

**ANDREJA PRERADOV ODOBASIC**

**ÉVALUATION DES CULTIVARS DE CÉRÉALES DE PRINTEMPS À L'ÉGARD DES  
MAUVAISES HERBES**

**Mémoire  
présenté  
à la Faculté des études supérieures  
de l'Université Laval  
pour l'obtention  
du grade de maître ès sciences (M.Sc.)**

**Département de phytologie  
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION**

**OCTOBRE 1997**

**©Andreja Preradov Odobasic, 1997**



National Library  
of Canada

Acquisitions and  
Bibliographic Services

395 Wellington Street  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

Bibliothèque nationale  
du Canada

Acquisitions et  
services bibliographiques

395, rue Wellington  
Ottawa ON K1A 0N4  
Canada

*Your file* *Votre référence*

*Our file* *Notre référence*

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-25718-5

**Canada**

## RÉSUMÉ

**Le désherbage chimique utilisé pour contrôler les mauvaises herbes dans les cultures céréalières est très efficace. Cependant, les problèmes environnementaux reliés à l'emploi des herbicides deviennent préoccupants.**

**Dans ce projet de recherche, notre objectif était d'étudier la compétition entre les céréales de printemps et les mauvaises herbes. À cet effet, nous avons étudié un grand nombre de cultivars de blé (*Triticum aestivum* L.), d'avoine (*Avena sativa* L.) et d'orge (*Hordeum vulgare* L.), afin de déterminer quels sont ceux qui sont les plus compétitifs envers les mauvaises herbes et quels sont ceux qui le sont moins.**

**Les résultats montrent que lors d'une année humide (1994) les orges à deux rangs se sont avérées plus compétitives envers les mauvaises herbes que les orges à six rangs. Les résultats ont aussi démontré que la réponse de différents cultivars de céréales face à la présence des mauvaises herbes n'est pas constante. Chez la majorité des cultivars, cette réponse a varié d'une année à l'autre. Cependant, les cultivars de blés Casavant, SS-Blomidon et Messier et l'orge à six rangs Laurier se sont révélés de bons compétiteurs et leur emploi peut s'avérer efficace dans les systèmes de production sans herbicide. Par ailleurs, les cultivars les moins compétitifs comme les blés Columbus et AC-Voyageur peuvent être utilisés comme plantes-abri lors d'établissement de prairies et pâturages.**

**Candidate**

\_\_\_\_\_  
**Date**

**Directeur de recherche**

\_\_\_\_\_  
**Date**

## **AVANT-PROPOS**

**Je tiens à exprimer toute ma gratitude à tous ceux et celles qui ont contribué à la réalisation de ce travail. Je remercie particulièrement mes directeurs de thèse, les docteurs Gilles D. Leroux et Claudel Lemieux pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche, pour leurs appuis scientifique et pour le soutien moral qu'ils m'ont accordé tout au long de mes travaux. Leurs précieux conseils et leur grande disponibilité ont grandement contribué au bon déroulement des mes études.**

**Je voudrais aussi remercier tout le groupe de malherbologie du Centre de Recherches sur les sols et les grandes cultures d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Sainte-Foy, dont notamment Jocelyn Lammare, qui a apporté sa contribution au niveau de l'aide technique et aussi pour sa patience.**

**Enfin, je remercie mes parents et ma famille pour leur encouragement et patiente tout au long de mes études et pendant ce travail de recherche.**

## TABLE DES MATIÈRES

<b>RÉSUMÉ .....</b>	<b>I</b>
<b>AVANT-PROPOS .....</b>	<b>II</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES.....</b>	<b>III</b>
<b>LISTE DE TABLEAUX .....</b>	<b>V</b>
<b>LISTE DE FIGURES.....</b>	<b>VI</b>
<b>CHAPITRE I.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE II.....</b>	<b>4</b>
<b>REVUE DE LITTÉRATURE .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Les herbicides .....</b>	<b>4</b>
2.1.1 Le coût et le taux d'utilisation .....	5
2.1.2 L'influence sur l'environnement et sur la santé.....	5
2.1.3 La possibilité de réduction du taux d'utilisation des herbicides.....	6
<b>2.2 Les mauvaises herbes dans les cultures céréalières.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.1 Les problèmes occasionnés par les mauvaises herbes .....</b>	<b>8</b>
2.2.1.1 Réduction de rendement.....	8
2.2.1.2 Autres effets indésirables des adventices .....	10
<b>2.3 Le désherbage .....</b>	<b>11</b>
2.3.1 La lutte chimique.....	11
2.3.2 La prévention.....	12
2.3.3 La lutte mécanique.....	13
2.3.4 La rotation.....	14
2.3.5 La lutte biologique.....	15
<b>2.4 La compétition .....</b>	<b>16</b>
2.4.1 L'historique.....	16
2.4.2 La définition.....	17
2.4.3 La physiologie de la compétition.....	18
2.4.4 La compétition pour l'espace .....	19
2.4.5 La compétition pour l'eau.....	19
2.4.6 La compétition pour les minéraux.....	20
2.4.7 La compétition pour la lumière.....	22
2.4.8 La compétition pour le CO <sub>2</sub> .....	23
<b>2.5 Les céréales .....</b>	<b>23</b>
2.5.1 L'importance des céréales au Québec .....	23
2.5.2 Les caractéristiques des cultivars modernes .....	24
2.5.3 La capacité à compétitionner les mauvaises herbes .....	24
<b>CHAPITRE III.....</b>	<b>29</b>

<b>MATERIEL ET MÉTHODES .....</b>	<b>29</b>
3.1 Introduction.....	29
3.2 Mise en place de parcelles.....	29
3.4 La collecte de données.....	31
3.5 L'analyse de données.....	31
<b>CHAPITRE IV .....</b>	<b>34</b>
<b>RÉSULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>34</b>
4.1 Généralités .....	34
4.2 L'effet des différentes espèces sur les mauvaises herbes .....	34
4.3 Les cultivars de céréales .....	36
4.3.1 Les composantes du rendement.....	36
4.3.1.1 L'effet des cultivars d'avoine sur les composantes du rendement ..	36
4.3.1.2 L'effet des cultivars de blé sur les composantes du rendement.....	37
4.3.1.3 L'effet des cultivars d'orge à deux rangs sur les composantes du rendement .....	38
4.3.1.4 L'effet des cultivars d'orge à six rangs sur les composantes du rendement .....	39
4.3.2 Les mauvaises herbes .....	41
4.3.2.1 Le nombre de mauvaises herbes.....	41
4.3.2.2 La biomasse sèche de mauvaises herbes .....	42
4.4 L'effet global des cultivars sur les mauvaises herbes .....	43
4.5 Différences de compétition en fonction de l'environnement.....	47
<b>CHAPITRE V .....</b>	<b>63</b>
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE.....</b>	<b>63</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>67</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>75</b>
Annexe A : Les caractéristiques des cultivars d'avoine recommandés.....	76
Annexe B : Les caractéristiques des cultivars de blé recommandés .....	78
Annexe C: Les caractéristiques des cultivars d'orge à deux rangs recommandés	80
Annexe D : Les caractéristiques des cultivars d'orge à six rangs recommandés ..	82
Annexe E : Modèle d'analyse de covariance utilisé pour tester l'effet des cultivars d'avoine et de blé en 1994 (trois covariables).....	84
Annexe F : Modèle d'analyse de covariance utilisé pour tester l'effet des cultivars d'orge en 1994 (trois covariables).....	85
Annexe G : Modèle d'analyse de covariance utilisé pour tester l'effet du type d'orge (deux rangs ou six rangs) en 1994 (trois covariables) .....	86
Annexe H: Modèle d'analyse de covariance utilisé pour tester l'effet des cultivars d'avoine et de blé en 1995 (deux covariables) .....	87
Annexe I: Modèle d'analyse de covariance utilisé pour tester l'effet des cultivars d'orge en 1995 (deux covariables).....	88
Annexe J : Modèle d'analyse de covariance utilisé pour tester l'effet du type d'orge (deux rangs ou six rangs) en 1995 (deux covariables) .....	89

## LISTE DE TABLEAUX

<b>Tableau 3.1: Les cultivars de céréales de printemps employées dans l'expérience.....</b>	<b>33</b>
<b>Tableau 3.2 : Chronologie des travaux exécutés en 1994 et en 1995.....</b>	<b>33</b>
<b>Tableau 4.1 : Données météorologiques observées à l'aéroport de l'Ancienne-Lorette en 1994 et 1995 .....</b>	<b>49</b>
<b>Tableau 4.2 : Les principales espèces des mauvaises herbes dans les céréales en 1994 et en 1995.....</b>	<b>50</b>
<b>Tableau 4.3 : Le pourcentage des principales groupes botaniques des mauvaises herbes dans les céréales en 1994 et en 1995.....</b>	<b>50</b>
<b>Tableau 4.2 : Corrélations entre la première variable canonique des mauvaises herbes et deux des variables mesurées en 1994 et en 1995, soit le nombre et le poids sec des adventices .....</b>	<b>51</b>

## LISTE DE FIGURES

<b>Figure 4.1: Nombre (A) et poids sec (B) des mauvaises herbes dans les parcelles de céréales de printemps en 1994 et en 1995. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figure 4.2 : Rendement en paille, rendement en grain, kg hi<sup>-1</sup> et le poids de 1000 grains des cultivars d'avoine en 1994 et en 1995. ....</b>	<b>53</b>
<b>Figure 4.3 : Rendement en paille, rendement en grain, kg hi<sup>-1</sup> et le poids de 1000 grains des cultivars de blé en 1994 et en 1995.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure 4.4 : Rendement en paille, rendement en grain, kg hi<sup>-1</sup> et le poids de 1000 grains des cultivars d'orge à deux rangs en 1994 et en 1995. ....</b>	<b>55</b>
<b>Figure 4.5 : Rendement en paille, rendement en grain, kg hi<sup>-1</sup> et le poids de 1000 grains des cultivars d'orge à six rangs en 1994 et en 1995. ....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 4.6 : Le nombre de mauvaises herbes et le poids de mauvaises herbes dans la culture d'avoine(A) et de blé (B) en 1994 et en 1995. ....</b>	<b>57</b>
<b>Figure 4.7 : Le nombre de mauvaises herbes et le poids de mauvaises herbes dans la culture d'orge à deux (A) et à six rangs (B) en 1994 et en 1995. ....</b>	<b>58</b>
<b>Figure 4.8 : Relations entre les variables canoniques de l'avoine et des mauvaises herbes en 1994 et en 1995.....</b>	<b>59</b>
<b>Figure 4.9 : Relations entre les variables canoniques de blé et des mauvaises herbes en 1994 et en 1995.....</b>	<b>60</b>
<b>Figure 4.10 : Relations entre les variables canoniques d'orge à deux rangs et des mauvaises herbes en 1994 et en 1995.....</b>	<b>61</b>
<b>Figure 4.11 : Relations entre les variables canoniques d'orge à six rangs et des mauvaises herbes en 1994 et en 1995.....</b>	<b>62</b>



## **CHAPITRE I**

### **INTRODUCTION**

**Au Québec les céréales à paille sont cultivées sur plus que 360 000 hectares (ha). Les mauvaises herbes causent plusieurs problèmes dans ces cultures. En particulier la réduction du rendement, l'interférence à la récolte et la contamination des semences. Les mauvaises herbes constituent aussi des réservoirs de maladies et elles peuvent abriter des insectes nuisibles. De plus, la gestion des mauvaises herbes représente un défi de taille lors de la transition vers l'écoagriculture.**

**La lutte aux mauvaises herbes est donc essentielle et heureusement les méthodes chimiques couramment utilisées sont généralement très efficaces. Cependant, les problèmes environnementaux liés à l'emploi des herbicides deviennent préoccupants et la pratique de l'agriculture biologique est en croissance.**

**En tenant compte de ces problèmes, il est important de trouver des moyens alternatifs ou complémentaires au désherbage chimique. Un des ces moyens sera l'emploi de la compétition. Puisque les céréales sont des plantes relativement compétitives, leur emploi dans la rotation pourrait permettre de limiter les dommages causés par les mauvaises herbes. Or si les espèces et les cultivars de céréales diffèrent dans leurs capacités à compétitionner les mauvaises herbes, on peut supposer que l'utilisation de cultivars plus compétitifs pourrait contribuer à réduire l'impact négatif des populations de mauvaises herbes. Il a été noté que les cultivars**

de céréales disponibles actuellement ont été sélectionnés en absence des mauvaises herbes. C'est pourquoi les nouveaux cultivars, bien que très productifs, n'ont pas nécessairement conservé les caractéristiques qui leur donnent un avantage compétitif. Il serait par conséquent souhaitable d'inclure de nouveaux critères de sélection dans les programmes d'amélioration de ces cultures. Ces critères devraient concerner les facteurs (morphologique et physiologique) qui contribuent à améliorer la performance compétitive des céréales envers des adventices.

Dans ce projet de recherche, notre objectif était d'étudier la compétition entre les céréales de printemps et les mauvaises herbes. À cet effet, nous avons étudié un grand nombre de cultivars d'avoine, de blé et d'orge, afin de déterminer quels sont ceux qui sont les plus compétitifs et quels sont ceux qui sont les moins compétitifs envers les mauvaises herbes. Tout ceci, afin d'assurer une meilleure répression des adventices dans un contexte de transition vers l'écoagriculture. De manière plus formelle, les hypothèses à l'origine du projet de recherche peuvent être définies comme suit :

- il existe des différences entre les cultivars d'avoine en ce qui a trait à leur capacité à concurrencer les mauvaises herbes;
- il existe des différences entre les cultivars de blé en ce qui a trait à leur capacité à concurrencer les mauvaises herbes;
- il existe des différences entre les cultivars d'orge en ce qui a trait à leur capacité à concurrencer les mauvaises herbes;
- il existe des différences entre les orges à deux rangs et les orges à six rangs en ce qui a trait à leur capacité à concurrencer les mauvaises herbes.

**L'étude comprenait trois expériences, une pour l'avoine, une pour blé et une pour l'orge. Les expériences ont été réalisées en 1994 et répétées en 1995, à la Station agronomique de l'Université Laval à Saint-Augustin, près de Québec.**

## CHAPITRE II

### REVUE DE LITTÉRATURE

L'objectif de cette revue de littérature est d'illustrer l'influence que les mauvaises herbes peuvent avoir sur la culture des céréales et de démontrer les inconvénients que l'emploi des herbicides peut engendrer. Nous tenterons aussi de décrire les particularités qui caractérisent les cultivars de céréales les plus compétitifs, c'est-à-dire ceux qui pourraient contribuer à limiter la croissance des mauvaises herbes.

#### 2.1 Les herbicides

Le mot herbicide provient de deux mots latins *herba* (plante) et *cedere* (tuer), ce qui décrit l'emploi principal de ces produits (Saric, 1985). Les herbicides sont des agents chimiques destinés à retarder ou à inhiber la croissance et le développement des plantes. Certains sont non sélectifs et agissent sur un grand nombre d'espèces. D'autres ont un mode d'action spécifique à certains groupes botaniques et permettent de détruire plusieurs mauvaises herbes sans affecter la culture en place. De par leur variété et leur efficacité, les herbicides constituent une aide précieuse à la production agricole et ils sont donc largement utilisés dans les pays industrialisés (Saric, 1985).

### **2.1.1 Le coût et le taux d'utilisation**

Dans les provinces de l'est du Canada il y a environ 75 produits herbicides disponibles sur le marché. L'usage des herbicides est une pratique agricole usuelle et la valeur des ventes augmente continuellement. En 1983 elle était de 119,2 millions de dollars comparativement à 140,5 millions de dollars en 1989 (Anonyme, 1991a). Par ailleurs, en 1990 les herbicides étaient utilisés sur 564,330 ha au Québec (Anonyme, 1992a). Une étude réalisée par le Ministère de l'Environnement du Canada et le Ministère de l'Environnement du Québec révèle aussi que les herbicides comptent pour 70,7% des pesticides utilisés à la ferme (Anonyme, 1992b). Ces données économiques et statistiques confirment le rôle important que jouent les herbicides dans la production agricole Québécoise. Pourtant, il a été démontré qu'il existe des inconvénients liés à l'usage intensif des herbicides.

### **2.1.2 L'influence sur l'environnement et sur la santé**

Il existe dans la nature un équilibre dynamique entre toutes les formes de vie. L'introduction des agents biocides peut déplacer cet équilibre naturel. On peut distinguer entre les effets "directs" attribués à l'usage des herbicides et les effets "indirects" reliés à des modifications d'habitats ou d'approvisionnement alimentaire (Bunyan et Stanley, 1983).

L'usage des herbicides peut se traduire par une accumulation de résidus dans les eaux de surface et souterraines. La contamination survient graduellement, par le lessivage des produits les plus rémanents. Ainsi, Liebman (1992) rapporte plusieurs cas où les quantités d'herbicides retrouvées dans l'eau potable sont supérieures aux normes américaines. C'est le cas de l'alachlore, de l'atrazine, de la cyanazine et de la simazine, pour lesquels les concentrations dépassent le seuil acceptable dans certains états américains (Halberg 1987, Halberg, 1989). Au Québec, selon les études du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de

l'Alimentation et du Ministère de l'Environnement, la plupart des rivières des principales régions agricoles sont contaminées par la présence de l'atrazine et du 2,4-D. De plus, le métolachlore et le MCPA se retrouvent à l'état de traces dans certains cours d'eau (Anonyme, 1992b). Les études sur l'alachlore et le métolachlore indiquent que ces substances sont hautement cancérigènes, l'alachlore a d'ailleurs été retiré du marché (Gagnon, 1990). Il a aussi été démontré que l'herbicide amitrol présente des risques élevés de toxicité et qu'il peut se retrouver dans les aliments (Anonyme, 1992b). En plus, même les ingrédients inertes des herbicides peuvent s'avérer toxiques. Ainsi le polyoxyéthylèneamine, un surfactant présent dans la préparation commerciale de glyphosate, peut causer de sérieux problèmes de santé (Gagnon, 1990). Ces cas illustrent l'importance des problèmes environnementaux reliés à l'emploi des herbicides et soulèvent aussi les risques que l'usage abusif des herbicides peut présenter pour la santé humaine.

### **2.1.3 La possibilité de réduction du taux d'utilisation des herbicides**

D'après les éléments présentés dans les paragraphes précédents, on peut supposer qu'il serait avantageux de réduire le taux d'utilisation des herbicides. C'est sans doute des motivations analogues qui ont mené le ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec à adopter l'objectif de réduire de 50% l'utilisation globale des pesticides en agriculture. Certains diront qu'un tel objectif est irréalisable dans un contexte d'agriculture commerciale intensive, mais d'autres, comme Pimentel et al. (1993), soutiennent qu'une réduction de 50% de l'usage des pesticides est réalisable sans pour autant réduire le rendement et la qualité des productions agricoles. Une telle réduction permettrait de diminuer le coût de la lutte contre les adventices et aurait un impact important dans le bilan financier des entreprises agricoles de type conventionnelles, car les herbicides représentent 40% des coûts variables dans ces systèmes de production (Tinsley, 1980).

Par ailleurs, les produits agro-alimentaires biologiques deviennent de plus en plus populaires (Pimentel et al., 1993) et un nombre croissant de consommateurs et de producteurs sont d'avis que les produits "naturels" ont une influence positive sur leur santé (Hill et MacRae, 1992).

## **2.2 Les mauvaises herbes dans les cultures céréalières**

Le nombre d'espèces de mauvaises herbes et leur abondance dans les cultures céréalières dépend du précédent cultural et du système de production. La rotation traditionnelle (qui inclut les cultures sarclées, les légumineuses et les céréales) accroît la diversité alors que la monoculture agit à l'inverse, mais au prix de densités d'infestation très élevées. De même la distribution et l'abondance des adventices dans la culture en place est fonction du programme de répression dans la culture précédente (Hance et Holly, 1990).

De façon générale, au Québec, on retrouve une grande diversité d'espèces nuisibles, même dans les champs traités. Les espèces responsables d'infestations sont cependant, peu nombreuses. Il s'agit surtout d'espèces difficiles à réprimer, telles les vivaces, et d'espèces qui par leur germination hâtive et leur croissance rapide, réussissent à s'implanter en même temps que la culture (Légère et al., 1987).

Doyon et al. (1987) rapportent que les espèces vivaces les plus fréquentes sont le chiendent (*Agropyron repens* (L.) Beauv.), la vesce jargeau (*Vicia cracca* L.), le plantain majeur (*Plantago major* L.) et le pissenlit (*Taraxacum officinale* Weber). Les dicotylédones annuelles les plus importantes sont la renouée persicaire (*Polygonum persicaria* L.) et le chénopode blanc (*Chenopodium album* L.). Les graminées annuelles seraient moins importantes. Cependant, selon Leroux et Maltais (1988), on retrouve des espèces comme le pied-de-coq (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.), la sétaire glauque (*Setaria glauca* (L.) Beauv), le panic capillaire (*Panicum capillare* L.), la digitale astringente (*Digitaria ischaemum* (Schreb.) Mühl.)

et la sétaire verte (*Setaria viridis* L.). Plusieurs autres espèces peuvent aussi se trouver localement dans les champs de céréales et entraîner des infestations importantes.

## **2.2.1 Les problèmes occasionnés par les mauvaises herbes**

### **2.2.1.1 Réduction de rendement**

Les baisses de rendement résultent de l'interaction des mauvaises herbes avec les céréales. Quelquefois, c'est une récolte entière qui est perdue (St-Pierre et Gendron, 1982), mais dans le cas des céréales à paille une telle éventualité est peu probable. Peu d'études quantitatives ont été effectuées afin de déterminer l'effet des populations mixtes d'adventices sur le rendement, mais on estime généralement que les pertes atteignent au moins de 10% à 15% selon les endroits et les saisons (Leroux et Maltais, 1988). D'après Swanton et al. (1993), au Québec les pertes de rendement pour la période allant de 1985 à 1989 atteignaient 10%, 8% et 8% dans l'avoine, le blé et l'orge, respectivement.

Plusieurs études ont par ailleurs été réalisées afin d'évaluer les baisses de rendement occasionnées par des espèces particulières de mauvaises herbes. Dans le cas du chiendent (une graminée vivace), Rioux (1982) a établi qu'une densité de 10 tiges  $m^{-2}$  entraîne une perte de rendement d'orge de 6 g  $m^{-2}$  soit 60 kg  $ha^{-1}$ . D'après le même auteur, pour un champ moyennement infesté, les pertes se situeraient entre 8 et 16%. Dans une autre étude, Rioux (1984) a démontré que l'augmentation de la densité du chiendent de 12 à 954 tiges  $m^{-2}$  réduit significativement la biomasse, le rendement en grain et la hauteur de l'orge. En même temps, la biomasse et la hauteur du chiendent ont augmenté proportionnellement avec la densité du chiendent. Toujours dans le cas du chiendent, Bouchard (1984) rapporte des pertes de 30% à 40% dans les céréales de printemps.



Les graminées annuelles peuvent aussi causer des pertes de rendement. Dans la culture du blé de printemps, une étude conduite en Saskatchewan a indiqué que des densités de sétaire verte de 731 et 1575 plantes  $m^{-2}$  ont réduit le rendement en grains du blé de 20% et 35%, respectivement (Alex, 1967). Par contre, d'autres expériences, menées dans l'Ouest canadien, ont démontré que des infestations de sétaire verte allant de 127 à 2527 plantes  $m^{-2}$  n'ont causé aucune diminution de rendement dans l'orge (O'Donovan 1985a) et dans le blé (O'Donovan 1985b). Selon les expériences effectuées au Service de la recherche en phytotechnie de Saint-Hyacinthe en 1986 et 1987, les risques d'une nuisance réelle causée par des graminées annuelles dans les céréales à paille semblent faibles (Vézina et Perron, 1987). Néanmoins les sétaires sont apparues plus compétitives que l'échinochloa pied-de-coq.

La variabilité observée chez les mauvaises herbes vivaces et chez les graminées annuelles s'applique aussi aux mauvaises herbes dicotylédones. Ainsi, dans l'orge les pertes de rendement causées par l'ortie royale (*Galeopsis tetrahit* L.) et la moutarde des champs (*Sinapis arvensis* L.) n'étaient pas directement proportionnelles à la densité des mauvaises herbes (Scragg et al. 1982). L'effet de ces mauvaises herbes sur l'orge s'est reflété principalement dans la réduction du nombre des épis. Lapointe et al. (1984) ont étudié l'effet de la durée de l'interférence du chénopode blanc sur le rendement de l'avoine en serre et au champ. En serre, lorsque la mauvaise herbe et la céréale ont été semées en même temps, le chénopode blanc n'a pas causé de pertes de rendement significatives. Par contre, semé 15 jours avant la céréale, le chénopode blanc a entraîné des pertes significatives de rendement en paille et en grains. Ces pertes ont augmenté avec la durée de l'interférence et ont atteint un maximum vers la huitième semaine après le semis. Dans une étude menée au champ, le seuil de nuisibilité du chénopode blanc dans l'avoine a correspondu à une densité de 1000 plants  $m^{-2}$  (Lapointe et al., 1985). Mais lorsque le chénopode blanc a été semé 15 jours avant la céréale les rendements ont été significativement réduits au seuil de nuisibilité de 800 plants  $m^{-2}$ .

2. Par contre, Lemieux et Deschênes (1984) ont démontré une grande capacité de compétition de l'avoine face à la spargoute (*Spergula arvensis* L.). Dans ces expériences, peu importe de la densité de mauvaises herbes ou le temps pendant lequel la spargoute à été en compétition avec la culture, aucune composante du rendement des céréales n'a été significativement affectée.

Il ressort de toutes ces études que le niveau de réduction de rendement des céréales par les mauvaises herbes est variable. Ces variations sont influencées par des facteurs impliqués dans la compétition entre les cultures et des mauvaises herbes.

#### **2.2.1.2 Autres effets indésirables des adventices**

Lors de la récolte, les mauvaises herbes augmentent la biomasse qui passe dans la batteuse, ce qui entraîne une diminution de l'efficacité de l'opération en réduisant la vitesse et en augmentant la consommation d'énergie (Parish, 1990). De même, certaines graines de mauvaises herbes se séparent difficilement du grain des céréales et en diminuent la qualité (Saric, 1985).

Par ailleurs, plusieurs espèces de mauvaises herbes servent d'hôtes alternatifs à des organismes pathogènes et à des insectes qui attaquent les céréales. Par exemple le rôle du chiendent dans l'épidémiologie de l'ergot (*Claviceps purpurea*) et du piétin-échaudage (*Gaeumannomyces graminis*) est bien connu (Leroux et Maltais, 1988).

De plus, certaines mauvaises herbes apparemment moins importantes, que l'on retrouve surtout en bordure des champs, peuvent avoir un impact négatif sur les cultures céréalières. Ainsi, l'épine-vinette (*Berberis vulgaris*) est l'hôte alternatif de la rouille de la tige de l'avoine (*Puccinia graminis*) et le neprun commun (*Rhamnus cathartica*) est un hôte alternatif intermédiaire de la rouille des feuilles de l'avoine

*(Puccinia coronata)*. Par ailleurs, plusieurs graminées peuvent abriter des insectes comme les pucerons des céréales (*Sitobion avenae*) et la légionnaire uniponctué (*Pseudaletia unipuncta*).

Ces exemples illustrent certains des inconvénients causés par les mauvaises herbes dans la production céréalière. Ils montrent aussi que le rôle du désherbage ne consiste pas seulement à favoriser un rendement maximum.

## **2.3 Le désherbage**

Les variétés de céréales améliorées ne peuvent réaliser leur potentiel génétique que si elles se trouvent dans des conditions de croissance favorables. Or les mauvaises herbes peuvent constituer une entrave importante à la croissance des espèces cultivées. La mise en oeuvre d'un programme de désherbage efficace est donc essentielle au maintien d'un environnement de croissance favorable aux espèces cultivées en général et aux céréales en particulier. Notons aussi que le développement de programmes de désherbage intégrés, favorisant le développement d'une agriculture durable, compte sur l'utilisation simultanée de plusieurs moyens de désherbage. Il convient donc de passer en revue les moyens disponibles dans la culture des céréales.

### **2.3.1 La lutte chimique**

L'application rationnelle d'herbicides sélectifs est un outil vraiment efficace pour le désherbage des céréales. En général la plupart des producteurs utilisent des herbicides pour favoriser le développement des cultures (Leroux et Maltais, 1988). Les recommandations herbicides sont publiées par le Conseil des Productions Végétales du Québec Inc. (CPVQ): Tous les herbicides actuellement recommandés sont utilisés en postlevée des céréales et des mauvaises herbes sauf les herbicides destinés à la destruction des espèces vivaces, comme le chiendent, qui s'emploient

en presémiés. Plusieurs produits sont disponibles pour lutter contre les mauvaises herbes dans les céréales à paille. Parmi ceux-ci notons le glyphosate qui s'emploie contre le chiendent et le chardon des champs; le MCPA amine, le MCPA sodium, le 2,4 - D amine, le bromoxynil, le diquat et le méthyl thifensulfuron/méthyl tribenuron qui s'utilisent contre les mauvaises herbes annuelles à feuilles larges; le diclofop-méthyl qui s'emploie contre les graminées annuelles; le difenzoquat méthyle sulfate qui s'emploie contre la folle avoine; le linuron qui est actif contre plusieurs mauvaises herbes annuelles à feuilles larges et contre certaines graminées. Ces produits peuvent s'utiliser seul ou en mélanges (Anonyme, 1993). Même si les herbicides peuvent remplacer toutes les autres méthodes de lutte disponibles, il apparaît souhaitable de les utiliser en les combinant à d'autres moyens de lutte (mécanique, biologique, rotation, etc) dans un système de lutte intégré (Swanton et Murphy, 1996).

### **2.3.2 La prévention**

La prévention représente un ensemble de précautions élémentaires destinées à limiter l'apparition et la dissémination des adventices. Une connaissance du cycle vital des adventices, des modes de reproduction et des agents de dissémination aide à l'élaboration des méthodes de prévention. Il existe plusieurs moyens de prévenir les infestations de mauvaises herbes. Un de ces moyens est l'emploi de semences exemptes de graines des mauvaises herbes. Les semences classifiées (enregistrées, certifiées) ne contiennent, de par les exigences de la loi, que des quantités restreintes de graines de mauvaises herbes. La prévention nécessite également la destruction des débuts d'infestation (arrachage, applications localisées d'herbicides). Il est aussi important de faucher les refus de pâturage et la végétation qui longe les routes et les fossés. Ces derniers doivent aussi être libres de mauvaises herbes afin de prévenir la formation et la dissémination des semences. De plus, la machinerie agricole peut constituer une source de contamination. Pour cette raison, il est recommandé de nettoyer

l'équipement de ferme avant de passer d'une zone infestée à une zone propre. Les méthodes préventives comprennent aussi la visite régulière des champs, la compilation des observations et la tenue d'un registre des champs. Ces moyens peuvent contribuer à limiter la progression des adventices. La lutte préventive devrait faire l'objet d'une attention constante, tout au cours de la saison de croissance.

### **2.3.3 La lutte mécanique**

Il fut un temps où le désherbage mécanique des mauvaises herbes était le principal moyen de lutte contre les mauvaises herbes. Mais l'arrivée sur le marché des herbicides de synthèse a provoqué des changements importants et cette technique a pratiquement été reléguée aux oubliettes pendant de nombreuses années. Cependant, force est de constater que les herbicides ne constituent pas la solution à tous les maux. Par ailleurs, les motivations économiques et environnementales qui conduisent à prôner une réduction de l'utilisation des herbicides de synthèse, mènent aussi à reconsidérer cette méthode de lutte.

Douville et Jobin (1993) considèrent le sarclage mécanique comme un moyen efficace de désherber les céréales. Ils constatent que les sarcloirs permettent une réduction importante de la biomasse des mauvaises herbes allant jusqu'à 70%. Lemieux et Cloutier (1994) décrivent trois types de sarcloir qui peuvent être utilisés pour le désherbage mécanique dans les céréales à paille; la houe rotative, la herse-chaîne et la herse-peigne. Selon ces auteurs les sarcloirs ont cependant peu d'effet sur les mauvaises herbes vivaces et leur action se limite généralement aux mauvaises herbes annuelles. Chez ces dernières le taux de succès est assez élevé, atteignant souvent plus de 80% de répression lorsque les mauvaises herbes sont très jeunes, c'est-à-dire au stade cotylédon ou au stade deux feuilles. Par ailleurs, les informations disponibles démontrent que la céréale peut tolérer plusieurs passages sans que son rendement soit affecté. Il faut cependant

noter que les sarcloirs ont une efficacité variable selon les types de sol, le taux d'humidité du sol, les conditions climatiques et la quantité de résidus de culture au sol.

Malgré son efficacité, le sarclage ne constitue qu'un aspect dans un programme de gestion des mauvaises herbes. Le moment du sarclage ne doit pas être basé sur un calendrier d'intervention prédéterminé mais sur l'évolution réelle des mauvaises herbes et des cultures au champ. À cet effet, il importe d'examiner régulièrement les champs afin de suivre l'état des infestations de mauvaises herbes. Pour être profitable, le sarclage mécanique doit idéalement être combiné à d'autres moyens de contrôle. L'efficacité du sarclage peut être amélioré dans un ensemble qui considère simultanément plusieurs des méthodes culturales comme les rotations, le travail du sol et la gestion de la matière organique (Douville et Jobin, 1993).

#### **2.3.4 La rotation**

Il est possible de cultiver les céréales en monoculture. Une telle pratique, combinée à la lutte chimique, réduit l'effet des mauvaises herbes, mais elle favorise le développement des maladies. Il est à noter que dans une telle pratique les rendements diminuent d'année en année (Saric, 1985). Il est donc préférable de favoriser les rotations.

Un bon programme de désherbage à long terme passe par la mise en place de rotation des cultures. L'alternance des cultures et des différentes méthodes de travail du sol peut permettre d'interrompre le cycle vital des adventices et réduire leur prolifération.

Les céréales peuvent être semées après de nombreuses autres cultures comme les cultures sarclées (pomme de terre, maïs, etc.). Elles profitent alors des programmes intensifs de répression mis en place dans ces cultures. Ce n'est

toutefois pas le cas lorsqu'elles sont semées sur un retour de prairie ou de pâturage. Dans cette dernière situation, elles pourront cependant profiter d'autres facteurs, en particulier des effets bénéfiques que ces cultures peuvent avoir sur la structure du sol et sur son contenu en azote (St-Pierre et Gendron, 1982).

L'utilisation des céréales en tête d'assolement nécessite généralement des travaux de sol qui permettent de bien établir les plants d'une nouvelle succession de cultures. Comme les céréales sont les plantes relativement compétitives elles aident à la répression efficace de mauvaises herbes. Elles sont souvent utilisées lors de l'établissement des plantes fourragères. En raison des effets bénéfiques des céréales dans la rotation, Parish (1990) inclut des céréales dans son programme de culture. Par ailleurs, Liebhardt et al. (1989) suggèrent d'ajouter des céréales à paille dans les rotations à cause de leur capacité compétitive envers les adventices.

### **2.3.5 La lutte biologique**

La présence d'ennemis naturels réduit l'avantage compétitif de la mauvaise herbe et aide à limiter son aire de distribution. L'emploi de la lutte biologique contre les adventices dans la culture des céréales se limite à l'utilisation d'une rouille (*Puccinia chondrilina*), dans le blé en Australie (Watson et Colette, 1986). Cependant, cette approche n'est pas assez avancée pour être employée comme la seule méthode de contrôle des adventices. Elle doit être utilisée en complément d'autres méthodes.

La prévention, la lutte mécanique, la rotation et, dans certains cas, la lutte biologique représentent des moyens de désherbage alternatifs ou complémentaires au désherbage chimique. Pris séparément chacun de ces moyens de désherbage n'est pas assez efficace pour être utilisé seul. Par contre, cette limitation peut être contournée par leur inclusion dans le cadre d'un système de lutte intégré.

## **2.4 La compétition**

D'après plusieurs auteurs, la compétitivité des céréales peut être utilisée pour diminuer les populations de mauvaises herbes et pourrait s'intégrer dans une stratégie de désherbage (Richards, 1989, Courtney et al., 1988, Grundy et al., 1991). En même temps, l'utilisation de ce facteur pourrait aussi augmenter l'efficacité des herbicides. L'exploitation de la compétition pourrait donc s'avérer très utile dans la lutte aux adventices (Klingman, 1982).

Les céréales tolèrent assez bien la présence des mauvaises herbes. Semées tôt, elles s'implantent rapidement et forment un couvert végétal dense. Ces caractéristiques leur donnent un avantage sur les adventices et les rendent moins sensibles à la compétition que certaines autres cultures comme le maïs.

Même si les céréales sont des plantes relativement compétitives elles subissent quand même les effets de la compétition par les mauvaises herbes. En effet, tout comme la majorité des cultures, les céréales peuvent subir des pertes de rendement reliées à la compétition des adventices. Il est donc très important de bien comprendre la nature des phénomènes en cause pour en arriver à réduire les effets négatifs de la compétition sur les cultures. Puisque la compétition s'exprime à de multiples niveaux (eau, minéraux, lumière, espace), l'étude de tous les facteurs de la compétition peut être utile pour nous aider à accroître notre compréhension des relations qui s'établissent entre la culture et la mauvaise herbe.

### **2.4.1 L'historique**

Les études de compétition ont commencé il y a longtemps. Dans ses travaux, Darwin (1859) a traité de la compétition de façon générale en présentant la compétition comme un agent sélectif pour tous les organismes dans la nature. Parmi les premiers essais portant spécifiquement sur la compétition entre les végétaux, on



trouve le travail de Clements et al. (1929), qui présente un historique détaillé des travaux et des réflexions initiales relativement à la compétition entre végétaux, mais il est principalement basé sur des informations empiriques. Plus près de nous, Zimdahl (1980) a publié une revue de littérature qui comprend près de 600 références qui traitent de la compétition entre les mauvaises herbes et les espèces cultivées. La compétition est un phénomène complexe et de nombreux travaux y font référence. Nous tenterons ici de résumer l'état actuel des connaissances à cet égard en portant une attention particulière aux cultures céréalières.

#### **2.4.2 La définition**

Parmi les nombreuses définitions du terme compétition celle de Donald (1963) est la plus citée. Selon ce dernier la compétition survient quand deux ou plusieurs organismes utilisent les mêmes facteurs ou les mêmes ressources et que l'approvisionnement immédiat de ces facteurs ou ressources est en-dessous de la demande combinée de ces organismes. En général, il y a compétition entre deux espèces lorsque l'une ou l'autre ou les deux voient leur croissance, leur développement et leur production réduits; ou que leur forme est modifiée lorsque comparée aux individus cultivés seuls (en absence de compétition). La compétition intraspécifique est l'interaction négative entre les plantes d'une même espèce. Elle est nécessairement très intense puisque des individus partagent de la même niche écologique. La compétition interspécifique est l'interaction négative entre des plantes des différentes espèces. Dans un processus d'évolution, la pression de sélection au sein d'une communauté végétale conduit les espèces à utiliser diverses niches. Ceci a comme résultat de minimiser la compétition et de permettre la coexistence (Leroux, 1994).

La croissance des plantes est influencée par les ressources disponibles et par les conditions de croissance. Les ressources comprennent : l'eau, les éléments minéraux, l'oxygène, le CO<sub>2</sub> et la lumière. Les conditions de croissance

comprennent: la température, le pH, la salinité ou la densité apparente (compactions) du sol (Leroux, 1984). Les ressources sont consommées directement par les plantes et la réponse des plantes à l'augmentation des ressources se traduit par une augmentation de la biomasse jusqu'à un point optimal où la ressource atteint un point de saturation. À ce point, la productivité plafonne et peut même décliner.

### **2.4.3 La physiologie de la compétition**

Il est connu qu'il existe chez les plantes deux parcours différents pour fixer le  $\text{CO}_2$ . Ce sont le parcours de type C3 (cycle de Calvin) et de type C4 (cycle de Hatch-Slack). Dans le cycle de Hatch-Slack le premier enzyme à fixer le  $\text{CO}_2$  est le phosphoénol pyruvate (PEP) carboxylase tandis que dans le cycle de Calvin l'enzyme initial est le ribulose diphosphate (RUDP) carboxylase. Le PEP - carboxylase a une plus grande affinité pour fixer le  $\text{CO}_2$  que le RUDP - carboxylase ce qui donne des caractéristiques compétitives différentes aux plantes. Le type C4 a un avantage compétitif sous des conditions de haute intensité lumineuse, de haute température et de sécheresse (Leroux, 1994).

Black et al. (1969) ont divisé les espèces cultivées et les adventices en deux groupes, d'après le point de compensation en  $\text{CO}_2$ , la photorespiration, la présence ou l'absence du cycle C4 et l'augmentation de l'absorption du  $\text{CO}_2$  en absence d' $\text{O}_2$ . Selon cette classification, certaines espèces cultivées, dont les céréales à paille, font partie du groupe des plantes non-efficaces alors que certaines espèces nuisibles, dont plusieurs graminées annuelles, appartiennent à la catégorie des plantes efficaces. Mais par contre, sous les conditions climatiques qui prévalent au Québec même si les graminées annuelles appartiennent à la catégorie des plantes efficaces, elles ne représentent pas une limitation importante dans la culture des céréales à paille. En effet, dans une culture de céréales, pour peu que les conditions soient favorables, le couvert végétal se ferme rapidement et les graminées annuelles, qui germent plus tardivement que l'ensemble des autres mauvaises herbes ont peu de

chance d'affecter négativement la croissance et le rendement de la culture. Les graminées annuelles peuvent cependant devenir des compétitrices efficaces si la fin de printemps et le début de l'été se marquent par des conditions chaudes et par de longues périodes d'ensoleillement (Bouchard, 1984).

#### **2.4.4 La compétition pour l'espace**

D'après Zimdahl (1980) le fait que la culture des céréales se caractérise par l'usage de taux de semis élevés confère aux espèces céréalières un avantage par rapport aux mauvaises herbes. Les densités élevées de la culture réduisent la compétition causée par les mauvaises herbes, et favorisent les rendements élevés. Guitard et al. (1961) ont conclu que le taux de semis élevé ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) donne un rendement élevé chez des cultivars du blé d'hiver en Alberta. Cette conclusion a été confirmée par Baker (1981) qui a évalué huit cultivars du blé de printemps (*Triticum aestivum* L.) à des densités de semis de 110, 270 et 430 graines par mètre carré. Carlson et al. (1985a) ont démontré que le rendement espéré du blé est fonction de la densité de la culture et de la densité des mauvaises herbes. Plus la densité de la culture sera grande plus le rendement sera élevé. De plus, Skorda (1985) a démontré que la croissance de la folle avoine (*Avena fatua*) était plus importante là où le taux de semis du blé était moins élevé. De même, Grundy et al. (1993) ont observé que l'augmentation du taux de semis de 259 à 450 grains par mètre carré a un effet de suppression sur les adventices.

#### **2.4.5 La compétition pour l'eau**

L'eau constitue l'une des ressources que se partagent les adventices et la culture (Holzner et Numata, 1982). Les différentes espèces pourront exploiter cette ressource en fonction de leurs capacités respectives. Selon la littérature, cette capacité est liée à la profondeur du système racinaire. Ainsi l'orge qui a un système

racinaire plus profond que le blé ou l'avoine, serait plus apte à compétitionner pour cette ressource (Zimdahl, 1980).

Un faible pourcentage de l'eau (1% à 3%) absorbée par le système racinaire sert dans le processus de photosynthèse. La reste (97% à 99%) est évaporée. L'évaporation représente la force principale dans l'établissement du gradient hydrique. Dans la plante il existe un compromis entre minimiser les pertes d'eau et maximiser l'efficacité photosynthétique (Radosevich et Holt, 1984). Or les espèces végétales diffèrent dans leur efficacité à utiliser l'eau pour accumuler la matière sèche. Black (1969) a noté que certaines plantes (C4) utilisent plus efficacement l'eau que d'autres (C3). D'après lui, l'avoine, le blé et l'orge se trouvent dans le groupe des plantes non efficaces. Malgré cela, cette plus grande efficacité à utiliser l'eau ne confère pas nécessairement aux espèces qui en bénéficient une compétitivité supérieure envers les espèces moins efficaces, car de nombreux autres facteurs entrent en ligne de compte.

Lorsque la ressource n'est pas en quantité limitante les conséquences de la compétition sont difficiles à prévoir. Une étude de Fabricius et Nalewaja (1968) démontre en effet que sous ces conditions le blé utilise mieux les ressources du milieu que le *Polygonum convolvulus*. Cependant, en situation de compétition pour l'eau, la mauvaise herbe semble plus efficace que le blé, ce qui lui donnerait un avantage compétitif. En général, une plus grande efficacité à utiliser l'eau, associée à un système racinaire profond qui se développe rapidement, sont des facteurs qui confèrent un avantage compétitif.

#### **2.4.6 La compétition pour les minéraux**

Parmi les minéraux du sol, l'azote est celui qui limite le plus la croissance des plantes (Graf, 1992). De nombreux exemples illustrent l'importance de l'azote. Caussanel et al. (1973) mentionnent le cas de *Veronica hereditiflora* qui compétitionne

fortement avec le blé pour l'azote. Prafula (1977) a conclu que la présence des mauvaises herbes influence fortement le contenu en minéraux (particulièrement en N) du blé. D'autres essais avec des cultivars de trois céréales de printemps et la folle avoine ont démontré que la compétition pour les ressources du sol, en particulier l'azote, était plus intense que la compétition pour la lumière (Satore, 1992).

Valenti et Wicks (1992) ont de plus montré que l'apport d'azote minéral sur le blé d'hiver permet d'accroître ses capacités compétitives et de réduire l'importance des populations des mauvaises herbes. Les travaux de Mekki (1990) ont démontré que dans la culture du blé d'hiver, en absence de désherbage, une augmentation de la dose de N a permis de réduire l'importance des populations de matricaire inodore (*Matricaria maritima*). En même temps l'augmentation de la dose de fertilisation azotée avait un effet positif sur le rendement du blé.

Dans d'autres cas, c'est la mauvaise herbe qui pourrait utiliser l'azote mieux que la culture et bénéficier de l'apport de fertilisants. C'est le cas de la folle avoine dans le blé de printemps (Henson et Jordan, 1982). Lorsque la densité de folle avoine excède 1,6% de la superficie cultivée, la fertilisation azotée a un effet négatif sur le rendement du blé (Carlson et al., 1985b).

Par ailleurs, des essais menés avec l'orge par Jensen et Peterson (1980) ont démontré que l'efficacité d'absorption du potassium varie d'un cultivar à l'autre et que ces différences sont souvent associées à des différences morphologiques et anatomiques du système racinaire. De même Siddiqui et al. (1985) ont conclu que la capacité de huit cultivars d'orge à compétitionner *Avena fatua* dépend de leur efficacité à absorber et à utiliser le potassium. Ces études tendent à conclure que les cultivars les plus compétitifs absorbent et utilisent plus efficacement le potassium. On peut finalement noter que, la compétitivité de certains cultivars change aussi avec la disponibilité des ions  $K^+$ . Ainsi, lorsque la concentration des

ions  $K^+$  dans le sol a été élevée, le cultivar Steptoe a été un compétiteur plus efficace que lorsque la concentration en ions  $K^+$  a été faible.

#### **2.4.7 La compétition pour la lumière**

**La capacité photosynthétique des feuilles permet aux plantes de transformer l'énergie lumineuse en énergie chimique. La lumière est donc une ressource essentielle à la croissance des plantes et la compétition pour cette ressource survient dans le couvert végétal, au niveau des feuilles. Il en résulte que l'habileté d'une espèce à intercepter la lumière lui conférera un avantage compétitif (Valenti et Wicks, 1992).**

**Dans le blé d'hiver par exemple, l'émergence tardive de *Bromus tectorum* ne cause pas de pertes de rendement lorsque les densités de la mauvaise herbe sont inférieures à 200 plants  $m^{-2}$ . Sous ces conditions l'interception de la lumière par le blé est telle que *Bromus tectorum* a peu d'impact sur le rendement final (Blackshaw et al., 1993). Par ailleurs, Cudney (1991) a démontré que la folle avoine possède la capacité d'intercepter la lumière et qu'elle peut réduire la croissance du blé de printemps. Plus l'interception de la lumière survient tôt en saison, plus l'effet sur le rendement de la culture sera important. De plus, les dommages causés par le manque de lumière, en début de saison, sont irréversibles et l'arrachage de la mauvaise herbe après le tallage ne permet pas de renflouer le rendement.**

**La capacité des plantes à intercepter la lumière est fonction de la hauteur des plantes, ainsi que de la forme, de la position et de la surface des feuilles. Par exemple, les plantes ayant des feuilles larges et horizontales seront avantagées. C'est le cas pour certains cultivars de blé à feuilles larges qui se sont avérés plus aptes à concurrencer les mauvaises herbes que d'autres cultivars à feuilles plus étroites (Gardener et al., 1964).**

## **2.4.8 La compétition pour le CO<sub>2</sub>**

La compétition directe pour le CO<sub>2</sub> est théoriquement possible entre les espèces cultivées et les adventices croissant à proximité. Cependant ce phénomène est rare puisque la concentration de CO<sub>2</sub> atmosphérique dépasse presque toujours le point de compensation (Leroux, 1994).

## **2.5 Les céréales**

### **2.5.1 L'importance des céréales au Québec**

Les céréales constituent une importante source d'énergie et de protéines. Elles sont donc utilisées abondamment pour l'alimentation humaine et animale. Au Québec, la plus grande partie des céréales produites est destinée à la consommation animale, mais depuis 1985 la production de blé panifiable occupe une partie non négligeable des emblavures.

La culture des céréales constitue par ailleurs une importante composante de l'économie agricole du Québec. En effet, les surfaces cultivées comprennent plus de 360 000 ha, dont la plus grande partie est consacrée à l'orge, qui est suivie de l'avoine et du blé. Au Québec, la valeur totale de cette production dépasse les 100 millions de dollars, ce qui illustre bien l'importance économique des céréales à paille (Anonyme, 1991d). Toute augmentation de productivité et toute amélioration des techniques et des méthodes de production, incluant l'introduction de cultivars compétitifs, requérant l'utilisation de moins d'herbicides, aura donc un impact positif sur l'économie agricole québécoise.

### **2.5.2 Les caractéristiques des cultivars modernes**

Les nouveaux cultivars de céréales ont un potentiel génétique de haut rendement et une grande résistance aux maladies et aux insectes. Au Québec, le Conseil des Productions Végétales du Québec Inc. (CPVQ) est l'organisme qui publie les recommandations de cultivars. L'examen des caractéristiques agronomiques des cultivars recommandés démontre que les cultivars privilégiés sont ceux qui présentent le meilleur potentiel de rendement (Jacob, 1988).

Par ailleurs, on sait que les programmes de sélection modernes ne tiennent pas compte de la compétition causée par les mauvaises herbes. En effet, dans ces programmes, les céréales n'ont pas à compétitionner les adventices (Wall, 1980). Ainsi, les nouveaux cultivars n'ont pas nécessairement conservé toutes les caractéristiques qui leur donnent un avantage compétitif, ce qui a été par ailleurs confirmé par Lemerle et al. (1996).

### **2.5.3 La capacité à compétitionner les mauvaises herbes**

La capacité de diverses cultures à compétitionner les mauvaises herbes varie. En effet, il a été démontré que les cultures ont une habileté compétitive différentielle et que leur capacité à tolérer les mauvaises herbes est variable (Callaway, 1992). De plus, les cultivars d'une même espèce possèdent des caractéristiques compétitives différentes. De telles différences variétales ont été notées et étudiées dans les cultures d'avoine (*Avena sativa* L.), de blé (*Triticum aestivum* L.), de maïs (*Zea mays* L.), d'orge (*Hordeum vulgare* Jessen), de riz (*Oryza sativa* L.) etc. (Callaway, 1992). En général, les différences variétales sont attribuées à des facteurs comme l'établissement des plantules (poids des grains, taux d'émergence, taux de croissance), les caractéristiques du couvert végétal (vitesse de fermeture, densité, indice de surface foliaire, architecture), la hauteur, la maturité, la vigueur et la productivité des plantes, l'efficacité d'utilisation des minéraux (azote et potassium



en particulier), etc. (Callaway, 1992). Zimdahl (1980) rapporte que parmi les céréales à paille, l'orge est considérée plus compétitive que le blé et l'avoine, grâce à une croissance hâtive et rapide de son système racinaire. Par ailleurs, Moss (1985) a noté des différences de compétitivité entre l'orge à deux rangs et l'orge à six rangs; le cultivar Maris Otter (deux rangs) a été plus affecté par la compétitivité des mauvaises herbes que le cultivar Hoppel (six rangs).

La compétitivité des céréales et des autres cultures envers les adventices est donc un facteur qui varie d'un cultivar à un autre. Mais les raisons de ces différences variétales demeurent mal connues (Wall, 1982). Ainsi, chez les céréales, il n'existe pas actuellement de critères qui puissent être utilisés pour la sélection de cultivars plus compétitifs. Néanmoins, une revue de la littérature permet d'identifier certains facteurs généraux qui pourraient jouer un rôle et influencer la dynamique de la compétition "mauvaises herbes-céréales". Nous présentons ici quelques uns de ces facteurs:

- La capacité des céréales à compétitionner les mauvaises herbes est souvent reliée à des différences dans la longueur de la paille. Blackshaw et al. (1981) ont étudié la compétition de deux cultivars de blé de printemps (le cultivar Napayo mesurant de 85 à 95 cm et le cultivar Norquay, mesurant de 60 à 65 cm). Dans leur étude, la mauvaise herbe *Setaria viridis* a été plus compétitive envers le cultivar à paille courte. De même Wicks et al., (1986) ont démontré que les cultivars de blé d'hiver diffèrent dans leur aptitude à réprimer la croissance des graminées annuelles. Dans cette dernière étude, la plupart des cultivars ayant une hauteur d'au moins 83 cm étaient plus compétitifs que ceux mesurant moins de 83 cm de hauteur. En plus Challaiah et al. (1986) ont montré que le tallage et la hauteur des cultivars de blé d'hiver étaient corrélés négativement avec la biomasse de la *Bromus tectorum*. Finalement, Callaway (1992) a noté que parmi huit cultivars d'orges, trois cultivars de blé et cinq cultivars d'avoine,

le meilleur compétiteur avait la paille la plus longue.

- Le taux de croissance et le taux du développement sont des facteurs importants qui influencent la compétition. En général, chez les cultivars à taux de croissance rapide, le couvert végétal se ferme plus rapidement, ce qui leur donne un avantage compétitif (Richards et Davies, 1991). Par ailleurs, Ponce (1988) a démontré que le cultivar de blé Estrella, caractérisé par un taux de croissance lent, a été plus affecté par la compétition d'*Avena sterilis* spp. que d'autres cultivars dont la taux de croissance est plus rapide. Challaiah et al. (1983) suggèrent que la compétitivité peut être améliorée par la production de cultivars à taux de croissance plus rapide.
- La compétition pour l'eau et les minéraux survient dans le sol au niveau du système racinaire. Dans le but de clarifier l'importance du système racinaire dans la compétition pour ces ressources. Pavlychenko (1937) a étudié l'effet d'infestation de la folle avoine et de moutard sauvage sur le développement du système racinaire chez le blé Marquis et l'orge Hannchen. Les résultats ont démontré que la réduction du rendement par la moutarde sauvage a été plus importante chez le blé, là où le développement des racines de la céréale a été plus faible. Dans le cas où la longueur totale du système racinaire des céréales a été plus importante la biomasse sèche des mauvaises herbes a été faible. Chez les céréales, la compétition pour les ressources du sol serait plus forte que la compétition aérienne (Satorre et Snaydon, 1992). Selon ces auteurs, l'avoine et l'orge sont des espèces plus compétitives que le blé et cette différence serait reliée à la longueur du système racinaire respectif de ces espèces. Soulignons aussi que Mian et al. (1993) ont trouvé des différences morphologiques dans le système racinaire de certains cultivars de blé. Ces différences se sont exprimées au niveau de la biomasse

fraîche du système racinaire, du nombre de racines de plus de 40 cm, de la longueur des racines principales et de la longueur totales des racines, mais l'étude n'a pas porté sur la problématique de la compétition.

- Dans une étude effectuée chez le blé, Valenti et Wicks (1992) rapportent que l'interception de la lumière et la hauteur des cultivars jouent un rôle important dans la suppression des mauvaises herbes. Dans une autre étude, comprenant 85 cultivars de blé d'hiver, Challalah et al. (1983) ont conclu que l'émergence des mauvaises herbes a été plus forte dans les parcelles où l'interception de la lumière a été plus faible. Ainsi, les cultivars à feuilles dressées seraient moins compétitifs que les cultivars dont les feuilles s'étendent latéralement (Wall, 1982).
- Finalement, Valenti et Wicks (1992) ont étudié l'influence de trois doses d'azote (34, 67 et 101 kg ha<sup>-1</sup>) sur les populations et de graminées annuelles dans le blé d'hiver. L'augmentation du taux d'azote a diminué le nombre de plantes d'adventices et leur biomasse. Ces auteurs ont également noté que la hauteur des céréales était maximum dans les parcelles ayant reçu la plus forte dose d'azote.

De façon générale, on peut conclure que les facteurs reliés à l'occupation de l'espace par les céréales sont étroitement reliés à leur potentiel compétitif. Or, bien que l'application de bonnes pratiques de régie (semis hâtif, fertilisation, etc.), soit garante d'une meilleure occupation de l'espace, ces pratiques ne sont pas les seules à favoriser une forte compétitivité des cultivars. Il a en effet été démontré que des différences mesurables existent d'un cultivar à l'autre et que ces différences peuvent être reliées à des caractéristiques plus ou moins circonscrites comme la longueur de la paille ou le taux de croissance. Dans ce contexte, on peut se demander s'il serait possible d'identifier des critères de sélection qui pourraient être utilisés lors du

développement de nouveaux génotypes. Cette question revêt d'autant plus d'importance qu'il a été noté que les cultivars de céréales disponibles actuellement ont été sélectionnés en absence de mauvaises herbes et que par conséquent, ils n'ont pas nécessairement conservés toutes les caractéristiques qui leur donnent un avantage compétitif par rapport aux adventices.

L'objectif de ce travail est d'étudier un grand, nombre de cultivars de blé, d'avoine et d'orge, afin de déterminer quels sont ceux qui sont le plus compétitifs envers les mauvaises herbes. À court terme, l'atteinte de cet objectif permettrait d'identifier les cultivars les plus compétitifs et ceux qui le sont moins. Il serait donc possible de savoir quels sont les meilleurs cultivars à utiliser et quels sont ceux qu'il convient d'éviter. Dans un contexte d'agriculture conventionnelle, cette donnée a relativement peu d'importance, mais dans un contexte de transition vers l'écoagriculture, elle revêt une grande importance. En effet, si l'on veut réduire efficacement l'emploi des herbicides, il importe d'employer les cultivars les plus compétitifs afin de ne pas mettre en péril la survie des entreprises agricoles. À plus long terme une étude comparative entre les cultivars les plus compétitifs et les cultivars les moins compétitifs pourrait être menée, afin d'identifier des critères de sélection. Ces critères pourraient par la suite être utilisés par les phytogénéticiens lors de la mise en oeuvre de leurs programmes de sélection.

Rappelons que le but visé est la réduction du taux d'utilisation des herbicides par l'emploi de cultivars de céréales plus compétitifs envers les mauvaises herbes. Une telle réduction favoriserait le secteur céréalier en diminuant le coût de la lutte aux mauvaises herbes, lequel constitue une part importante des coûts de production. L'emploi de cultivars plus compétitifs aurait donc un impact sur la compétitivité du secteur céréalier. En plus, l'emploi de moins d'herbicides aurait des répercussions positives sur l'environnement et sur la conservation des ressources.

## **CHAPITRE III**

### **MATERIEL ET MÉTHODES**

#### **3.1 Introduction**

L'expérience consistait à évaluer la performance compétitive de plusieurs cultivars de céréales de printemps. Trois essais ont été mis en place, un pour le blé, un pour l'avoine et un pour l'orge. Les essais de blé et d'avoine comprenaient douze cultivars chacun, alors que dans l'orge, seize cultivars ont été testés : huit cultivars d'orge à deux rangs et huit cultivars d'orge à six rangs. Les cultivars sélectionnés avaient des caractéristiques différentes et provenaient de parents distincts. Les cultivars testés sont présentés au tableau 3.1.

#### **3.2 Mise en place de parcelles**

L'expérience a été réalisée en 1994 et répétée sur un site adjacent en 1995, à la Station agronomique de l'Université Laval à Saint-Augustin, près de Québec. Les parcelles ont été implantées sur un loam sableux, caractérisé par des infestations sévères de mauvaises herbes. Sur le site de 1994, la teneur du sol en matière organique était de 2,70 % et le pH de 6.50. Sur le site de 1995 ils étaient de 2,76% et de 5.92, respectivement. Chaque site avait été laissé en jachère l'année précédant le semis, puis labouré à l'automne. Au printemps suivant, le sol a été fertilisé avec un engrais organique (fumier) contenant 14,5% de matière sèche; 2,33% de cendres; 0,51% de N total; 0,127% de P; 0,503% de K; 0,301% de Ca et

0,087% de Mg. Le fumier a été incorporé au vibroculteur lors de la préparation du lit de semence.

Les cultivars ont été alloués à des parcelles de 2 x 7 m. Dans les essais de blé et d'avoine, les parcelles ont été disposées selon un plan en blocs aléatoires complets, les cultivars constituant les traitements. Dans l'essai d'orge, les parcelles ont été disposées selon un plan en parcelles partagées avec le type d'orge (2 rangs ou 6 rangs) en parcelles principales et les cultivars en sous parcelles. Dans tous les cas, quatre répétitions ont été implantées. Une parcelle de bordure a été prévue à chaque extrémité de chaque bloc.

Une bande de 75 cm de largeur a aussi été prévue entre chaque parcelle. Cette bande, appelée bande non ensemencée, a servi à documenter l'homogénéité des infestations de mauvaises herbes. Au moment du semis, les roues de tracteur étaient en contact avec cette bande et pouvaient provoquer une compaction du sol et causer des répercussions importantes sur la végétation. Afin d'éviter ces inconvénients, les bandes non ensemencées ont été rotocultées tout de suite après le semis.

Les céréales ont été semées en rangs espacés de 17 cm, en respectant un taux de semis de 325, 350 et 375 graines viables  $m^{-2}$  pour l'avoine, l'orge et le blé, respectivement (tableau 3.2). Elles ont été implantées avec un semoir de marque Wintersteiger™. Un mélange de mauvaises herbes a été aussi semé au taux de 825 graines viables  $m^{-2}$ , (412  $kg\ ha^{-1}$  ont été semés juste avant le semis des céréales et 412  $kg\ ha^{-1}$  ont été semés tout de suite après), à l'aide d'un semoir de marque Brillon™. Les dates de semis sont présentées au tableau 3.2.

### **3.4 La collecte de données**

Les mauvaises herbes ont été évaluées visuellement à deux reprises au cours de la saison: au stade 1 à 2 feuilles des céréales et au stade 5 feuilles/tallage. L'évaluation par recouvrement visuel a été faite en fonction des groupes botaniques suivants: dicotylédones annuelles, dicotylédones vivaces, graminées annuelles et graminées vivaces. À chacune des deux dates retenues (tableau 3.2) l'évaluation a porté sur chaque parcelle et sur chaque bande non ensemencée. Les cotations dans les zones non ensemencées ont été utilisées comme covariables lors de l'analyse statistique, afin de tenir compte du patron de distribution des mauvaises herbes à chaque site.

Les populations de mauvaises herbes ont aussi été évaluées quantitativement au stade montaison (tableau 3.2). Deux quadrats de 33 x 75 cm ont été prélevés dans chaque parcelle en respectant une grille de coordonnées prédéterminées par tirage au hasard. Dans chaque quadrat, les mauvaises herbes ont été récoltées, classées en fonction des groupes botaniques décrits au paragraphe précédent, puis séchées et pesées.

Pour les céréales, les mesures suivantes ont été prises: la date d'épiaison, la date de maturité, l'indice de verse, le hauteur des tiges, le rendement en paille, le rendement en grains, le poids de 1000 grains et le nombre de kg  $hi^{-1}$ . La chronologie des travaux exécutés est présentée dans le tableau 3.2.

### **3.5 L'analyse de données**

Les données ont été soumises à l'analyse de covariance et testées pour l'homogénéité de la variance. Trois covariables ont été utilisées : 1) l'abondance des mauvaises herbes dans la bande non ensemencée située à gauche de la parcelle, 2) l'abondance des mauvaises herbes dans la bande non ensemencée située à droite

de la parcelle et 3) l'importance de l'effet de terrain observé sur le site (en 1994 seulement). Les différences entre les traitements ont été déterminées à l'aide du test LSD de comparaisons multiples. Pour respecter l'homogénéité de la variance lors de l'analyse des résultats de 1994 l'introduction de la troisième covariable (l'importance de la l'effet de terrain observé sur le site) s'est avéré nécessaire. Pour cette raison il n'a pas été possible de comparer statistiquement les deux années, car les modèles d'analyse en 1994 et en 1995 différaient. L'effet global des populations de mauvaises herbes a été analysé par corrélation canonique (Laforge, 1981). Cette technique permet de mettre en relation deux ensembles comprenant plusieurs variables. Dans notre cas, ces variables sont d'une part celles reliées à la croissance des céréales et d'autre part, celles reliées à la croissance des mauvaises herbes. De cette façon on peut déterminer la relation existant entre les variables de la culture et celles des mauvaises herbes. La corrélation canonique a pour but d'établir les combinaisons linéaires de deux ensembles de variables de telle sorte que les résultats obtenus soient en corrélation maximale. De cette manière on obtient des variables canoniques pour la culture et pour les mauvaises herbes. La technique permet de calculer des scores canoniques et de les mettre en relation avec les scores des variables mesurées. L'examen des corrélations entre les variables canoniques et les variables originales permet d'interpréter les résultats. Afin d'être déclarées significatives biologiquement ces corrélations doivent être vérifiées par l'examen de certains sujets connus sur la variable mesurée ce qui nous permet d'effectuer une interprétation biologique des résultats. Toutes les analyses ont été faites à l'aide du logiciel SAS<sup>TM</sup> (SAS institute, 1989). Les modèles d'analyse de covariance sont présentés dans les annexes E, F, G, H, I et J.



**Tableau 3.1: Les cultivars de céréales de printemps employés dans l'expérience**

<b>Avoine</b>	<b>Blé</b>	<b>Orge à deux rangs</b>	<b>Orge à six rangs</b>
AC-Rigodon	AC-Mimi	AC-Sirius	AC-Nadia
Appalaches	AC-Pollet	Helena	Befdord
Baldwin	AC-Voyageur	Iona	Cadette
Capital	Aquino	Lester	Chapais
Donegal	Casavant	Morisson	Etienne
Dorval	Celtic	Rodeo	Joly
Lamar	Columbus	Symko	Laurier
Laurent	Laval-19	Winthrop	Sophie
Manic	Messier		
Marion	Roblin		
Sylva	SS-Fundy		
Ultima	SS-Blomidon		

\*Des informations complémentaires concernant les cultivars sont présentées dans les annexe A, B, C et D

**Tableau 3.2 : Chronologie des travaux exécutés en 1994 et en 1995**

<b>Opérations</b>	<b>Stade Zadoks*</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
Semis	-	27-05-1994	03-05-1995
Première évaluation visuelle (1)	11-12	13-06-1994	31-05-1995
Deuxième évaluation visuelle (2)	13-30	17-06-1994	15-06-1995
Évaluations quantitatives	39	12-07-1994	19-06-1995
Récolte	-	16-08-1994	05-08-1995

\*Source : Anonyme, 1993. Mauvaises herbes: Répression. CPVQ (Conseil de productions végétales de Québec.). Agdex 640.

## CHAPITRE IV

### RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 4.1 Généralités

Les conditions climatiques ont été différentes au cours des deux années d'expérimentation (tableau 4.1). On peut constater que des conditions très humides ont été observées à l'été 1994, alors que des conditions très sèches ont été observées en 1995. Il s'agissait de deux années extrêmes ce qui pourrait alors influencé la croissance et le développement des céréales et des mauvaises herbes.

#### 4.2 L'effet des différentes espèces sur les mauvaises herbes

Le plan d'expérience ne prévoyait pas de comparer les trois essais entre eux. Il est impossible, par exemple, de savoir si le blé est statistiquement plus ou moins compétitif que l'avoine. On peut cependant observer, à titre indicatif, l'importance des populations de mauvaises herbes dans chacune des cultures. La figure 4.1 illustre les résultats obtenus à cet égard. Ainsi, l'examen des moyennes démontre qu'en 1994 le nombre de mauvaises herbes était moins important dans l'avoine que dans les autres cultures à l'étude. Cependant, l'avoine ne s'est pas avérée très compétitive car la biomasse des mauvaises herbes était plus importante dans les parcelles d'avoine que dans celles de blé ou d'orge. En fait, dans cette étude, ce sont les orges qui se sont avérées les espèces les plus compétitives. Dans les parcelles d'orges la biomasse sèche des mauvaises herbes a été moins importante que dans celles d'avoine et de blé. Bien que les différences ne peuvent

être comparées statistiquement, elles sont en accord avec les constatations de Zimdahl (1980), selon qui l'avoine serait moins compétitive que les autres céréales de printemps. Cet auteur affirme aussi que les orges sont plus compétitives que le blé ou l'avoine, car ils possèdent un système racinaire caractérisé par une croissance hâtive et rapide. En plus, Lanning et al. (1997) ont démontré que l'avantage compétitif des cultivars d'orge par rapport au blé est relié à sa plus grande capacité à créer de l'ombrage. Dans ces essais aucune cultivar de blé n'était aussi répressif envers les mauvaises herbes que le cultivar d'orge le moins répressif.

Dans le cas des orges, il est possible de les comparer statistiquement entre elles. En effet, puisque les deux types d'orge ont été étudiés à l'intérieur du même plan expérimental, on peut établir des comparaisons statistiques entre les orges à deux rangs et les orges à six rangs. Ainsi, toujours en 1994, des différences ( $p \leq 0,05$ ) ont pu être notées entre les types d'orge (Figure 4.1). Les orges à deux rangs se sont avérées plus compétitives que les orges à six rangs. Cette situation s'est exprimée tant au niveau de la densité des mauvaises herbes ( $p > 0,01$ ) qu'au niveau de la biomasse aérienne ( $p > 0,01$ ). Ces données sont en désaccord avec les résultats publiés par Moss (1985). Selon lui, ce sont les orges à six rangs qui sont les plus aptes à compétitionner les mauvaises herbes. Par contre, des essais récents, menés en Saskatchewan, supportent nos propres résultats. En effet, dans une étude qui comptait 34 cultivars de blé et deux cultivars d'orge (un cultivar à deux rangs et un cultivar à six rangs), le cultivar qui a le plus réduit la biomasse des populations de mauvaises herbes est le cultivar d'orge à deux rangs Harrington (Hucl, P., communication personnelle).

En 1995, la situation a été fort différente. L'ampleur des variations entre les espèces a été beaucoup moins importante. En fait, la biomasse des mauvaises herbes a été pratiquement la même pour les quatre espèces de céréales à l'étude (Figure 4.1). De même, l'analyse statistique des différences entre les orges à deux rangs et les orges à six rangs ne s'est avérée significative ni pour le nombre de

mauvaises herbes ( $p>0,15$ ), ni pour le poids des mauvaises herbes ( $p>0,35$ ). Nous attribuons cette situation aux conditions climatiques assez exceptionnelles qui ont prévalu en 1995 (Tableau 4.1). En effet, l'été 1995 a été particulièrement chaud et sec, ce qui a pu avoir un effet tant sur les mauvaises herbes que sur les céréales. D'ailleurs, d'autres essais menés avec des cultivars d'orge ont démontré que la compétitivité de ces cultivars est fortement influencée par les conditions climatiques (Lemerle et al. 1995).

La différence observée entre les deux types d'orge pourrait être reliée aux différences anatomiques et morphologiques de leur système racinaire et aussi aux différences dans l'efficacité d'absorption et d'utilisation des nutriments et de l'eau (Jensen et Peterson 1980, Siddiqui et al., 1985). En plus, l'été 1994 a été humide (Tableau 4.1), ce qui pourrait mener à une plus grande disponibilité des minéraux dans le sol.

### **4.3 Les cultivars de céréales**

#### **4.3.1 Les composantes du rendement**

##### **4.3.1.1 L'effet des cultivars d'avoine sur les composantes du rendement**

Le rendement en paille des douze cultivars d'avoine n'a pas varié significativement au cours de deux années d'expérimentation ( $p>0,7976$  en 1994 et  $p>0,1048$  en 1995). On peut cependant observer que le cultivar AC-Rigodon s'est démarqué des autres cultivars, en produisant le plus grand rendement en paille en 1994 et en 1995 (fig. 4.2).

Par contre, le rendement en grain des douze cultivars d'avoine a varié significativement au cours des deux années ( $p>0,0002$  en 1994 et  $p>0,0243$  en 1995) (fig.4.2). Dans ces essais, le cultivar Lamar a obtenu les plus hauts

rendements et le cultivar Appalaches le plus bas et ce, tant en 1994 qu'en 1995. Néanmoins, les résultats doivent être interprétés avec précaution car les oiseaux ont causé des dommages importants à la récolte d'avoine au cours de la première année d'expérimentation. Ceci expliquerait probablement les faibles rendements obtenus en 1994 pour tous les cultivars.

Le nombre de  $\text{kg hl}^{-1}$  et le poids de 1000 grains sont les variables qui nous renseignent sur la qualité des céréales. Plus ils sont grands plus la qualité de la céréale est élevée. Le nombre de  $\text{kg hl}^{-1}$  des douze cultivars d'avoine a varié significativement à l'été 1994 ( $p > 0,0095$ ), le meilleur cultivar étant Sylva. En 1995 le nombre de  $\text{kg hl}^{-1}$  n'a pas varié significativement entre les différents cultivars d'avoine ( $p > 0,7937$ ) (fig. 4.2).

Le poids de 1000 grains a varié significativement au cours des deux années d'expérimentation ( $p > 0,0010$  en 1994 et  $p > 0,0001$  en 1995). Parmi les cultivars d'avoine le cultivar Donegal se trouve dans le groupe des meilleurs cultivars à chaque année. En effet, le poids de 1000 grains de ce cultivar a occupé la première place en 1994 et la deuxième place en 1995. Par contre, l'ordre occupé par les autres cultivars a beaucoup varié d'une année à l'autre.

#### 4.3.1.2 L'effet des cultivars de blé sur les composantes du rendement

Le rendement en paille des douze cultivars de blé a varié significativement en 1994 ( $p > 0,0002$ ) et en 1995 ( $p < 0,0138$ ) (fig. 4.3). Les cultivars AC-Voyageur et Casavant ont conservé leur place parmi les cultivars ayant un rendement en paille élevé pendant deux années. On peut conclure que ces deux cultivars se sont bien comportés au cours de deux années d'expérimentation et qu'ils tolèrent mieux la présence des mauvaises herbes. Au contraire, le classement des autres cultivars a varié d'une année à l'autre.

La démarcation du rendement en grain des douze cultivars de blé a aussi été claire. Les différences entre les cultivars ont été significatives ( $p > 0,0016$ ) en 1994 et ( $p > 0,0002$ ) en 1995 (fig. 4.3). Les cultivars Casavant et SS-Fundy se sont retrouvés dans le groupe de cultivars les plus productifs et ont gardé la même position pendant les deux années d'expérimentation. En plus le cultivar Columbus s'est maintenu dans le groupe de cultivars avec le rendement le plus faible.

Le nombre de  $\text{kg hl}^{-1}$  des douze cultivars a varié significativement à l'été 1994 ( $p > 0,019$ ) et à l'été 1995 ( $p > 0,0079$ ) (fig. 4.3). On peut observer qu'il y a eu une certaine stabilité dans le groupe de tête pour le cultivar Celtic et dans le groupe de queue pour les cultivars Casavant et SS-Blomidon.

Les différences entre le poids de 1000 grains pour les cultivars de blé ont été significatives aussi bien en 1994 ( $p > 0,0001$ ) qu'en 1995 ( $p > 0,0001$ ). Les cultivars de blé AC-Pollet et Casavant sont les cultivars qui ont conservé le plus grand poids de 1000 grains aussi bien en 1994 qu'en 1995 (fig. 4.3). Par contre, le cultivar SS Fundy s'est maintenu parmi les cultivars les moins performants à cet égard.

#### **4.3.1.3 L'effet des cultivars d'orge à deux rangs sur les composantes du rendement**

Les différences entre les rendements en paille des huit cultivars d'orge à deux rangs ont été nettes et significatives en 1994 ( $p > 0,0565$ ) et en 1995 ( $p > 0,0041$ ) mais le classement des cultivars n'a pas été maintenu au cours de deux années (fig. 4.4). L'ordre observé en 1995 a été différent de celui observé en 1994. On peut cependant remarquer que le cultivar Rodeo a obtenu de bons rendements en paille au cours des deux années.

La variation du rendement en grain des huit cultivars d'orge à deux rangs en 1994 n'a pas été significative au seuil de 5% ( $p > 0,0822$ ), mais l'a été en 1995 ( $p < 0,0097$ ) (fig. 4.4). Le cultivar Winthrop a obtenu de bon rendement en grains au cours des deux années. Par contre, le cultivar Iona a gardé sa place dans le groupe des cultivars les moins productifs.

Les variations entre le nombre de  $\text{kg hl}^{-1}$  ont été significatives en 1994 ( $p > 0,0001$ ) et en 1995 ( $p > 0,0228$ ). Le cultivar Morrison a donné le plus grand nombre de  $\text{kg hl}^{-1}$  pendant les deux années, tandis que l'ordre des autres cultivars a été très variable.

Des différences significatives ont été observées sur le poids de 1000 grains des différents cultivars d'orge au cours des deux années d'essais. L'analyse des données a montré des probabilités de 0,0003 (1994) et 0,0021 (1985). Le cultivar Morrison a produit des grains dont le poids était plus élevé au cours des deux années, alors que le poids des grains du cultivar Iona était moins élevé (fig. 4.4).

#### **4.3.1.4 L'effet des cultivars d'orge à six rangs sur les composantes du rendement**

L'analyse statistique du rendement en paille des huit cultivars d'orge à six rangs a démontré que ces différences sont significatives aussi bien pour 1994 ( $p > 0,0079$ ) que pour 1995 ( $p > 0,0019$ ). AC-Nadia a été le cultivar avec le plus haut rendement en paille alors que Chapais occupait la dernière place fig. 4.5).

Des différences ont été observées entre les rendements en grains des huit cultivars d'orge à six rangs (fig. 4.5). Le cultivar AC-Nadia a été le cultivar le plus productif au cours des deux années, tandis que l'ordre des autres a varié d'une année à l'autre. Les cultivars en bas de liste ont été Sophie, Cadette et Chapais en 1994 et Chapais, Cadette et Bedford en 1995.

En ce qui a trait au nombre de  $\text{kg hl}^{-1}$ , l'effet des cultivars d'orge à six rangs a également été significatif en 1994 ( $p > 0,0001$ ) et en 1995 ( $p > 0,0001$ ). Le cultivar AC-Nadia s'est trouvé au sommet de liste et le cultivar Cadette en fin de liste, aussi bien en 1994 qu'en 1995 (fig. 4.5).

La variation du poids de 1000 grains a été significative au cours des deux années en 1994 ( $p > 0,0001$ ) et en 1995 ( $p > 0,0001$ ). Les meilleurs cultivars en 1994 et en 1995 ont été Chapais et Laurier, alors que le cultivar Bedford a maintenu sa place en fin de liste au cours des deux années (fig. 4.5).

Les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche ont démontré encore un fois qu'il existe des différences entre les cultivars d'avoine, de blé et d'orge à compétitionner les mauvaises herbes. Ces résultats ont démontré que la présence des mauvaises herbes influence la productivité des cultivars de céréales d'une manière variable c'est-à-dire que la réponse de différents cultivars de céréales face à la présence des mauvaises herbes n'est pas constante. Dans nos expériences cette réponse a varié d'une année à l'autre chez la majorité des cultivars. Cependant, chez quelques cultivars, une stabilité des composantes de rendements a été observée entre les valeurs extrêmes. Il est important de noter que les conditions climatiques différentes en 1994 et en 1995 pourraient influencer la croissance et la qualité des céréales. L'examen de la distribution des précipitations au cours de la saison a démontré que les céréales semées tôt (1995, tableau 4.1) ont été soumises à une période sèche au mois de juin, au moment où elles étaient au stade montaison. Selon Deschênes et St-Pierre (1980) les conditions de variation d'humidité entre les stades tallage et épiaison peuvent expliquer entre 55 et 70 % des variations de rendement. Par conséquent, certains cultivars profiteraient mieux de conditions sèches ou de conditions humides à cause de caractéristiques morphologiques et physiologiques différentes. En plus, les dates de semis ont été différentes en 1994 et en 1995 (tableau 3.2) ce qui pourrait influencer le rendement des céréales. D'après St-Pierre et Gendron (1982) la date optimale de semis pour les céréales de



printemps pour la région de Québec se situe entre le 1<sup>er</sup> et le 15 mai ce qui n'a pas été respecté en 1994 en raison de conditions de sol très humides. Il est possible que les températures fraîches du sol retardent le développement des racines et que ce retard affecte le développement des céréales (Deschênes et St-Pierre,1980). D'ailleurs, le nombre de kg hl<sup>-1</sup> et le poids de 1000 grains sont les variables qui nous renseignent sur la qualité des céréales. Plus ils sont élevés, meilleure est la qualité de céréale. Cependant, on doit envisager que les valeurs du nombre de kg hl<sup>-1</sup> et du poids de 1000 grains dépendent aussi bien du cultivar que des conditions agroclimatiques (humidité, température, fertilité du sol etc.).

#### **4.3.2 Les mauvaises herbes**

Les mauvaises herbes présentes dans l'expérience ont été classées en fonction des groupes botaniques suivants: dicotylédones annuelles, dicotylédones vivaces, graminées annuelles et graminées vivaces. Le tableau 4.2 illustre les principales espèces des mauvaises herbes dans les céréales en 1994 et en 1995. Le pourcentage des 4 principaux groupes botaniques en 1994 et en 1995 est présenté par le tableau 4.3. L'examen de ces pourcentages des mauvaises herbes nous révèle que les mauvaises herbes les plus fréquentes ont été les dicotylédones annuelles aussi bien en 1994 qu'en 1995, tandis que le pourcentage des graminées vivaces a été le plus faible au cours de deux années.

##### **4.3.2.1 Le nombre de mauvaises herbes**

L'analyse des données de mauvaises herbes n'a pas permis de noter des différences significatives entre les cultivars d'avoine ni en 1994 ( $p > 0,1173$ ) ni en 1995 ( $p > 0,4256$ ) (fig. 4.6 A). L'examen du nombre de mauvaises herbes pour les cultivars de blé démontre que les variations entre les cultivars sont marginales en 1994 ( $p > 0,0800$ ) et en 1995 ( $p > 0,0693$ ). Cependant on peut observer que les cultivars Celtic, Roblin et Messier semblent favoriser le développement des

mauvaises herbes au cours deux années (fig. 4.6 B), et par conséquent ces cultivars seraient moins compétitifs. Dans le cas de l'orge à deux rangs il n'y a pas eu d'effet différentiel des cultivars sur le nombre de mauvaises herbes en 1994 ( $p > 0,2807$ ) et en 1995 ( $p > 0,3680$ ) (fig.4.7 A). De manière analogue, les variations entre les orges à six rangs n'ont pas été significatives ( $p > 0,1946$ ) en 1994 et ( $p > 0,5682$ ) en 1995 (fig.4.7 B).

On peut cependant remarquer qu'en 1995 le nombre des mauvaises herbes dans l'avoine, le blé, l'orge à deux rangs et l'orge à six rangs a été plus important qu'en 1994. Cette différence peut être attribuée aux différentes dates de semis et d'échantillonnage (tableau 3.2) et aussi aux différentes conditions climatiques présentes lors du semis. En 1995 le semis des céréales et des mauvaises herbes a été effectué plus tôt et les conditions climatiques ont peut être favorisé la germination et la levée des mauvaises herbes.

#### **4.3.2.2 La biomasse sèche de mauvaises herbes**

Les cultivars d'avoine et de blé n'ont eu aucun effet sur la biomasse sèche des mauvaises herbes (fig.4.6 A et B). Cependant, les cultivars d'orge à deux rangs et à six rangs ont eu un effet significatif sur la biomasse sèche de mauvaises herbes. Les mauvaises herbes provenant des parcelles ensemencées avec le cultivar d'orge à deux rangs Iona (paille courte) et le cultivar d'orge à six rangs Cadette (paille courte) ont produit une biomasse aérienne plus élevée aussi bien 1994 qu'en 1995 (fig. 4.7 A et B) (Annexes C et D). Ces cultivars seraient les moins compétitifs. Dans une étude effectuée chez le blé, Valenti et Wicks (1992) rapportent que l'interception de la lumière et la hauteur des cultivars jouent un rôle important dans la suppression des mauvaises herbes. Dans une autre étude, comprenant 85 cultivars de blé d'hiver, Challaiah et al. (1983) ont conclu que l'émergence des mauvaises herbes a été plus forte dans les parcelles où l'interception de la lumière a été plus faible. Il

faut noter que l'ordre des cultivars minimisant la biomasse sèche de mauvaises herbes a varié d'une année à l'autre.

Il est important de noter que même si le nombre de mauvaises herbes a été plus important en 1995 qu'en 1994 leur biomasse a été plus faible en 1995 qu'en 1994. Encore une fois, notons que les dates des évaluations quantitatives diffèrent entre les deux années (Tableau 3.2) mais ce phénomène peut aussi être attribué aux variations de conditions climatiques. Selon Deschênes et St-Pierre (1980) la biomasse sèche des mauvaises herbes sur un loam sableux St-André a été plus élevée suite à un semis tardif et sous les conditions de température fraîches du sol. Or, ce sont de telles conditions qui ont prévalu à l'été 1994. En 1995 le semis hâtif a permis de réduire la biomasse des mauvaises herbes même si elles étaient plus abondantes qu'en 1994. Cette constatation permet de mettre en évidence le rôle et l'importance de la date du semis des céréales. Semées tôt, les céréales croissent rapidement et forment un couvert végétal dense qui affecte les mauvaises herbes. Cette caractéristique donne aux céréales un avantage compétitif sur les mauvaises herbes (Leroux et Maltais, 1988).

#### **4.4 L'effet global des cultivars sur les mauvaises herbes**

Les différences entre les traitements ont été déterminées à l'aide du test LSD de comparaisons multiples (valeurs non présentées). Ces valeurs n'ont pas permis de classer les cultivars d'après leur degré de compétitivité, car les écarts de variations entre les cultivars n'ont pas été suffisamment grands. Ainsi, le test LSD a permis de détecter seulement les différences entre les valeurs extrêmes tel que vu dans les paragraphes 4.3.1 et 4.3.2. Par contre, ce test n'a pas permis de détecter les différences entre les cultivars intermédiaires.

Pour cette raison l'effet global des mauvaises herbes a été évalué par corrélation canonique (Laforge, 1981). Cette technique permet de mettre en relation

deux ensembles comprenant plusieurs variables. Dans notre cas, ces variables sont d'une part celles reliées à la croissance des céréales et d'autre part, celles reliées à la croissance des mauvaises herbes. De cette façon on peut déterminer la relation existant entre les variables de la culture et celles des mauvaises herbes. La corrélation canonique a pour but d'établir les combinaisons linéaires de deux ensembles de variables de telle sorte que les résultats obtenus soient en corrélation maximale. De cette manière on obtient des variables canoniques pour la culture et pour les mauvaises herbes. La technique permet de calculer des scores canoniques et de les mettre en relation avec les scores des variables mesurées. L'examen des corrélations entre les variables canoniques et les variables originales permet d'interpréter les résultats. Afin d'être déclarées biologiquement significatives, ces corrélations doivent être vérifiées par l'examen de certains sujets connus sur la variable mesurée ce qui nous permet d'effectuer une interprétation biologique des résultats.

Les corrélations entre les variables canoniques et les résultats originaux sont présentées dans le tableau 4.4. L'examen de ces corrélations nous permet d'établir des liens entre les mauvaises herbes et les cultivars de céréales. L'examen des résultats démontrent que dans certains cas il existe une relation entre les cultivars et le nombre ou le poids des mauvaises herbes. Ces relations sont présentées dans les figures 4.8 à 4.11. Les populations de mauvaises herbes sont représentées par l'axe des x. Sur cet axe les populations de mauvaises herbes augmentent avec la valeur positive (de gauche à droite). Les cultivars des céréales sont représentés par l'axe des y. Les cultivars de céréales sont classés sur cet axe.

Dans la culture d'avoine en 1994 les corrélations sont faibles et contradictoires et aucune interprétation biologique n'a pu être formulée (fig.4.8). Par contre, en 1995 les corrélations sont fortes et positives (année sèche). Ces dernières données nous permettent d'identifier les cultivars Appalaches et Dorval au titre de bons compétiteurs, car ils contribuent à la diminution des mauvaises herbes.

La diminution des mauvaises herbes par le cultivar Appalaches peut être attribuée à sa hauteur. Appalaches est un cultivar à paille longue (Annexe A) ce qui augmente sa capacité d'intercepter la lumière et lui donne un avantage compétitif. Par contre, un cultivar à paille moyenne comme Dorval peut s'avérer très compétitif. Ceci nous permet de penser que la compétition pour la lumière dans certains cas n'est pas très critique. Les cultivars AC-Rigodon, Donegal et Manic se sont avérés de mauvais compétiteurs, puisqu'ils contribuent à l'augmentation de mauvaises herbes.

La démarcation obtenue entre les différents cultivars de blé a été assez nette et certains d'entre eux se sont révélés de bons compétiteurs à chaque année (fig. 4.9). Le blé SS-Blomidon et Messier en sont des exemples. La capacité de tallage de ces deux cultivars est élevée (Annexe B). La compétition pour la lumière survient dans le couvert végétal. Il en résulte que les cultivars à tallage élevé sont plus aptes à intercepter la lumière ce qui leur confère un avantage compétitif (Valenti et Wicks, 1992). De même, les cultivars Columbus et AC-Voyageur se sont avérés de mauvais compétiteurs à chaque année. Ces deux cultivars ont un taux de croissance et un taux du développement lent. En général, chez les cultivars à taux de croissance rapide, le couvert végétal se ferme plus rapidement, ce qui leur donne un avantage compétitif (Richards et Davies, 1991).

Dans le cas d'orge à deux rangs, les résultats de l'analyse canoniques n'ont pas permis d'expliquer les relations entre deux groupes des variables (des variables des mauvaises herbes et les cultures) aussi bien en 1994 qu'en 1995 (Tableau 4.4). Il n'a pas été possible de dégager un axe canonique représentatif des populations des mauvaises herbes (fig. 4.10).

Chez les orges à six rangs les corrélations ont été significatives à chaque année (Tableau 4.4). Ainsi, Laurier s'est avérée bonne compétitrice à chaque année. Par ailleurs, certains cultivars ont eu des comportements très différents d'une année à l'autre. En particulier Bedford et Chapais se sont classés parmi les

meilleurs compétiteurs lors d'une année humide et parmi les moins bons compétiteurs lors d'une année sèche. À l'opposé des axes canoniques on retrouve AC-Nadia qui s'est bien comportée lors d'une année sèche et moins bien lors d'une année humide (fig. 4 11). Ces différences peuvent être attribuées aux différences morphologiques de leur système racinaire et aux différences dans l'efficacité d'absorption et d'utilisation des minéraux. Ainsi les cultivars qui possèdent un système racinaire plus développé et dont l'efficacité d'absorption et d'utilisation des minéraux est élevée seraient avantagés dans des conditions sèches.

La compétitivité des cultivars de céréales envers les mauvaises herbes peut être approchée de deux manières. D'une part, on peut parler de l'habileté des cultivars à tolérer la présence des mauvaises herbes et à maintenir un bon rendement. D'autre part, on peut faire référence à l'habileté des cultivars à réduire la biomasse des mauvaises herbes. Il est possible que les caractéristiques qui permettent aux cultivars de céréales de tolérer les mauvaises herbes ne soient pas les mêmes que celles qui permettent aux cultivars d'en réduire la croissance (Lemerle et al. 1996). Il paraît par ailleurs extrêmement difficile d'attribuer à un seul facteur les avantages compétitifs de l'un sur l'autre. En effet, plusieurs facteurs sont impliqués dans la compétitivité, de sorte que l'avantage compétitif de la culture sur la mauvaise herbe peut varier en fonction de la morphologie et de la physiologie des espèces (Lemerle et al. 1995). En général, les différences observées sont attribuées à des facteurs comme l'établissement des plantules (poids des grains, taux d'émergence, taux de croissance), les caractéristiques du couvert végétal (vitesse de fermeture, densité, indice de surface foliaire, architecture), la hauteur, la maturité, la vigueur et la productivité des plantes, l'efficacité d'utilisation des minéraux (azote et potassium en particulier), etc. (Callaway, 1992). Ces facteurs peuvent influencer la compétitivité des cultivars de le taux de croissance et du développement de telle manière que certains d'entre eux s'avèrent avantagés sous des conditions sèches tandis que d'autres le sont sous des conditions humides.

Parmi les variables étudiées, il faut souligner que l'effet de la hauteur sur la compétition n'était pas discuté. En cours de saison la hauteur des cultivars a varié beaucoup et le cultivar tardif est court pendant longtemps parce que son épiaison est tardive.

Les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche ont démontré encore une fois qu'il existe des différences entre les cultivars d'avoine, de blé et d'orge, quant à leur capacité à compétitionner les mauvaises herbes. Ces résultats confirment ceux de plusieurs autres chercheurs (Zimdahl, 1980, Callaway, 1992, Huel et Hucl, 1996) et nous incitent à aller de l'avant afin de poursuivre des travaux qui nous permettraient de mieux connaître les caractéristiques des cultivars de céréales à cet égard. Malgré l'importance des critères racinaires dans la compétition, dans le cadre de cette étude on ne pouvait pas effectuer la caractérisation des cultivars à l'égard de ces critères, mais cette caractérisation serait intéressante dans la poursuite de travaux sur la répression des mauvaises herbes. Ainsi, il faudrait évaluer le classement des cultivars sous différentes conditions climatiques, sous différents types de sol ou sous différentes régions de production. Ce type d'information serait d'une grande utilité pour les productrices et les producteurs agricoles qui désirent limiter au minimum l'usage des herbicides.

#### **4.5 Différences de compétition en fonction de l'environnement**

Nos travaux démontrent que les effets de la compétition varient en fonction des conditions environnementales. Ces résultats appuient aussi ceux de Vez (1980) et de Ramsel et Wicks (1988). Dans ces essais il n'a pas été possible de démontrer un lien entre la quantité des mauvaises herbes et les performances compétitives des cultivars de blé. D'autres essais de Lemerle et al. (1995) menés en Australie avec des cultivars des céréales ont aussi démontré que la réponse des cultivars à la présence de mauvaises herbes est variable. Dans ces essais, le rendement de cultivar d'orge O'Connor a été réduit de 50% en 1993, tandis qu'en 1992 aucune

**réduction n'a été détectée. Dans ces mêmes essais, la réduction de rendement du cultivar de blé Katunga a été la même au cours des deux années. D'après ces auteurs le niveau de précipitations a joué un rôle important dans la réponse des cultivars.**



**Tableau 4.1 : Données météorologiques observées à l'aéroport de l'Ancienne-Lorette en 1994 et 1995**

Mois	1994		1995		Normale	
	Degrés jours (°C>5)	Précipitation (mm)	Degrés jours (°C>5)	Précipitation (mm)	Degrés jours (°C>5)	Précipitation (mm)
Mai	179,0	76,0	198,2	155,6	184,5	99,9
Juin	395,7	211,8	392,2	39,0	338,5	110,2
Juillet	469,0	170,0	492,2	136,8	436,1	118,5
Août	379,2	119,7	429,2	100,6	390,4	119,6
<i>Total</i>	<i>1522,9</i>	<i>577,5</i>	<i>1505,8</i>	<i>432,0</i>	<i>1349,5</i>	<i>448,2</i>

**Tableau 4.2 : Les principaux espèces des mauvaises herbes dans les céréales en 1994 et en 1995**

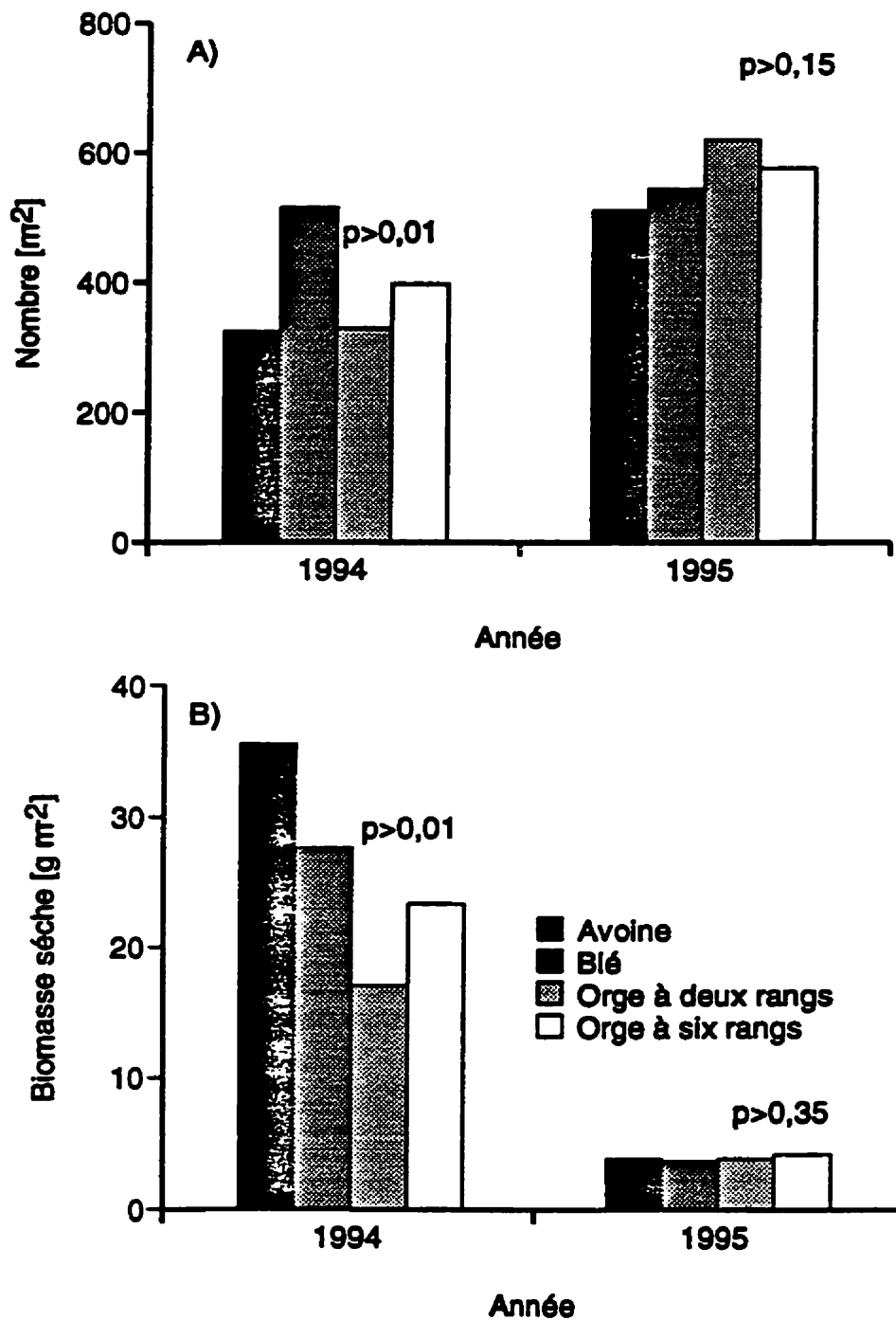
Graminée annuelle	Graminée vivace	Dicotylédone annuelle	Dicotylédone vivace
<i>Avena fatua</i> L.	<i>Agropyron repens</i> L.	<i>Polygonum persicaria</i> L.	<i>Florippa islandica</i>
<i>Echinochloa crus-galli</i> L.		<i>Polygonum convolvulus</i> L.	<i>Taraxacum officinale</i> L.
		<i>Chenopodium album</i> L.	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i> L.
		<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	
		<i>Spergula arvensis</i> L.	
		<i>Thlaspi arvense</i> L.	
		<i>Matricaria matricarioides</i> (Less)	

**Tableau 4.3 : Le pourcentage des principales groupes botaniques des mauvaises herbes dans les céréales en 1994 et en 1995.**

Année	1994	1995
	(%)	
Graminées annuelles	7,3	13,8
Graminées vivaces	4,8	0,5
Dicotylédones annuelles	76,1	78,5
Dicotylédones vivaces	11,8	7,2

**Tableau 4.4 : Corrélations entre la première variable canonique des mauvaises herbes et deux des variables mesurées en 1994 et en 1995, soit le nombre et le poids sec des adventices**

<b>Source</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
<i>Avoine</i>		
Mauvaises herbes (nombre)	-0,37	0,82
Mauvaises herbes (poids)	0,43	0,85
<i>Blé</i>		
Mauvaises herbes (nombre)	0,12	0,20
Mauvaises herbes (poids)	0,69	0,09
<i>Orge (2 rangs)</i>		
Mauvaises herbes (nombre)	-0,56	-0,49
Mauvaises herbes (poids)	0,43	0,21
<i>Orge (6 rangs)</i>		
Mauvaises herbes (nombre)	0,51	0,81
Mauvaises herbes (poids)	0,72	0,74



**Figure 4.1:** Nombre (A) et biomasse sèche (B) des mauvaises herbes dans les parcelles de céréales de printemps en 1994 et en 1995.

\*La probabilité statistique est valide seulement pour comparer les orges à deux et celles à six rangs.

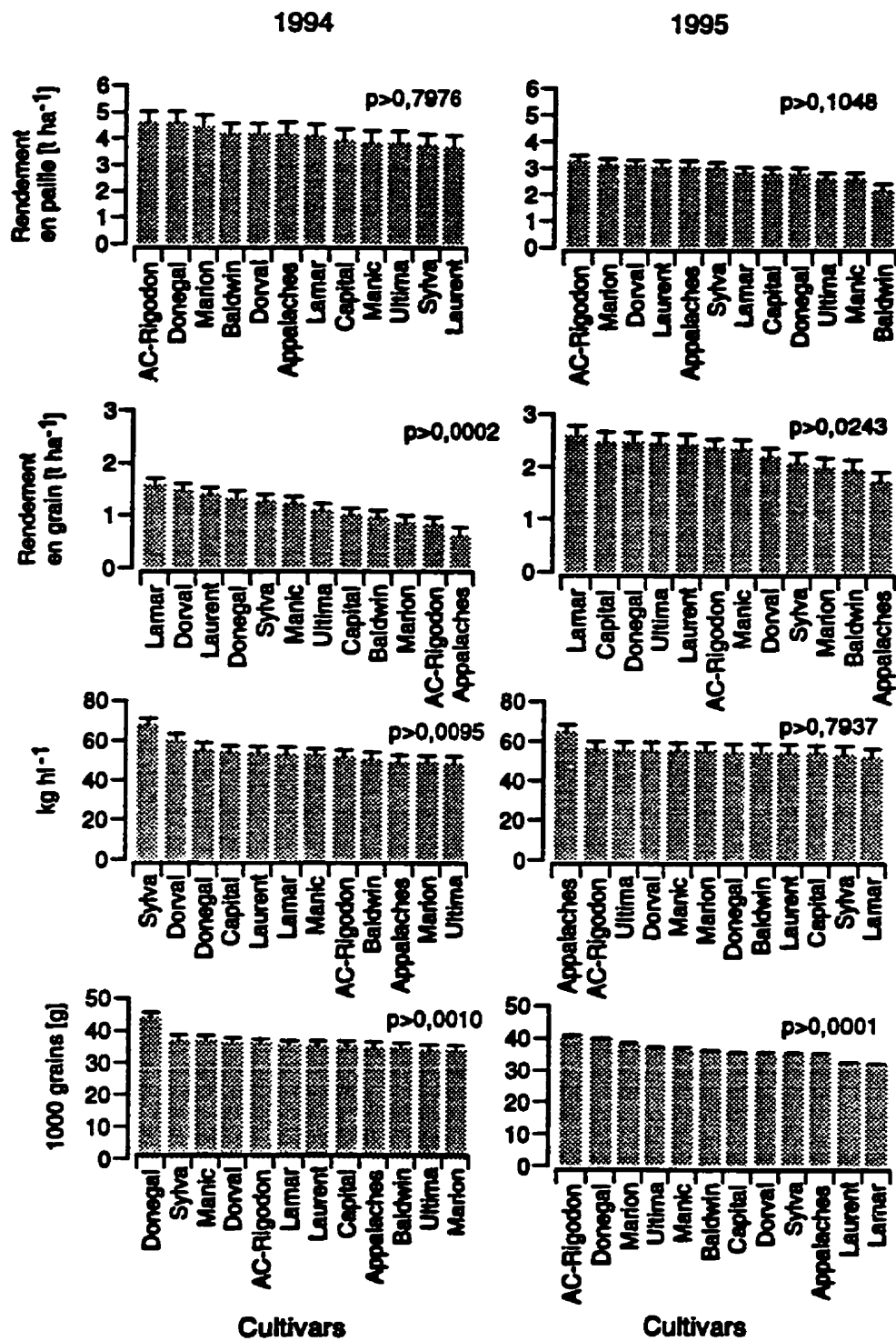


Figure 4.2 : Rendement en paille, rendement en grain, kg ha<sup>-1</sup> et le poids de 1000 grains des cultivars d'avoine en 1994 et en 1995

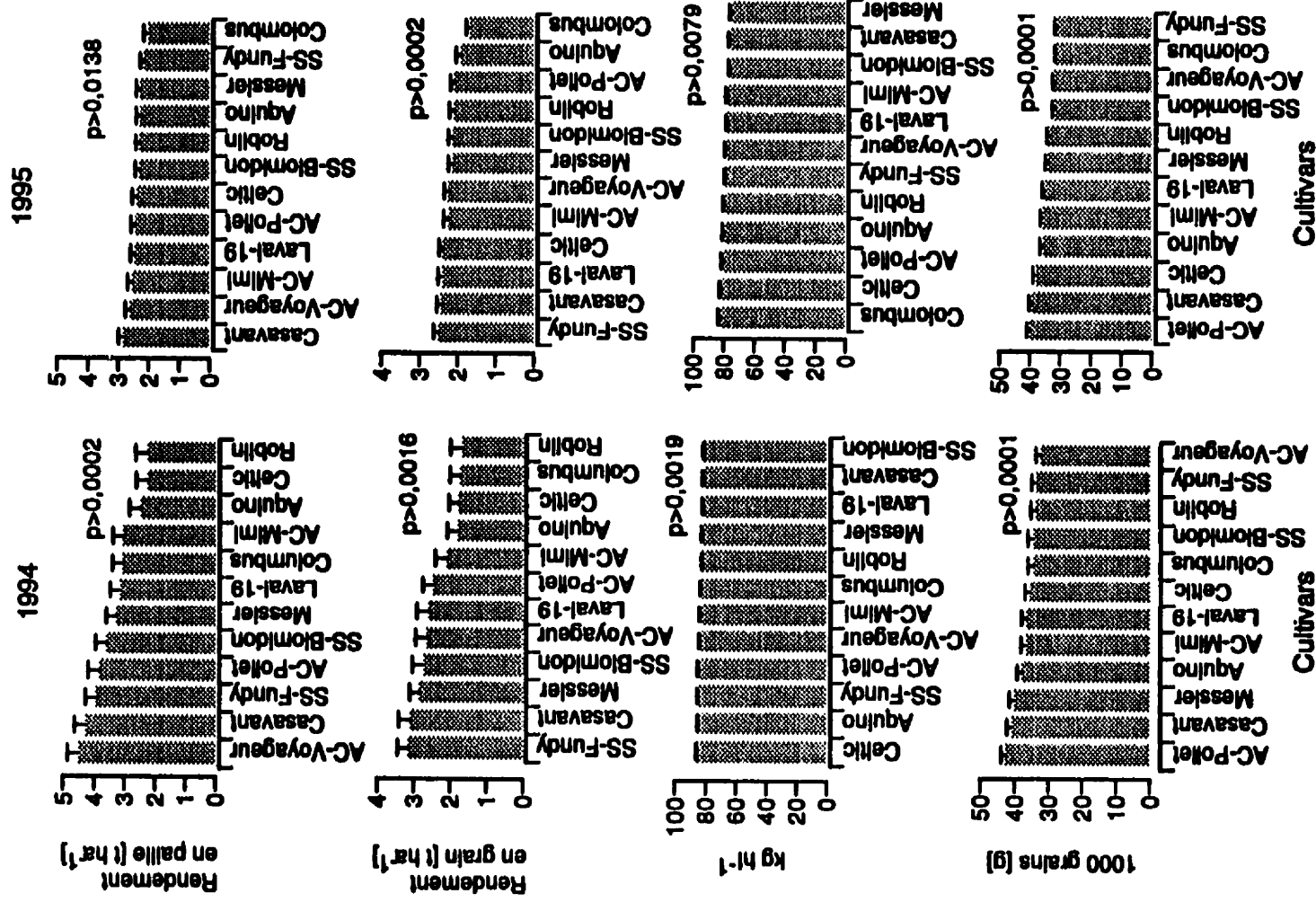
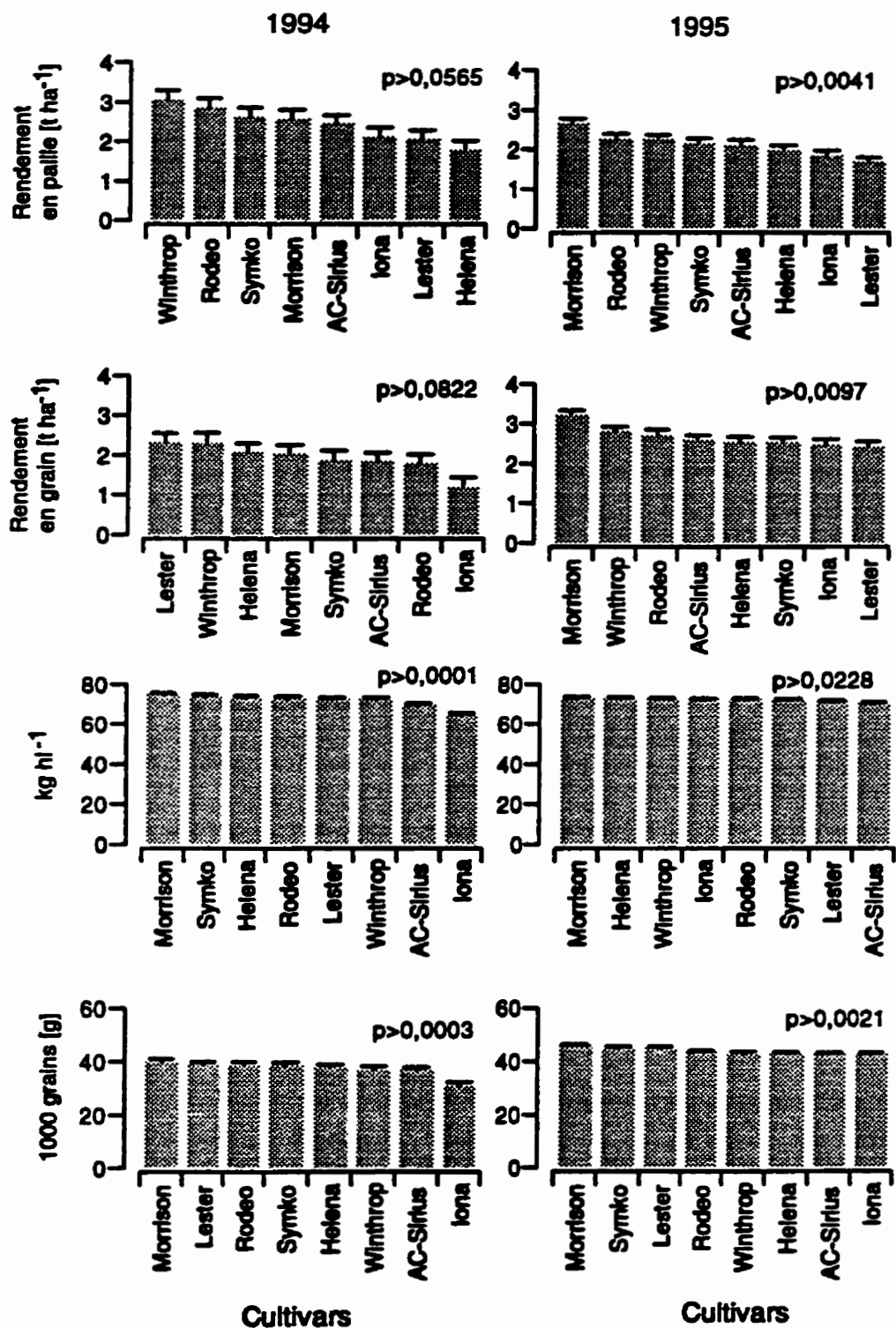
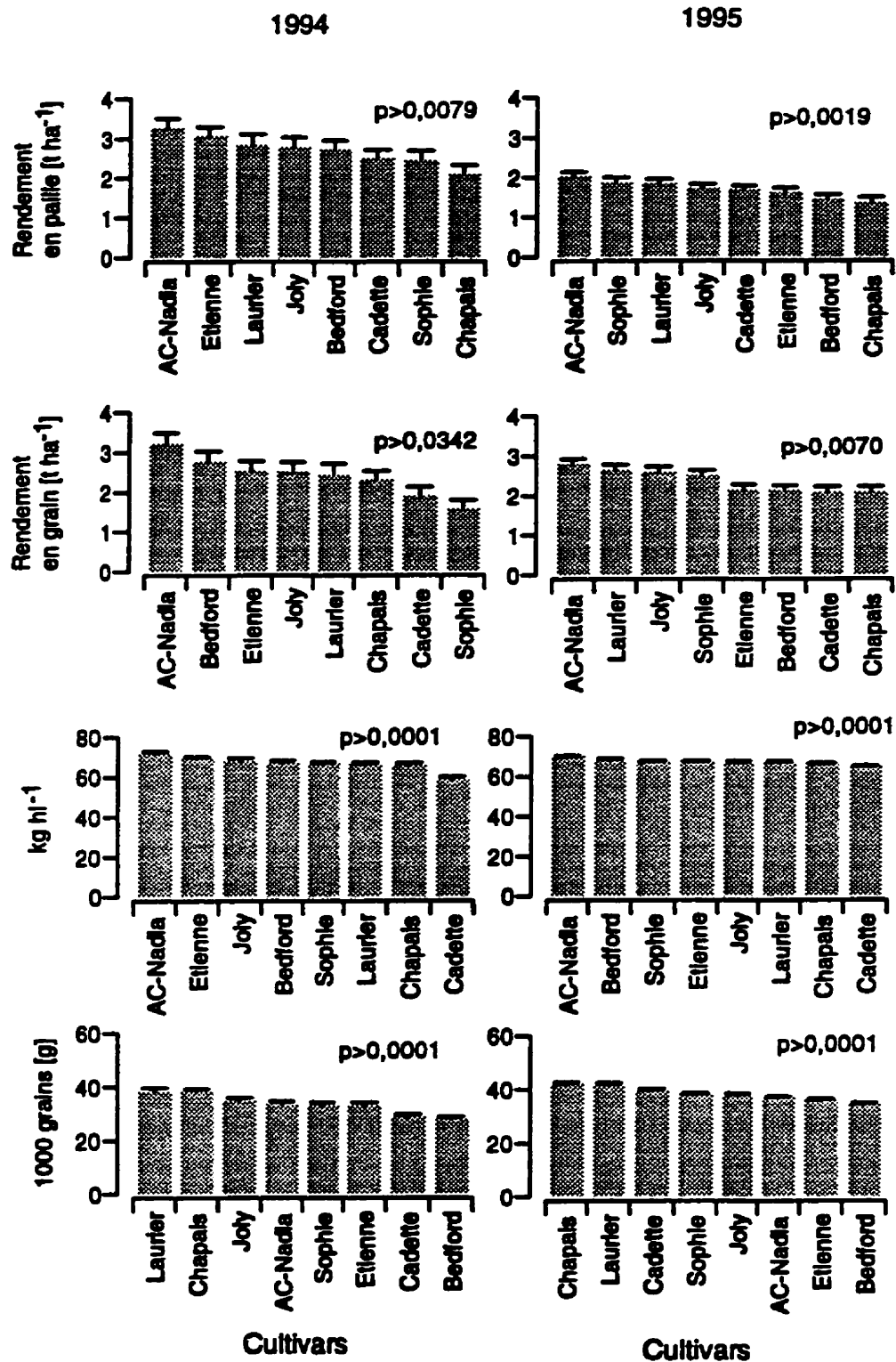


Figure 4.3 : Rendement en paille, rendement en grain, kg  $hi^{-1}$  et le poids de 1000 grains des cultivars de blé en 1994 et en 1995.



**Figure 4.4 : Rendement en paille, rendement en grain, kg hl<sup>-1</sup> et le poids de 1000 grains des cultivars d'orge à deux rangs en 1994 et en 1995.**



**Figure 4.5 :** Rendement en paille, rendement en grain, kg ha<sup>-1</sup> et le poids de 1000 grains des cultivars d'orge à six rangs en 1994 et en 1995



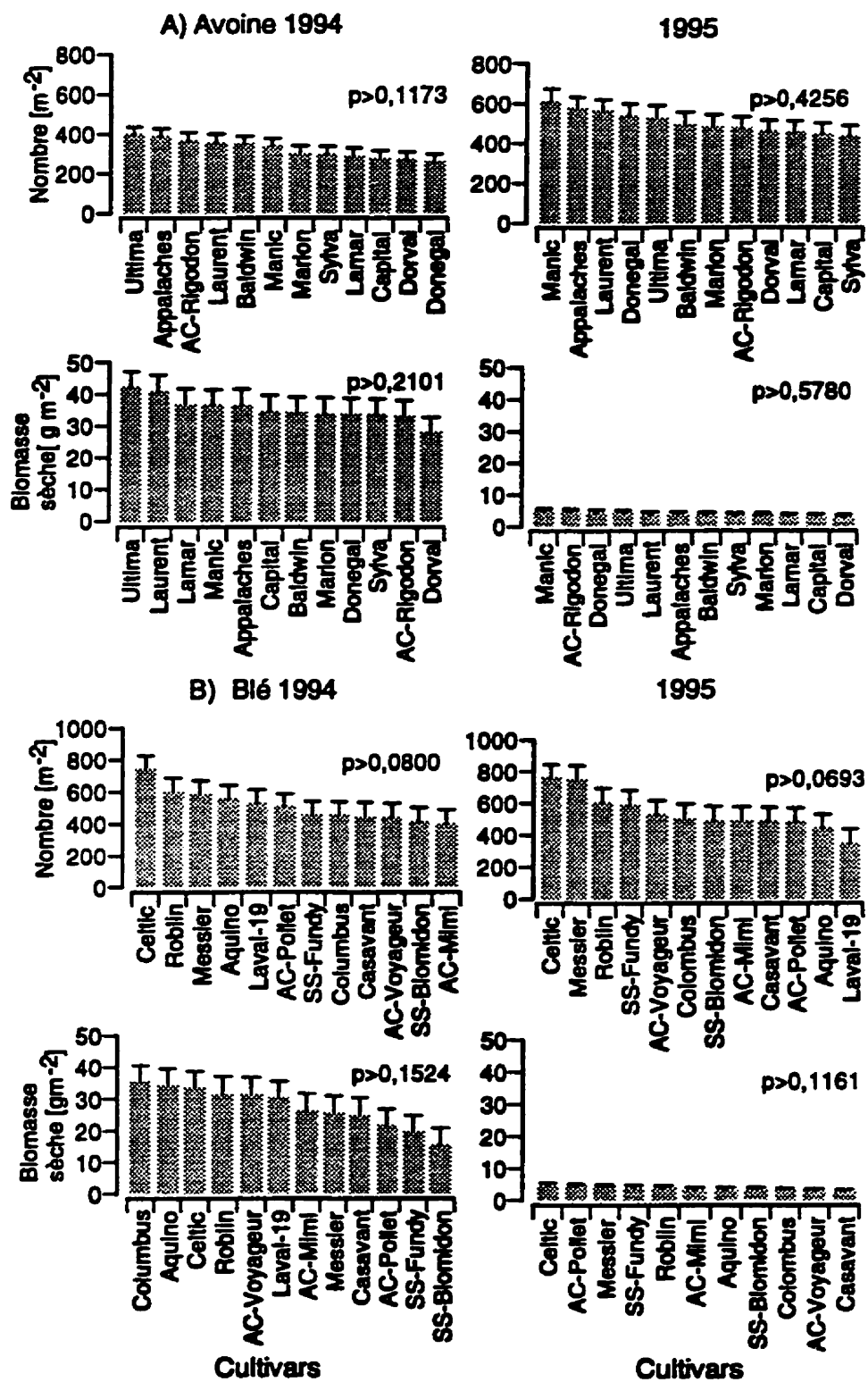
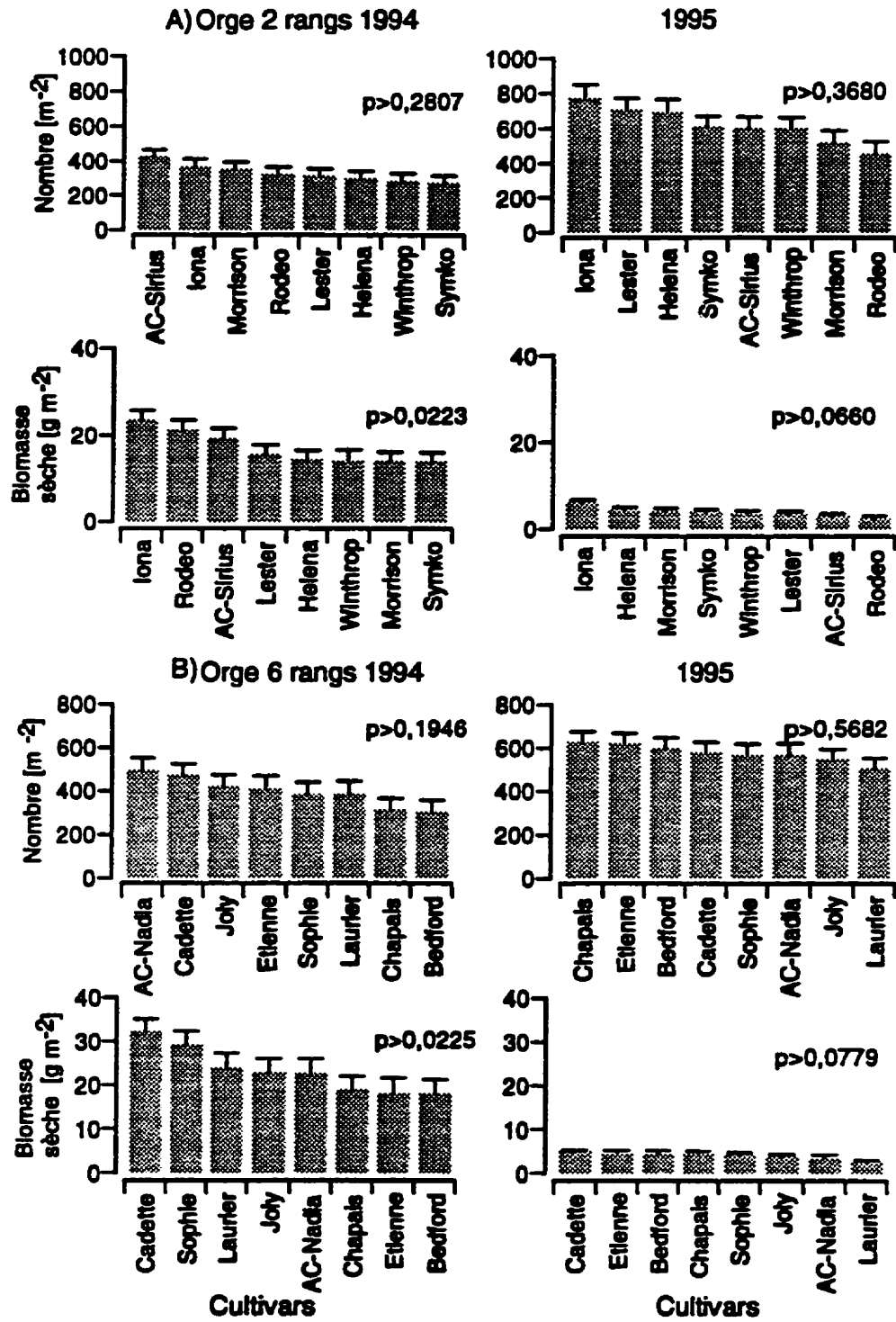


Figure 4.6 : Le nombre de mauvaises herbes et le poids de mauvaises herbes dans la culture d'avoine(A) et de blé (B) en 1994 et en 1995.



**Figure 4.7 :** Le nombre de mauvaises herbes et le poids de mauvaises herbes dans la culture d'orge à deux (A) et à six rangs (B) en 1994 et en 1995.

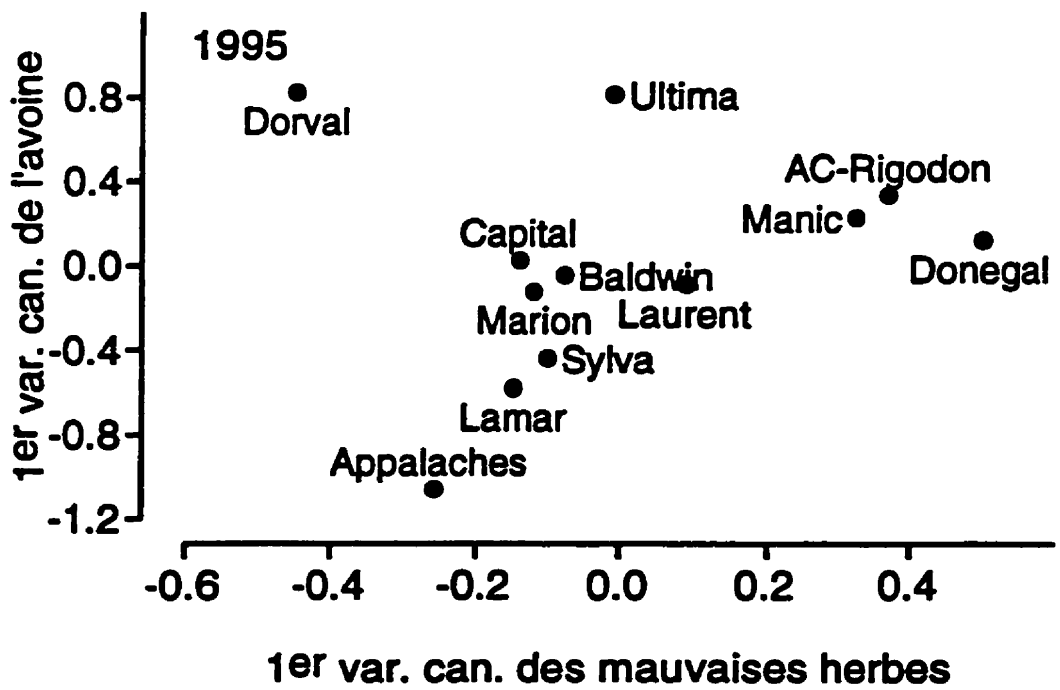
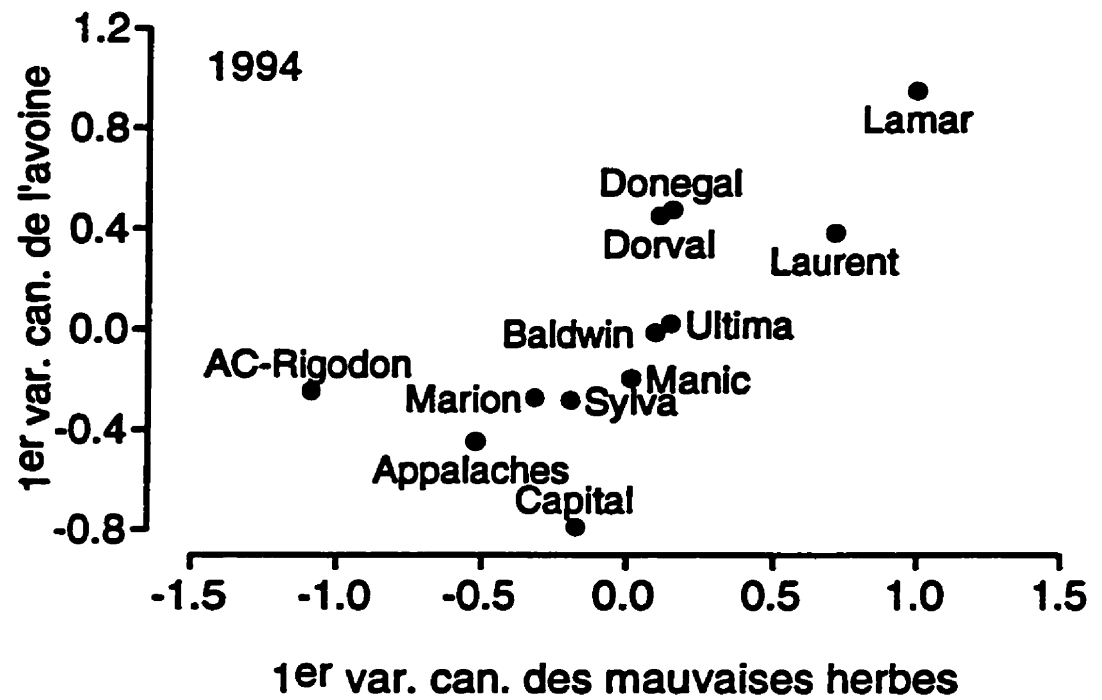
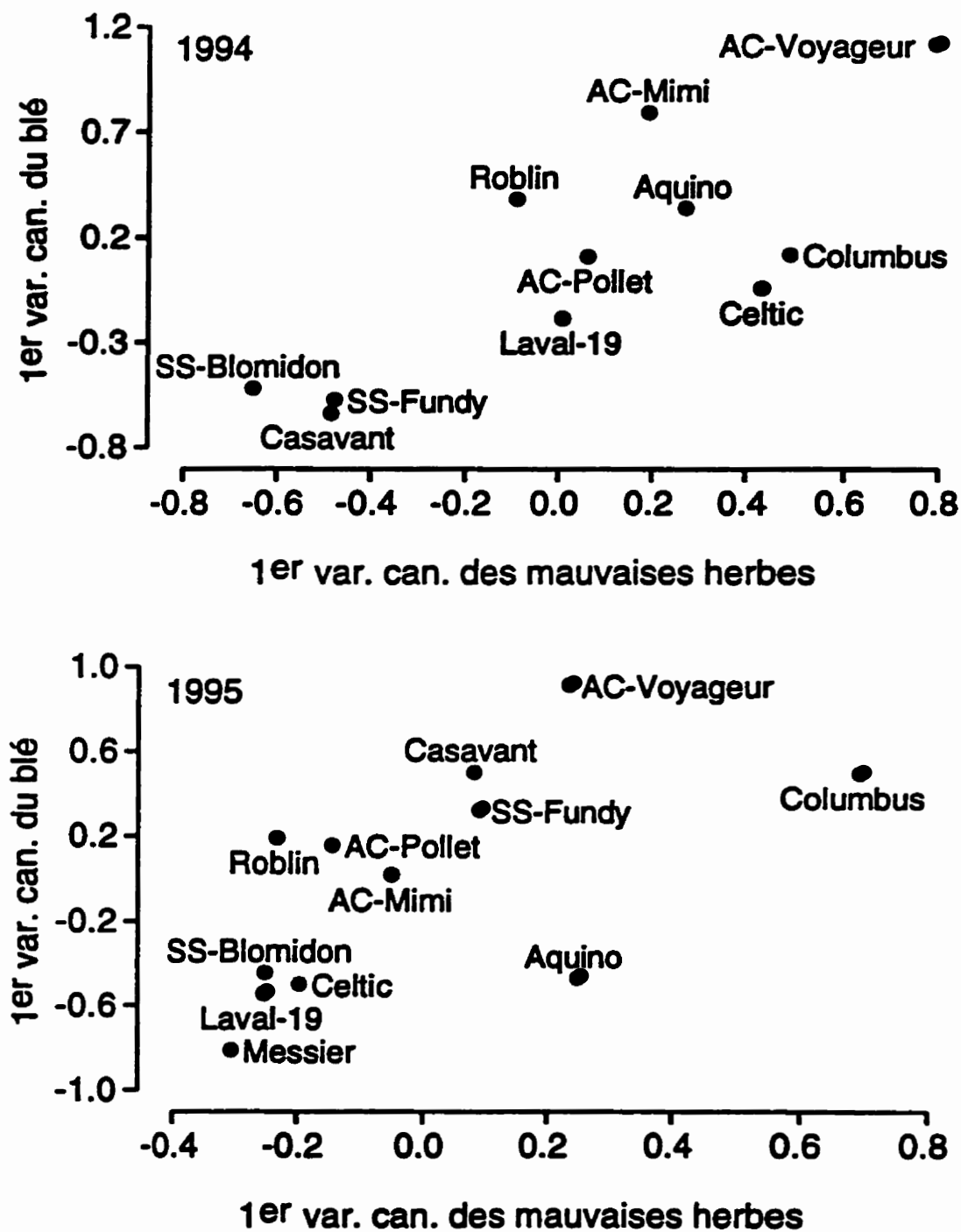
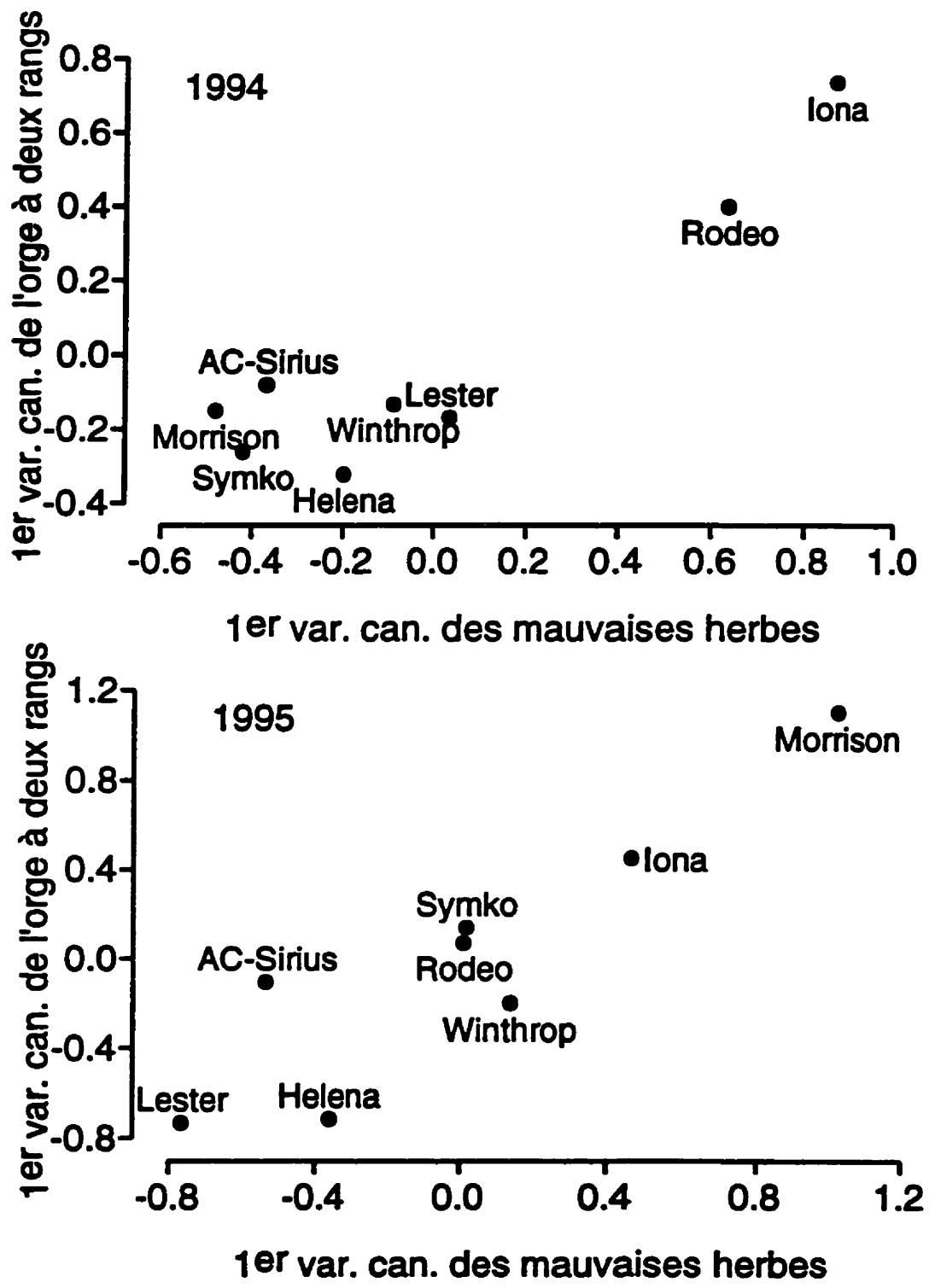


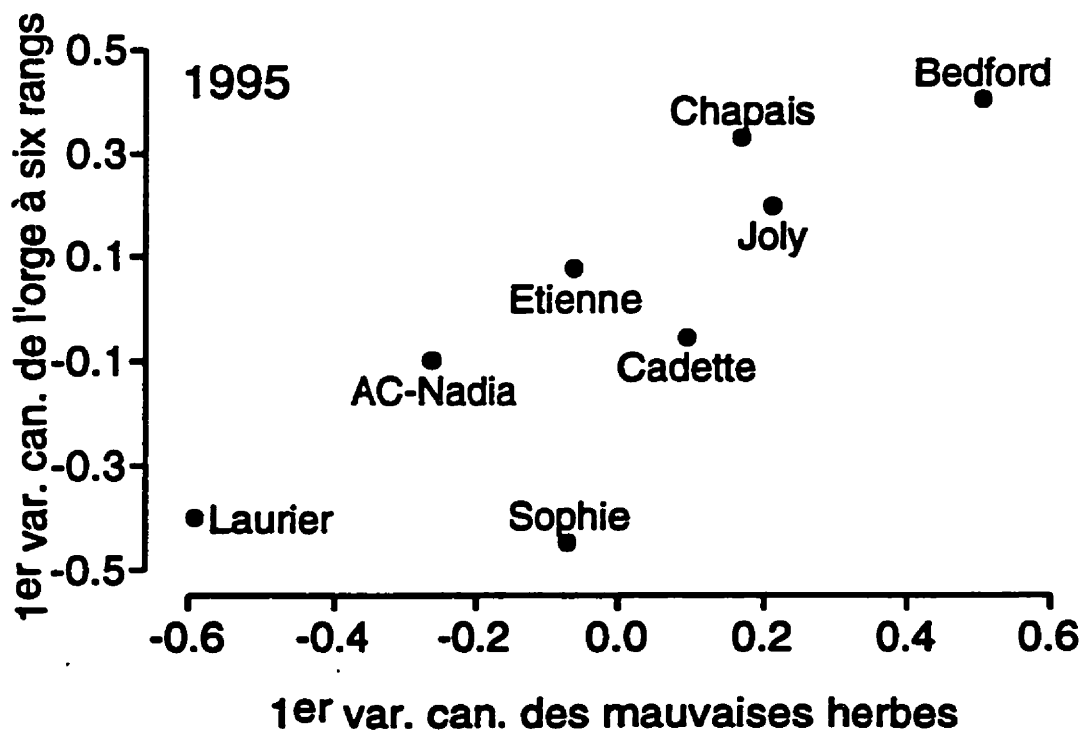
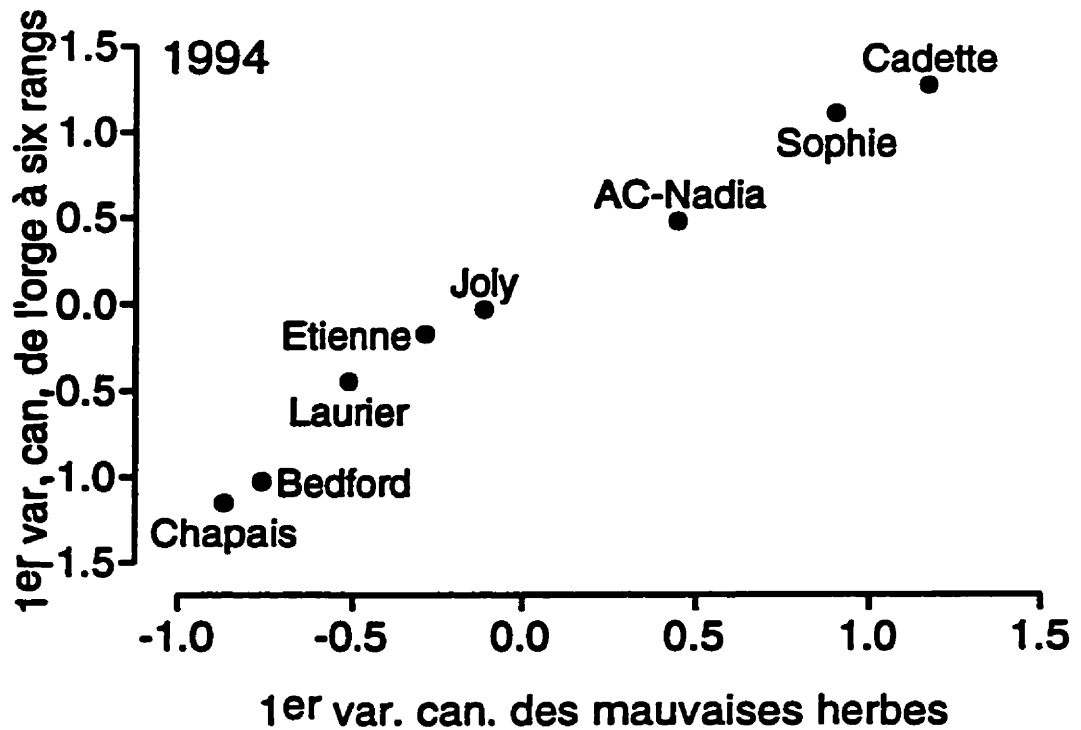
Figure 4.8 : Relations entre les variables canoniques de l'avoine et des mauvaises herbes en 1994 et en 1995.



**Figure 4.9 :** Relations entre les variables canoniques de blé et des mauvaises herbes en 1994 et en 1995.



**Figure 4.10 : Relations entre les variables canoniques d'orge à deux rangs et des mauvaises herbes en 1994 et en 1995.**



**Figure 4.11** : Relations entre les variables canoniques d'orge à six rangs et des mauvaises herbes en 1994 et en 1995..

## **CHAPITRE V**

### **CONCLUSION GÉNÉRALE**

**Dans cette étude l'avoine, ne s'est pas avérée très compétitive car la biomasse des mauvaises herbes était plus importante dans les parcelles d'avoine que dans celles de blé ou d'orge. En fait, ce sont les orges qui se sont avérées les espèces les plus compétitives.**

**Des différences significatives ont pu être notées entre les types d'orge. Lors d'une année humide (1994) les orges à deux rangs se sont avérées plus compétitives que les orges à six rangs. Cette situation s'est exprimée tant au niveau de la densité des mauvaises herbes qu'au niveau de la biomasse aérienne. Lors d'une année sèche nous n'avons décelé aucune différence entre la capacité compétitive des orges à deux rangs et celle des orges à six rangs.**

**Il existe des différences entre les cultivars d'avoine en ce qui a trait à leur capacité à concurrencer les mauvaises herbes. Ces différences ne sont pas constantes et ne permettent pas de tirer des conclusions précises.**

**Il existe des différences entre les cultivars de blé en ce qui a trait à leur capacité à concurrencer les mauvaises herbes. Le cultivar de blé Casavant a assuré une meilleure répression de mauvaises herbes, au cours des deux années d'expérimentation. Ce cultivar a réduit le nombre et le poids des mauvaises herbes et a maintenu un bon rendement. Les rendements en paille, les rendements en grain et le poids de 1000 grains de ce cultivar se sont classés parmi les plus élevés au cours des deux années d'expérimentation. On peut donc conclure que le cultivar de**

blé Casavant est compétitif envers les mauvaises herbes. On peut recommander son utilisation sur les sites infestés par les mauvaises herbes sur un loam sableux et dans un contexte de transition vers l'écoagriculture ou le but visé est la réduction du taux d'utilisation des herbicides.

Le cultivar de blé Celtic s'est démarqué comme le cultivar qui a favorisé le nombre et le poids de mauvaises herbes au cours des deux années d'expérimentation. Cependant, le nombre de  $\text{kg hi}^{-1}$  de ce cultivar reste élevé. Compte tenu que Celtic est un blé panifiable et que le nombre élevé de  $\text{kg hi}^{-1}$  permet d'obtenir de plus grand rendement en farine on peut cultiver ce cultivar sous les conditions où le danger d'infestations des mauvaises herbes est moins présent.

Il existe des différences entre les cultivars d'orge en ce qui a trait à leur capacité à concurrencer les mauvaises herbes. Le cultivar d'orge à deux rangs Iona a favorisé le poids des mauvaises herbes aussi bien en 1994 qu'en 1995. En même temps ce cultivar voit son rendement en paille, en grains et le poids de 1000 grains réduits, ce qui nous permet de conclure que ce cultivar n'est pas compétitif envers des adventices. Le cultivar Iona est un cultivar à éviter si l'on désire réduire l'usage des herbicides.

Le cultivar d'orge à six rangs Cadette a favorisé les populations des mauvaises herbes à chaque année d'expérimentation. L'augmentation du nombre et du poids des mauvaises herbes a résulté en une diminution du rendement en grain, du nombre de  $\text{kg hi}^{-1}$  et du poids de 1000 grains de ce cultivar. Donc, l'orge à six rangs Cadette n'est pas compétitive envers les mauvaises herbes.

Par ailleurs, l'analyse de corrélation canonique qui a été menée dans le but de classer les cultivars les uns par rapport aux autres n'a pas toujours apporté à des conclusions satisfaisantes. Néanmoins, l'analyse des données provenant du blé et



de l'orge à six rangs nous a permis de tirer les conclusions intéressantes. Dans le cas de ces espèces la démarcation obtenue entre les différents cultivars était assez nette et certains d'entre eux se sont révélés de bons compétiteurs à chaque année. Les blés SS-Blomidon et Messier et l'orge à six rangs Laurier en sont des exemples. D'autres comme les blés Columbus et AC-Voyageur se sont avérés de mauvais compétiteurs à chaque année. Par ailleurs, certains cultivars ont des comportements très différents d'une année à l'autre. C'est par exemple le cas pour les orges à six rangs Bedford, Chapais et AC-Nadia. Ainsi Bedford et Chapais se sont classés parmi les meilleurs compétiteurs lors d'une année humide et parmi les moins bons compétiteurs lors d'une année sèche tandis que AC-Nadia s'est bien comportée lors d'une année sèche et moins bien lors d'une année humide.

D'après les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche, le cultivars de blé Casavant est recommandable pour lutter efficacement contre les mauvaises herbes. Les blés SS-Blomidon et Messier et l'orge à six rangs Laurier se sont révélés de bons compétiteurs et leur emploi peut s'avérer efficace dans le système de production sans herbicides. L'emploi de ces cultivars pourrait favoriser l'utilisation des méthodes de lutte plus saines (mécanique, culturale, etc). De même, dans les systèmes de productions conventionnels ils pourraient nécessiter moins d'herbicides. En plus, les cultivars les plus compétitifs pourraient représenter des parents dans les programmes d'amélioration et de sélection.

Par ailleurs, les cultivars les moins compétitifs comme les blés Columbus et AC-Voyageur peuvent être utilisés comme plantes-abri lors d'établissement de prairies et pâturages. Une telle utilisation diminuera la compétition par des mauvaises herbes, réduira le coût de lutte aux mauvaises herbes et en même temps assurera un rendement adéquat. Il est important de remarquer que dans le cas où l'on veut récolter le grain de la plante-abri, l'emploi des cultivars d'orge à deux rangs Iona et d'orge à six rangs Cadette n'est pas recommandable car sous l'effets de la compétition, ces cultivars subissent des pertes de rendement relativement

importantes.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alex, J. F. 1967. Competition between *Setaria viridis* (green foxtail) and wheat at two fertiliser levels. Res. Rpt. Nat. Weed Com. (Western Section). 286 pp
- Andres, L. A. and S. L. Clement, 1984. Opportunities for reducing chemicals inputs for weed control. In Organic farming: Current technology and its role in a sustainable agriculture. American Society of Agronomy; Madison, Wisconsin. 129-140 pp.
- Anonyme. 1991a. Guide de données statistiques agricoles 1990. Direction générale du développement régional. Agriculture Canada.
- Anonyme. 1992b. Ministère de l'Industrie des Sciences et de la Technologie. Profil agricole du Canada. Cat. 93-350.
- Anonyme. 1992c. Stratégie phytosanitaire. Plan d'interventions. Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Québec.
- Anonyme, 1991d. Statistiques agricoles. Grandes cultures : superficie, production et valeur 1991. Bureau de la statistique du Québec.
- Anonyme, 1993e. Mauvaises herbes: Répression. CPVQ (Conseil de productions végétales de Québec.). Agdex 640.
- Baker, R. J. 1982. Effect of seeding rate on grain yield, straw yield and harvest index of eight spring wheat cultivars. Can J. Plant Sci. 62: 285-291.
- Barrentine, J. L. 1993. Trends in weed science - herbicides - have they been in harmony with the environment. Proceedings. Southern Weed Science Society. 46th Annual Meeting. January 18-20, 1993. Charlotte, North Carolina.
- Black, C. C., T. M. Chen, and R. H. Brown, 1969. Biochemical basis for plant competition. Weed Sci. 17:338-344.
- Blackshaw, R. E., E. H. Stobbe and A. R. W. Sturko, 1981. Effect of seeding rate and densities of green foxtail (*Setaria viridis*) on the growth and productivity of spring wheat (*Triticum aestivum*). Weed Sci. 29:212-217.

- Blackshaw, R. E. 1993. Downy brome (*Bromus tectorum*) density and relative time of emergence affects interference in winter wheat (*Triticum aestivum*). *Weed. Sci.* 41:551-556.
- Bouchard, C. J. 1984. Compétition entre les graminées et les cultures. Journée d'information sur la malherbologie. CPVQ (Conseil de productions végétales de Québec.).
- Bunyan, P. J. et P. I. Stanley, 1983. The environmental cost of pesticide usage in the United Kingdom. *Agric. Ecosystems Environ.* 9:187-209.
- Callaway, M. B. 1992. A compendium of crop varietal tolerance to weeds. *Am. J. Altern. Agric.* Volume 7. 4:169-180.
- Candolle, A. P. de. (1920). *Essai élémentaire de géographie botanique*. Strasbourg, France: Imprimerie F. G. Levrault.
- Carlson, H. L. and J. E. Hill. 1985a. Wild oat (*Avena fatua*) competition with spring wheat; plant density effects. *Weed Sci.* 33:176-181.
- Carlson, H. L. and J. E. Hill. 1985b. Wild oat (*Avena fatua*) competition with spring wheat; effects of nitrogen fertilization. *Weed Sci.* 34:29-33.
- Caussanel, J. P., D. Clair, and G. Barralis. 1973. Étude de la compétition en serre entre le blé d'hiver et une adventice précoce (*Veronica hederifolia* L.). *Ann. Agron.* 24:689-705.
- Challaiah, R. E. Ramsel, G. A. Wicks, O. C. Burnside and V. A. Johnson. 1983. Evaluation of the weed competitive ability of winter wheat cultivars. *NCWCC Proceedings.* 38:85-131.
- Challaiah, O. C. Burnside, G. A. Wicks, and V. A. Johnson. 1986. Competition between winter wheat (*Triticum aestivum*) cultivars and downy brome (*Bromus tectorum*). *Weed Sci.* 34:689-693.
- Chancellor, R. J. and N. C. B. Peters. 1974. The time of competition between wild oats (*Avena fatua* L.) and spring cereals. *Weed Res.* 14:197-202.
- Clements, F. E. *Research methods in ecology* 1905. Lincoln, Neb.: University Pub. Co. 334pp.
- Courtney, A. D., L. Easson, R. T. and Johnstone. 1988. The effect of crop density, cultivar and herbicide treatment on weed control in spring barley. *Aspects of applied Biology, Weed Control in Cereals and the Impact of Legislation on Pesticide Application.* 18: 63-69.

Cudney, D. W., L. S. Jordan, and A. E. Hall. 1991. Effect of wild oat (*Avena fatua*) infestation on light interception and growth rate of wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Sci.* 39:175-179.

Darwin, C. (1859). *The origin of species*. Harvard Facsimile 1st ed., reprinted in 1964. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts.

Deschènes, J.M. et St-Pierre, C.A. 1980. Effets des température du sol, des dates de semis et des mauvaises herbes sur les composantes du rendement de l'avoine. *Can. J. Plant. Sci.* 60:61-68.

Donald, C. M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Adv. Agron.* 15:1-118.

Douville, Y. and P. Jobin 1993. Le désherbage mécanique dans les grandes cultures. Journée d'information scientifique sur la malherbologie. De la parcelle au champ. 17 novembre 1993. Drummondville. CPVQ (Conseil de productions végétales de Québec.).

Doyon, D., C. J. Bouchard C. J. et R. Néron. 1987. Inventaire des mauvaises herbes dans les cultures au Québec (1980-1984). Volume 1, 2, 3, 4 et 5-régions agricoles 02, 05, 06, 07 et 10. Service de la recherche en phytotechnie de Québec.

Fabricius, L.J. and J. D. Nalewaja. 1968. Competition between wheat and wild buckwheat. *Weed Sci.* 16:204-208.

Gagnon Y. 1990. La culture écologique pour petites et grandes surfaces. Les Éditions Colloïdales, Québec. 1990. 239 pp.

Gardener, C. J., J. W. Tanner, N. C. Stoskopf and E. R. Reinbergs. 1964. Some observations on upright-leaf-type small grains. *Can J. Plant. Sci.* 46:690.

Graff, B. and J. E. Hill. 1992. Modelling the competition for light and nitrogen between rice and *Echinochloa Crus-galli*. *Agric. Systems.* 40:345-359.

Grundy, A. C., R. J. Froud-Williams and N. D. Boatman. 1991. The effect of herbicide and fertilizer rate on weed productivity in spring wheat. *Brighton Crop Protection Conference-Weeds.* 1:411-417.

Grundy, A. C. and Froud-Williams. 1993. The use of cultivar, crop seed rate and nitrogen level for the suppression of weeds in winter wheat. *Brighton Crop Protection Conference-Weeds.* 3:997-1002.

- Guitard, A. A., J. A. Newman and P. B Hoyt,. 1961. The influence of seeding rate on the yield and yield components of wheat, oats and barley. *Can. J. Plant. Sci.* 41:750-758.
- Halberg,G. R.,1987. Agricultural chemicals in ground water: extent and implication. *Am. J. Altern. Agric.* 2:3-15
- Halberg, G. R.,1989. Pesticide pollution of ground water in the humid United States. *Agric. Ecosystems Environ.* 26:229-367.
- Hance, R.J. et K. Holly. 1990. *Weed control handbook: principles.* 8th ed. Blackwell scientific publication. pp.301-328.
- Henson, J. F. and L. S. Jordan. 1982. Wild oat (*Avena fatua*) competition with wheat (*Triticum aestivum* and *T. turgidum durum*) for nitrate. *Weed Sci.* 30:297-300.
- Hill, S. B. and R. J. MacRae. 1992. Organic farming in Canada. *Agric. Ecosystems Environ.* 39:71-84.
- Holzner, W. and N. Numata. 1982. *Biology and ecology of weeds.* Dr W. Junk Publishers. The Hague. pp.149-159.
- Hucl, P. 1996. Communication personnelle.
- Huel, D. G. and P. Hucl. 1996. Genotypic variation for competitive ability in spring wheat. *Plant Breeding.* 115:00-00.
- Jacob. J. P. 1988. Ensemencement. pp.64-76. dans *Céréales de printemps.* Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation. Québec.
- Jensén, P. and S. Petterson. 1980. Varietal variation in uptake and utilization of potassium (rubidium) in high-salt seedlings of barley. *Physiol. Plant.* 48:411-415.
- Klingman, G. C., F. M. Ashton, and L. J. Noordhoff. 1982. *Weed Science: principles and practices.* Second edition. A Wiley-Interscience publication. John Wiley and Sons. New York. 449 pp.
- Laforge, H. 1981. *Analyse multivariée pour les sciences sociales et biologiques avec applications des logiciels BMD, BMDP, SPSS, SAS.* Éditions Études Vivants. Montréal. 450 pp.
- Lanning, S. P., L. E. Talbert, J. M. Martin, T. K. Blake, and P. L. Bruckner. 1997. Genotype of wheat and barley affects light penetration and wild oat growth. *Agron. J.* 89:100-103.

Lapointe, A.-M., J.-M. Deschênes, P. Gervais et C. Lemieux. 1984. Interférence du chénopode blanc (*Chenopodium album*), chez l'avoine et la luzerne: seuils de nuisibilité. *Can. J. Bot.* 62:2594-2599.

Lapointe, A.- M., C. Lemieux, J.-M. Deschênes et P. Gervais. 1985. Effet de la durée de l'interférence du chénopode blanc (*Chenopodium album*) sur le rendement de l'avoine et de la luzerne. *Phytoprotection.* 66:37-45.

Légère, A., G. Leroux, and C. Lemieux. 1987. Répression des mauvaises herbes à feuilles larges dans les céréales à paille et le maïs. Journée d'information sur la malherbologie. Le désherbage dans les grandes cultures. 4 novembre . Saint-Hyacinthe. CPVQ (Conseil de productions végétales de Québec.). AGDEX 640. 99-105 pp.

Lemerle, D., B. Verbeek, and N. Coombes. 1995. Losses in grain yield of winter crops from *Lolium rigidum* competition depend on crop species, cultivar and season. *Weed Res.* 35:503-509.

Lemerle, D., B. Verbeek, R. D. Cousens and N. E. Coombes. 1996. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Res.* 36:505-513.

Lemieux, C et J.- M. Deschênes. 1984. Essais de compétition entre la spargoute des champs et l'avoine cultivée. *Phytoprotection.* 65:92.

Lemieux, C., A. Larouche, A. Légère, J.- M. Deschênes et R. Rioux. 1988. Inventaire des mauvaises herbes au Québec; Cultures céréalières. Bulletin d'extension, 2. Direction générale de la recherche, Agriculture-Canada.

Lemieux, C. et D. C. Cloutier. 1994. Le désherbage mécanique dans les céréales à paille. *Le céréaliculteur.* Juillet:14-17.

Leroux, G. et B. Maltais. 1988. Mauvaises herbes. Impact des mauvaises herbes. Principales mauvaises herbes. Répression. dans Céréales de printemps. Culture. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation . Québec. Agdex 110/20. 88-99 pp.

Leroux, G. 1994. Les plantes nuisibles. PTT-12377. Partie "A". FSAA. Université Laval. Département de phytologie. Québec.

Liebhart, W. C., R. W. Andrews, M. N. Culik, R. R. Harwood, J. K. Janke and S. L. Rieger-Schwartz. 1989. Crop production during conversion from conventional to low-input methods. *Agron. J.* 81:150-159.

- Liebman, M. 1992. Research and extension efforts for improving agricultural sustainability in the north central and northeastern United States. *Agric. Ecosystems Environ.* 39:101-122.
- Mekki, M. 1990. Étude de la germination, de la nuisibilité et de la répression de *Matricaria maritima* dans le blé d'automne en régie intégrée. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de maître en science (M. Sc.). FSAA. Université Laval. Département de phytologie. Québec.
- Mian, M. A. R., E. D. Nafziger, F. L. Kolb and R. H. Teyker. 1993. Root growth of wheat genotypes in hydroponic culture and in the greenhouse under different soil moisture regimes. *Crop Sci.* 33:283-286.
- Moss, S. R. 1985. The influence of crop variety and seed rate on *Alopecurus myosuroides* competition in winter cereals. *British Crop Protection Conference-Weeds.* 2 :701-708.
- O'Donovan, J.T. 1985a. Influence of various densities of green foxtail on yield of barley. *Res. Rpt. Nat. Weed Com. (Western section).* 202 pp.
- O'Donovan, J.T. 1985b. Influence of various densities of green foxtail on yield of wheat. *Res. Rpt. Nat. Weed Com. (Western section).* 204-205 pp.
- Parish, S. 1990. A review of non-chemical weed control techniques. *Biol. Agric. Horti.* 7:117-137.
- Pavlychenko, T. K. 1937. Quantitative study of the entire root systems of weed and crop plants under field conditions. *Ecology* : 18 : 62-79.
- Pimentel, D., L. McLaughlin, A. Zepp, B. Lakitan, T. Kraus, P. Kleinmen, F. Vancini, J. W. Roach, E. Graap, W, S. Keeton and G. Selig. 1993. Environmental and economic effects of reducing pesticide use in agriculture. *Agric. Ecosystems Environ.* 46: 273-288.
- Ponce, G. R. 1988. Competition between *Avena sterilis ssp. macrocarpa* Mo. and cultivars of wheat. *Weed Res.* 28:303-307.
- Prafulla, S. and R. S. Ambasht. 1977. Effect of crop-weed competition on the mineral structure of wheat crop. *Agro-Ecosystems.* 3:325-336.
- Radosevich, S. R. et J. S. Holt. 1984. *Weed ecology-implications for vegetation management.* A Wiley-Interscience Publication. John Wiley and Sons , New York. 265 pp.



- Radosevich, S. R. 1987. Methods to study interactions among crops and weeds. *Weed Technol.* 1:190-198.
- Ramsel, R.E. and G.A. Wicks. 1988. Use of winter wheat (*Triticum aestivum*) cultivars and herbicides in aiding weed control in an ecofallow corn (*Zea mays*) rotation. *Weed Sci.* 36:394-398.
- Richards, M. C. 1989. Crop competitiveness as an aid to weed control. Brighton Crop Protection conference-Weeds. 2: 755-762.
- Richards, M. C. C. and D. H. K. Davies. 1991. Potential for reducing herbicide inputs/rates with more competitive cereal cultivars. Crop Protection Conference-weed. 1991 3:1233-1240.
- Rioux, R. 1982. La mesure de l'interférence du chiendent dans l'orge. *Can. J. Plant Sci.* 62: 183-188.
- Rioux, R. 1984. Influence de la fumure azotée sur la compétition entre le chiendent et l'orge. *Phytoprotection.* 65:61-64.
- Saric, T. 1985. Korovi i njihivo unistavanje herbicidima. Zadrugar. Sarajevo. 192 pp.
- SAS institute. 1989. SAS/STAT<sup>®</sup>. User's Guide. Version 6. Fourth Edition. Cary, N. C. Volume 1:943 pp. Volume 2:846 pp.
- Satorre, E. H. and R. W. Snaydon. 1992. A comparison of root and shoot competition between spring cereals and *Avena fatua* L. *Weed Res.* 32:45-55.
- Scragg E. B., A. D. McKelvie, J.M. MacKay et N. Birkinshaw. 1982. Investigation into the effect of annual broad-leaved weed competition on the yield of spring barley. *Aspects. App. Biol.* 1:233-238.
- Siddiqi, M. Y., A. D. M. Glass, A. I. Hsiao and A. N. Minjas. 1985. Wild oat /Barley interaction : varietal differences in competitiveness in relation to K<sup>+</sup> supply. *Ann. Bot.* 56:1-7.
- Skorda, E. A. and P. G. Efthimiadis. 1985. Effect of wheat seed rate on *Avena ludoviciana* competition. British Crop Protection Conference-Weeds. 2 :709-714.
- St.Pierre, C. A. et G. Gendron. 1982. Les céréales et le maïs. Les presses de l'Université Laval. Québec. 219 pp.
- Swanton, C. J., K. N. Harker and R. L. Anderson. 1993. Crop losses due to weeds in Canada. *Weed Technol.* 7:537-542.

- Swanton, C. J. and S. D. Murphy. 1996. Weed science beyond the weeds: the role of integrated weed management (IWM) in agroecosystem health. *Weed Sci.* 44:437-445.
- Tinsley, M. P. 1980. Strategic Planning for Control-Eradication or Containment. *Proceedings. British Crop Protection Conference-Weeds.* 3: 839-842.
- Valenti, S. A. and G. A. Wicks. 1992. Influence of nitrogen rates and wheat (*Triticum aestivum*) cultivars on weed control. *Weed Sci.* 49:115-121.
- Vez, A. 1989. Comportement des variétés de blé d'automne et de leurs mélanges cultivés dans des exploitations de type biologique. *Revue suisse Agric.* 21:281-285.
- Vezina, L. et M. Perron. 1987. Compétition et répression des graminées annuelles dans les céréales à paille. Journée d'information sur la malherbologie. Le désherbage dans les grandes cultures. 4 novembre. Saint-Hyacinthe. CPVQ (Conseil de productions végétales de Québec.). AGDEX 640. 85-98 pp.
- Watson, A. K. et A. Colette. 1986. Nouveaux développements en lutte biologique. Journée d'information sur la malherbologie. St-Jean-sur-Richileu. Le 9 janvier 1986. CPVQ (Conseil de productions végétales de Québec.). 99-108 pp.
- Wall, P. C. 1982. The role of plant breeding in weed management in the advancing countries. *Proceedings of the FAO/IWSS expert consultation on improving weed management in developing countries.* Rome, 6-10 september. 85-89 pp.
- Wicks, G. A., R. E. Ramsel, P. T. Nordquist, J. W. Schmidt and Challaiah. 1986. Impact of wheat cultivars on establishment and suppression of summer annual weeds. *Agron. J.* 78:59-62.
- Zimdahl, R. L. 1980. *Weed-crop competition: A review.* Corvallis: International Plant Protection Center, Oregon State University. 195pp.

## **ANNEXES**

## Annexe A : Les caractéristiques des cultivars d'avoine recommandés

Cultivars	Feuille étendard	Tallage	Hauteur (cm) <sup>1</sup>	Verse (résistance) <sup>2</sup>	Maturité (jours) <sup>3</sup>
AC-Rigodon	longue, mi-large, moitié supérieure retombante et moitié inférieure dressée	moyenne	longue	moyenne	tardive
Appalaches	port intermédiaire, longueur et largeur moyennes	intermédiaire	longue	moyenne	tardive
Baldwin	port intermédiaire, longueur et largeur moyennes	moyenne	longue	moyenne	tardive
Capital	large, longue, port intermédiaire	moyenne	longue	moyenne	tardive
Donegal	mi-longue à longue, dressée	intermédiaire	longue	moyenne	tardive
Dorval	largeur moyenne		moyenne	bonne	tardive
Lamar	semi-dressée longueur et largeur moyennes	intermédiaire	longue	moyenne	tardive
Laurent	ND	ND	longue	moyenne	tardive
Manic	semi-dressée longueur et largeur moyennes	intermédiaire	moyenne	bonne	moyenne
Marion	longueur et largeur moyennes	intermédiaire	longue	moyenne	moyenne
Sylva	port intermédiaire, longueur et largeur moyennes	intermédiaire	longue	bonne	tardive
Ultima	port intermédiaire, longueur et largeur moyennes	moyenne	longue	bonne	tardive

<sup>1</sup> Selon une échelle <80 cm = courte; 80-90 cm = moyenne; >90 cm = longue

<sup>2</sup> Selon une échelle allant de 1 à 9: 1=aucune verse, 9=complètement versé; 1-3,5=bonne; 3,6-7=moyenne; 7,1-10=mauvaise

<sup>3</sup> Selon une échelle allant <90 jours=hâtive; 90-100 jours moyenne; >100 jours tardive

ND Données non disponibles

Source : Anonyme. 1993. Description de variété. Avoine de printemps. AC-Rigodon. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 4pp.

Source : Anonyme. 1991. Description de variété. Avoine de printemps. Appalaches. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 4pp.

Source : Anonyme. 1986. Description de variété. Avoine de printemps. Baldwin. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 4pp.

Source : Anonyme. 1987. Description de variété. Avoine de printemps. Capital. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 6pp.

**Source : Anonyme. 1993. Description de variété. Avoine de printemps. Donegal . Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 3pp.**

**Source : Anonyme. Description de variété. Avoine de printemps. Dorval. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments.**

**Source : Anonyme. 1980. Description de variété. Avoine de printemps. Lamar. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 3pp.**

**Source : Anonyme. 1978. Description de variété. Avoine de printemps. Laurent. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 2pp.**

**Source : Anonyme. 1980. Description de variété. Avoine de printemps. Manic. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 3pp.**

**Source : Anonyme. 1986. Description de variété. Avoine de printemps. Marion. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 7pp.**

**Source : Anonyme. 1990. Description de variété. Avoine de printemps. Sylva. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 5pp.**

**Source : Anonyme. 1991. Description de variété. Avoine de printemps. Ultima. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 4pp.**

## Annexe B : Les caractéristiques des cultivars de blé recommandés

Cultivars	Feuille étendard	Tallage	Hauteur (cm) <sup>1</sup>	Verse (résistance) <sup>2</sup>	Maturité (jours) <sup>3</sup>
AC-Mimi	ND	ND	longue	moyenne	tardive
AC-Pollet	ND	ND	longue	moyenne	tardive
AC-Voyageur	ND	ND	longue	bonne	tardive
Aquino	ND	ND	longue	bonne	tardive
Casavant	port dressé, largeur moyenne et longueur moyenne à longue	faible	longue	bonne	tardive
Celtic	port intermédiaire, longueur et largeur moyennes	intermédiaire	moyenne	bonne	tardive
Columbus	ND	moyenne	longue	bonne	tardive
Laval-19	port intermédiaire, longueur et largeur moyennes	intermédiaire	courte	bonne	tardive
Messier	dressé, largeur et longueur moyennes	nombreuse	longue	moyenne	tardive
Roblin	port intermédiaire, largeur moyenne, longue	intermédiaire	courte	bonne	moyenne
SS-Blomidon*	ND	élevé	courte	bonne	tardive
SS-Fundy*	ND	élevé	courte	bonne	tardive

<sup>1</sup> Selon une échelle <80 cm = courte; 80-90 cm = moyenne; >90 cm = longue

<sup>2</sup> Selon une échelle allant de 1 à 9: 1=aucune verse, 9=complètement versé; 1-3,5=bonne; 3,6-7=moyenne; 7,1-10=mauvaise

<sup>3</sup> Selon une échelle allant <90 jours=hâtive; 90-100 jours moyenne; >100 jours tardive

ND Données non disponibles

Source : Anonyme. Description de variété. Blé de printemps : AC-Mimi. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments.

Source : Anonyme. Description de variété. Blé de printemps : AC-Pollet . Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments.

Source : Anonyme. Description de variété. Blé de printemps : AC-Voyageur. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments.

Source : Anonyme. Description de variété. Blé de printemps : Aquino. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments.

**Source : Anonyme. 1982. Description de variété. Blé de printemps : Casavant Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 5pp.**

**Source : Anonyme. 1992. Description de variété. Blé de printemps : Celtic. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 5pp.**

**Source : Anonyme. 1980. Description de variété. Blé de printemps : Columbus. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 4pp.**

**Source : Anonyme. 1981. Description de variété. Blé de printemps : Laval-19. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 7pp.**

**Source : Anonyme. Description de variété. Blé de printemps : Messier. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments.**

**Source : Anonyme. 1986. Description de variété. Blé de printemps : Roblin. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 5pp.**

**Source : Anonyme. Description de variété. Blé de printemps : SS-Blomidon. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments.**

**Source : Anonyme. Description de variété. Blé de printemps : SS-Fundy. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments.**

**\*Source : A. Comeau. 1997. Communication personnelle.**

## Annexe C: Les caractéristiques des cultivars d'orge à deux rangs recommandés

Cultivars	Fauille étendard	Hauteur (cm)	Verse (résistance) <sup>2</sup>	Maturité (jours)
AC-Sirius	ND	moyene	bonne	moyene
Helena	étroite et courte, dressée	courte	bonne	moyene
Iona	étroite, moyennement longue, moyennement dressée	courte	bonne	moyene
Lester	courte et étroite, port intermédiaire	courte	bonne	hâtif
Morisson	étroite et moyennement longue, port intermédiaire	courte	bonne	moyene
Rodeo	étroite et moyennement longue, port intermédiaire	moyene	bonne	moyene
Symko	ND	moyene	bonne	moyene
Winthrop	moyene à large, moyennement longue port intermédiaire	courte	bonne	moyene

<sup>1</sup> Selon une échelle <80 cm = courte; 80-90 cm = moyene; >90 cm = longue

<sup>2</sup> Selon une échelle allant de 1 à 9: 1=aucune verse, 9=complètement versé; 1-3,5=bonne; 3,6-7=moyene; 7,1-10=mauvaise

<sup>3</sup> Selon une échelle allant <90 jours=hâtif; 90-100 jours moyene; >100 jours tardive

ND Données non disponibles

Source : Anonyme. Description de variété. Orge de printemps à deux rangs : AC-Sirius . Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments.

Source : Anonyme. 1987. Description de variété. Orge de printemps à deux rangs : Helena. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 3pp.

Source : Anonyme. 1992. Description de variété. Orge de printemps à deux rangs : Iona. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 4pp.

Source : Anonyme. 1991. Description de variété. Orge de printemps à deux rangs : Lester. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 7pp.

Source : Anonyme. 1991. Description de variété. Orge de printemps à deux rangs : Morisson. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 5pp.

Source : Anonyme. 1983. Description de variété. Orge de printemps à deux rangs : Rodeo. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 8pp.



**Source : Anonyme. 1991. Description de variété. Orge de printemps à deux rangs : Symko. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 6pp.**

**Source : Anonyme. 1991. Description de variété. Orge de printemps à deux rangs : Winthrop. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 4pp.**

## Annexe D : Les caractéristiques des cultivars d'orge à six rangs recommandés

Cultivars	Feuille étandard	Hauteur (cm) <sup>1</sup>	Verse (résistance) <sup>2</sup>	Maturité (jours) <sup>3</sup>
AC-Nadia	ND	longue	bonne	moyene
Bedford	ND	moyene	bonne	moyene
Cadette	large, longueur moyene, semi-dressée	courte	bonne	moyene
Chapais	largeur moyene, courte, dressé	courte	bonne	moyene
Etienne	longueur et largeur moyenes, dressés	moyene	bonne	moyene
Joly	longueur et largeur moyenes, port intermédiaire	moyene	moyene	moyene
Laurier	ND	moyene	moyene	moyene
Sophie	longueur et largeur moyenes, intermédiaire à retombant	longue	moyene	moyene

<sup>1</sup> Selon une échelle <80 cm = courte; 80-90 cm = moyene; >90 cm = longue

<sup>2</sup> Selon une échelle allant de 1 à 9: 1=aucune verse, 9=complètement versé; 1-3,5=bonne; 3,6-7=moyene; 7,1-10=mauvaise

<sup>3</sup> Selon une échelle allant <90 jours=hâtive; 90-100 jours moyene; >100 jours tardive

ND Données non disponibles

Source : Anonyme. Description de variété. Orge de printemps à six rangs : AC-Nadia. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments.

Source : Anonyme. 1979. Description de variété. Orge de printemps à six rangs : Bedford. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 8pp.

Source : Anonyme. 1987. Description de variété. Orge de printemps à six rangs : Cadette. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 3pp.

Source : Anonyme. 1991. Description de variété. Orge de printemps à six rangs : Chapais. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 5pp.

Source : Anonyme. 1991. Description de variété. Orge de printemps à six rangs : Etienne. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 5pp.

Source : Anonyme. 1987. Description de variété. Orge de printemps à six rangs : Joly. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 4pp.

**Source : Anonyme. 1975. Description de variété. Orge de printemps à six rangs : Laurier. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 4pp.**

**Source : Anonyme. 1982. Description de variété. Orge de printemps à six rangs : Sophie. Agriculture Canada. Direction générale. Production et inspection des aliments. 7pp.**

**Annexe E : Modèle d'analyse de covariance utilisé pour tester l'effet des cultivars d'avoine et de blé en 1994 (trois covariables)**

<b>Source de variation</b>	<b>Degrés de liberté</b>
Répétitions	3
Cultivars	11
Densité des mauvaises herbes dans la bande non ensemencée située à la gauche de parcelle	1
Densité des mauvaises herbes dans la bande non ensemencée située à la droite de parcelle	1
Indice décrivant l'effet de terrain observé en 1994	1
Erreur	30
<i>Total</i>	<b>47</b>

**Annexe F : Modèle d'analyse de covariance utilisé pour tester l'effet des cultivars d'orge en 1994 (trois covariables)**

<b>Source de variation</b>	<b>Degrés de liberté</b>
Répétitions	3
Cultivars	7
Densité des mauvaises herbes dans la bande non ensemencée située à la gauche de parcelle	1
Densité des mauvaises herbes dans la bande non ensemencée située à la droite de parcelle	1
Indice décrivant l'effet de terrain observé en 1994	1
Erreur	18
<i>Total</i>	<b>31</b>

**Annexe G : Modèle d'analyse de covariance utilisé pour tester l'effet du type d'orge (deux rangs ou six rangs) en 1994 (trois covariables)**

<b>Source de variation</b>	<b>Degrés de liberté</b>
Répétitions	3
Type d'orge	1
Densité des mauvaises herbes dans la bande non ensemencée située à la gauche de parcelle	1
Densité des mauvaises herbes dans la bande non ensemencée située à la droite de parcelle	1
Indice décrivant l'effet de terrain observé en 1994	1
Erreur	56
<i>Total</i>	<b>63</b>

**Annexe H: Modèle d'analyse de covariance utilisé pour tester l'effet des cultivars d'avoine et de blé en 1995 (deux covariables)**

<b>Source de variation</b>	<b>Degrés de liberté</b>
Répétitions	3
Cultivars	11
Densité des mauvaises herbes dans la bande non ensemencée située à la gauche de parcelle	1
Densité des mauvaises herbes dans la bande non ensemencée située à la droite de parcelle	1
Erreur	31
<i>Total</i>	<b>47</b>

**Annexe I: Modèle d'analyse de covariance utilisé pour tester l'effet des cultivars d'orge en 1995 (deux covariables)**

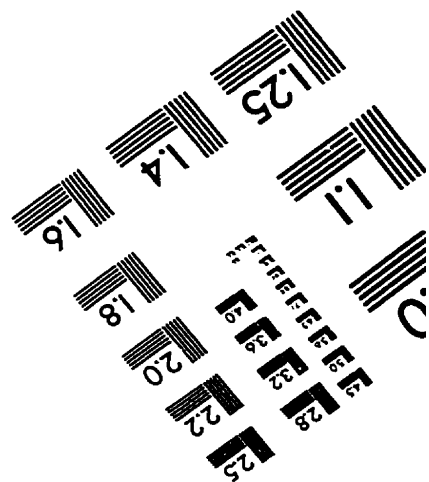
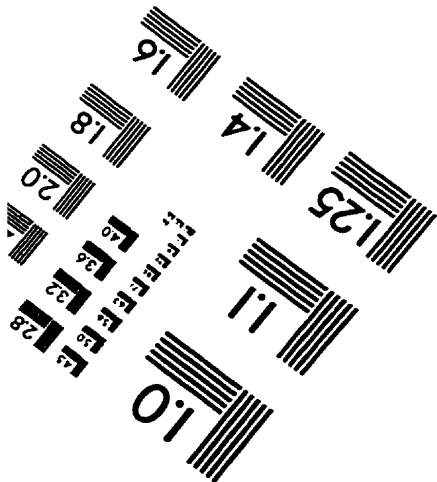
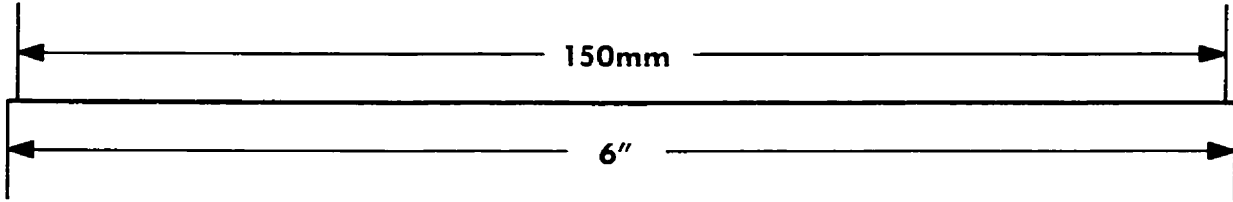
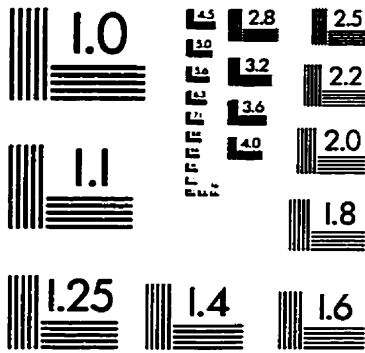
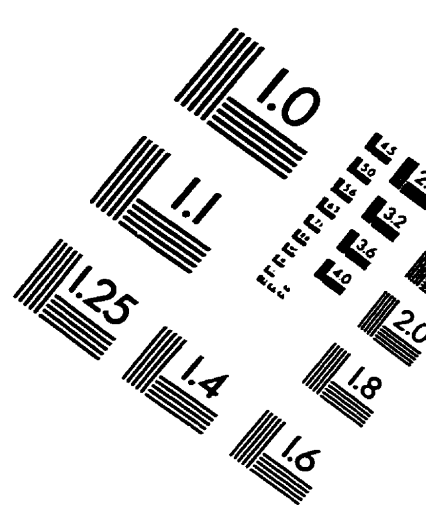
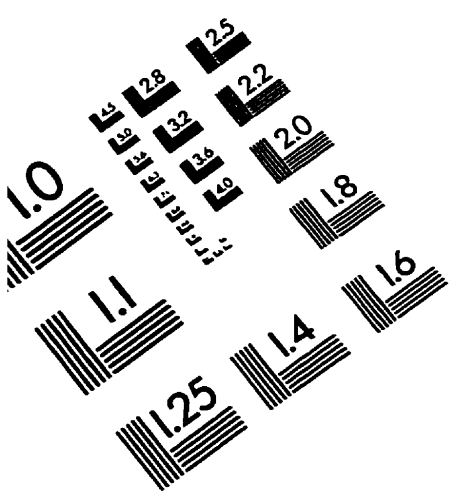
<b>Source de variation</b>	<b>Degrés de liberté</b>
<b>Répétitions</b>	<b>3</b>
<b>Cultivars</b>	<b>7</b>
<b>Densité des mauvaises herbes dans la bande non ensemencée située à la gauche de parcelle</b>	<b>1</b>
<b>Erreur</b>	<b>19</b>
<b>Total</b>	<b>31</b>



**Annexe J : Modèle d'analyse de covariance utilisé pour tester l'effet du type d'orge (deux rangs ou six rangs) en 1995 (deux covariables)**

<b>Source de variation</b>	<b>Degrés de liberté</b>
<b>Répétitions</b>	<b>3</b>
<b>Type d'orge</b>	<b>1</b>
<b>Densité des mauvaises herbes dans la bande non ensemencée située à la gauche de parcelle</b>	<b>1</b>
<b>Densité des mauvaises herbes dans la bande non ensemencée située à la droite de parcelle</b>	<b>1</b>
<b>Erreur</b>	<b>57</b>
<b>Total</b>	<b>63</b>

# IMAGE EVALUATION TEST TARGET (QA-3)



**APPLIED IMAGE, Inc**  
1653 East Main Street  
Rochester, NY 14609 USA  
Phone: 716/482-0300  
Fax: 716/288-5989

© 1993, Applied Image, Inc., All Rights Reserved