of old and modern durum wheat cultivars grown under different cropping systems, *Field crops research*. Vol. 230, pp. 107-120,
- HATEGKIMANA A., SCHNEIDER D., FOSSATI D. & MASCHER F., 2012. Performance et efficacité de l'azote des variétés de blé suisses du 20^e siècle. *Recherche agronomique suisse*. Vol. 3, Fasc. 1, pp. 44-51. http://www.agrarforschungschweiz.ch/artikel/2012_01_f_1729.pdf.

MARGUERIE M. & JÉZÉQUEL S. 2015. *Essais de variétés paysannes de blé biologique dans les Alpes de Haute Provence - Synthèse*. Agribio04/Arvalis, 8 p. http://www.bio-provence.org/IMG/pdf/Bilan_essais_blebio_2014_2015_Agribio04_SYNTHESE.pdf.

MELEARD B., 2021. *Importance de la nature des protéines en panification*. Vidéo : <https://www.arvalis-infos.fr/panification-l-importance-de-la-nature-des-protéines-@/view-16509-arvarticle.html>

MEYNARD J.M. et al., 2018. *Priorités de recherche proposées par le Conseil scientifique de l'agriculture biologique*. Actualisation 2018. http://critt-iaa-paca.com/wp-content/uploads/files/Bio/CSAB_Priorit%C3%A9s2018.pdf

Parcs naturels régionaux de Provence-Alpes-Côte d'Azur, 2017. *Vers l'agroécologie, paroles de paysans. Recueil de savoirs écologiques paysans dans les parcs naturels régionaux de Provence-Alpes-Côte d'Azur*. Actes Sud, Arles. 200 p.

PRIEUR L. & ESCALIER L., 2015, *Résultats de l'essai : Caractérisation de variétés de blés tendres plus compétitives vis-à-vis des adventices, Campagne 2014-2015*. CREAB Midi-Pyrénées, Auch. 16 p.

REMESY C., LEENHARDT F. & FARDET A., 2015. Donner un nouvel avenir au pain dans le cadre d'une alimentation durable et préventive. *Cahiers de nutrition et de diététique*. T. 50 pp. 39-46.

ROUSSEL V., LEISOVA L., EXBRAYAT F., STEHNO Z. & BALFOURIER F., 2005. SSR allelic diversity changes in 480 European bread wheat varieties released from 1840 to 2000. *Theoretical applied genetics*. N°111, pp. 162-170. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-2014-8>

ROLLAND B., LE CAMPION A. & OURY F.X., 2012. Pourquoi sélectionner de nouvelles variétés de blé tendre adaptées à l'agriculture biologique ? *Courrier de l'environnement de l'INRA*. N° 62, décembre 2012, pp.71-86.

SOUBEYROUX J.M., VIDAL J.P., NAJAC J., KITOVA N., BLANCHARD M., DANDIN P., MARTIN E., PAGE C. & HABETS F., 2011. *Projet ClimSec, Impact du changement climatique en France sur la sécheresse et l'eau du sol. Rapport final - Mai 2011*. Météo-France. 72 p. http://www.drias-climat.fr/public/shared/rapport_final_CLIMSEC.pdf

SUNESON C. A., 1956. An evolutionary plant breeding method 1. *Agronomy Journal*. N° 48, Fasc. 4, pp. 188-191.

VOSS-FELS et al., 2019. Breeding improves wheat productivity under contrasting agrochemical input levels. *Nature Plants*. Vol. 5, pp. 706-714. <https://doi.org/10.1038/s41477-019-0445-5>

ZADOCK J.C., CHANG T.T. & KONZAK C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*. December 1974, Vol. 14, Fasc. 6, pp. 415-421. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x/abstract>.

ZHANG L., DU Y.L. & LI X., 2020, Modern wheat cultivars have greater root nitrogen uptake efficiency than old cultivars. *Journal of plant nutrition and soil science*. Vol. 183, Fasc. 2, pp. 192-199. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jpln.201900353>

Glossaire

Bioagresseur

Terme désignant tout organisme vivant causant des dommages aux cultures ou aux récoltes.

Capacité d'échange cationique (CEC)

Capacité d'un sol d'absorber un nombre maximal de cations échangeables, elle s'exprime en milliéquivalents par 100 g de sol.

Échaudage

Accident physiologique lié à la sécheresse ou à des températures trop élevées et qui provoque la malformation des grains.

Épiaison

Émergence chez les Poacées (Graminées) de l'épi (ou de la panicule) hors de la gaine de la dernière feuille.

Épillet

Élément constitutif de l'épi, chez les Poacées (Graminées) et contenant les grains.

Horizon (de sol)

Couche du sol plus ou moins parallèle à la surface et caractérisé par des propriétés particulières (compacité, couleur, texture, épaisseur...).

Inrae

Institut national de la recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

Inserm

Institut national de la santé et de la recherche médicale.

Itab

Institut technique de l'agriculture biologique.

Montaison

Stade physiologique d'une plante caractérisée par une élongation rapide des entrenœuds de la tige (préalable à l'épiaison).

Réserve utile

Propriété d'un sol représentant la quantité d'eau mobilisable par les plantes qu'il est susceptible de retenir.

Rhéologique (Adj.)

Désigne les propriétés d'un produit influant sur la texture finale d'un aliment transformé à partir duquel il est élaboré.

Roulage

Opération culturale consistant à passer un rouleau lourd sur le sol ; il permet notamment de favoriser le tallage.

RSP

Réseau semences paysannes

Talle (Tallage)

Pousse secondaire issue d'un bourgeon proche du collet d'une plante qui peut donner naissance à un nouvel épi. Pour les céréales, le tallage permet ainsi de multiplier le rendement en constituant des touffes plus ou moins denses à partir d'une seule graine.

Variance

En statistique, degré de variabilité d'un caractère au sein d'une population ou d'un échantillon.

Variété-population

Variété cultivée constituée d'un ensemble d'individus apparentés mais aux patrimoines génétiques variés, issus de la multiplication par pollinisation libre.

**Annexe :
Composantes de rendements par variété, en % des moyennes annuelles de 2015 à 2018**

Les résultats sont exprimés en % des moyennes annuelles pour les années 2015, 2016, 2017 et 2018

A : Rendement à 15% validé M : Variété moderne

B: Teneur en protéines (%) P : Variété paysanne

C : Nombre d'épis/m²

D : Nombre de tiges/pied

E : Nombre de grains/m²

F : Nombre de grains/épi

G : PMG (Poids des 1000 grains) à 15%

H : Production protéines/ha

		A	B	C	D	E	F	G	H
Adesso	M	108	101	106	131	116	110	92	110
Alauda	P	88	107	92	89	96	104	90	94
Alhambra	M	134	81	110	106	142	126	93	109
Arezzo	M	142	84	113	114	146	131	95	120
Atlass	M	99	92	108	95	115	103	85	91
Barbu du Roussillon	P	103	87	93	103	123	130	81	88
Bidi 17	M	103	87	93	103	123	130	81	88
Bladette de Provence	P	84	111	91	78	81	86	101	93
Blanco de Corella	P	102	99	77	81	93	122	107	101
Blé de Langogne	P	96	106	122	109	100	83	94	102
Blé des Pyrénées	P	81	106	94	103	82	90	97	86
Blé meunier d'Apt	P	77	111	105	152	69	71	109	86
Bologna	P	117	100	85	100	99	118	116	117
Energo	M	111	92	102	91	110	96	99	103
Florence Aurore	P	81	85	115	117	73	62	108	69
Forcali	M	108	97	96	99	121	130	88	105
Galio	M	118	89	107	103	124	116	93	104
Grazia	M	103	101	92	102	92	102	108	103
Hanswin	M	123	97	104	96	126	120	96	121
Izalco CS	M	110	102	100	91	118	118	91	113
Khorazan	P	85	104	67	84	53	80	158	89
Metropolis	M	104	99	107	92	124	115	83	103
Nogal	M	113	96	94	117	137	145	81	108
Orloge	M	109	88	119	89	109	103	97	95
Petanielle noire de Nice	P	80	103	91	88	80	92	99	83
Pireneo	M	109	101	99	111	114	116	93	110

Porticcio	M	100	93	103	82	109	121	90	93
Poulard de Salagon	P	84	100	81	80	78	97	105	83
Rebelde	M	121	94	1107	105	142	122	84	114
Redon blanc	P	79	113	98	99	79	79	98	89
Renan	M	99	103	117	88	94	80	103	102
Rojo de Sabendo	P	100	99	101	90	96	93	102	100
Rouge de Bordeaux	P	87	109	91	96	83	93	102	95
Rouge du Roc	P	85	109	92	83	81	89	102	93
Saissette de Provence	P	107	94	122	119	97	79	109	101
Senatorre Capelli	P	87	103	100	113	83	83	102	90
Sixt sur Aff	P	72	111	96	95	76	81	93	80
Solehio	M	137	82	114	115	130	113	104	113
Togano	M	110	102	112	103	122	109	88	112
Touselle de Nîmes	P	89	96	107	105	99	91	88	86
Valbona	M	107	104	105	97	101	96	104	113