

Aptitude de l'amidonnier et de l'engrain à la culture

Fabio Mascher¹, Corinne Bertschi^{1,2}, Marie Fesselet¹, Arnold Schori¹, Beate Schierscher-Viret¹ et Jean-Philippe Mayor¹

¹Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

²Strickhof, 8315 Lindau, Suisse

Renseignements: Fabio Mascher, e-mail: fabio.mascher@agroscope.admin.ch



Essai en plein champ avec des variétés d'engrain et d'amidonnier à Changins en 2015.

Introduction

L'engrain (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) et l'amidonnier (*Triticum turgidum* L. subsp. *dicoccum* (Schrank ex Schübler) Thell.) sont des céréales cultivées depuis les débuts de l'agriculture, il y a plus de 10 000 ans (Miedaner et Longin 2012). Leur domestication a eu lieu en Mésopotamie et plus généralement dans le Croissant fertile (Nesbitt et Samuel 1996). La culture de

ces graminées s'est ensuite diffusée vers la Méditerranée pour finalement arriver en Europe (Zapata et Peña-Chocarro 2005). Des fouilles à Cortaillod, dans le canton de Neuchâtel, ont montré qu'engrain et amidonnier étaient déjà cultivés sous nos latitudes il y a plus de 4000 ans (Akeret 2005).

Comme l'épeautre (*Triticum aestivum* L. subsp. *spelta* (L.) Thell.), ces deux céréales présentent des grains vêtus. Autrement dit, les glumes restent collées à la graine et

doivent être enlevées par un processus de décorticage. Cette propriété améliore sans doute la résistance du grain aux maladies et le protège contre les attaques d'insectes et contre l'eau stagnante lors de la germination. Pour ces raisons, l'engrain et l'amidonnié ont persisté en culture, alors que des formes de céréales à grains nus, plus faciles à battre, étaient déjà bien connues au Néolithique, notamment le blé dur (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum* (Desf.) Husn.), le blé tendre (*Triticum aestivum* L. subsp. *aestivum*) et le seigle (*Secale cereale* L.) (Helbaek 1959). Du point de vue botanique, l'engrain et l'amidonnié font partie de la lignée évolutive des blés durs et des blés tendres. L'engrain est diploïde et possède le génome «AA». L'amidonnié est tétraploïde comme le blé dur et partage avec lui le jeu de chromosomes «AABB» (Shewry et Hey 2015).

Comparés au blé tendre, l'engrain et l'amidonnié ont un taux de protéines élevé. Cependant, la composition des protéines, en particulier la proportion entre gluténines et gliadines, sous-unités du gluten, est inversée par rapport au blé tendre (Giacintucci *et al.* 2014). Cette haute proportion de gliadines entraîne des indices de sédimentation Zeleny et de gluten bas impliquant une moindre aptitude à la panification. Ces céréales sont donc majoritairement utilisées pour la confection de pâtes, de bouillies et de biscuits (Moudry 2011).

La culture de l'amidonnié et de l'engrain a été graduellement abandonnée au cours des siècles passés pour laisser place à la production de blé et de seigle, plus productifs et plus simples à transformer (Schwabe 2012). Aujourd'hui, l'amidonnié et l'engrain sont encore cultivés sur des terres agricoles marginales, notamment en Turquie, dans les Balkans, en Espagne, en Allemagne, en France, en Italie et en Suisse (Wieser *et al.* 2009; Marino *et al.* 2009). Toutefois, depuis une trentaine d'années, l'engrain et l'amidonnié connaissent un regain d'intérêt. Agriculteurs et consommateurs s'intéressent non seulement à la rusticité et à l'adaptation de ces plantes à des conditions de faible fertilité, mais aussi au goût particulier et à la bonne digestibilité des produits issus de ces céréales.

Cette expérimentation avait pour objectif de tester l'aptitude à la production dans des conditions de culture suisses d'un choix de variétés locales conservées dans la banque de gènes d'Agroscope à Changins, en parallèle avec des variétés modernes de ces deux céréales. Les résultats ont été comparés avec les performances de variétés de blé tendre et de blé dur dans des conditions de culture identiques. Les essais ont porté en particulier sur les caractéristiques agronomiques, tels le rendement, la verse, la morphologie et la résistance aux maladies.

Résumé ■ Engrain et amidonnié sont des céréales vêtues panifiables, mais largement abandonnées de nos jours. Ce sont des céréales frugales et rustiques, caractérisées par des teneurs élevées en minéraux et autres composants bénéfiques pour la santé. Leur culture est envisageable, mais des connaissances approfondies sur leurs valeurs agronomiques et techniques sont indispensables. Dans ce travail, respectivement sept et onze accessions et variétés enregistrées d'engrain et d'amidonnié ont été testées et comparées avec trois variétés de blé tendre et trois variétés de blé dur. Les résultats montrent que la culture de ces céréales est possible avec certaines variétés si elles sont cultivées avec peu d'azote. Cependant, le niveau de rendement des deux espèces est inférieur par rapport à celui des blés et la verse est un problème pour la culture de l'amidonnié, même à de faibles niveaux de fertilisation azotée.

Matériel et méthodes

Variétés et accessions

Les variétés d'engrain et d'amidonnié testées dans ces essais sont décrites dans le tableau 1. Les variétés locales ont été choisies lors d'un test préliminaire composé de 8 accessions d'engrain et de 37 d'amidonnié, conservées dans la banque de gènes nationale d'Agroscope sur le site de Changins. Le choix s'est basé sur des critères de conformité morphologique, de tolérance à la verse ainsi que sur une bonne résistance aux rouilles brune (*Puccinia recondita*) et jaune (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*).

Semis et conditions de culture

Les essais ont été réalisés en 2014 et 2015 en deux répétitions selon un dispositif en blocs randomisés. Ils ont été semés en parcelles unitaires de 7,1 m² à Changins. Les semis ont été faits avec un semoir Hege (Hege Maschinen, Eging am See, Allemagne). Les essais ont reçu un apport d'azote à 100 unités/ha. Cet apport visait à se rapprocher des niveaux utilisés sur blé, afin d'assurer une comparaison de potentiels. Aucun raccourcisseur ni fongicide n'a été employé. La flore adventice a été contrôlée à l'aide des herbicides Azur ou Artist (les deux de Bayer (Suisse) SA) au début de la saison ainsi qu'Express MAX (DuPont International Operation Sàrl), Apell et Axial One (les deux de Syngenta Agro SA) selon les doses préconisées sur blé par le fabricant. A maturité, les céréales ont été

Tableau 1 | Nom et origine des variétés et accessions d'engrain, d'amidonniér et de blé testées

Nom	Espèce	Nom latin	Origine	Pays
JE 19	engrain	<i>T. monococcum</i> L. subsp. <i>monococcum</i>	variété locale, BGN	Suisse
PRS1	engrain	<i>T. monococcum</i> L. subsp. <i>monococcum</i>	variété locale, BGN	Suisse
T. MONOCOCCUM No 1	engrain	<i>T. monococcum</i> L. subsp. <i>monococcum</i>	variété locale, BGN	Suisse
T. MONOCOCCUM No 5	engrain	<i>T. monococcum</i> L. subsp. <i>monococcum</i>	variété locale, BGN	Suisse
MONLIS	engrain	<i>T. monococcum</i> L. subsp. <i>monococcum</i>	CRA, San Angelo Lodigiano	Italie
MV ALKOR	engrain	<i>T. monococcum</i> L. subsp. <i>monococcum</i>	MTA ATK, Martonvásár	Hongrie
MV MENKET	engrain	<i>T. monococcum</i> L. subsp. <i>monococcum</i>	MTA ATK, Martonvásár	Hongrie
AMIDONNIER	amidonnier	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>dicoccum</i> (Schrank ex Schübler) Thell.	variété locale, BGN	Suisse
DICOCCUM 425	amidonnier	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>dicoccum</i> (Schrank ex Schübler) Thell.	variété locale, BGN	Suisse
FARRO ARISTATO ROSSI	amidonnier	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>dicoccum</i> (Schrank ex Schübler) Thell.	variété locale, BGN	Suisse
MOLISE SEL. COLLI	amidonnier	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>dicoccum</i> (Schrank ex Schübler) Thell.	CRA, Foggia	Italie
PRS 2	amidonnier	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>dicoccum</i> (Schrank ex Schübler) Thell.	variété locale, BGN	Suisse
T. DICOCCUM No 14	amidonnier	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>dicoccum</i> (Schrank ex Schübler) Thell.	variété locale, BGN	Suisse
T 1378 111	amidonnier	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>dicoccum</i> (Schrank ex Schübler) Thell.	variété locale, BGN	Suisse
T 570 527	amidonnier	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>dicoccum</i> (Schrank ex Schübler) Thell.	variété locale, BGN	Suisse
JAKUB	amidonnier	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>dicoccum</i> (Schrank ex Schübler) Thell.	Prometeo, Urbino	Italie
ROSSORUBINO	amidonnier	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>dicoccum</i> (Schrank ex Schübler) Thell.	Prometeo, Urbino	Italie
ZEFIRO	amidonnier	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>dicoccum</i> (Schrank ex Schübler) Thell.	Prometeo, Urbino	Italie
ELSDUR	blé dur	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>durum</i> (Desf.) Husn.	Saatsucht Donau	Autriche
IS PENTADUR	blé dur	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>durum</i> (Desf.) Husn.	Istropol Solary	Slovénie
WINTERGOLD	blé dur	<i>T. turgidum</i> L. subsp. <i>durum</i> (Desf.) Husn.	Südwestdeutsche Saatsucht	Allemagne
SUR EN	blé tendre	<i>T. aestivum</i> L. subsp. <i>aestivum</i>	variété locale, BGN	Suisse
HANSWIN	blé tendre	<i>T. aestivum</i> L. subsp. <i>aestivum</i>	Agroscope, DSP	Suisse
ZINAL	blé tendre	<i>T. aestivum</i> L. subsp. <i>aestivum</i>	Agroscope, DSP	Suisse

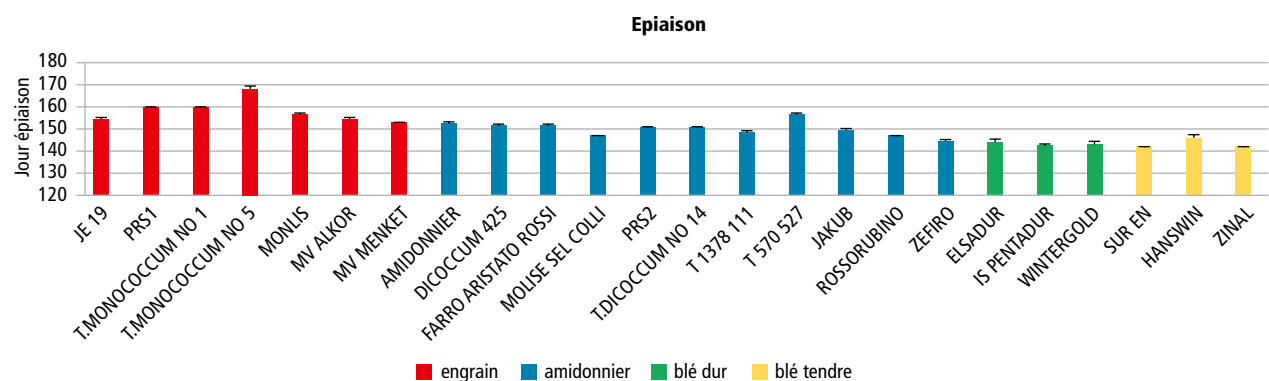
récoltées avec une moissonneuse-batteuse (Wintersteiger, Ried, Autriche).

Observations au champ

Pendant la période de culture, la précocité, la hauteur, la sévérité de la verse ainsi que la présence de maladies (oïdium, rouille jaune et septoriose) ont été notées.

Analyses post-récolte

Après récolte, les échantillons ont été séchés à 13,5% d'humidité. Dans le cas des blés vêtus, le rendement par parcelle a été mesuré avec les glumes. Pour les analyses suivantes, les grains ont été décortiqués avec une décortiqueuse à disque (Mühlenbau Olligschläger, Bad Rappenau-Heinsheim, Allemagne) et une trieuse de la-


Figure 1 | Date d'épiaison moyenne des variétés d'engrain, d'amidonniér et de blé pour l'année 2014.

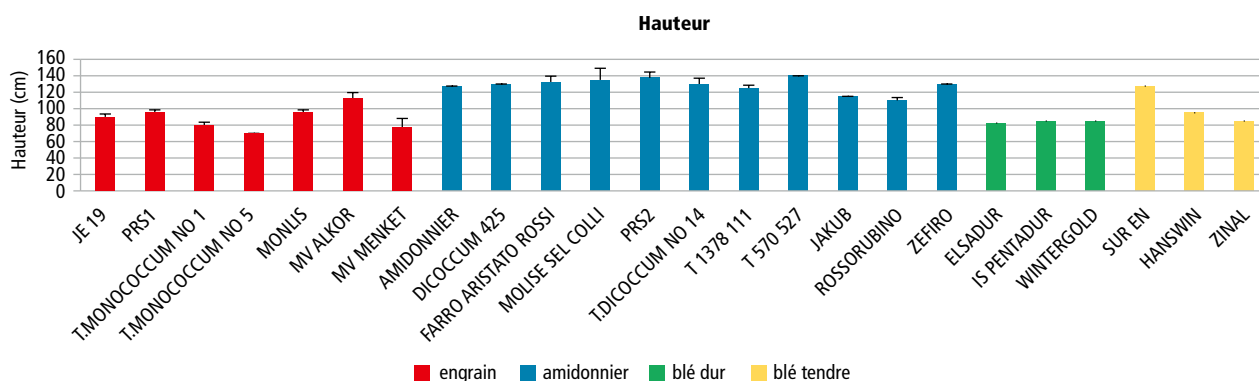


Figure 2 | Hauteur moyenne des variétés d'engrain, d'amidonniér et de blé pour l'année 2014.

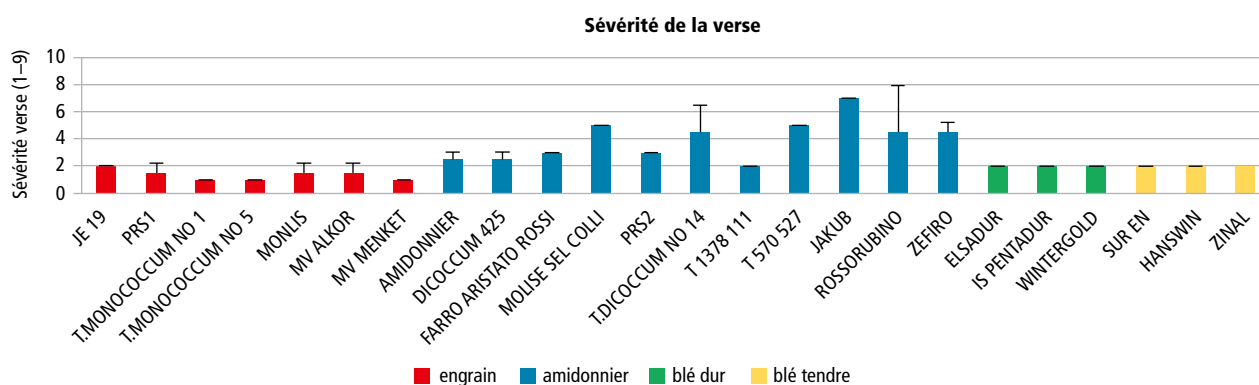


Figure 3 | Sévérité moyenne de la verse chez les variétés d'engrain, d'amidonniér et de blé pour l'année 2014.

boratoire, puis stockés à l'abri de la lumière et de l'humidité à température ambiante. Le poids des mille grains a été déterminé à l'aide d'un analyseur optique (Digital seed Analyser MARVIN; GTA Sensorik, Neubrandenburg, Allemagne).

Gestion des données

Les calculs de rendement par hectare et poids de mille grains ont été effectués avec le logiciel Microsoft® Excel 2013 (Microsoft Inc, Redmond, USA). Le lien entre hauteur et verse a été étudié par des corrélations Spearmans à l'aide du logiciel statistique R (R Core Team 2005).

Résultats

Phénologie et morphologie

La date d'épiaison des variétés de blé tendre et de blé dur de cette étude se situe entre 142 et 148 jours après le 1^{er} janvier (fig. 1). Les amidonniers sont plus tardifs de quelque trois à cinq jours par rapport aux blés, tandis que les engrains ont épié en moyenne encore une semaine plus tard. Cette différence s'est maintenue jusqu'à la moisson (données non présentées ici). Dans

chaque groupe d'espèces, il a été possible d'identifier des différences importantes entre les génotypes. L'accèsion TRITICUM MONOCOCCUM N°5 est particulièrement tardive, tandis que la précocité des variétés modernes d'engrain s'approche de celle des amidonniers. Parmi ces derniers, les accessions MOLISE SELEZIONE COLLI et T1378 111 ainsi que les variétés modernes ROSSORUBINO et ZEFIRO montrent des précocités similaires à celles du blé tendre et du blé dur.

La hauteur des accessions a été mesurée après floraison. La figure 2 montre que les amidonniers ont la taille moyenne la plus élevée (128,4cm). Les engrains mesurent en moyenne 88,6 cm, les blés durs 84,2 cm et les blés tendres 102,5 cm. Ici aussi, des différences significatives caractérisent les génotypes. La variété locale de blé tendre SUR EN dépasse respectivement de 34,2% et de 50% les variétés modernes HANSWIN et ZINAL. Parmi les engrains, les accessions TRITICUM MONOCOCCUM N°1 et N°5 ainsi que la variété MV MENKET sont très courtes, tandis que la variété MV ALKOR affiche une hauteur similaire aux amidonniers les plus courts.

La sévérité de la verse a été notée pendant deux ans sur une échelle de 1 à 5, 1 signifiant absence de verse et 5

verse très sévère. La figure 3 montre que les engrains, les blés durs et les blés tendres ne versent que peu à moyennement avec une sévérité de 2 à 3. Les amidonniers ont en revanche une forte tendance à la verse, surtout la variété JAKUB. Bien que la longueur de la plante montre une forte corrélation avec la sévérité de la verse ($p=0,78$ ($p<0,001$), la variété JAKUB n'est pas la variété la plus longue du lot.

Résistance aux maladies

Les résultats des observations des maladies sont résumés dans le tableau 2. Les observations ont été réalisées sur deux ans profitant d'inoculations naturelles. La couleur verte signifie que le génotype est résistant et le rouge qu'il est sensible. Dans ces essais, les génotypes sont généralement résistants à l'oïdium et aux septorioses sur feuille. Les engrains en particulier montrent un très haut niveau de résistance. La rouille jaune a, quant à elle, infecté des génotypes de toutes les espèces de *Triticum*. L'amidonniér DICOCCUM 425 présente une forte

sensibilité, alors que les autres génotypes sont moyennement infectés. Les variétés d'engrain PRS1 et TRITICUM MONOCOCCUM N°5, les amidonniers DICOCCUM 425, FARRO ARISTATO ROSSI et ZEFIRO ainsi que le blé tendre HANSWIN n'ont pas montré de symptômes de la maladie.

Rendement

Les rendements des amidonniers et des engrains ont été déterminés non décortiqués. Des tests ont montré que les glumes constituent environ 5 à 20% de la masse récoltée (données non présentées). Les rendements de deux ans d'expérimentation sont représentés par des boîtes à moustache (fig. 4). Ce type de graphique permet de présenter les potentiels de rendement ainsi que leur maxima et minima.

En général, le potentiel de rendement de l'amidonniér se situe entre celui de l'engrain et ceux des blés tendres et des blés durs. Parmi les engrains, la variété MONLIS affiche un niveau de rendement élevé, proche de celui

Tableau 2 | Résistance des variétés d'engrain, d'amidonniér et de blé aux maladies sur deux années.

Nom	Espèce	Oïdium	Rouille jaune	Septoria
JE 19	engrain*	Vert	Orange	Vert
PRS 1	engrain	Vert	Vert	Vert
T. MONOCOCCUM No 1	engrain	Vert	Orange	Vert
T. MONOCOCCUM No 5	engrain	Vert	Vert	Vert
MONLIS	engrain	Orange	Orange	Vert
MV ALKOR	engrain	Vert	Orange	Vert
MV MENKET	engrain*	Vert	Orange	Vert
AMIDONNIER	amidonniér	Vert	Rouge	Vert
DICOCCUM 425	amidonniér	Vert	Vert	Vert
FARRO ARISTATO ROSSI	amidonniér*	Vert	Vert	nd
MOLISE SEL. COLLI	amidonniér	Vert	Orange	Vert
PRS 2	amidonniér	Vert	Orange	Vert
T. DICOCCUM No 14	amidonniér	Vert	Orange	Vert
T 1378 111	amidonniér	Vert	Rouge	Vert
T 570 527	amidonniér	Vert	Orange	Vert
JAKUB	amidonniér	Vert	Orange	Vert
ROSSORUBINO	amidonniér	Vert	Orange	Orange
ZEFIRO	amidonniér	Vert	Vert	Vert
ELSADUR	blé dur	Vert	Orange	nd
IS PENTADUR	blé dur	Vert	Orange	nd
WINTERGOLD	blé dur	Vert	Orange	nd
SUR EN	blé tendre	Vert	Orange	nd
HANSWIN	blé tendre	Vert	Vert	Orange
ZINAL	blé tendre	Vert	Orange	Orange

*Observations d'une seule année disponibles

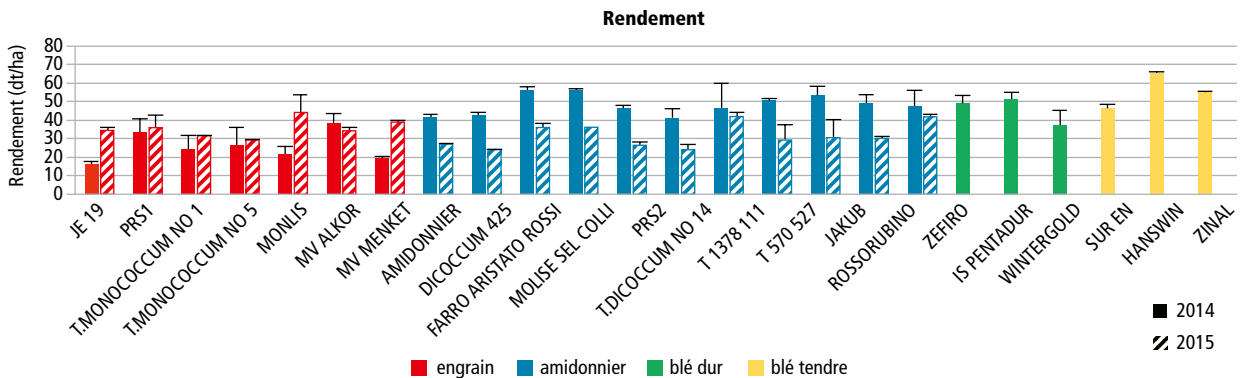


Figure 4 | Rendement moyen des variétés d'engrain et d'amidonniér avec balles et du blé sur deux années.

des amidonniers, tandis que les autres variétés se caractérisent par de grandes fluctuations. La variété MV ALKOR et l'accession PRS1 ont des rendements médians supérieurs à MONLIS et qui fluctuent moins d'une année à l'autre.

Parmi les amidonniers, les plus grands potentiels de rendement sont ceux des accessions FARRO ARISTATO ROSSI et MOLISE SELEZIONE COLLI qui s'approchent de ceux des blés durs. Les variétés modernes JAKUB, ROSSORUBINO et ZEFIRO présentent également un bon rendement. Toutefois, le niveau de rendement des variétés de blé tendre et de blé dur reste supérieur à celui des amidonniers, à l'exception de la variété de blé dur WINTERGOLD, dont le rendement est plutôt faible.

Poids de mille grains

Le poids de mille grains (PMG) donne une indication sur la qualité du rendement en mesurant la taille et la densité des grains. Sur la figure 5, les poids de mille grains présentent une assez grande variabilité tant entre les variétés qu'entre les deux années d'observation. En général, toutes les variétés locales des trois espèces ainsi que

tous les engrains ont un très faible poids de mille grains, à l'exception des amidonniers MOLISE SELEZIONE COLLI et T570 527.

Discussion

La mise en culture de l'engrain et de l'amidonniér nécessite des informations supplémentaires sur les valeurs agronomiques et techniques des variétés actuellement disponibles. Par rapport au blé tendre et au blé dur, les céréales vêtues ont des niveaux de rendement inférieurs. Certes, les variétés modernes des deux espèces affichent un potentiel de rendement supérieur par rapport aux variétés anciennes, pouvant aller jusqu'à 10,7% de récolte en plus dans les conditions à faibles intrants. Cependant, même dans ces conditions, l'amidonniér a une forte tendance à la verse. Avec des apports moyens d'azote, la taille des amidonniers est excessive malgré des différences génétiques de tolérance. Des efforts supplémentaires de sélection sont nécessaires pour stabiliser les plantes et plus particulièrement pour rendre les tiges plus stables. L'utilisation des gènes de nanisme *rht*,

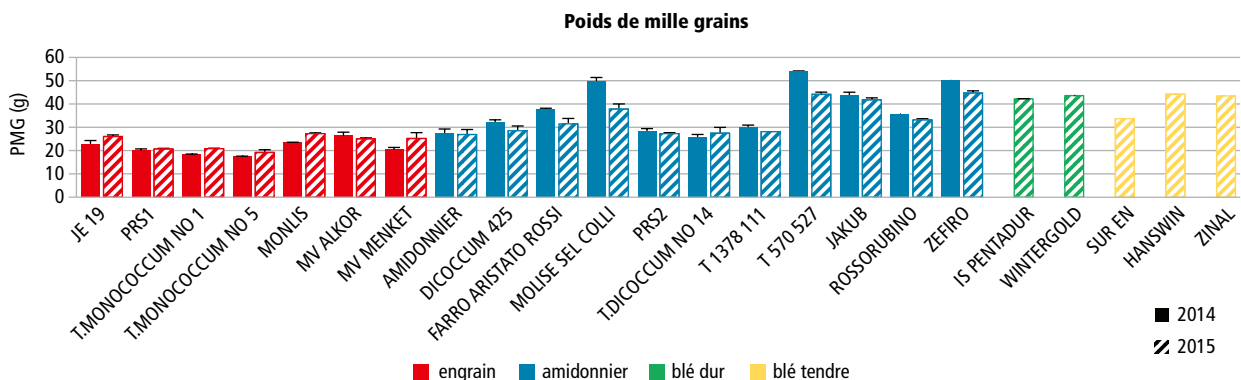


Figure 5 | Poids de mille grains moyen des variétés d'engrain, d'amidonniér et de blé pour les années 2014 et 2015. Pas de données disponibles pour Elsador (ND).

déjà déployés pour réduire la taille des blés tendres et durs, peut être une option (Cormier *et al.* 2016). De telles interventions ponctuelles d'amélioration doivent bien entendu préserver la rusticité et la qualité gustative. Un croisement initial avec un blé dur court devrait être suivi de backcross sur amidonniér pour conserver ces qualités originelles.

Malgré une présélection des génotypes, la rouille jaune, provoquée par *Puccinia striiformis*, a été détectée dans les essais. Il est à noter que la rouille jaune a autant frappé les engrains et les amidonniers que les variétés modernes. Il s'agit d'une nouvelle race, portant la virulence WAR-RIOR, apparue en Europe en 2013 (Hovmøller *et al.* 2015). Nos tests ont montré qu'une mise en culture de l'engrain et de l'amidonniér est possible avec certaines variétés, y compris avec des variétés locales récupérées dans une banque de gènes. Ces céréales doivent être cultivées avec peu d'azote; elles pourraient être une option dans certaines situations marginales à faible fertilité et à faible intrant et chaque fois que l'originalité du produit

peut trouver un marché de diversification suffisamment rémunérateur pour le producteur. Les analyses rhéologiques de la pâte et des tests en boulangerie feront l'objet d'une publication future.

Conclusions

- Bonne aptitude à la culture dans les conditions suisses de variétés d'engrain et d'amidonniér locales et modernes.
- Ces céréales mineures se prêtent à une production dans des régions marginales et peu fertiles.
- Le potentiel de rendement de l'engrain et de l'amidonniér est inférieur aux potentiels du blé tendre et du blé dur selon le régime de fumure choisi ici.
- Les variétés ont une bonne résistance envers les maladies à l'exception de la rouille jaune.
- Pour être rentable, le prix de la céréale doit être plus que deux fois supérieur à celui du blé dur et du blé tendre. ■

Riassunto ■ Idoneità del farro dicocco e del piccolo farro alla coltivazione

Il farro dicocco e il piccolo farro (monococco) sono dei cereali vestiti panificabili la cui coltivazione è stata quasi del tutto abbandonata al giorno d'oggi. Si tratta di cereali frugali e rustici, caratterizzati da tenori elevati di minerali e altre componenti benefiche per la salute. La coltivazione di questi due cereali è concepibile, ma sono indispensabili conoscenze approfondite relative ai loro valori agronomici e alle appropriate tecniche di coltivazione. In questo studio, rispettivamente sette e undici accessioni e varietà di farro dicocco e monococco sono state testate e confrontate con tre varietà di frumento e tre varietà di grano duro. I risultati dimostrano che la coltivazione di questi cereali è possibile per determinate varietà se sono coltivate con poco azoto. Ciononostante, il rendimento delle due specie è inferiore rispetto a quello dei grani e l'allettamento è un problema importante per la coltura di farro dicocco, anche a bassi livelli di fertilizzazione azotata.

Summary ■ Aptitude of emmer and einkorn varieties for cultivation

Though suitable for breadmaking, einkorn and emmer wheat are hulled grains that are nowadays largely neglected. These cereals are frugal and robust and characterised by high levels of minerals and other elements beneficial for health in the grain. Cultivation of these cereals is feasible, but in-depth knowledge of their agronomic and technical values is indispensable. In this paper, seven and eleven registered accessions and varieties of einkorn and emmer wheat, respectively, were tested and compared with three varieties of soft wheat and three of durum wheat. The results show that the cultivation of certain varieties of these cereals is possible if they are grown with little nitrogen. Nevertheless, yield levels for these two species are lower than those of wheat varieties, and lodging is a problem in emmer wheat cultivation, even with low levels of nitrogen fertilisation.

Key words: hulled cereals, varietal performances, lodging, yield.

Bibliographie

- Akeret Ö., 2005. Plant remains from a Bell Beaker site in Switzerland, and the beginnings of *Triticum spelta* (spelt) cultivation in Europe. *Veget Hist Archaeobot* 4, 279–286.
- Cormier F., Foulkes J., Hirel B., Gouache D., Moëne-Loccoz Y. & Le Gouis J., 2016. Breeding for increased nitrogen-use efficiency: a review for wheat (*T. aestivum* L.). *Plant Breeding* 35 (3), 255–278.
- Giacintucci V., Guardoño L., Puig A., Hernando I., Sacchetti G. & Pittia P., 2014. Composition, protein contents and microstructural characterisation of grains and flours of emmer wheats (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) of the central Italy type. *Czech J. Food Sci.* 32, 115–121.
- Helbaek, H., 1959. Domestication of Food Plants In the Old World: Joint Efforts by Botanists and Archeologists Illuminate the Obscure History of Plant Domestication, *Science* 30 (3372), 365–372.
- Hovmöller M.S., Walter S. & Bayles R., 2015. Replacement of European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region. *Plant Pathology* 65 (3), 402–4.
- Marino S., Tognetti R. & Alvino A., 2009. Crop yield and grain quality of emmer populations grown in central Italy, as affected by nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy* 3, 233–240.
- Miedaner T. & Longin F., 2012. Unterschätzte Getreidearten Einkorn, Emmer, Dinkel & Co. Agrimedia Verlag, 7–30.
- Moudry J., Konvalina P., Stehno Z., Capouchová I. & Moudry Jr., 2011. Ancient wheat species can extend biodiversity of cultivated crops. *Scientific Research and Essays* 6 (20), 4273–428.
- Nesbitt M. & Samuel D., 1996. From staple crop to extinction? The archaeology and history of the hulled wheat. In: Padulosi S, Hammer K, Heller J (eds) Hulled wheats, promoting the conservation and used of underutilized and neglected crops. IPGRI, Rome, 40–99.
- Shewry P.R. & Hey S., 2015. Do «ancient» wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components? *Journal of Cereal Science* 65, 236–243.
- Schwabe I., 2012. Landwirtschaft und biologische Vielfalt Einkorn, Emmer und Dinkel – alter Weizen neu erforscht. Ed. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Wieser H. & Mueller K.-J., Koehler P., 2009. Studies on the protein composition and baking quality of einkorn lines. *European Food Research Technology* 229 (3), 523–532.
- Zapata, L. & Peña-Chocarro L., 2005. L'agriculture néolithique de la façade atlantique Européenne. Unité et diversité des processus de néolithisation sur la façade atlantique de l'Europe (6e-4e millénaires avant J.-C.). *Bulletin de la Société Préhistorique Française Mémoire XXXVI*, 89–99.