

Blé d'automne: bilan de 15 ans d'étude variétale en mode extensif

Lilia Levy¹, Numa Courvoisier¹, Sandro Rechsteiner², Juan Herrera¹, Cécile Brabant¹, Andreas Hund², Thomas Weissflog³, Hansueli Dierauer⁴ et Didier Pellet¹

¹Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

²EPF Zurich, Institut de sciences agricoles, 8092 Zurich, Suisse

³Swiss granum, 3001 Berne, Suisse

⁴Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL, 5070 Frick, Suisse

Renseignements: Lilia Levy, e-mail: lilia.levy@agroscope.admin.ch



L'étude variétale teste plusieurs variétés de blé sous diverses conditions pédoclimatiques. (Photo: Carole Parodi, Agroscope)

Introduction

Agroscope teste chaque année diverses obtentions suisses ou étrangères de blé d'automne. Les variétés sont évaluées par rapport à leur valeur agronomique et technologique (test VAT pour évaluer la productivité, les caractéristiques agronomiques et qualitatives, la résistance aux maladies).

Une fois ce test VAT et celui de la DHS (distinction, homogénéité, stabilité, réalisé à l'étranger) réussis, les variétés seront enregistrées dans le Catalogue national (CN) suisse (fig. 1) et peuvent ainsi être commercialisées légalement tant en Suisse que dans l'Union européenne. Ensuite, les

variétés continuent leur parcours dans des réseaux d'essais complémentaires de l'interprofession: soit dans celui de swiss granum en collaboration avec divers partenaires (dont Agroscope), soit dans des essais conduits en bio. L'ensemble mènera à l'édition de la «Liste recommandée des variétés de céréales» (LR) de swiss granum et/ou du FiBL (Institut de recherche de l'agriculture biologique). Ces examens visent en particulier à identifier les variétés les plus adaptées aux conditions de production suisses, et à ne retenir que «le meilleur du meilleur».

Malgré ces quelques explications, la recherche variétale reste abstraite pour beaucoup de personnes éloignées du processus. Celles-ci observent souvent l'apparition de nouvelles variétés sur les listes recommandées, sans connaître les étapes précédentes et le travail réalisé. D'où l'émergence des questions suivantes: l'objectif principal apparent de l'étude variétale est-il de cultiver des centaines de parcelles, année après année, pour finalement mettre quelques noms de variétés sur une liste? Quelle plus-value pour la filière cette identification des meilleures variétés apporte-t-elle? Que se passerait-il si la recherche variétale disparaissait? Cet article dresse le bilan des 15 dernières années et tente de répondre à ces questions, en se basant sur le réseau d'essai d'Agroscope, conduit en extensif.

Matériel et méthodes

Le réseau de blé d'automne

Les essais sont conduits sur dix lieux répartis sur les principales zones céréalières de la Suisse. Les parcelles sont de 7 m², cultivées à trois répétitions par lieu, sans

Résumé ■ Pour qu'une nouvelle variété de blé soit commercialisable en Suisse ou à l'étranger, elle doit passer par une série de tests, afin de s'assurer qu'elle est supérieure aux variétés déjà cultivées au niveau du rendement en grain, de la qualité et de la résistance aux maladies. Dans ce processus appelé étude variétale, on choisit «le meilleur du meilleur». Toutefois, est-il possible de donner une valeur à ce processus? Pour répondre à cette question, un travail a été réalisé sur la base des résultats de toutes les variétés testées durant les 15 dernières années. Trois approches ont été choisies pour faire le bilan de l'étude variétale du blé d'automne: d'abord le nombre de variétés testées a été comparé au nombre de variétés inscrites dans le Catalogue National suisse et dans les listes recommandées. Ensuite, l'évolution de la performance de diverses variétés au fil du temps a été calculée. Pour finir, une approche économique a permis d'estimer l'ordre de grandeur de la plus-value réalisée grâce au tri opéré par l'étude variétale et à l'identification des meilleures variétés (comparaison du produit brut moyen des variétés les plus récentes avec celui des trois meilleures testées annuellement). Les résultats mettent en évidence la plus-value résultant de l'étude variétale pour toute la chaîne de production, du sélectionneur au consommateur, en passant par le producteur et la transformation.

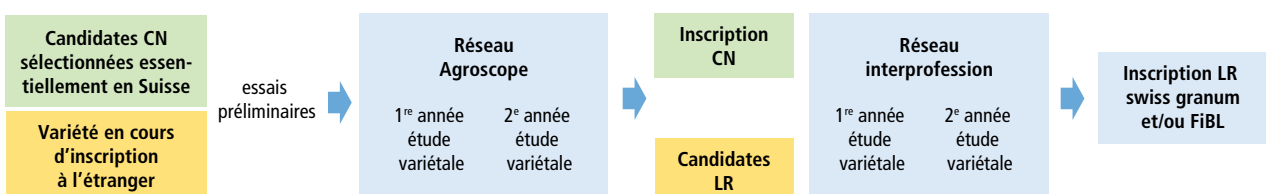


Figure 1 | Schéma du parcours d'une variété depuis sa candidature pour les tests jusqu'à son inscription dans une liste recommandée. Pour le Catalogue national (CN) il s'agit essentiellement de variétés candidates sélectionnées en Suisse. Après deux ans de test dans le réseau Agroscope, la variété peut ou non être inscrite dans le CN. Ensuite, elle est testée pendant au moins deux ans dans les réseaux de l'interprofession pour être finalement retenue ou non dans les Listes recommandées (LR) de swiss granum et/ou du FiBL (Institut de recherche de l'agriculture biologique). Les variétés en cours d'inscription à l'étranger passent par un tri dans des essais préliminaires et suivent ensuite les quatre ans de test jusqu'à leur inscription dans la LR.

régulateur de croissance ni fongicides, afin d'identifier les variétés sensibles aux maladies. Les semences sont traitées au fluodioxonil/difénoconazole avant semis. Les insecticides sont appliqués seulement en cas de nécessité majeure. Le niveau de fumure azotée est déterminé selon les Données de base pour la fumure (Sinaj *et al.* 2009) et la fumure est fractionnée en trois apports. Les caractéristiques principales observées (en accord avec l'ordonnance sur les semences et plants 916.151.1 pour l'inscription dans le CN) sont le rendement en grain relatif aux variétés de référence, la verse, la précocité, la résistance à l'oïdium, aux rouilles, aux septorioses et à la fusariose, le poids à l'hectolitre, les teneurs en protéines, le Zeleny et l'aptitude à la panification (aussi connue sous le nom de «Schéma 90», Saurer *et al.* 1991). D'autres observations sont relevées concernant la hauteur des plantes, le poids de mille grains, l'hivernage ou la germination sur pied. Pour l'inscription dans le CN, les variétés sont jugées d'après un indice agronomique (calculé sur la base des paramètres agronomiques observés) et un indice qualitatif (calculé sur la base des analyses de laboratoire et tests de panification).

Bilan des inscriptions

Une fois les variétés inscrites dans un CN, les listes recommandées sont ouvertes à des variétés issues de la sélection Agroscope/Delley Semences et Plantes (DSP), à celles issues de *Getreidezüchtung Peter Kunz* (GZPK) ainsi qu'à des variétés étrangères. Le nombre de variétés testées dans le réseau Agroscope entre 2001 et 2015 a été relevé (une fois pour le niveau CN et une fois pour les LR). Ce nombre a été mis en relation avec les inscriptions dans le CN et les LR de swiss granum et du FiBL.

Tableau 1 | Exemple de prix indicatifs des différentes classes de qualité retenues au début et à la fin de la période de l'étude. Les prix indicatifs de swiss granum de chaque année ont été utilisés pour calculer la valeur de la récolte des différentes variétés en essais, au prix courant de l'année. Pour les années où aucun prix indicatif n'a été fixé, les prix de l'année précédente ont été retenus. Les prix de la classe 3 et fourragère de 2002 ont servi également pour les calculs de 2001.

Classe	2001	2015
	francs	francs
Top	62.50	52.00
I	57.00	50.00
II	51.50	49.00
III	47.50	45.00
Biscuit	53.00	49.00
Fourrager	46.00	36.50

Evolution des variétés

Les conditions cadre de l'étude variétale d'Agroscope sont restées constantes dans le temps, même si le choix des variétés de référence a été adapté. Cela permet d'évaluer sur la durée l'évolution de la performance d'une variété en excluant les influences des techniques culturales (Brancourt-Hulmel *et al.* 1999). Cette évaluation a été réalisée essentiellement dans le cadre d'un travail de master (Rechsteiner, en préparation). Toutes les variétés présentes durant au moins six ans dans le réseau Agroscope entre 2001 et 2015 ont été retenues pour cette mise en valeur.

La consistance des données a été vérifiée et les données aberrantes (valeurs dont les résidus dépassant ± 4 fois l'erreur standard résiduelle) ont été éliminées. Pour les années manquantes, les valeurs moyennes des variétés ont été calculées selon le modèle suivant (équ. 1):

$$y_{ik} = \mu + G_i + Y_{nk} + (GYn)_{ik} + Y_k + e_{ik}$$

Equation 1 | Modèle pour l'estimation des données manquantes. y_{ik} est la valeur moyenne du génotype dans l'année k . Le génotype (G_i) et l'interaction (GYn) $_{ik}$ sont considérés comme facteurs fixes. L'année de récolte (Y_{nk}) a été transformée dans un vecteur numérique et considérée comme valeur fixe. Le facteur Y_k a été pris comme aléatoire. e_{ik} est le terme d'erreur. Ce modèle a servi pour estimer la performance des variétés (G_i) au milieu de la période étudiée (année 2008) ainsi que leur évolution au fil des années.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec R version 3.2.5 (R Core Team 2016). Les tendances (pentes des régressions linéaires) ont été analysées avec le paquet «lsmmeans» (Lenth 2016). Une analyse de variance a permis d'identifier si les tendances étaient significatives ou non. Les pentes des régressions des variétés ont été comparées par un test de Tukey (Lenth 2016).

Estimation de la plus-value économique

Le produit brut de chaque variété testée dans le réseau Agroscope a été estimé (rendement \times prix). Lorsque les variétés ont abouti à une inscription dans la LR, la classe de qualité au final a été retenue comme base de calcul. Si la variété a échoué, la classe de qualité de la variété a été estimée sur la base des données disponibles. Le système de six classes (Top, I, II, III, blé biscuit, blé fourrager), en vigueur chez swiss granum jusqu'à la récolte 2016 (Courvoisier *et al.* 2015) a été suivi pour cette évaluation. Les prix indicatifs de récolte de swiss granum ont permis d'évaluer la valeur économique du rendement en grain de chaque variété testée dans le réseau Agroscope. Pour

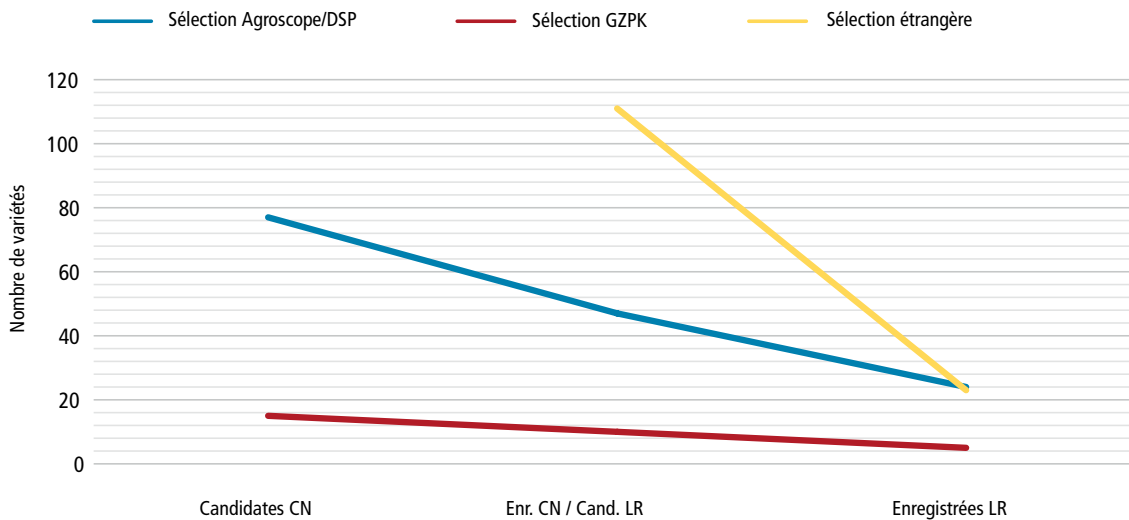


Figure 2 | Nombre de variétés testées dans le réseau d'étude variétale d'Agroscope au cours des 15 dernières années. Dans le cadre de la sélection indigène, les variétés sont testées d'abord en vue de l'inscription dans le Catalogue national (CN) suisse. Par la suite, elles peuvent ou non être retenues dans les listes recommandées (LR) conventionnelle (swiss granum) et bio (FiBL). Les variétés en cours d'inscription ou inscrites à l'étranger dans le Catalogue européen peuvent commencer leur carrière en Suisse en tant que candidates aux LR et passent d'abord par le réseau d'étude variétale d'Agroscope.

chaque année d'étude, les prix respectifs ont été retenus. Cette approche a permis de comparer les variétés indépendamment de leurs classes de qualité.

Afin d'estimer la plus-value économique de l'étude variétale, les trois meilleures variétés de l'année en cours en test dans le réseau Agroscope ont été comparées annuellement, au niveau de leur produit brut moyen, avec la moyenne générale de toutes les variétés du réseau et avec les trois meilleures variétés de chaque site et année. La valeur de l'interaction génotype x environnement a ainsi pu être estimée, en vue d'une recommandation spécifique régionale. La plus-value de l'étude variétale (niveau national) et la valeur de l'interaction génotype x environnement peuvent être additionnées.

Résultats et discussion

Bilan des inscriptions

Entre 2001 et 2015, 235 variétés ont été étudiées dans le réseau d'étude variétale d'Agroscope, chaque variété ayant été cultivée en règle générale sur au moins 60 parcelles unitaires (7 m²), c'est-à-dire à raison de trois répétitions par lieu, sur dix lieux distribués en Suisse et ceci pendant deux ans.

En moyenne de ces 15 années, un peu moins de deux tiers des variétés candidates ont réussi leur inscription dans le CN suisse (fig. 2). La majorité des variétés ont réussi le test grâce à leurs résultats, alors que pour une

partie (16 % des variétés inscrites), l'inscription dans le CN a été réalisée après repêchage, lorsque le sélectionneur ou le représentant de la variété présente à l'Office fédéral de l'agriculture des paramètres particuliers supplémentaires qui compenseraient les manques détectés dans l'étude variétale. Malgré les nombreux paramètres observés et pris en compte, ce test représente les exigences minimales pour l'entrée d'une variété sur le marché. Ces exigences sont revues à la hausse lors des tests dans le réseau de l'interprofession, pour tenir compte des besoins spécifiques du marché pour les différents échelons (sélectionneurs, multiplicateurs, producteurs, centres collecteurs, meuniers, boulangers).

Pour qu'une variété ait une chance réelle d'être cultivée par les agriculteurs, elle doit être inscrite sur la LR de l'interprofession conventionnelle (swiss granum) ou bio (FiBL). Environ la moitié des variétés inscrites dans le CN suisse a finalement été inscrite sur une LR. Les variétés en cours d'inscription à l'étranger doivent, avant d'entrer dans les réseaux des interprofessions, être testées un an dans des essais préliminaires et deux ans dans le réseau Agroscope. De ces variétés, moins d'un quart remplit les exigences de la filière suisse.

En résumé, la filière céréalière suisse, composée de représentants des secteurs boulanger, meunier, centre collecteur, producteur, multiplicateur de semence et sélectionneur, est complexe et exigeante pour répondre aux attentes des consommateurs. L'étude variétale sert

ainsi d'outil à la filière pour choisir les meilleures variétés parmi toutes celles proposées par les sélectionneurs et leurs représentants. En intégrant tout le processus, de l'annonce d'une variété candidate dans le CN suisse (à compter de la 1^{re} année en réseau Agroscope) et l'inscription de celle-ci sur une LR, ce niveau d'exigence se traduit par différentes proportions de réussite. Pour la sélection indigène, $\frac{2}{3}$ des variétés échouent tandis que $\frac{1}{3}$ des variétés est retenue pour les LR. Quant aux variétés étrangères, la proportion est de $\frac{3}{4}$ – $\frac{1}{4}$ de variétés inscrites sur la LR. La plupart des variétés étrangères testées en Suisse sont inscrites sur le Catalogue européen.

Evolution de la performance des variétés

Il est habituellement difficile de mesurer l'évolution d'une variété, vu que plusieurs facteurs influencent sa performance. Dans l'étude variétale, les conditions cadres restent toutefois constantes, afin d'isoler l'effet variétal. L'évolution globale ainsi que celle de diverses variétés au fil du temps a pu être démontrée pour divers critères (tabl. 2).

Globalement les rendements en grain n'ont pas évolué (tendance négative statistiquement non significative). Toutefois, le rendement d'une variété à l'autre est très différent et les variétés ne réagissent pas de la même

façon. CH Claro, qui était la variété la plus productive de la classe Top, présente la plus forte pente (–1,044 dt/ha et année). A l'opposé, Arina et Runal, les variétés les plus anciennes de la série (inscrites dans le CN suisse en 1981 et 1995 respectivement) sont stables à un bas niveau de rendement. L'image se précise pour le rendement relatif: la tendance négative est cette fois-ci statistiquement significative (fig. 3). Globalement, les variétés testées perdent 1,045 % de rendement chaque année par rapport aux variétés de référence. Celles-ci sont choisies pour garantir un bon niveau agronomique d'évaluation. Or, les variétés de référence retenues changent au fil des ans, pour maintenir un niveau d'exigence raisonnable. Le fait que toutes les variétés testées montrent une pente négative indique qu'elles perdent leur avantage comparatif; elles se différencient uniquement par la vitesse à laquelle elles perdent cet avantage comparatif. Les teneurs en protéines ont également diminué pour toutes les variétés de manière statistiquement significative, globalement à raison de –0,113 % par année. Le même phénomène observé pour CH Claro quant au rendement en grain se reproduit ici pour Suretta: elle qui possédait une des teneurs en protéines les plus élevées de sa classe de qualité présente la pente la plus forte, quoique non différente statistiquement des autres variétés. Pour tous les autres

Tableau 2 | Evaluation de l'évolution de la performance des variétés de blé présentes au moins six ans dans le réseau Agroscope entre 2001 et 2015. Le haut du tableau montre les valeurs de p de l'analyse de variance. Dans la deuxième partie du tableau, la tendance de chaque variété (pente d'une régression linéaire) est indiquée pour les différents critères. Les lettres représentent les groupes d'homogénéité d'après Tukey.

ANOVA, valeurs de P	DL	Rendement	Rend. relatif	Protéines	Gluten humide	Zeleny	Points labo	Points panif.	Schéma 90
Tendance	1	0,356	0***	0,025*	0,5	0,412	0,341	0,114	0,132
Variété	10	0***	0***	0***	0***	0***	0***	0***	0***
Tendance: Variété	10	0,059†	0,074†	0,146	0,368	0,148	0,002**	0,103	0,003**
Tendances (pentes) des variétés individuelles		[dt*ha ⁻¹ *a ⁻¹]	[%*a ⁻¹]	[%*a ⁻¹]	[%*a ⁻¹]	[ml*a ⁻¹]	[pts*a ⁻¹]	[pts*a ⁻¹]	[pts*a ⁻¹]
RUNAL (Top)		–0,116 B	–0,778 AB	–0,128 A	0,200 A	–0,644 A	–0,247 ABC	0,457 A	0,261 AB
SIALA (Top)		–0,250 AB	–0,985 AB	–0,126 A	0,401 A	–0,041 A	1,213 C	–0,093 A	1,227 AB
CH CLARO (Top)		–1,044 A	–1,978 A	–0,069 A	0,042 A	–0,509 A	–0,850 ABC	–0,825 A	–1,717 AB
CH CAMEDO (Top)		–0,189 AB	–0,773 AB	–0,101 A	0,119 A	–1,099 A	–1,508 A	–1,232 A	–2,747 A
ARINA (I)		0,047 B	–0,480 B	–0,107 A	0,163 A	–0,156 A	0,609 BC	0,669 A	1,340 B
ZINAL (I)		–0,260 AB	–1,008 AB	–0,080 A	–0,002 A	–0,104 A	–0,377 ABC	–0,646 A	–0,998 AB
FOREL (I)		–0,644 AB	–1,434 AB	–0,122 A	–0,021 A	–0,607 A	–1,039 ABC	–1,429 A	–2,427 AB
SIMANO (I)		–0,644 AB	–1,335 AB	–0,140 A	–0,010 A	–1,017 A	–1,594 AB	–1,144 A	–2,862 AB
CH COMBIN (I)		–0,444 AB	–1,209 AB	–0,029 A	0,333 A	0,721 A	0,806 BC	–0,132 A	0,736 AB
SURETTA (I)		0,025 AB	–0,511 AB	–0,245 A	0,028 A	0,850 A	–1,484 ABC	–2,382 A	–3,829 AB
LEVIS (II)		–0,279 AB	–1,002 AB	–0,100 A	0,110 A	–0,412 A	–0,407 ABC	–0,293 A	–0,700 AB
Tendance (pente) moyenne		–0,345	–1,045	–0,113	0,124	–0,274	–0,444	–0,641	–1,065

Niveaux de signification: †, *, **, *** correspondent à P < 0,1, < 0,05, < 0,01, < 0,001; DL = degré de liberté; a = année

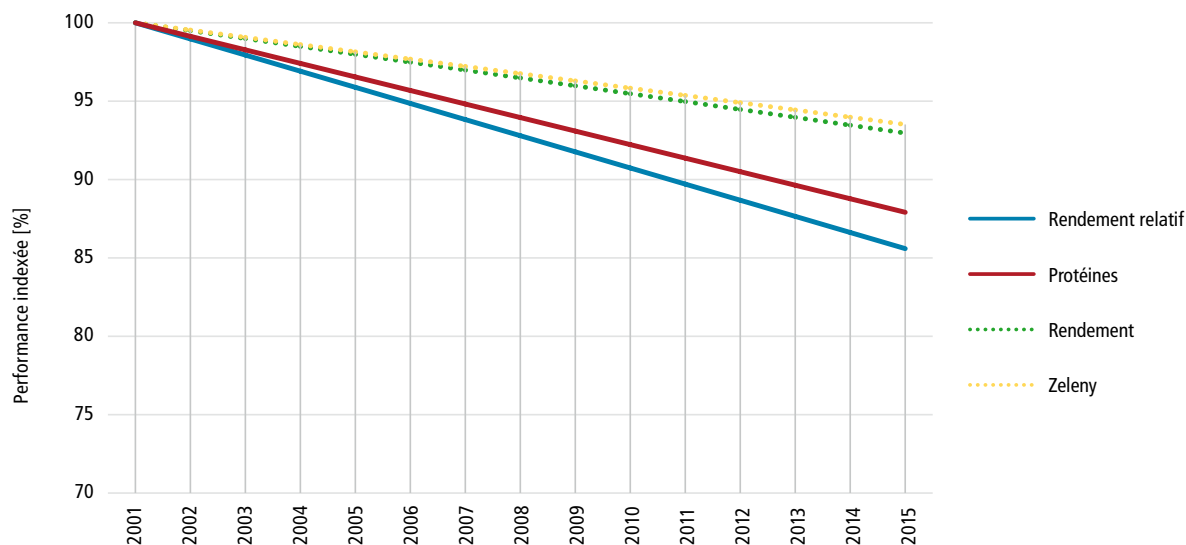


Figure 3 | Tendances des performances moyennes des variétés, indexées par rapport à l'année 2001. Les rendements relatifs (comparés aux variétés de référence) ainsi que les teneurs en protéines ont diminué de façon significative, tandis que la diminution du rendement et de la qualité des protéines (Zeleny) n'est pas statistiquement significative.

critères analysés, aucune tendance globale n'est détectable, quoique les valeurs soient négatives, à l'exception du gluten humide. Deux interprétations sont possibles. Selon la première, la diminution des teneurs en protéines n'a soit pas eu d'impact assez fort pour se répercuter sur les critères de laboratoire ou de panification considérés dans le Schéma 90 (Saurer *et al.* 1991), soit il a été amorti par la bonne qualité des protéines. La deuxième interprétation résiderait dans la différence des sets de données. Pour garantir une réalisation correcte des essais de panifications, les lieux contenant des lots germés sont éliminés avant de procéder au mélange pour mouture. De ce fait, selon les conditions météorologiques de l'année, le matériel pour les analyses de protéine et celui pour les analyses rhéologiques et de panification sera identique ou non. Même si cette élimination des lieux où le blé a germé influence directement le temps de chute des variétés, des effets collatéraux pourraient se produire sur les teneurs en protéines. Il est toutefois connu que le milieu agit plus fortement sur les teneurs en protéines que sur la qualité des protéines (Bilgin *et al.* 2016). Des études récentes en Allemagne aboutissent à des résultats semblables (Laidig *et al.* 2017). Sur une période de 30 ans (analyse basée sur des groupes de variétés d'une même classe de qualité), les teneurs en protéines auraient diminué sans pour autant affecter la qualité globale.

Les variétés présentes dans le tableau 3 sont des variétés inscrites dans la liste recommandée, elles font donc partie des «meilleures» retenues par l'étude variétale.

Les mises en valeur montrent par contre que ces variétés ayant constitué la génétique de pointe à un moment donné, perdent peu à peu leurs avantages absolus ou relatifs (ex. teneur en protéines réduite ou rendement relatif). Même les variétés les plus intéressantes d'autrefois se font dépasser avec le temps par des variétés plus performantes, justifiant ainsi la nécessité de la sélection et de l'étude variétale.

Quelques hypothèses sont avancées pour expliquer les raisons qui mènent au déclin d'une variété. La première est que la variété subirait une pression des maladies de plus en plus forte; tandis que les pathogènes évoluent rapidement, la variété elle-même reste stable et peut se faire dépasser. Une deuxième hypothèse est liée au milieu: son effet peut diverger en fonction du moment où un événement climatique survient. Un autre agent connu pour influencer l'accumulation des protéines dans la plante est la concentration en CO₂ de l'atmosphère. Des concentrations plus importantes inhiberaient l'assimilation des nutriments de la plante ainsi que son transport vers le grain (Wieser *et al.* 2008). Une duplication de la concentration actuelle diminuerait les teneurs en protéines de 10 à 15% (Taub *et al.* 2008). La concentration en CO₂ de l'atmosphère en Suisse a augmenté d'environ 9% (approximativement de 370 à 402 ppm) sur cette période de 15 ans (Leuenberger 2015). Cette augmentation n'expliquerait qu'environ 10% de la diminution de protéines observée par des effets directs dans la présente étude. L'effet indirect du CO₂ en tant que gaz à effet de serre est plus diffi-

cilement mesurable à travers le réchauffement climatique. Toutefois, l'impact se fait remarquer par des climats plus extrêmes ces dernières années, tels que l'excès d'eau pendant la phase végétative (asphyxie de la plante), la sécheresse pendant la montaison (diminution de l'absorption de l'azote), le rayonnement limité ou le froid pendant la méiose (diminution de la fertilité), température élevée pendant la croissance du grain (échaudage du grain), etc. Ces aléas climatiques ont une forte répercussion sur les teneurs en protéines mais aussi sur le rendement en grain des blés. Le déclin observé sur les variétés déjà inscrites est donc le résultat de plusieurs facteurs.

Evaluation économique

L'évolution de la performance du blé au fil du temps est due à plusieurs causes. D'une part, les sélectionneurs travaillent intensément pour proposer aux agriculteurs des variétés toujours meilleures, plus performantes et moins sensibles aux maladies. La base d'une meilleure performance du blé repose donc d'abord sur l'amélioration génétique et la création variétale. D'autre part, c'est le rôle de la recherche variétale d'identifier les meilleures variétés parmi toutes celles proposées par les sélection-

neurs. La recherche variétale représente donc la deuxième source de l'évolution de la performance du blé: choisir les meilleures parmi les meilleures.

La performance des blés étudiés dans le réseau Agroscope a été évaluée pour les 15 dernières années. Chaque année, les sélectionneurs proposent leurs meilleures variétés pour le test. On peut faire l'hypothèse que, sans recherche variétale, les agriculteurs cultiveraient probablement toutes ces nouveautés, sans distinction. En termes de produit brut (rendement en grain \times prix), cela correspondrait à la moyenne générale de toutes les variétés du réseau testées à un moment donné (tabl. 3 a). La recherche variétale permet de distinguer clairement (dans ce cas) les trois meilleures variétés du réseau (environ 10 %). Cette différence entre le produit brut moyen et le produit brut des trois meilleures du réseau peut être imputable à l'étude variétale (identifier les meilleures). Cette différence de produit brut des meilleures variétés comparé à la moyenne de l'ensemble des variétés testées s'élève en moyenne à 489 fr. par hectare de culture et an. Il représente une amélioration de 14 % du produit brut par rapport à la moyenne générale. Calculée à l'échelle de la surface cultivée en blé d'automne en Suisse, cette

Tableau 3 a | Estimation de la plus-value de l'étude variétale pour le blé d'automne. Différence entre le produit brut des trois meilleures variétés de chaque année sur l'ensemble du réseau et le produit brut moyen du réseau d'essais, multiplié par la surface de production de blé d'automne.

Année	Produit brut par ha			Surface blé d'automne ha	Produit brut suisse imputable à l'étude variétale francs
	moyenne 3 meilleures variétés de l'année	moyenne générale	imputable à l'étude variétale		
	francs	francs	francs		
2001	3933	3467	466	86 872	40 457 410
2002	4405	3866	539	86 801	46 797 291
2003	3858	3392	466	75 387	35 108 792
2004	4877	4262	614	83 546	51 337 997
2005	4548	3977	571	88 010	50 253 405
2006	4133	3688	445	89 695	39 909 034
2007	3969	3416	554	87 084	48 215 336
2008	4108	3468	640	87 234	55 790 810
2009	3778	3431	347	86 053	29 834 266
2010	3769	3402	366	85 714	31 410 008
2011	4400	3931	469	82 029	38 434 374
2012	3743	3271	471	83 632	39 425 949
2013	3232	2812	420	83 071	34 889 743
2014	3915	3406	509	79 010	40 218 475
2015	3958	3493	465	80 360	37 373 650
Moyenne	4042	3552	489	84 300	41 297 103

Tableau 3 b | Estimation de la plus-value supplémentaire liée à l'interaction génotype × environnement (G×E), soit la capacité d'identifier les meilleures variétés de chaque site d'essais.

Année	Produit brut par ha			Surface blé d'automne ha	Produit brut potentiel supplémentaire imputable à la recommandation par lieu francs
	moyenne 3 meilleures variétés de chaque année et lieu	moyenne 3 meilleures variétés de l'année	potentiel supplémentaire sur l'étude G×E		
	francs	francs	francs		
2001	4051	3933	118	86 872	10290 168
2002	4523	4405	118	86 801	10219 123
2003	4037	3858	180	75 387	13534 567
2004	4930	4877	54	83 546	4 479 305
2005	4690	4548	141	88 010	12 447 502
2006	4262	4133	130	89 695	11 633 807
2007	4090	3969	121	87 084	10 495 036
2008	4228	4108	120	87 234	10 511 518
2009	3900	3778	123	86 053	10 562 839
2010	3902	3769	133	85 714	11 409 464
2011	4541	4400	141	82 029	11 580 350
2012	3945	3743	203	83 632	16 940 886
2013	3413	3232	181	83 071	15 050 870
2014	4034	3915	119	79 010	9 422 963
2015	4097	3958	140	80 360	11 220 868
Moyenne	4176	4042	135	84 300	11 319 951

valeur économique nationale s'élève à 40 millions de francs par an. Ce montant est en effet tout à fait significatif et a le mérite d'indiquer l'ordre de grandeur de la plus-value en lien avec la recherche variétale. Comme cette étude est basée sur des rendements en petites parcelles, l'extrapolation dans la pratique agricole pourrait être un peu inférieure. Cependant, seul l'effet sur la productivité a été estimé. Pour compléter, il faudrait également chiffrer les demandes supplémentaires du marché en rajoutant alors de la valeur à celle présentée ici.

Même si elle génère une plus-value importante, rien n'indique que cette activité soit conduite de manière efficiente (gestion des coûts). Pour répondre à la demande d'efficacité, les coûts totaux des réseaux Agroscope et de l'interprofession ont été estimés et mis en relation avec la valeur économique estimée de la recherche variétale. Une analyse sommaire bénéfice/coût indique que l'étude variétale du blé d'automne a un coût de moins de 3 % de son bénéfice annuel (coût des réseaux Agroscope et de l'interprofession divisé par 32 millions de francs [80 % du produit brut suisse imputable à l'étude variétale]; tabl. 3 a), même si on ne considère que 80 % du bénéfice estimé, pour tenir compte des possibles surestimations des rendements par les dispositifs expérimentaux ou autres. Chaque franc investi dans l'étude et la recherche variétale

génère une plus-value très importante. Pour comparaison, ce niveau de retour sur investissement est comparable à des projets soutenus par la Commission pour la technologie et l'innovation et caractérisés comme *success stories* par cette institution.

L'étude et la recherche variétale est ancrée dans les ordonnances mais aussi dans les accords bilatéraux entre la Suisse et l'Union européenne (Accord bilatéral 1999). Si ce service pour l'agriculture était supprimé, environ 14 % de la productivité serait perdue, avec un impact économique équivalent. De plus, une diminution proportionnelle de l'efficacité d'utilisation des ressources serait observée, si l'on considère que le rendement diminuerait pour une utilisation des intrants inchangée. Evidemment, il ne faut pas négliger le fait que les agriculteurs eux-mêmes testent les variétés et peuvent à terme exclure les moins bonnes. Toutefois, les mauvaises expériences peuvent leur coûter cher, car les pertes sont proportionnelles à la surface cultivée. D'autre part, lors d'années difficiles avec des aléas climatiques importants (à l'exemple de la récolte 2016 où la plupart des variétés ont été décevantes), il est difficile pour l'agriculteur de distinguer si la mauvaise performance de la variété est due aux conditions météorologiques extrêmes ou à une génétique moins adaptée. De ce fait, il se verra forcé à répéter l'expérience pour ga-

gner en certitude. Bref, une suppression de l'étude variétale, son remplacement par du marketing variétal ou des essais de démonstration à buts commerciaux aurait donc un impact économique et écologique notable. De plus, les variétés les plus sensibles aux maladies peuvent être écartées, par le fait qu'Agroscope teste les variétés dans des conditions extensives. Cette stratégie rend possible une production extensive. En Suisse, à peu près la moitié de la surface de blé est cultivée sans applications de fongicides ou régulateurs de croissance. Ceci représente non seulement une économie monétaire mais préserve également l'environnement.

Un bénéfice supplémentaire pourrait résulter de l'étude variétale: celui issu de la recommandation parcellaire ou régionale (tabl. 3b). Si, au lieu de recommander une variété au niveau national, l'étude variétale permettait d'affiner la recommandation au niveau régional, un produit brut supplémentaire d'environ 10 millions de francs par an pourrait être réalisé. Agroscope investit des forces dans la recherche variétale pour rendre possible une telle recommandation à moyen terme.

Conclusions

La valeur de l'étude variétale a été abordée par trois approches différentes:

- Par un bilan de la tâche légale – test pour le Catalogue national (CN) suisse – et pour la liste recommandée (LR). Environ un tiers des variétés indigènes testées réussit l'inscription sur une LR. Pour les variétés étrangères, le taux de réussite est inférieur à un quart.
- Par l'appréciation de l'évolution de la performance des variétés dans le temps. Même les variétés les plus performantes à un moment perdent en avantages comparatifs face à de nouvelles variétés. Des baisses de rendement et de qualité sont inévitables sans sélection, étude et recherche variétale.
- Par une estimation économique de son impact. L'étude variétale classique du blé d'automne représente une plus-value de l'ordre de 40 millions de francs par an, soit presque 500 fr./ha de blé. Une recommandation à la parcelle pourrait augmenter ce montant de 25 % supplémentaires (environ 10 millions de fr./an). Le rapport coût/bénéfice (investissement dans la recherche variétale/ bénéfice de sa plus-value) reste inférieur à 3 %, même si on ramène le bénéfice réel à 80 % du bénéfice expérimental.

Pour l'agriculteur, la recherche variétale est la garantie d'avoir la variété la mieux adaptée aux conditions suisses et/ou locales, testée par comparaison objective par une institution impartiale, indépendante et neutre. Cultiver les meilleures variétés, c'est également l'assurance d'une utilisation efficiente des ressources et des intrants nécessaires pour cette culture. Pour le sélectionneur, l'étude variétale et par conséquent l'inscription au CN suisse lui confère la possibilité de la commercialiser non seulement en Suisse mais dans toute l'Europe. Pour le consommateur, l'étude variétale lui donne la garantie que les variétés présentes sur le marché sont respectueuses de l'environnement et écologiquement efficientes. ■

Riassunto

Grano autunnale: bilancio dopo 15 anni di studi varietali estensivi

Affinché una nuova varietà di grano sia commerciabile in Svizzera o all'estero deve passare una serie di test al fine di assicurare che sia superiore a quelle già coltivate sul piano del rendimento in grano, della qualità e della resistenza alle malattie. In un processo di questo tipo, chiamato studio varietale, si sceglie solo il «meglio del meglio». È possibile stimare il valore di un tale processo? Per rispondere a questa domanda, è stato effettuato uno studio sulla base dei risultati di tutte le varietà testate negli ultimi 15 anni. Per stilare un bilancio dello studio varietale del grano autunnale, sono stati scelti tre approcci: in un primo tempo, la quantità di varietà testate è stata confrontata con il numero di varietà iscritte nel Catalogo nazionale svizzero e nelle liste raccomandate. In seguito è stata calcolata l'evoluzione della prestazione di diverse varietà nel corso degli anni. Per concludere, un approccio economico ha permesso di stimare l'ordine di grandezza del valore aggiunto economico realizzato grazie alla selezione effettuata dallo studio varietale e all'identificazione delle migliori varietà (confronto del prodotto lordo medio delle varietà più recenti con quello delle tre migliori testate annualmente). I risultati evidenziano il valore aggiunto generato dallo studio varietale per tutta la catena di produzione: dalla selezione al consumo, passando per la produzione e la trasformazione.

Bibliographie

- Accord bilatéral 1999. Accord entre la Confédération suisse et la Communauté européenne relatif aux échanges de produits agricoles. Accès: <https://www.admin.ch/opd/fr/classified-compilation/19994645/index.html>
- Bilgin O., Guzman C., Baser I., Crossa J. & Korkut K.Z., 2016. Evaluation of Grain Yield and Quality Traits of Bread Wheat Genotypes Cultivated in Northwest Turkey. *Crop Science* **56**, 73–84.
- Brancourt-Hulmel M., Lecomte C. & Meynard J.M., 1999. A diagnosis of yield-limiting factors on probe genotypes for characterizing environments in winter wheat trials. *Crop Science* **39** (6), 1798–1808.
- Courvoisier N., Levy Häner L., Bertossa M., Thévoz E., Anders M., Stoll P., Weisflog T., Dugon J. & Grünig K., 2015. Liste recommandée des variétés de céréales pour la récolte 2016. *Recherche Agronomique Suisse* **6** (6).
- Laidig F., Piepho H.P., Rentel D., Drobek T., Meyer U. & Huesken A., 2017. Breeding progress, environmental variation and correlation of winter wheat yield and quality traits in German official variety trials and on-farm during 1983–2014. *Theoretical and Applied Genetics* **130**, 223–245.
- Lenth R.V., 2016. Least-Squares Means: The R Package lsmmeans. *Journal of Statistical Software* **69**.

Summary

Winter wheat: a review of 15 years of variety research on extensively managed land

For a new variety of wheat to be marketable in Switzerland or abroad, it must go through a series of tests to ensure its superiority to already-cultivated varieties in terms of grain yield, quality, and resistance to disease. In this process, which is termed a «variety testing», the «best of the best» is chosen. That being said, is it possible to assign a value to this process? To answer this question, a study was conducted based on the results of all the varieties tested over the last 15 years. Three approaches were chosen to assess the variety testing of winter wheat: first of all, the number of varieties tested was compared to the number of varieties registered in the Swiss National Catalogue and in the Lists of Recommended Varieties. Next, changes in the performance of different varieties over time were calculated. Lastly, an economic approach allowed us to estimate the order of magnitude of the economic value-added achieved thanks to the sorting performed by the variety testing and the identification of the best varieties (comparison of the average gross product of the latest varieties with that of the three best varieties tested annually). The results highlight the value-added resulting from the variety study for the entire production chain, from the selector to the consumer, by way of the producer and the processing stage.

Key words: wheat, value for cultivation and use (VCU), variety testing, benchmarking, yield, quality.

- Leuenberger M., 2015. Uni Bern beteiligt sich an europäischem Netzwerk für CO₂-Forschung http://www.unibe.ch/aktuell/uniaktuell/das_online_magazin_der_universitaet_bern/uniaktuell_ab_2015/rubriken/forschung/uni_bern_beteiligt_sich_an_europaeischem_netzwerk_fuer_cosub2_sub_forschung/index_ger.html
- R Core Team, 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Accès: <https://www.R-project.org>
- Saurer W., Achermann J., Tièche D., Rudin P.M. & Mändli K., 1991. Das Bewertungsschema '90 für die Qualitätsbeurteilung von Weizenzüchtungen. *Landwirtschaft Schweiz* **4**, 55–57.
- Sinaj S., Richner W., Flisch R. & Charles R., 2009. DBF-GCH 2009 – Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages. *Revue suisse d'Agriculture* **41** (1), 1–98.
- Taub D.R., Miller B. & Allen H., 2008. Effects of elevated CO₂ on the protein concentration of food crops: a meta-analysis. *Global Change Biology* **14**, 565–575.
- Wieser H., Manderscheid R., Erbs, M. & Weigel H.J., 2008. Effects of elevated atmospheric CO₂ concentrations on the quantitative protein composition of wheat grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**, 6531–6535.