

10. Associations variétales

G. Jacquemin¹, R. Meza¹, E. Escarnot², S. Gofflot³, G. Sinnaeve³ et R. Lambert⁴

1	Association variétale en escourgeon, une solution aux profils déséquilibrés des escourgeons actuels.....	2
1.1	Essais mis en place	2
1.2	Résultats.....	4
1.2.1	Comparaison des rendements	4
1.2.2	Evaluation des coûts.....	7
1.3	Conclusions et perspectives	8
2	Associations variétales en épeautre	10
2.1	Introduction	10
2.2	Conditions environnementales	10
2.3	Protocole expérimental.....	11
2.4	Résultats.....	12
2.4.1	Comportement agronomique	12
2.4.2	Production	14
2.4.3	Qualité boulangère.....	15
2.5	Conclusion	17

¹ CRA-W – Dpt Productions et filières – Unité Stratégies phytotechniques

² CRA-W – Dpt Science du Vivant – Unité Amélioration des espèces et biodiversité

³ CRA-W – Dpt Valorisation des productions – Unité Technologies de la transformation des produits

⁴ Centre de Michamps ASBL

1 Association variétale en escourgeon, une solution aux profils déséquilibrés des escourgeons actuels

G. Jacquemin⁵, R. Meza⁵

La variété parfaite n'existe pas, c'est bien connu. C'est particulièrement vrai en escourgeon ces dernières années. La culture doit actuellement faire face à un retour en force de la rouille naine, au développement de souches d'helminthosporiose peu contrôlées par les fongicides ainsi qu'au retrait des néonicotinoïdes.

Sans ces insecticides et dans les régions fortement infestées par les pucerons, les agriculteurs se tournent vers des variétés présentant une tolérance au virus de la jaunisse nanisante. Cette tolérance est efficace mais les variétés qui en disposent présentent encore d'importants défauts quant aux autres caractères agronomiques.

Le mélange de plusieurs variétés aux profils contrastés pourrait apporter une solution à ces profils incomplets en permettant d'associer les avantages de diverses variétés. En escourgeon, des essais sont mis en place au CRA-W depuis deux ans afin d'évaluer le potentiel de tels mélanges.

1.1 Essais mis en place

L'évaluation porte actuellement sur deux saisons culturales, une troisième est en cours. Durant chacune de ces saisons, 5 essais ont été implantés (Tableau 10.1). Trois essais se différenciant par l'intensité de leur protection et par leur fumure sont annuellement réalisés sur Gembloux. Un quatrième est suivi en Hesbaye liégeoise et un dernier en Condroz. Les précédents culturaux sont variables. Les fumures sont adaptées, d'une part, au reliquat azoté mesuré, et d'autre part, à l'intensité de la conduite culturale.

⁵ CRA-W – Dpt Productions et filières – Unité Stratégies phytotechniques

Tableau 10.1 – Phytotechnie des 10 essais réalisés.

Année	2017					2018				
N° essai	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 6	Essai 7	Essai 8	Essai 9	Essai 10
Localité	Gembloux			Waret	Scy	Gembloux			Acosse	Terwagne
Région agricole	Hesbaye				Condroz	Hesbaye				Condroz
Précédent cultural	Lin			Froment d'hiver	Epeautre	Froment d'hiver			Chicorée	Lin
Date de semis	29-sept			28-sept	29-sept	26-sept			03-oct	16-oct
Nombre de traitements fongicides	0	1	2	2	1	0	1	2	1	1
Nombre de traitement antiverse	0	1	2	2	1	0	1	2	1	1
Nombre de traitements insecticides	2	2	2	1	0	1	1	1	1	0
Fumure (unité d'azote)	80	120	120	103	90	130	160	160	148	156

Deux mélanges ont été choisis, comportant chacun un couple de variétés (Tableau 10.2). L'hypothèse de départ était que l'on puisse réduire l'impact des maladies sur une variété très productive mais très sensible en lui associant une variété tolérante. La variété sensible pourrait dès lors mieux valoriser son potentiel. En outre, l'idée d'une réduction possible de la sensibilité à la verse était également en question. C'est par rapport à ces hypothèses que les mélanges ont été constitués.

Le premier dénommé **ATM** (Association Tonic-Monique) comportait 50% de semences d'une variété sensible aux maladies et à potentiel de rendement très élevé : **KWS Tonic** et 50 % d'une variété tolérante aux maladies mais légèrement sensible à la verse et à rendement moyen : **Monique**.

Le second mélange **ABV** (Association Bazooka-Veronika) était constitué d'une variété très tolérante **LG Veronika** et d'une variété moyennement sensible **Bazooka**. Dans le même temps, ce mélange répondait à une autre question : est-il profitable d'associer une variété hybride avec une lignée ? Il était constitué de 20% d'une variété hybride **Bazooka** et de 80% d'une lignée très tolérante aux maladies : **LG Veronika**.

Au sein de ces deux mélanges, les deux variétés présentent une précocité similaire. Le couple **ATM** est de type demi-précoce alors qu'**ABV** est plus tardif.

10. Association variétale en escourgeon

Tableau 10.2 – Profil des variétés constitutives des 2 associations testées.

	ATM		ABV	
	Monique	KWS Tonic	Bazooka	LG Veronika
	Lignée	Lignée	hybride	Lignée
Résistance à la verse	+/-	++	+	++
Résistance aux maladies foliaires	+	--	+	++
Potentiel de rendement	+	++	++	+
Précocité	Demi-précoce	Demi-précoce	Demi-tardive	Demi-tardive

1.2 Résultats

1.2.1 Comparaison des rendements

Les rendements moyens obtenus par essai sont conformes à ceux observés dans la pratique. Ils sont à mettre en relation avec les saisons, les régions et les conduites culturales. Pour rappel, l'année 2017 fut favorable aux escourgeons tandis que 2018 s'est avérée être une très mauvaise année principalement en raison de la taille très réduite des épis qui trouve son origine dans les accidents climatiques de la sortie d'hiver (LB septembre 2018). La forte pression d'helminthosporiose et de rouille naine sont également à l'origine des faibles rendements obtenus dans l'essai n°6. Les coefficients de variation (C.V.) obtenus pour chacun des essais sont faibles ce qui démontre une bonne homogénéité et un bon niveau de fiabilité des essais (Tableau 10.3).

Tableau 10.3 – Rendements (kg/ha) obtenus pour les variétés pures et pour les mélanges.

	2017					2018				
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 6	Essai 7	Essai 8	Essai 9	Essai 10
	Gembloux			Waret	Scy	Gembloux			Acosse	Terwagne
Bazooka	9 716	11 180	11 222	10 855	9 512	7 185	8 239	8 870	8 647	8 806
KWS Tonic	8 215	10 904	10 942	11 064	9 350	5 766	7 590	8 175	9 273	9 063
Monique	9 405	10 697	11 465	10 438	9 261	7 108	8 339	9 067	9 138	8 466
LG Veronika	9 586	10 897	10 849	9 989	8 840	7 231	8 522	9 446	8 669	9 142
ATM	9 503	11 133	11 020	11 067	8 924	6 562	8 483	8 828	9 209	9 286
ABV	9 576	10 906	11 111	10 224	9 536	7 342	8 895	9 321	8 606	9 107
Coefficient de variation de l'essai (%)	4,8%	3,5%	3,2%	4,6%	5,4%	6,2%	5,5%	5,8%	3,2%	4,5%
Moyenne des 4 variétés	9 230	10 920	11 120	10 586	9 241	6 823	8 173	8 890	8 932	8 869

Avant de pouvoir poursuivre l'analyse et afin de pouvoir comparer les rendements de la variété hybride Bazooka avec les lignées, il est nécessaire de soustraire le surcoût engendré par le prix des semences. Le calcul est résumé dans le Tableau 10.4. Pour l'année 2017, ce surcoût exprimé en kg/ha était de 550. Pour 2018, vu l'augmentation des prix de ventes, il fallait une

quantité moindre pour compenser le surcoût (400 kg/ha). Le mélange ABV contenant 20% de Bazooka, le rendement a également été pondéré en lui soustrayant 110 et 80 kg/ha respectivement pour 2017 et 2018.

Tableau 10.4 – Calcul des rendements pondérés.

Pondération des hybrides par la prise en considération du surcoût des semences			
Année	2017	2018	
Surcoût des semences par hectare (€)	75	75	
Prix de Vente à la tonne lors de la récolte (€)	135	185	
Surplus de rendement nécessaire (Kg/ha)	550	400	

Rendement modifié par la pondération pour la variété hybride et le mélange la comprenant (à 20%)										
Bazooka	9 166	10 630	10 672	10 305	8 962	6 785	7 839	8 470	8 247	8 406
ABV	9 466	10 796	11 001	10 114	9 426	7 262	8 815	9 241	8 526	9 027

Les rendements relatifs (Tableau 10.5) sont exprimés par rapport à la moyenne des 4 variétés cultivées seules. Les minima observés sont 93 et 86 % pour les variétés sensibles aux maladies que sont **Bazooka** et **Tonic**. Les rendements minimaux sont meilleurs (97% et 96%) pour **Monique** et **LG Veronika** de par leurs tolérances aux maladies. Pour les mélanges, on pourrait s'attendre à des rendements minimaux intermédiaires mais les minima obtenus sont de 98% pour ATM et 97% pour ABV soit plus élevés que les meilleures lignées cultivées seules.

Tableau 10.5 – Rendements relatifs obtenus par rapport à la moyenne des 4 variétés cultivées seules.

	2017					2018					Moyenne
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 6	Essai 7	Essai 8	Essai 9	Essai 10	
Bazooka	101	99	97	99	98	101	97	96	93	96	97,7
KWS Tonic	90	101	100	106	103	86	94	93	105	103	98,1
Monique	103	99	104	100	102	106	103	103	103	97	102,1
LG Veronika	105	101	99	96	97	108	106	107	98	104	102,1
ATM	105	103	100	106	98	98	105	100	104	106	102,5
ABV	104	100	100	97	104	108	109	105	97	103	102,7

Les rendements obtenus par les mélanges sont à comparer avec les rendements attendus des 2 variétés cultivées seules. Pour le mélange **ATM**, le rendement attendu est la moyenne arithmétique de ces deux composants (50% de **KWS Tonic** + 50% de **Monique**), pour **ABV** c'est une moyenne pondérée (20% de **Bazooka** + 80% de **LG Veronika**).

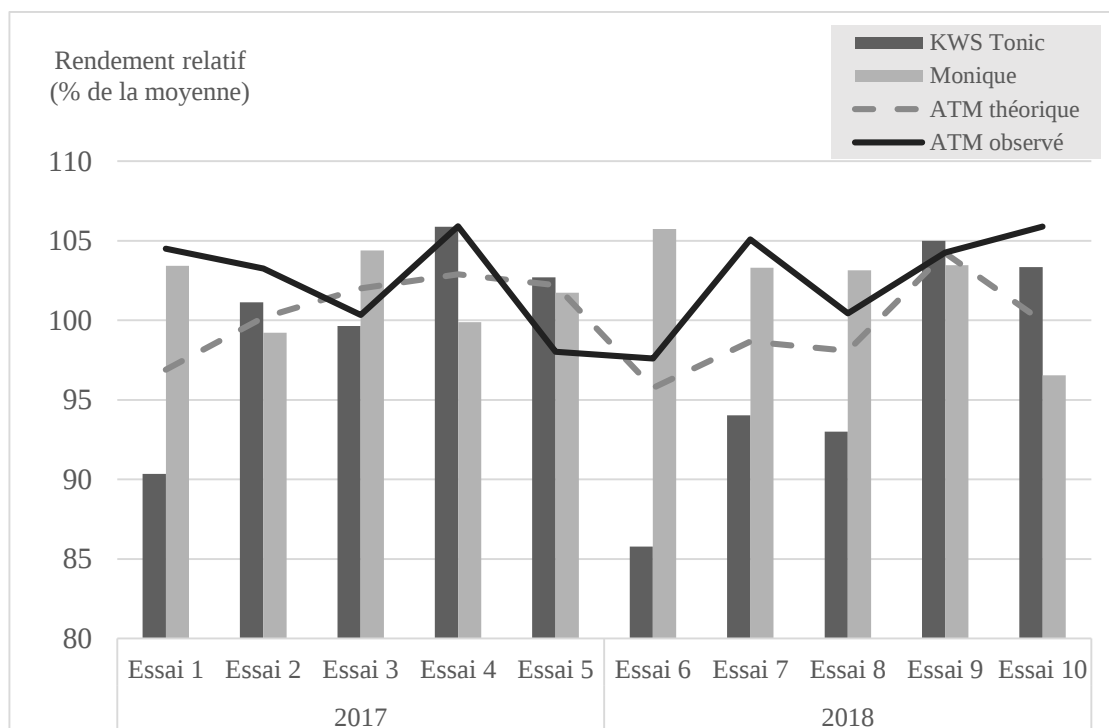


Figure 10.1 – Rendements obtenus par le mélange ATM vis-à-vis de ses composants.

Les rendements obtenus par le mélange ATM sont à 8 reprises supérieurs aux rendements attendus sur l'ensemble des 10 essais (Figure 10.1). Dans 5 essais, ces rendements sont même supérieurs à ceux obtenus par la meilleure variété cultivée seule. Durant l'année 2018 qui a été marquée par une forte pression de maladies, le rendement obtenu par le mélange est, à chaque reprise, supérieur au rendement attendu. Cette meilleure valorisation de l'association semble confirmer un effet protecteur de la variété tolérante Monique qui, cultivée seule, affiche des résultats bien supérieurs à son partenaire KWS Tonic. A contrario, dans l'essai 10 situé à Terwagne, la pression de maladies était nettement plus faible. La verse, par contre, était bien présente sur l'essai, et ce, dès le début juin. C'est donc fort logiquement que Monique affiche des résultats bien en-deçà de ceux obtenus par KWS Tonic bien plus résistant à la verse. Là aussi, le résultat du mélange est très intéressant. Dans le mélange, KWS Tonic a préservé Monique de la verse qui n'a donc pas eu à déplorer de perte de rendement. L'année 2018 a donc permis de mettre en évidence deux avantages possibles des mélanges étudiés.

Un troisième avantage réside dans la stabilité que semblent offrir les mélanges testés. Sur l'ensemble des essais, les rendements du mélange ATM ne sont inférieurs à la meilleure variété que de 1,3 % mais sont supérieurs à la moins bonne de 6,2%. L'effet mélange permet d'amortir les contre-performances de l'une des variétés qui le composent.

Le rendement obtenu par le mélange **ABV** est également supérieur au rendement attendu dans la moitié des cas et lui est similaire pour les autres essais (Figure 10.2). Sur l'ensemble des 10 situations, le rendement obtenu est supérieur au rendement attendu de 1,4 %. Là aussi, l'année 2018 a favorisé la variété la plus tolérante, dans ce cas, **LG Veronika**. Vu sa prépondérance dans le mélange (80%), il est logique que les rendements d'**ABV** se rapprochent plus de ceux obtenus par la lignée que par l'hybride. Cependant, l'utilisation de 20% de **Bazooka** permet

d'augmenter en moyenne le rendement de 145 kg/ha. Ce n'est pas énorme surtout si l'on tient compte du surcoût des semences. Cependant, il faut savoir que les deux années d'essais 2017 et 2018 n'ont pas été favorables aux hybrides contrairement à la saison 2016. Les hybrides valorisent bien les terres pauvres et/ou à mauvaise structure. Or, ce type de terre n'est pas privilégié pour l'implantation des essais du réseau (Livre Blanc de Septembre 2017).

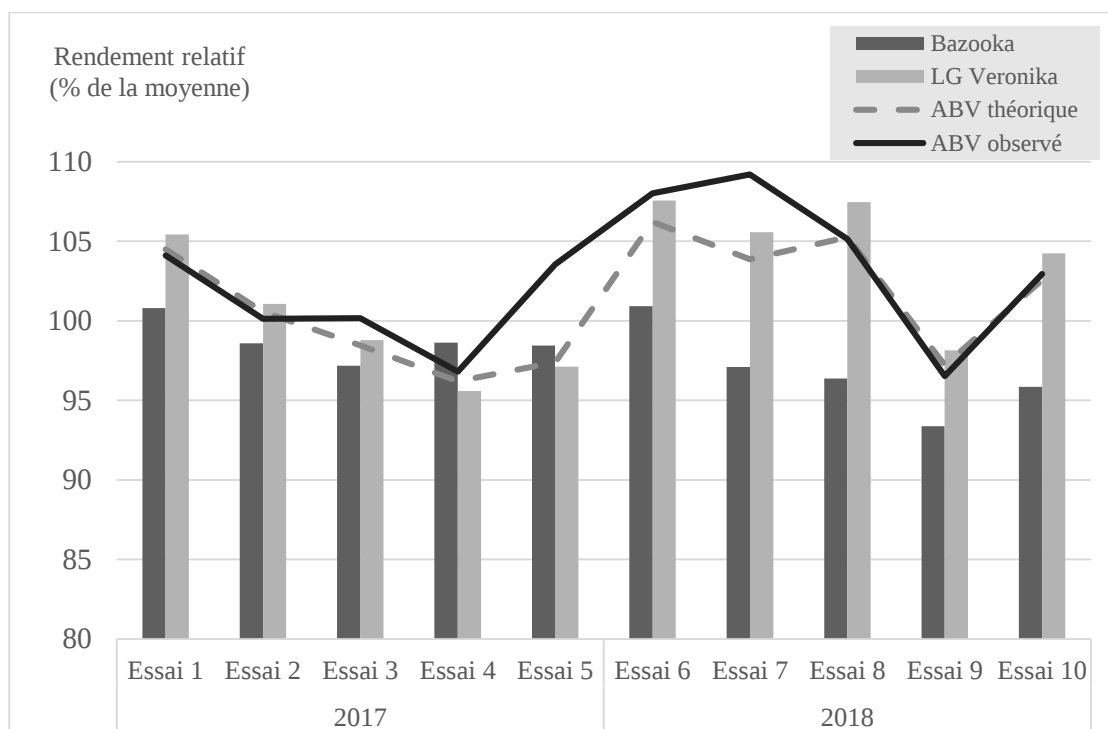


Figure 10.2 – Rendements obtenus par le mélange ABV vis-à-vis de ses composants.

1.2.2 Évaluation des coûts

D'un point de vue économique, sur l'ensemble des 10 essais, les mélanges auraient permis de gagner en moyenne aux alentours de 35 € par hectare de plus que la moyenne des 4 variétés cultivées seules. Ces calculs prennent en considération un prix de vente de l'escourgeon de 135€/T en 2017 et de 185€/T en 2018.

Si l'on exclut les 2 essais non traités qui s'éloignent de la pratique (essai 1 et 6), l'avantage du mélange ATM s'accroît encore pour atteindre 45 €/ha (Figure 10.3). Cette somme est largement suffisante pour compenser le surcoût de travail que constitue le mélange des sacs de semences.

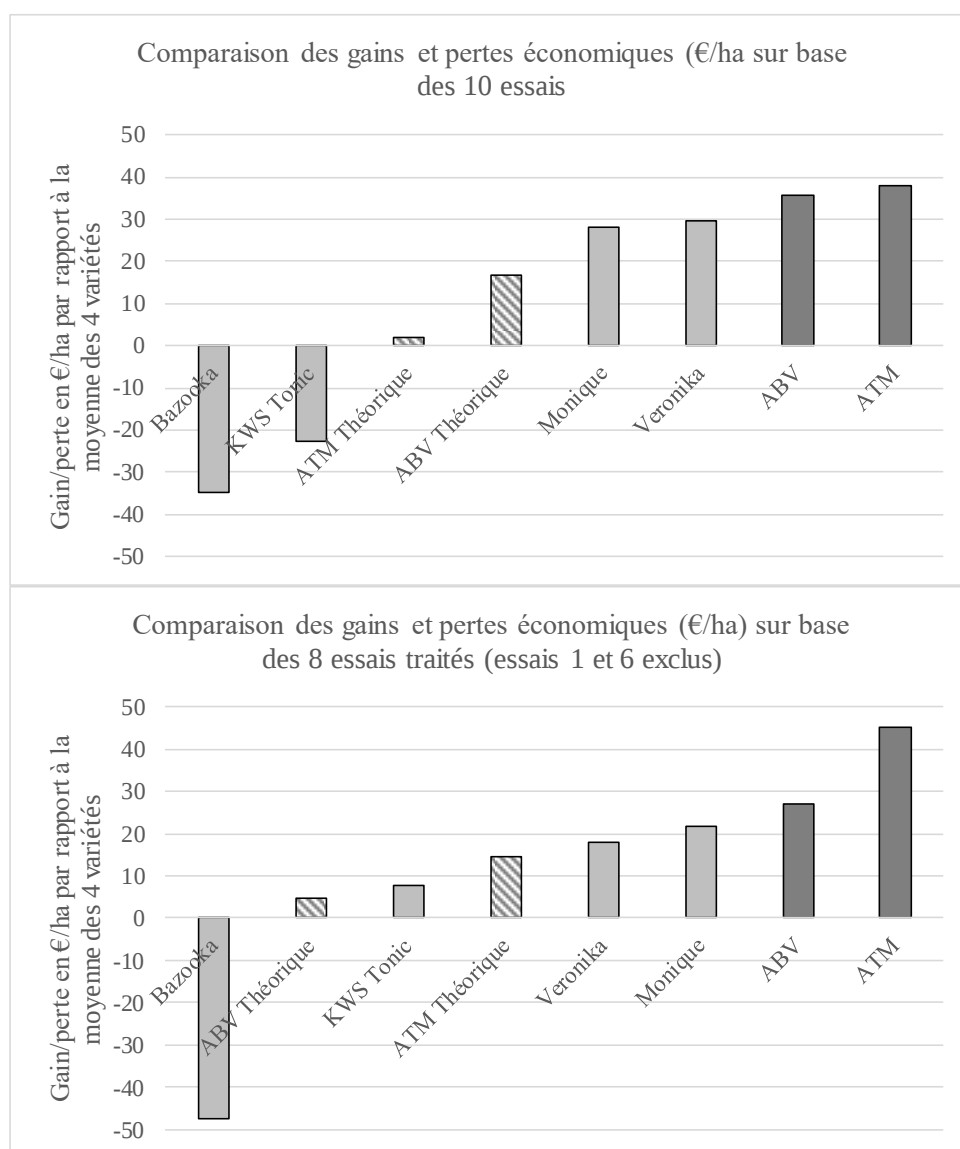


Figure 10.3 – Bilan économique des mélanges et de leurs composants par rapport à la moyenne des 4 témoins.

1.3 Conclusions et perspectives

Les résultats de cette étude plaident en faveur des mélanges. Par le passé pourtant, des essais de mélanges avaient déjà été réalisés en froment et en épeautre. Les résultats étaient nettement plus partagés et bien moins probants. Dans ces cultures, les différences entre variétés sont plus faibles. La sélection est plus aboutie et les variétés commercialisées n'ont généralement pas de gros défauts.

En escourgeon, la situation est différente de par la présence sur le marché de nombreuses variétés déséquilibrées. Les variétés plus anciennes subissent depuis 6-7 ans, un accroissement de la pression de la rouille naine et de la ramulariose auxquelles elles n'étaient pas préparées. L'helminthosporiose, de retour en 2018, n'est plus contrôlée efficacement par les fongicides.

En outre, avec le retrait des néonicotinoïdes, les variétés disposant des gènes de tolérances à la JNO sont devenues incontournables dans certaines régions. Pourtant, ces variétés restent actuellement plus sensibles aux maladies et à la verse par rapport aux autres variétés. Une des clefs de la réussite d'un mélange en escourgeon comme pour d'autres céréales est de réfléchir le choix des variétés composant ce mélange. Toutes les associations ne sont pas favorables, loin de là. Nous avons opté pour des variétés à précocité similaire mais qui sont le plus complémentaires possible pour ce qui est des tolérances aux maladies et à la verse. D'une façon globale, il semble que les mélanges soient d'autant plus performants que les variétés qui les composent diffèrent entre elles.

Cette étude ouvre de nouvelles perspectives et des questions restent encore en suspens :

- est-il plus intéressant d'utiliser un mélange plus complexe composé de plus de 2 variétés? Certaines études sont en cours à l'Université de Liège (Gembloux Agro-Bio Tech) et pourraient permettre de statuer sur ce point.
- peut-on utiliser le produit de la récolte du mélange pour le semer l'année suivante ? Pour répondre à cette question il faudra intégrer à la réflexion le type de mélange (avec ou sans hydride), les PMG des variétés qui le composent et bien sûr les conditions de cultures qui influenceront la sélection des variétés au cours du temps.

Les essais vont se poursuivre et cette année, une nouvelle association a été ajoutée aux deux autres, il s'agit des deux variétés JNO tolérantes **Rafaela** et **LG Zebra**. S'il s'avère que cette association fonctionne aussi bien que les deux autres, ce couple pourrait constituer une réponse aux problèmes actuels rencontrés par ces variétés tolérantes JNO.

2 Associations variétales en épeautre

E. Escarnot⁶, S. Gofflot⁸, R. Meza⁷, et G. Sinnaeve⁸ et R. Lambert⁹

2.1 Introduction

Considérées sur plusieurs années, les associations variétales sont réputées permettre une stabilisation du rendement, mettre en place des effets de compensation entre les variétés et réduire la pression de maladies ou de ravageurs.

Elles contribueraient, en outre, à limiter le contournement d'une résistance variétale et elles aident également à accroître la biodiversité cultivée.

Afin d'évaluer l'intérêt de cette pratique en épeautre, un essai combinant trois variétés et leurs associations binaires et ternaires en proportions égales pour chaque variété a été mené à Gembloux durant trois années : 2016, 2017 et 2018. Les trois associations binaires sont Cosmos et Sérénité, Cosmos et Zollernspelz, Zollernspelz et Sérénité et la ternaire est composée des trois variétés.

2.2 Conditions environnementales

Les trois années culturales ont été très fortement contrastées par les conditions météorologiques subies et leurs conséquences sur le développement de la culture et des maladies.

La saison 2015-2016, après un hiver doux ayant entraîné le développement des maladies de la culture, a été particulièrement marquée par une pluviométrie importante et un niveau d'insolation extrêmement faible aux mois de mai et de juin. Par conséquent, la pression des maladies a été très forte, la verse a pu s'observer sur les cultures, et les rendements furent très faibles.

La saison 2016-2017 contraste avec la précédente. Les événements météorologiques marquant cette saison sont le coup de froid de début mai touchant certaines variétés, un déficit hydrique de février à juin et un phénomène d'échaudage fin juin ayant toutefois peu de conséquences pour les cultures situées à Gembloux. Finalement, 2017 fut une bonne année culturale pour cet essai mis en place sur les terres gembloutoises, elle a été caractérisée par des rendements élevés

⁶ CRA-W – Dpt Science du Vivant – Unité Amélioration des espèces et biodiversité

⁷ CRA-W – Dpt Productions et filières – Unité Stratégies phytotechniques

⁸ CRA-W – Dpt Valorisation des productions – Unité Technologies de la transformation des produits

⁹ Centre de Michamps ASBL

et une faible pression de maladies.

Pour la saison 2017-2018, l'importante pluviométrie hivernale a permis de reconstituer les réserves en eau mais la sécheresse de mai et juin fut très importante. A partir du mois d'avril des températures supérieures aux normales furent enregistrées. La culture s'est développée de façon habituelle jusqu'au mois de mai puis le rythme de développement s'est accéléré. La pression de maladies fut moyenne pour cette saison avec la présence de rouille jaune au mois de mai et de rouille brune au mois de juin, cette dernière ayant été favorisée par les températures élevées des mois de mai et juin. En dépit de la sécheresse et de la chaleur, les rendements furent bons dans des sols profonds tels qu'à Gembloux.

2.3 Protocole expérimental

En 2015, les trois variétés d'épeautre alors disponibles sur le marché belge ont été choisies pour leur complémentarité et leur compatibilité dans l'association : Cosmos (C), Zollernspelz (Z) et Sérénité (S). Cosmos souffre d'une sensibilité à la rouille jaune depuis plusieurs années suite au contournement de sa résistance, Zollernspelz est plutôt sensible à la rouille brune tandis que Sérénité, la variété la plus récente du panel, ne présente pas de sensibilité particulière aux maladies du feuillage. Leurs caractéristiques de précocité et de hauteur permettaient une association entre elles.

Les essais ont été conduits sous un mode de culture à très faible intrants. Ils ont été semés au début du mois d'octobre à une densité de 200 à 250 grains/m² selon les années. La fertilisation azotée correspond au niveau Azobil pour épeautre duquel 60 kg N/ha ont été retirées. La méthode Azobil permet d'estimer les besoins de la culture en azote sur base de plusieurs facteurs : le reliquat du sol en azote à la sortie de l'hiver, les caractéristiques du sol (teneur en argile, en sable, en calcaire en matière organique...), l'histoire culturale de la parcelle et le rendement escompté. Un désherbage chimique a été appliqué à l'automne et au printemps selon la flore adventice présente (Tableau 10.6).

Tableau 10.6 – Détails des applications d'herbicides pour les essais de 2016, 2017 et 2018.

Année culturale	Date d'application	Produit et dose
2016	5/11/2015 1/04/2016	Baccara 0,8 L/ha + Axial 0,6 L/ha Atlantis 300 g/ha + Primus 75 mL/ha + Actirob 1L/ha
2017	17/5/2017 22/05/2017	Caméo 45 g/ha + Chamtil 1,5 L/ha Primus 250 mL/ha + Atlantis 300 g/ha + Actirob 1L/ha
2018	22/11/17 09/04/2018	Baccara 0,8L/ha + Axial 0,5 L/ha Atlantis 300 g/ha + Primus 100 mL/ha + Actirob 1L/ha

Les essais n'ont pas bénéficié d'un traitement fongicide, ni d'un régulateur de croissance. Un traitement insecticide a été réalisé en cas de nécessité en 2018 en raison de la présence de cécidomyie orange.

Les cotations de comportement agronomique ont été réalisées lorsque les pressions de maladies

et les accidents survenus au cours de la saison le permettaient : la septoriose en 2016, la rouille brune les trois années, la rouille jaune en 2016 et 2018, la verse en 2016. La cotation de sensibilité aux maladies prend en compte l'incidence et la sévérité des symptômes. La verse est cotée selon la méthode de Rixhon et Parmentier qui prend en compte le pourcentage de surface de la parcelle versée et l'angle d'inclinaison des tiges. Les cotations sont exprimées sur une échelle de sensibilité de 1 à 9 (1 étant la cote la plus favorable et 9 la cote la plus défavorable) pour les maladies et la verse. L'état sanitaire global de la parcelle en 2016 et 2018 correspond à la proportion de partie verte du feuillage des plantes (cotation de 1 à 9) ; plus la cote est élevée, plus le feuillage des plantes de la parcelle est vert. La hauteur et la date d'épiaison ont été relevées chaque année.

Les analyses technologiques présentées sont celles des années de récolte 2016 et 2017.

2.4 Résultats

2.4.1 Comportement agronomique

a. Maladies du feuillage

En moyenne sur les années observées, Cosmos présentait une sensibilité aux maladies du feuillage, particulièrement à la rouille jaune avec une note de 6,1 et à la septoriose avec une note de 5,8, et dans une moindre mesure à la rouille brune avec une note de 4,3. Zollernspelz montrait une sensibilité à la septoriose avec une note de 4,5 et à la rouille brune avec une note de 5. La bonne tolérance de Sérénité aux maladies du feuillage se confirme durant les trois années d'essai avec des notes de 2,4 à 3 pour les trois maladies.

Les différences de sensibilité aux maladies entre les modalités sont statistiquement significatives et nous observons que les notes dans les associations reflètent la proportion de chaque variété dans l'association. Cette observation vaut également pour l'état sanitaire. L'association Cosmos et Zollernspelz permettait de compenser les défauts de l'un et de l'autre tandis que les associations avec Sérénité permettaient d'améliorer l'état sanitaire global. En effet, considérant l'état sanitaire global, Cosmos avait une note de 5,4, Zollernspelz de 6,3 et Sérénité de 8,0, et les associations oscillaient entre 6,0 et 7,0. Le meilleur état sanitaire global était obtenu avec la culture de la seule variété Sérénité (Tableau 10.7).

Tableau 10.7 – Notation de sensibilité par modalité à la rouille jaune (2016, 2018), à la septoriose (2016), à la rouille brune (2016, 2017, 2018) et état sanitaire global (2016, 2018).

Association	Rouille jaune	Septoriose	Rouille brune	Etat sanitaire global
Cosmos	6,1	5,8	4,3	5,4
Zollernspelz	2,3	4,5	5,0	6,3
Sérénité	2,4	3,0	2,7	8,0
C & S	4,3	3,8	3,2	7,0
C & Z	4,0	4,8	4,7	6,0
Z & S	2,5	4,0	3,7	7,0
C & Z & S	3,5	4,5	3,8	6,4

b. Verse

Dans cet essai mené en faible intrants, la verse ne fut observée qu'en 2016 et de façon très faible. Et nous savons que les trois variétés choisies ne présentent pas de défaut de verse. Malgré une notation de sensibilité faible avec un maximum de 2,8 atteint par Cosmos, les différences entre les différentes modalités étaient statistiquement significatives. L'effet positif de résistance à la verse de Zollernspelz était visible dans toutes les associations où il était présent (Figure 10.4).

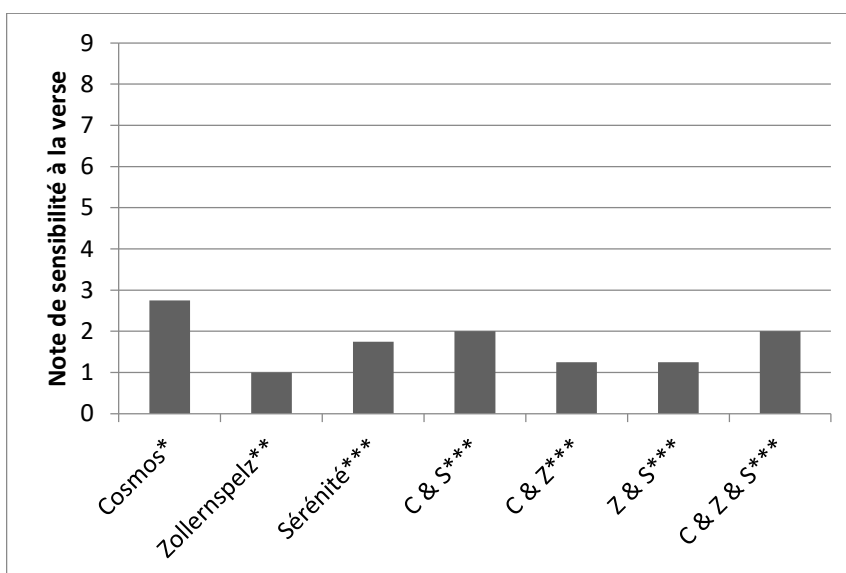


Figure 10.4 – Notation de sensibilité à la verse par modalité (2016) avec les trois différents groupes statistiques (*; ** ; ***).

c. Hauteur

Les hauteurs des trois variétés étaient respectivement de 112, 109 et 124 cm pour Cosmos, Zollernspelz et Sérénité. Il est préconisé de ne pas associer des variétés avec des hauteurs trop différentes en raison de l'ombrage provoqué par les plus grandes et un maximum de 15 cm est recommandé. Ici la différence de hauteur entre Zollernspelz et Sérénité était de 15 cm. Au vu du développement des plantes et des rendements des associations, nous constatons également que la différence de hauteur n'a pas posé de problème de développement de celles-ci.

d. Epiaison

Les épiaisons des variétés, exprimées en jour par rapport à Cosmos, étaient de -0,5 jour pour Zollernspelz et +3,8 jours pour Sérénité en moyenne sur les trois années. Il est recommandé d'associer des variétés qui ont une différence de précocité à l'épiaison à 5 jours. Au vu des résultats des associations, nous confirmons que le décalage d'épiaison observé n'a pas posé de problème. Nous pourrions en effet observer un décalage de maturité qui se traduirait par un mauvais indice de Hagberg, un rendement et un poids spécifique plus faibles si tous les transferts de la fin du cycle de végétation de l'épeautre n'étaient pas réalisés complètement.

2.4.2 Production

a. Rendement

Sur les trois années, les différences de rendement entre les modalités ne sont pas statistiquement significatives. En moyenne sur trois années les variétés présentaient des rendements respectifs de 64 qx/ha pour Cosmos, 58 qx/ha pour Zollernspelz et 66 qx/ha pour Sérénité. Les résultats sur trois années montrent que les deux modalités les plus performantes étaient Sérénité et Cosmos, puis venaient toutes les associations, dont le rendement oscillait entre 60 et 64 qx/ha et enfin Zollernspelz. Les performances individuelles des variétés se retrouvent dans les associations.

La variété la plus constante sur trois années était Sérénité avec un écart-type de 10 qx/ha alors que Cosmos et Zollernspelz avaient des écart-types similaires, respectivement de 17 et 18 qx/ha sur trois années. Les associations présentaient des écart-types de 14 à 19 qx/ha. La présente expérimentation n'a pas permis de retrouver un des atouts de l'association variétale qui est la stabilisation du rendement, alors que les trois années expérimentales étaient fort contrastées d'un point de vue météorologique et présentaient des rendements très différents.

Tableau 10.8 – Rendements (qx/ha) par année (2016, 2017, 2018) et par modalité et rendements moyens et écart-type par modalité sur les trois années.

Association	2016	2017	2018	Moyenne	Ecart-type
Cosmos	42	83	61	64	17
Zollernspelz	36	77	62	58	18
Sérénité	53	76	70	66	10
C & S	44	79	68	64	16
C & Z	36	80	64	60	19
Z & S	44	75	68	63	14
C & Z & S	40	79	66	61	17

Les résultats par année des différentes associations suivent la même tendance que le résultat pluri-annuel : les associations reflètent les performances individuelles des variétés. Cependant, la variété la plus performante n'a pas été la même chaque année, ce fut Sérénité en 2016 et 2018 et Cosmos en 2017. Par conséquent, le choix de l'association ne permet pas d'avoir le rendement maximal chaque année mais permet de se prémunir contre un mauvais choix variétal ou un accident de la variété. S'il y a une hésitation dans le choix de la variété, si une variété est nouvelle et méconnue pour l'agriculteur, si une variété présente un défaut qui peut être compensé par une autre variété, alors faire le choix d'une association permet de se prémunir contre ces risques. De manière évidente, une association variétale doit comporter les meilleures variétés pour être la plus performante possible.

Un effet de dépréciation des performances individuelles des variétés cultivées en association a parfois été évoqué. Dans le présent essai, nous n'avons pas observé d'effet significatif de dépréciation de l'association, car la différence entre le rendement attendu de l'association et le rendement mesuré était négligeable sur les trois années.

b. Poids spécifique

Sur les trois années, les différences de poids spécifiques entre les modalités n'étaient pas statistiquement significatives. Les poids spécifiques des variétés étaient respectivement de 36,1 kg/hl, 35,4 kg/hl et 32,9 kg/hl pour Sérénité, Cosmos et Zollernspelz. La variété Sérénité seule et l'association Cosmos et Sérénité présentaient le poids spécifique le plus élevé avec 36,1 kg/hl puis Cosmos (35,4 kg/hl), puis les autres associations, et enfin Zollernspelz et l'association Cosmos et Zollernspelz avec 32,9 kg/hl.

Comme pour le rendement, les performances individuelles des variétés se reflètent dans les associations. La variation la plus importante fut observée chez Cosmos avec 4,9 kg/hl, alors que pour les autres modalités elle variait de 2,6 à 3,3 kg/hl et était la plus faible pour l'association ternaire (1,9 kg/hl).

Tableau 10.9 – Poids spécifiques (kg/hl) par année (2016, 2017, 2018) et par modalité et poids spécifiques moyens et variations par modalité sur les trois années.

Association	2016	2017	2018	Moyenne	Variation
Cosmos	31,5	37,3	37,3	35,4	4,9
Zollernspelz	31,8	35,0	31,9	32,9	2,8
Sérénité	36,3	35,6	36,5	36,1	3,0
C & S	35,8	34,4	38,2	36,3	3,3
C & Z	31,6	34,3	32,7	32,9	2,8
Z & S	33,5	34,4	31,2	33,1	2,6
C & Z & S	32,6	35,6	33,9	34,0	1,9

Les résultats par année montrent l'influence de chaque variété dans l'association. Les modalités ayant le meilleur poids spécifique variaient d'années en années : en 2018 c'est l'association Cosmos et Sérénité avec 38,2 kg/hl, en 2017, Cosmos avec 37,3 kg/hl et en 2016 Sérénité qui arrivait en tête avec 36,3 kg/hl.

Quant à l'effet de dépréciation des performances individuelles des variétés dans l'association sur le poids spécifique, il est comme pour le rendement, non avéré dans le présent essai, car la différence de poids spécifique entre le théorique calculé et le mesuré est négligeable.

2.4.3 Qualité boulangère

Pour les années 2016 et 2017, Zollernspelz était la variété qui présentait le taux le plus élevé de protéines avec 15,8 et 13,4 % respectivement (protéines exprimées en teneur en Azote*5,7 : coefficient de calcul de la teneur protéine pour l'alimentation humaine) mais avait l'indice de chute de Hagberg (Hagberg) le plus faible en 2016 (173 s). Le ratio Z/P est similaire entre Cosmos et Zollernspelz pour les deux années avec 1,8 en 2016 et 1,5 et 1,6 en 2017 respectivement. Sérénité se caractérisait, les deux années, par l'indice de Zélény le plus élevé (31 et 27 mL respectivement en 2016 et 2017) ainsi que le ratio Zélény/Protéines (Z/P = 2.2 les deux années) également le plus élevé.

En 2016, les trois variétés présentaient des indices de Zélény et des rapports Z/P très similaires, et donc les associations avaient des résultats très proches et proches de ceux attendus. Les

10. Association variétale en épeautre

Hagbergs de l'association Cosmos et Zollernspelz et de l'association Cosmos et Sérénité sont différents de ceux attendus. Il est connu que l'évolution du Hagberg d'un mélange de grains de Hagbergs différents ne suit pas la loi des mélanges, c'est-à-dire que le Hagberg obtenu ne sera pas la moyenne algébrique de chaque composant du mélange. Il est donc difficile d'expliquer les variations présentes (Tableau 10.10).

Tableau 10.10 – Teneur en protéines (% de matière sèche), Hagberg (s), indice de Zélény (mL) et ratio Zélény/Protéines (Z/P) par modalité (2016).

Modalité	Protéines (N*5.7, % ms)	Hagberg (s)	Zélény (mL)	Z/P
Cosmos	15,2	219	27	1,8
Zollernspelz	15,8	173	28	1,8
Sérénité	14,2	259	31	2,2
C & S	14,3	272	31	2,2
C & Z	15,4	183	28	1,8
Z & S	15,0	218	31	2,1
C & Z & S	15,0	215	30	2,0

En 2017, nous observons que les associations impliquant Sérénité présentaient un Hagberg plus faible qu'attendu et qui se rapprochait de celui de Sérénité. En effet, il est de 349 et 347 s pour les deux associations binaires avec Sérénité (345 s) alors que les deux autres variétés avaient des indices de 371 et 377 s. Pour les autres indices (teneurs en protéines, indices de Zélény et rapports Z/P), les résultats obtenus pour les associations variétales étaient très similaires à ceux attendus sauf pour l'association Zollernspelz et Sérénité. En effet, celle-ci présentait un indice de Zélény, une teneur en protéines, un rapport Z/P plus faibles que le résultat théorique calculé (Tableau 10.11).

Tableau 10.11 – Teneur en protéines (% de matière sèche), indice de Hagberg (s), indice de Zélény (mL) et ratio Zélény/Protéines (Z/P) par modalité (2017).

Modalité	Protéines (N*5.7, % ms)	Hagberg (s)	Zélény (mL)	Z/P
Cosmos	11,5	377	17	1,5
Zollernspelz	13,4	371	22	1,6
Sérénité	12,5	345	27	2,2
C & S	11,8	349	20	1,7
C & Z	12,1	372	19	1,6
Z & S	12,3	347	20	1,6
C & Z & S	12,7	349	23	1,8

Par conséquent, il faudra, pour assurer un débouché à l'association variétale envisagée, en plus des critères agronomiques, veiller à choisir des variétés avec des teneurs en protéines similaires. Si le débouché en meunerie-boulangerie est privilégié pour l'association, il faudra également veiller à ce que les Hagbergs soient très proches, les indices de Zélény et le rapport Z/P soient

élevés.

2.5 **Conclusion**

Cette expérimentation d'association variétale n'a pas montré les avantages escomptés de cette pratique culturale. En effet, la plus notable attente, la stabilisation du rendement, n'est pas atteinte avec le panel de variétés choisies. Si les variétés disponibles sur le marché présentaient des défauts et qualités qui se compensaient, alors l'association aurait été très probablement gagnante. Ici, en présence de variétés très performantes et sans défaut important, faire le choix de l'association ne permet pas d'atteindre les rendements maximaux sur plusieurs années.

Cependant, même avec une variété très performante et la probabilité qu'elle le reste, l'accident ne peut être totalement exclu. La question réside dans le choix variétal, il est difficile, à priori, de savoir quelle variété sera la plus performante en termes de rendement, quelle variété verra sa résistance à une maladie ou un ravageur contournée. Par conséquent, l'association permet de diminuer les risques même si dans cet exemple, les différences de rendement ne sont pas statistiquement significatives.

De façon plus globale au niveau d'un territoire, travailler avec une association variétale permet de conserver des gènes de résistance et d'éviter un contournement précoce.

Dans tous les cas, cette expérimentation démontre la nécessité de disposer, pour les agriculteurs et les utilisateurs, de variétés performantes qui sont renouvelées grâce à la recherche en amélioration et en génétique.

Enfin, tout en choisissant les variétés les plus performantes d'un point de vue global, voici les principales caractéristiques variétales que nous recommandons de vérifier pour composer une association en épeautre :

- Critères primaires : précocité, hauteur, sensibilité à la verse, sensibilité aux maladies du feuillage, potentiel de rendement.
- Critères secondaires : poids spécifique, indice de Hagberg, teneur en protéines, indice de Zélény.

Chaque agriculteur pourra réaliser sa propre association sur base de son expérience personnelle avec les variétés qui conviennent le mieux à son environnement pédo-climatique et à son contexte économique.