

# Le pois au service des systèmes de culture à faibles intrants : quels besoins variétaux ?<sup>1</sup>

Guénaëlle Corre-Hellou, Audrey Dibet, Anne Aveline et Yves Crozat

Laboratoire d'Écophysiologie Végétale et Agroécologie, Groupe ESA, 55 rue Rabelais, BP 30758, 49007 Angers cedex 01 ;  
g.hellou@groupe-esa.com

## 1. Potentialités du pois protéagineux dans les systèmes de culture à faibles niveaux d'intrants

Le pois protéagineux peut jouer un rôle important dans des systèmes moins dépendants des intrants (Munier-Jolain et Carrouée, 2003). Grâce à sa capacité à couvrir ses besoins en azote *via* la fixation symbiotique, il permet de produire des graines riches en protéines sans recours aux intrants azotés. Cet azote « rendu racine » contribue significativement à la diminution des émissions de gaz à effet de serre liés à la synthèse des engrais azotés, à leur transport et à leur épandage. D'autre part, dans les rotations céréalières, le pois constitue un bon précédent et permet de réduire les pressions parasitaires. Enfin, dans les systèmes de polyculture-élevage, il constitue un atout pour la recherche de l'autonomie en protéines de l'exploitation.

L'agriculture biologique constitue un bon modèle d'étude pour évaluer ces potentialités et les valoriser au sein de nouveaux systèmes de culture. Dans ce cadre, notre équipe s'intéresse plus particulièrement à deux stratégies :

- la diversification dans le temps par introduction du pois dans une succession de culture ;
- la diversification dans l'espace en associant le pois à une céréale.

## 2. Performances agronomiques en culture pure et choix variétal

### 2.1. Un potentiel rarement atteint

Des enquêtes et des suivis de parcelles de protéagineux en agriculture biologique nous ont permis d'évaluer les performances du pois de printemps en Pays-de-Loire, en comparaison avec la féverole et le lupin.

La maîtrise des adventices est déterminante pour la réussite de la culture. Les quantités d'adventices peuvent être en effet importantes et dépasser des biomasses d'une tonne de matière sèche par hectare dans 15 % des situations observées. Au-delà d'une tonne de matière sèche par hectare, les rendements peuvent être réduits de plus de 40 % (Corre-Hellou et Crozat, 2005). Par contre, quand les adventices sont bien maîtrisées, les rendements peuvent atteindre des niveaux proches de ceux obtenus en agriculture conventionnelle (50 q/ha). L'absence de désherbage mécanique ou la faible efficacité de celui-ci en raisons de conditions climatiques difficiles, des faibles densités de semis et des précédents peu compétitifs favorisent les forts salissements.

Les adventices apparaissent très compétitives pour l'azote minéral du sol, obligeant le pois à reposer davantage sur la fixation de l'azote atmosphérique. Cependant, en raison de fortes attaques de sitones entraînant des dégâts importants sur les nodosités, la fixation peut être fortement perturbée (tab. 1). On a ainsi, en fonction de l'intensité de l'attaque, des taux de fixation qui peuvent être réduits de 50 % (Corre-Hellou et Crozat, 2005). Le problème des sitones n'est pas particulier à l'agriculture biologique ; des attaques importantes sont aussi observées en agriculture conventionnelle. Cependant dans des sols à faible fourniture en azote, la nutrition azotée du pois est souvent limitante en agriculture biologique.

---

<sup>1</sup> D'après Meynard J.M., Jeuffroy M.H., 2002. Progrès génétique et agriculture durable. *Le Sélectionneur Français*, 53, 69-82. Avec l'aimable autorisation de l'éditeur.

**Tableau 1. Contribution de la fixation dans l'azote total prélevé par le pois en fonction de la pression d'adventices et du niveau d'attaques de sitones (note de 0 à 3)**

Biomasse d'adventices au stade FSLA* (t/ha)	Attaques de sitones sur les feuilles au stade 3-4 feuilles			Moyenne
	[0-1]	[1-2]	[2-3]	
< 0,25	70 (7)**	39 (7)	22 (5)	43
0,25-1	71 (4)	68 (8)	62 (1)	66
> 1	76 (1)	83 (2)	65 (1)	74
Moyenne	72	63	49	

\*FSLA : fin du franchissement du stade limite d'avortement.

\*\* (n) indique l'effectif par classe (résultats de réseaux de parcelles en agriculture biologique suivis en 1999 et 2000).

Contrairement aux idées reçues, la contribution du pois et des autres légumineuses à graines au pool N du sol en fin de culture est presque nulle (moyenne de + 12 kg N/ha sur les réseaux suivis). Cette contribution estimée par la différence entre l'azote exporté par les grains (plus celui des pailles si celles-ci sont exportées) et l'azote entré via les semences et la fixation (parties aériennes + racines) dépend largement du taux de fixation et dans une moindre mesure de l'indice azoté de récolte (Corre-Hellou et Crozat, 2005). Lorsque le taux de fixation est inférieur à 60 %, la contribution de la légumineuse à graines au pool N du sol devient négative (Crozat et Fustec, 2004).

## 2.2. Quel choix variétal ?

Le choix de variétés de pois concurrentielles adaptées à l'agriculture biologique telles que Nitouche (fort développement végétatif, hauteur du couvert importante, installation rapide du couvert, bonne tenue de tige) permet de limiter le problème du salissement (Crozat *et al.*, 2000). Grâce à un choix variétal adapté, le pois arrive à être plus concurrentiel que les autres protéagineux de printemps. Dans des essais comparatifs sur une même parcelle, la biomasse moyenne d'adventices à la récolte est en moyenne deux fois plus élevée sous la féverole et trois fois plus élevée sous le lupin que sous le pois.

Au critère de compétitivité vis-à-vis des adventices devrait s'ajouter la capacité de fixation. Enfin, pour des systèmes à faibles intrants, il conviendrait de réfléchir sur l'équilibre entre indice azoté de récolte (taux protéique et quantité de graines) et contribution de la légumineuse au pool N du sol (N pour les cultures suivantes). Ces deux voies d'amélioration sont contradictoires.

## 3. Atouts des associations céréales-pois

Une association correspond à la culture simultanée d'au moins deux espèces sur une même parcelle. Les associations céréales-légumineuses connaissent un regain d'intérêt en Europe, lié à l'émergence des préoccupations d'économie d'intrants, de meilleure efficacité de production et de préservation de l'environnement. Dans le cadre d'un programme européen (*cf.* encadré ci-dessous), nous menons des essais sur l'intérêt et le fonctionnement des associations à base de pois et de céréales en culture de printemps (orge-pois) ou d'hiver (blé-pois).

INTERCROP est un projet co-financé par l'Union européenne pour le 5<sup>e</sup> programme concerté de recherche et développement (PCRD) sur la période allant du 1<sup>er</sup> janvier 2003 au 31 décembre 2005).

Son objectif est d'accroître nos connaissances du rôle multifonctionnel des associations céréales-légumineuses à graines en agriculture biologique, sous différentes conditions agro-écologiques en Europe, par la détermination des gains et de la stabilité du rendement comparé aux cultures pures, la diminution des ravageurs, maladies et mauvaises herbes et le potentiel de réduction des risques de lixiviation azotée.

Il engage sept partenaires dans cinq pays européens et sur cinq sites expérimentaux au Danemark, au Royaume-Uni, en Allemagne, en France et en Italie.

Site Internet : [www.intercrop.dk](http://www.intercrop.dk)



### 3.1. Adventices et pression sanitaire

Ces associations permettent de réduire fortement la quantité de mauvaises herbes par rapport au pois pur (quasiment de moitié dans la majorité des cas) quel que soit le potentiel de salissement de la parcelle. D'autre part, même une faible proportion d'orge dans le mélange (30 % de la densité pratiquée en orge pure) réduit de façon significative le salissement.

Après deux années d'observation sur l'ensemble des sites européens, il est intéressant de noter qu'en cas d'attaques importantes de maladies aériennes fongiques, l'association réduit le niveau de contamination. En association, une diminution de la surface attaquée par l'antracnose a, par exemple, été observée sur les gousses de pois à maturité ; des réductions des symptômes d'oïdium ont été notées sur feuilles d'orge. L'interférence physique de plantes non hôtes pourrait expliquer la diminution du degré de contamination fongique chez les plantes hôtes en association. En revanche, concernant les ravageurs, en particulier les sitones, il semblerait que le niveau des symptômes soit plus important en association et qu'il soit dû à un effet dilution des populations sur un plus grand nombre de plantes en culture pure qu'en association. Les associations permettent également de réduire les risques de verse en fin de cycle, la céréale servant de tuteur pour le pois, notamment chez les pois d'hiver.

### 3.2. Variabilité des gains de productivité

Le critère le plus utilisé pour caractériser la productivité des associations est le LER (Land Equivalent Ratio) (Willey, 1979). On calcule pour chaque espèce le ratio de son rendement en association sur son rendement en culture pure (LER partiel). Le LER total est la somme des ratios obtenus pour chaque espèce. Un LER total supérieur à 1 indique un avantage de l'association par rapport à la culture pure.

Dans le cas d'associations pois-orge, on observe très souvent des LER supérieurs à 1 (fig. 1). Le gain de rendement en association s'élève en moyenne à 20 % ; c'est-à-dire qu'il faudrait 20 % de surface supplémentaire de pois et d'orge sur des parcelles séparées pour obtenir les rendements de ces mêmes espèces associées. Le plus souvent, au moins une des deux espèces tire profit de l'association.

Des gains de rendement ont aussi été observés avec des associations blé-pois d'hiver. Sur les essais concernés, la réduction très importante de la verse du pois en association a contribué à l'obtention de ces gains de rendements importants.

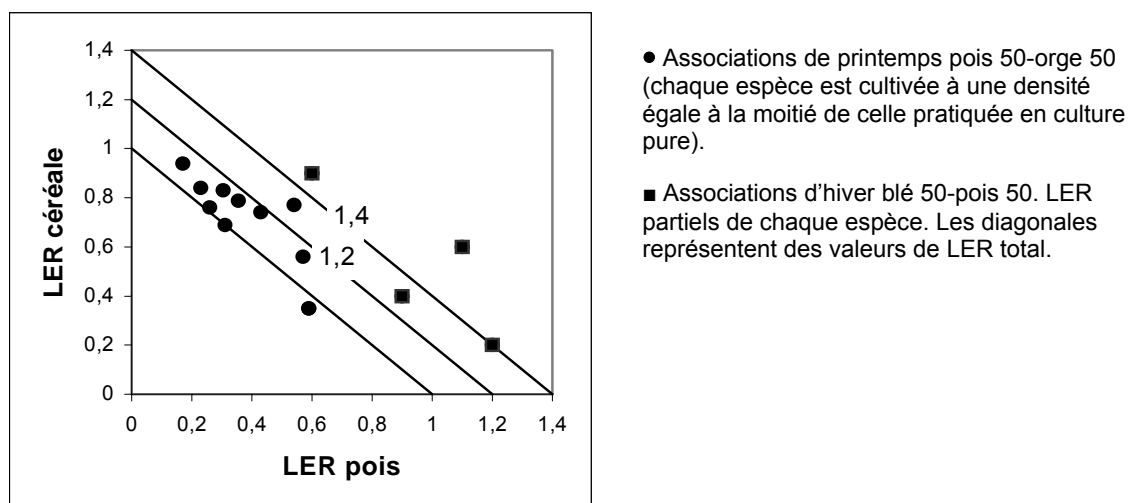
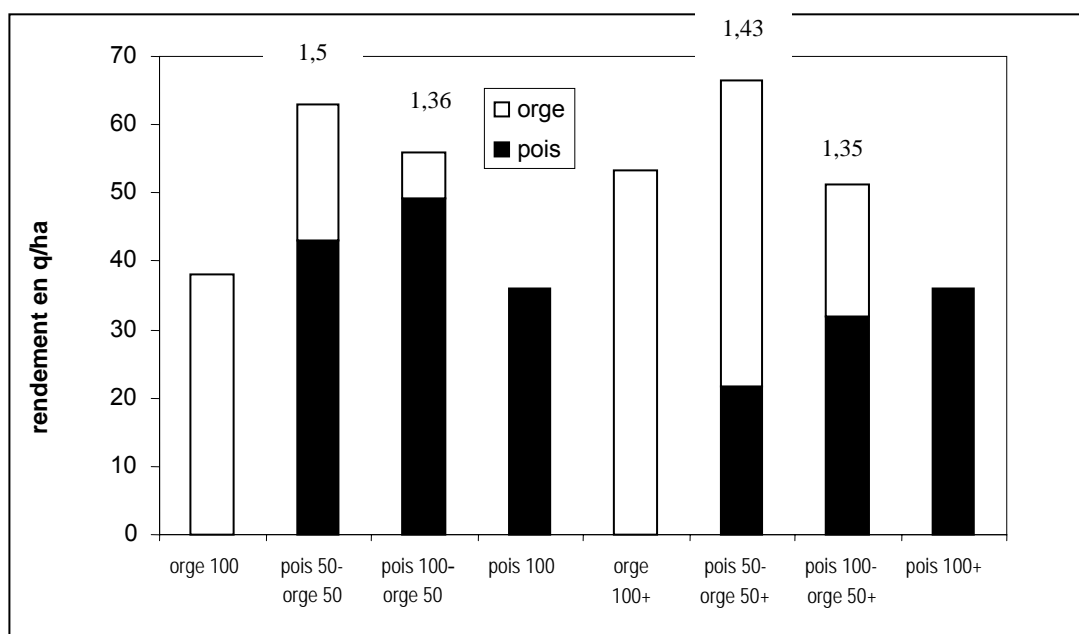


Figure 1. Performances des associations pois-orge. Résultats de plusieurs essais menés par l'ESA et données bibliographiques (Jensen, 1996).

### 3.3. Acquisition et répartition de l'azote

Au travers d'essais comparant les cultures pures d'orge et de pois et les associations cultivées avec ou sans un apport d'azote au semis (130 kg N/ha), il apparaît que les performances de la céréale dépendent fortement de la disponibilité en N minéral du milieu (fig. 2 et Corre-Hellou *et al.*, 2006). Par conséquent, quand la disponibilité en N minéral augmente, la part de la céréale s'accroît et la part de pois diminue dans le rendement total de l'association. La céréale est plus compétitive pour l'azote du sol grâce à un enracinement plus rapide et à une demande en N plus élevée. En conséquence, un apport d'azote profite davantage à la céréale. D'autre part, le taux de fixation d'azote de l'air par la légumineuse augmente en présence de la céréale. Cette augmentation résulte d'une réduction plus rapide du pool en nitrates du sol. On sait en effet que la présence de nitrates dans le sol au-delà d'un seuil d'environ 40 kg N/ha dans l'horizon labouré inhibe la fixation (Voisin *et al.*, 2002). Même avec un apport d'azote conséquent, les taux de fixation du pois sont donc relativement élevés en association.



**Figure 2. Rendement grain à 15 % (en q/ha) d'associations d'orge (Scarlett) et de pois (Baccara) en comparaison des cultures pures en fonction de 2 niveaux d'azote (0 et 130 N)**

Les traitements azotés sont suivis de +. Pour les associations, les densités sont exprimées en pourcentage des densités pratiquées en culture pure. Le LER total est indiqué pour chaque association. Essai réalisé en Pays-de-Loire en 2003 en agriculture conventionnelle.

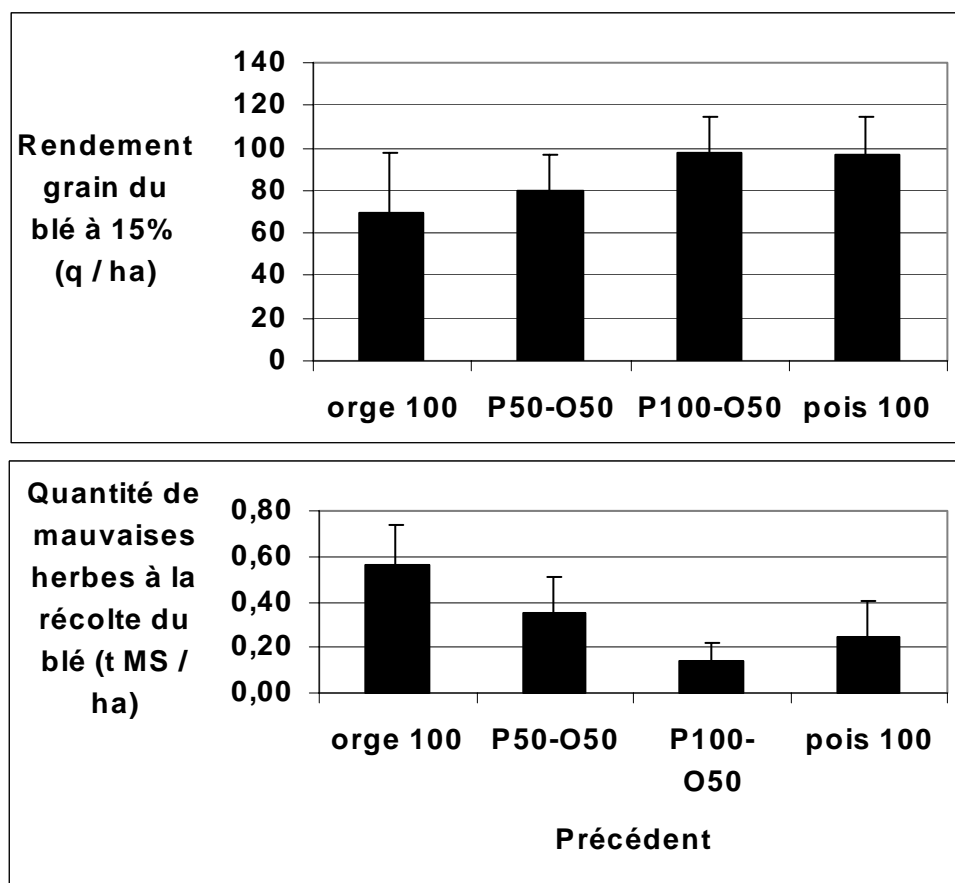
L'association céréales-pois se traduit donc par une meilleure efficacité de l'azote du sol grâce à la complémentarité des deux voies de nutrition azotée, limitant alors la quantité de cette ressource pour les adventices.

En présence de pois, l'orge ou le blé, ayant davantage d'azote disponible par plante qu'en culture pure, présente une meilleure satisfaction des besoins en azote de la culture (amélioration des indices de nutrition azotée). Une conséquence intéressante est l'augmentation du taux protéique de la céréale de 2 à 4 points de protéines (tab. 2). En agriculture biologique, la fertilisation azotée est difficile à maîtriser sur céréale pure et on observe souvent des faibles teneurs en protéines ; l'association de la céréale à du pois permet de limiter ce problème.

**Tableau 2. Teneurs en protéines de la céréale cultivée en association en comparaison de la culture pure dans divers essais menés en agriculture conventionnelle ou biologique**

	Essais pois-orge en agriculture conventionnelle				Essai pois-orge en agriculture biologique	Essai pois-blé en agriculture biologique
	2001	2002	2003 0N	2003 130 N	2003	2003
Céréale pure	10,8	7,3	7,7	9,9	13,0	9,1
Céréale associée	12,9	11,5	11,3	12,8	14,6	blé 50-pois 50 : 10,7 blé 30-pois 70 : 13,0

En comparant l'effet précédent des associations et des cultures pures sur le blé suivant, c'est après le pois pur que le rendement du blé suivant est le plus élevé (fig. 3). L'effet des associations sur le blé suivant est intermédiaire entre celui du pois et de l'orge. Plus le blé suivant produit de la biomasse, plus il est compétitif et, par conséquent, plus la quantité de mauvaises herbes sous son couvert est faible. Ainsi, c'est après un précédent pois qu'il y a le moins de mauvaises herbes. Après un précédent en association, la quantité d'adventices est intermédiaire entre un précédent pois et un précédent orge.



**Figure 3. Effet du précédent sur le rendement et sur les mauvaises herbes du blé suivant. Essai réalisé en Pays-de-Loire en 2004 en agriculture biologique**

P 100 : pois pur ; O 100 : orge pure. Pour les associations, les densités sont exprimées en pourcentage des densités pratiquées en culture pure.

### 3.4. Quelles caractéristiques variétales pour les associations ?

Hauggaard-Nielsen *et al.* (2002) ont montré que les gains de rendement (LER total et partiel) d'associations pois-orge par rapport aux cultures pures varient fortement selon les génotypes testés. Il conviendrait donc d'approfondir nos connaissances sur le fonctionnement de ces associations pour mieux définir les critères variétaux de chaque espèce permettant de maximiser les complémentarités interspécifiques. Ces complémentarités sont à rechercher au niveau de l'architecture des capteurs aériens et souterrains mais également en termes de dynamique de fonctionnement (complémentarité des pics d'absorption en azote minéral, par exemple) ■

### Références bibliographiques

- CORRE-HELLOU G., CROZAT Y., 2005. N<sub>2</sub> fixation and N supply in organic pea (*Pisum sativum* L.) cropping systems as affected by weeds and pea weevil (*Sitona lineatus* L.). *European Journal of Agronomy*, 22, 449-458.
- CORRE-HELLOU G., FUSTEC J., CROZAT Y., 2006. Interspecific competition for soil N and its interactions with N<sub>2</sub> fixation, leaf expansion and crop growth in pea-barley intercrops. *Plant and Soil*, 282: 195-208.
- CROZAT Y., CORRE G., LARMURE A., 2000. Des pois plus rapides que les mauvaises herbes. *Perspectives Agricoles*, 253, 92-93.
- CROZAT Y., FUSTEC J., 2004. Assessing the role of grain legumes in crop rotation: some agronomic concepts that can help. In International Workshop on grain legumes and the environment : how to assess benefits and impacts ? 18-19 Nov. 2004, Zürich, Suisse.
- HAUGGAARD-NIELSEN H., AMBUS P., JENSEN E.S., 2003. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 65(3), 289-300.
- JENSEN E. S., 1996. Grain yield, symbiotic N<sub>2</sub> fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant Soil*, 182, 25-38.
- MUNIER-JOLAIN N., CARROUÉE B., 2003. Quelle place pour le pois dans une agriculture respectueuse de l'environnement ? Argumentaire agri-environnemental. *Cahiers Agricultures*, 12, 111-120.
- VOISIN A. S., SALON C., MUNIER-JOLAIN N. G., NEY B., 2002. Quantitative effects of soil nitrate, growth potential and phenology on symbiotic nitrogen fixation of pea (*Pisum sativum* L.). *Plant Soil*, 243, 31-42.
- WILLEY R. W., 1979. Intercropping – Its importance and Research Needs. Part 1. Competition and Yield advantages. *Field Crops Abstr.*, 32, 1-10.