



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services Branch

395 Wellington Street
Ottawa, Ontario
K1A 0N4

Bibliothèque nationale
du Canada

Direction des acquisitions et
des services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa (Ontario)
K1A 0N4

Your file / Votre référence

Our file / Notre référence

NOTICE

The quality of this microform is heavily dependent upon the quality of the original thesis submitted for microfilming. Every effort has been made to ensure the highest quality of reproduction possible.

If pages are missing, contact the university which granted the degree.

Some pages may have indistinct print especially if the original pages were typed with a poor typewriter ribbon or if the university sent us an inferior photocopy.

Reproduction in full or in part of this microform is governed by the Canadian Copyright Act, R.S.C. 1970, c. C-30, and subsequent amendments.

AVIS

La qualité de cette microforme dépend grandement de la qualité de la thèse soumise au microfilmage. Nous avons tout fait pour assurer une qualité supérieure de reproduction.

S'il manque des pages, veuillez communiquer avec l'université qui a conféré le grade.

La qualité d'impression de certaines pages peut laisser à désirer, surtout si les pages originales ont été dactylographiées à l'aide d'un ruban usé ou si l'université nous a fait parvenir une photocopie de qualité inférieure.

La reproduction, même partielle, de cette microforme est soumise à la Loi canadienne sur le droit d'auteur, SRC 1970, c. C-30, et ses amendements subséquents.



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services Branch

395 Wellington Street
Ottawa, Ontario
K1A 0N4

Bibliothèque nationale
du Canada

Direction des acquisitions et
des services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa (Ontario)
K1A 0N4

Your file / Votre référence

Our file / Notre référence

The author has granted an irrevocable non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of his/her thesis by any means and in any form or format, making this thesis available to interested persons.

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

L'auteur a accordé une licence irrévocable et non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de sa thèse de quelque manière et sous quelque forme que ce soit pour mettre des exemplaires de cette thèse à la disposition des personnes intéressées.

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

ISBN 0-315-80020-8

Canada



UNIVERSITÉ D'OTTAWA
UNIVERSITY OF OTTAWA

Dédicace:

A mon frère feu Abdoulaye Kéïta (paix à son âme)

je dédie la présente thèse.

REMERCIEMENTS

Je remercie avant tout ma chère maman KADIATOU KÉITA pour tout ce qu'elle a fait pour moi et pour m'avoir donné son autorisation pour ces études lointaines. Je remercie sans doute mon grand frère El-Hadj Kabiné Kéita et tous mes frères et soeurs pour m'avoir bien éduqué et m'avoir tout donné.

Que mes directeurs de thèse les Drs. J. T. Arnason et B. R. Baum, qui n'ont ménagé aucun effort pour la bonne direction de ces travaux et qui m'ont facilité la vie pendant mon séjour, reçoivent mes sincères remerciements. Avec eux, que les autres membres de mon comité de recherche: Dr. Sainclair et Dr. C. Nozolillo (pour son attention toute particulière) soient remerciés.

Ma femme Tiguidanké Chérif, pour sa patience et son courage, a toute ma reconnaissance et mérite encore beaucoup plus d'affection et d'amour.

Mon ami Alpha Kabiné Traoré, sans lequel mon séjour ici serait très difficile, reçoit mes remerciements les plus sincères.

A monsieur Fora Camara je ne saurai autant adresser d'hommage qu'il mérite sans oublier messieurs Ansoumane Condé (Baaba) , Aboubacar Diallo et Kabiné Kaba qui ont été d'excellents compagnons.

Que tous les collègues de notre laboratoire, notamment Dr. Robin Marles (le toujours disponible), France Duval, Dr.

Mamdou Abou Zeid, Cliff Benninger, pour leur apport inestimable, trouvent ici toute ma reconnaissance.

Que les collaborateurs de la Ferme Expérimentale Centrale, Agriculture Canada, notamment Mme Nicole Lacroix, Dr. Guy Baillargeon, Mr. Marcel Jomphe soient vivement remerciés. Que le Dr. Footit et son aimable collaborateur Mr. Eric Mow, sans lesquels notre expérimentation n'aurait jamais vu le jour, reçoivent toute ma reconnaissance. Mes remerciements vont sans doute à mes sincères amis: Marie Chantal Bertrand, Claude Bernard, Moumouni Farmo, Zéphirin Comlan Tossa et Suzanne Plante dont les compagnies m'ont apporté beaucoup de charme et de joie.

Je ne saurai terminer sans adresser mes remerciements les plus sincères à Mr. Mamadou Saliou Kanté et famille, Mr. Joseph Millimono et famille et Mr. Mohamed Condé et famille qui m'ont apporté toute l'aide matérielle et morale dont j'avais besoin. Que ma soeur Tady Camara (Mme Kanté), pour son affection toute fraternelle et sa disponibilité constante, trouve l'expression de ma profonde sympathie.

Enfin que l'ACDI et l'Université d'Ottawa, pour m'avoir donné l'opportunité de me perfectionner, reçoivent toute ma gratitude.

TABLE DES MATIERES:

Remerciements. i
Table des matières iii
Liste des tableaux vii
Liste des figures ix
Liste des planches xii
Résumé 1
Abstract 4
CHAPITRE I: INTRODUCTION 6
 1.1 L'orge 13
 1.1.1 Revue des systèmes de classification . . . 13
 1.1.2 De la culture 15
 1.1.3 De l'origine 17
 1.2 Les aphides de l'orge 23
 1.2.1 Généralités 23
 1.2.2 Biologie 24
 1.2.3 Mode de prolifération et d'alimentation . 25
 1.2.4 Le virus de la jaunisse nanissante de
 l'orge (VJNO) 26
 1.2.4.1 Résistance et susceptibilité . . . 27
 1.2.4.2 Valeur économique et sociale de la
 résistance 28
 1.3 Revue des travaux chimiques 30
 1.3.1 Acides phénoliques, flavonoïdes et tannins31
 1.3.2 La gramine 33
 1.4 Conclusion 38

CHAPITRE II: MATERIELS ET METHODES.

2.1 Les ressources génétiques	41
2.1.1 Sélection	41
2.1.2 Culture	42
2.1.3 Récolte	46
2.1.3.1 Échantillons d'analyse	46
2.1.3.2 Échantillons d'herbier	47
2.1.3.2.1 Préparation	47
2.1.3.2.2 Montage	47
2.1.4 Lyophilisation	51
2.2 Phytochimie	51
2.2.1 Extraction de la gramine	52
2.2.2 Préparation des échantillons d'analyse .	54
2.2.3 Préparation de la solution standard de gramine	54
2.2.4 Identification et quantification de la gramine	54 .
2.2.4.1 Spectrophotométrie	54
2.2.4.2 Chromatographie sur couche mince .	55
2.2.4.3 Chromatographie liquide à haute pression	56
2.2.4.4. Recouvrement	57
2.3 Expérimentation	57
2.3.1 Etude de la résistance variétale	58
2.3.1.1 Culture	58
2.3.1.2 Infestation avec <i>Schizaphis graminum</i>	

(Rondani)	58
2.3.1.3 Comptage	58
2.3.1.4 Régression linéaire	59
2.4 Analyse statistique	59
2.4.1 Formation des groupes de 4	61
2.4.2 Formation des groupes de 3	61
2.4.3 Formation des groupes de 2	61
2.4.3.1 Avec les individus	62
2.4.3.2 Avec les moyennes	62
CHAPITRE III: RÉSULTATS.	
3.1 Généralités	64
3.2 Etudes phytochimiques	64
3.2.1 Spectrophotométrie	64
3.2.2 Chromatographie sur couche mince	66
3.2.3 Recouvrement	70
3.2.4 Chromatographie liquide à haute performancẽ3	
3.3 Résistance variétale	90
3.3.1 Survie des aphides	90
3.3.2 Régression linéaire	90
3.4 Analyse statistique	93
3.4.1 Statistique univariée	93
3.4.2 Test à intervalle multiple de Duncan	99
3.4.3 Analyse de corrélation	102
3.4.4 Analyse canonique de discriminantes	107
3.4.4.1 Analyse avec 4 groupes estimés	112
3.4.4.2 Analyse avec 2 groupes estimés	112

3.4.4.2.1 Avec les individus . . .	112
3.4.4.2.2.Avec les moyennes . . .	113
3.4.5 "cluster"ing par MODECLUS	116
3.4.5.1 MODECLUS avec 4 groupes	116
3.4.5.2 MODECLUS avec 3 groupes	116
3.4.5.3 MODECLUS avec 2 groupes	116
CHAPITRE IV: DISCUSSION ET CONCLUSION	129
BIBLIOGRAPHIE	138

LISTE DES TABLEAUX

1 - Données mondiales des superficies cultivées	16
2 - Conditions atmosphériques dans les serres	43
3 - Numéros, noms et provenance des accessions	44
4 - Groupement par estimation	63
5 - Recouvrement	71
6 - Liste des caractères avec les individus	76
7 - Liste des caractères avec les moyennes	84
8 - Survie des aphides (expérimentation)	91
9 - Statistique univariée, variables qualitatives	95
10 - Statistique univariée, variables quantitatives	96
11 - Moyenne de concentration de gramine par le caractère 08	97
12 - test à intervalle multiple de Duncan	100
13 - "clusters" par 4 groupes de susceptibilité	117
14 - "clusters" par 3 groupes de susceptibilité avec individus et $k = 22$	118
15 - "clusters" avec 3 groupes de susceptibilité avec individus et $k = 32$	119
16 - Valeurs de k et nombre de "clusters" dans MODECLUS à 3 groupes de susceptibilité avec individus	120
17 - "clusters" par 2 groupes de susceptibilité avec les moyennes et $k = 9$	121
18 - "clusters" par 2 groupes de susceptibilité avec les moyennes et $k = 12$	122
19 - Valeurs de k et nombre de "clusters" dans MODECLUS	

à 2 groupes de susceptibilité avec moyennes	123
20 - Valeurs de 4 différents tests statistiques avec les groupes estimés 4, 3 et 2, avec les moyennes .	126
21 - Valeurs des axes canoniques dans les 4, 3 et 2 groupes estimés	127
22 - Valeurs des 4 statistiques dans le cas des 4 groupes estimés avec les moyennes	128
23 - Valeurs des axes canoniques des groupes estimés par 2 avec moyennes	128

LISTE DES FIGURES

1 - Quelques formes d'épillets	8
2 - <i>Schizaphis graminum</i> (Rondani)	9
3 - Distribution mondiale de <i>Schizaphis graminum</i>	10
4 - Structure de la gramine	12
5 - Distribution de <i>Hordeum spontaneum</i>	19
6 - Aires de culture de l'orge aux États-Unis et au Canada	22
7 - Schéma de la biosynthèse de la gramine	38
8 - Schéma de l'extraction de la gramine	53
9 - Spectre de la gramine	65
10 - Représentation graphique du recouvrement de la gramine avec intervalle de confiance	72
11 - Chromatogramme et spectre du standard de gramine	74
12 - Chromatogramme et spectre d'un extrait de l'orge	75
13 - Histogramme de la concentration de gramine des 85 variétés selon l'ordre général	88
14 - Histogramme de la concentration de gramine des 85 variétés par ordre de magnitude	89
15 - Taux de survie des aphides élevés sur 7 variétés d'orge à différentes concentrations de gramine	92
16 - "boxplots" de la concentration de gramine en relation avec la forme des épillets	98
17 - Représentation des groupements de Waller et de Duncan	101
18 - Graphique de la régression mettant la quantité	

	de gramine en rapport avec la longueur des glumes	103
19 -	Graphique de la régression entre la quantité de gramine et le poids moyen d'une graine	104
20 -	Graphique de la régression entre la quantité de gramine et la quantité d'eau dans l'échantillon	105
21 -	Graphique de la régression entre la quantité de gramine et le rendement en graines	106
22 -	Diagramme de dispersion des résidus dans l'analyse canonique de discriminantes à 4 groupes estimés avec les individus	108
23 -	Diagramme de dispersion dans l'analyse canonique de discriminantes à 4 groupes estimés avec les moyennes	109
24 -	Diagramme de dispersion dans l'analyse canonique de discriminantes à 3 groupes estimés avec individus	110
25 -	Diagramme de dispersion dans l'analyse canonique de discriminantes à 3 groupes estimés avec les moyennes	111
26 -	Fréquence des entailles des axes canoniques de discriminantes pour toutes les observations des variétés d'orge après avoir été divisées en deux classes par "clustering" MODECLUS à $k = 22$ et $k = 32$ (cas avec les individus)	114
27 -	Fréquence des entailles des axes canoniques de discriminantes pour toutes les observations	

	des variétés d'orge après avoir été divisées en deux classes par "clustering" MODECLUS à k = 9 et k =12 (cas des moyennes)	115
28 -	Graphique du MODECLUS à 3 groupes estimés avec les individus	124
29 -	Graphique du MODECLUS à 2 groupes estimés avec les moyennes	125

LISTE DES PLANCHES

I - Exemple d'échantillon (orge à 2 rangs) monté pour herbier	49
II - Exemple d'échantillon (orge à 6 rangs) monté pour herbier	50
III - Plaque de chromatographie sur couche mince montrant seulement la tache du standard (STD) . . .	67
IV - Plaque de chromatographie sur couche mince avec une seule variété n'ayant pas de taches . . .	68
V - Plaque chromatographique avec le même Fr pour toutes les variétés et le standard	69

RÉSUMÉ

La gramine étant reconnue comme un agent protecteur de l'orge contre les aphides, nous sommes parti de l'hypothèse qu'il y a une relation intime entre le contenu en gramine et les caractères morphologiques permettant ainsi d'utiliser la concentration en gramine comme un important élément taxonomique. Pour ce faire, une sélection de 85 variétés d'orge cultivée, *Hordeum vulgare* L. (Poaceae) à l'échelle mondiale a été faite à la banque de gènes de la Ferme Expérimentale Centrale, Agriculture Canada, Ottawa. Il a été pris en considération leur origine (comprenant tous les cinq continents), la saison de culture, le nombre de rangs et la forme des épillets. Les variétés ont été cultivées dans les serres avec trois individus et les extractions de gramine faites en tenant compte des individus. Une chromatographie sur couche mince au gel de silice réalisée pour tous les individus a permis d'estimer la présence ou l'absence de gramine en comparaison avec le standard de gramine. La coloration au réactif d'Ehman a permis une identification facile et une interprétation aisée des résultats. La chromatographie liquide à haute pression en phase inverse a ensuite été utilisée pour quantifier la gramine dans chaque variété d'orge au même stade de croissance (à l'âge de trois semaines), et de confirmer l'absence totale de gramine dans les échantillons trouvés

déjà nuls en gramine par la chromatographie sur couche mince. L'interprétation des résultats a été rendue facile grâce aux analyses uni- et multivariées. Par les moyennes d'ANOVA, test de DUNCAN, test t de Student et les régressions linéaires il a été démontré qu'il n'y a pas de corrélation significative entre la quantité de gramine et les caractères considérés (origine géographique, nombre de rangs, forme des épillets, saison de culture, longueur des glumes, rendement, quantité d'eau dans la matière fraîche de feuilles, poids moyen d'une graine et couleur des graines).

Par le "test à rangée multiple de Duncan" il a été montré qu'il y a une variation significative ($F = 26.81$, $P < 0.0001$) dans le contenu en gramine des différents génotypes (F étant le taux de variance entre les valeurs considérées et celles observées et P la probabilité qu'il n'y ait pas de variation entre les génotypes) d'un minimum de 0 & un maximum de 2674. Cependant les analyses canoniques de discriminantes et le "clustering" par la procédure MODECLUS n'ont pas permis la formation de groupes de susceptibilité distincts à l'attaque des aphides; cela a permis de conclure que la quantité de gramine ne peut être suffisamment mise en relation avec les caractères morphologiques pour servir de base à une taxonomie. Par ailleurs nous avons procédé à une expérimentation qui a davantage éclairé les points de vue en attirant l'attention sur le fait que la seule présence de la gramine n'est souvent pas suffisante pour la protection de

l'orge contre les aphides et qu'il faut aussi prendre en considération d'autres paramètres tels l'anatomie ou l'existence d'autres agents protecteurs. Une telle recherche peut même mener à la remarque d'un développement de nouveaux biotypes d'aphides davantage résistants à la gramine.

ABSTRACT

Gramine is known to be a constituent of barley providing protection against aphids. The present work is based on the hypothesis that there is an intimate relationship between the content of gramine and morphological characters, thus allowing the use of gramine content as an important taxonomic element. To test this hypothesis, a selection of 85 varieties of cultivated barley, *Hordeum vulgare* L. (POACEAE), from around the world, were obtained from the germ plasm bank of the Central Experimental Farm, Agriculture Canada, Ottawa. Varieties were selected through consideration of their origin (comprising all five continents), season for cultivation, and spike row number and form. All varieties were cultivated with three répliques in greenhouses, and the extractions of gramine were performed separately for each réplique. Thin layer silica gel chromatography with Ehman's chromogenic reagent was used to detect the presence of gramine. Reverse-phase high pressure liquid chromatography was then used to quantify gramine in each barley variety at the same growth stage (three weeks post-germination), and to confirm the complete absence of gramine in samples judged negative by thin layer chromatography.

Interpretation of the results was facilitated by uni- and multivariate analyses. By means of ANOVA, Duncan's

test, Student's t test, and linear regressions, it was demonstrated that there was no significant correlation between the quantity of gramine and the morphological characters considered (geographic origin, spike row number, spike form, cultivation season, glume length, yield, water content of fresh leaves, seed mean mass, and seed colour).

By "Duncan's multiple range test" it was shown that there was a significant ($F = 26,81$; $P < 0.0001$) variation in gramine content between the different genotypes (minimum = 0 & maximum = 2674). However, canonical discriminant analyses and "cluster"ing by the MODECLUS procedure failed to provide justification for grouping of varieties susceptible to aphid attack, leading to the conclusion that gramine content cannot be sufficiently closely related to morphological characters to serve as a basis for taxonomy. Finally, additional experimentation revealed that the presence of gramine alone is often not sufficient to confer protection against aphid attack, and other factors must be considered, such as anatomy or the existence of other protective constituents. Such research could lead to the development of new resistant biotypes.

CHAPITRE I: INTRODUCTION

Les travaux sur l'interaction plante-animal ont démontré, depuis des années, l'influence qu'ont les plantes et les animaux les uns sur les autres. Parmi les formes diverses de cohabitation, il faut citer le parasitisme (sous ses multiples formes) qui est remarquable par les implications directes et indirectes dans la vie des êtres vivants. L'interaction aphide-orge en est un exemple illustrant les complications créées à la suite du parasitisme du premier sur le second.

L'orge cultivée est une herbe appartenant à la sous-famille des Festucoideae, à la tribu des Hordeae et au genre *Hordeum*: *Hordeum vulgare* L. (Fig. 1). L'aphide ou puceron est un insecte suceur de sève appartenant à l'ordre des Hemiptera, au sous ordre des Homoptera, à la super famille des Aphidoidea à la famille des Aphididae à la sous-famille des Aphidinae au genre *Schizaphis* et à l'espèce *Schizaphis graminum* (Rondani) (Blackman & Eastop, 1986) (Fig. 2). Les conséquences directes de cette cohabitation sont ressenties par l'orge car les aphides en perçant les vaisseaux de liber et suçant la sève élaborée la privent d'une partie substantielle de son alimentation. Pire, ces bestioles excrètent un miellat qui provoque parfois la souillure et l'altération des feuilles et des graines (Auclair, 1986). Les conséquences indirectes se traduisent par des viroses. En effet, les aphides en se nourrissant de ces produits

finis, occasionnent la transmission à l'orge du virus de la jaunisse nanissante de l'orge (VJNO) souvent décrit dans la littérature par l'acronyme anglais "barley yellow dwarf virus" (BYDV). Il est connu de nos jours 300 viroses dont les aphides en sont les vecteurs (Eastop 1977 cité par Auclair 1986). La répartition mondiale proposée par Benoit (1983) est indiquée sur la Fig. 3.

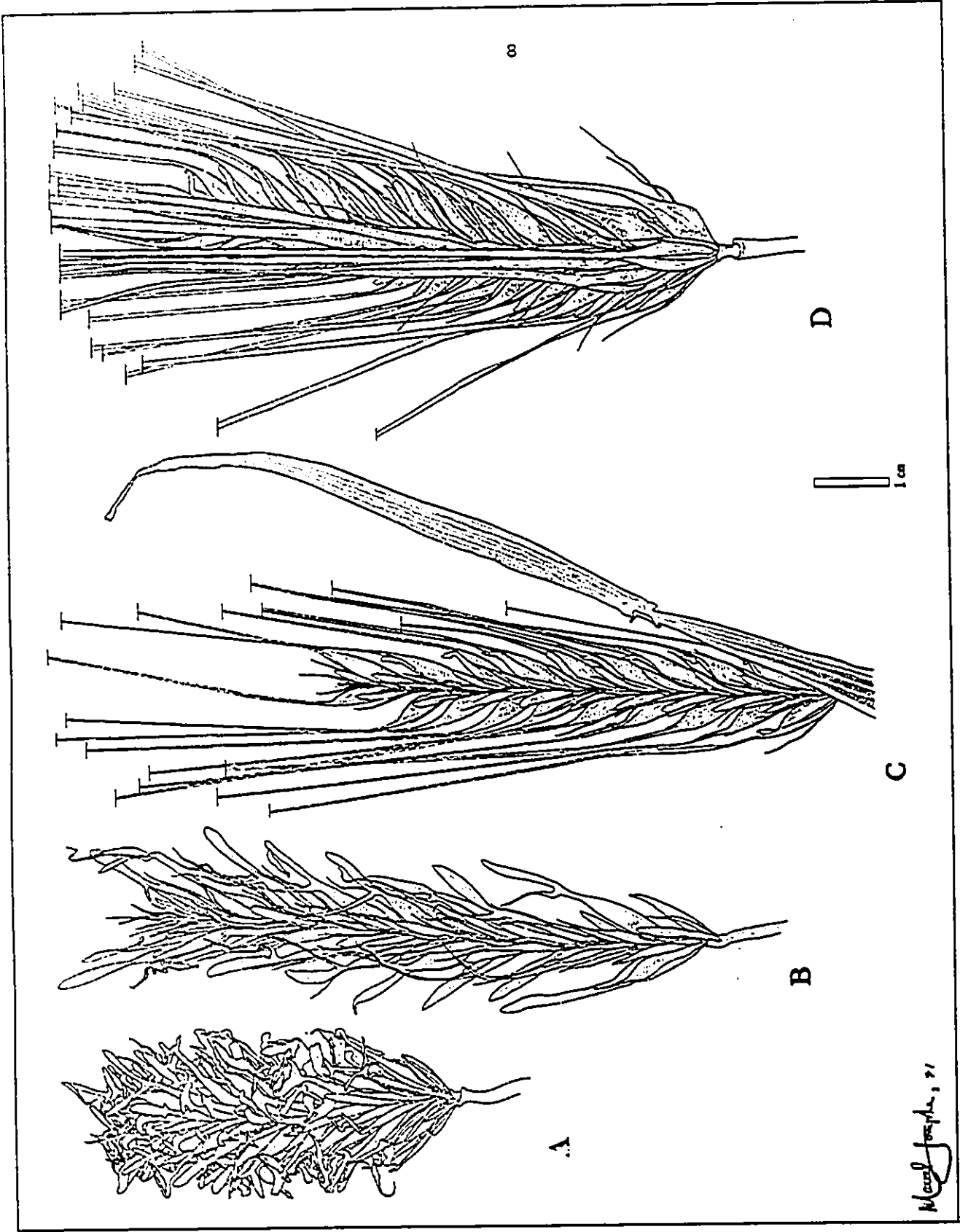
FIGURE 1: Quelques formes d'épis de l'orge:

A = Capuchonnée à 6 rangs

B = Capuchonnée à 2 rangs

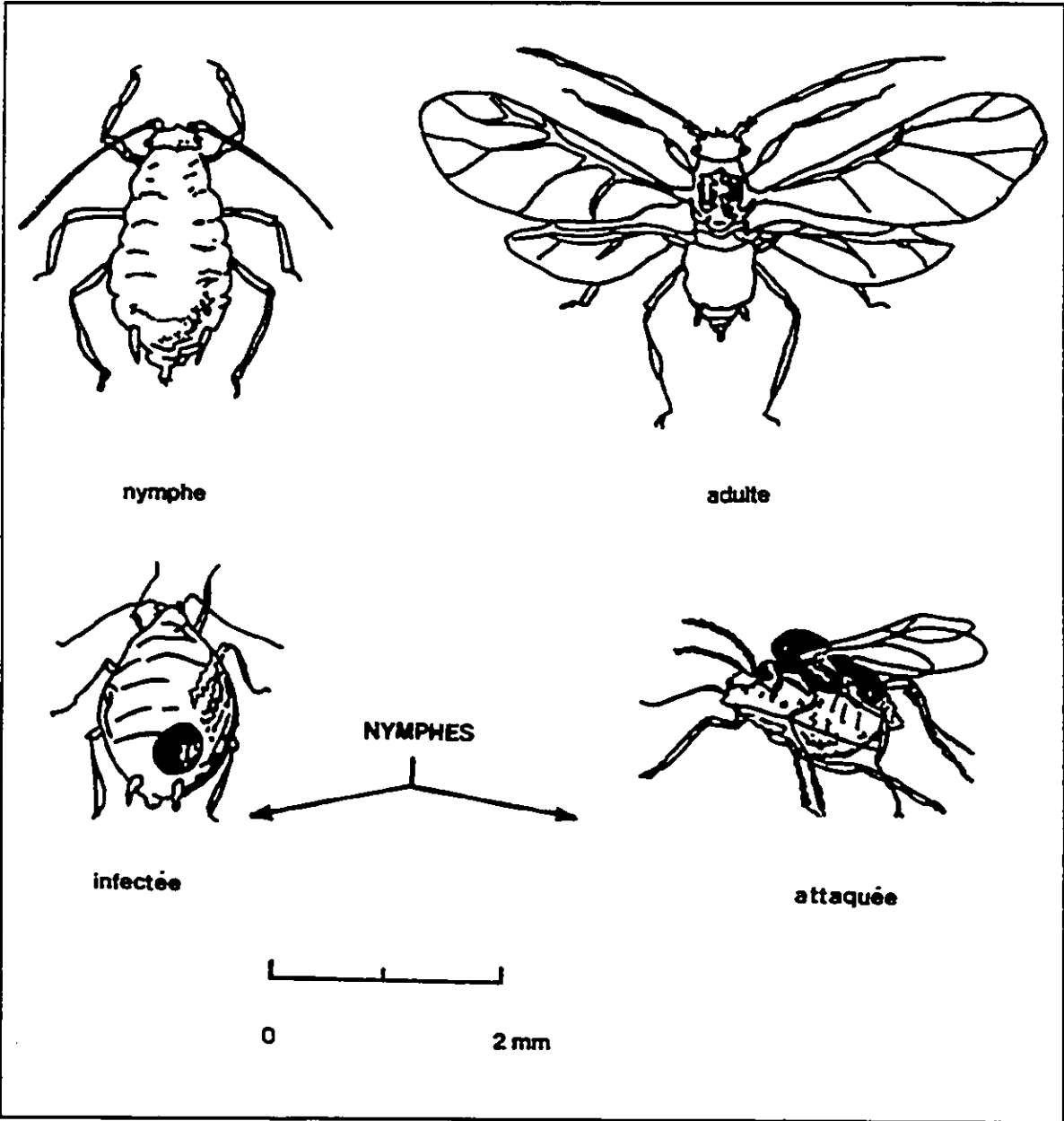
C = Normale à 2 rangs

D = Normale à 6 rangs.

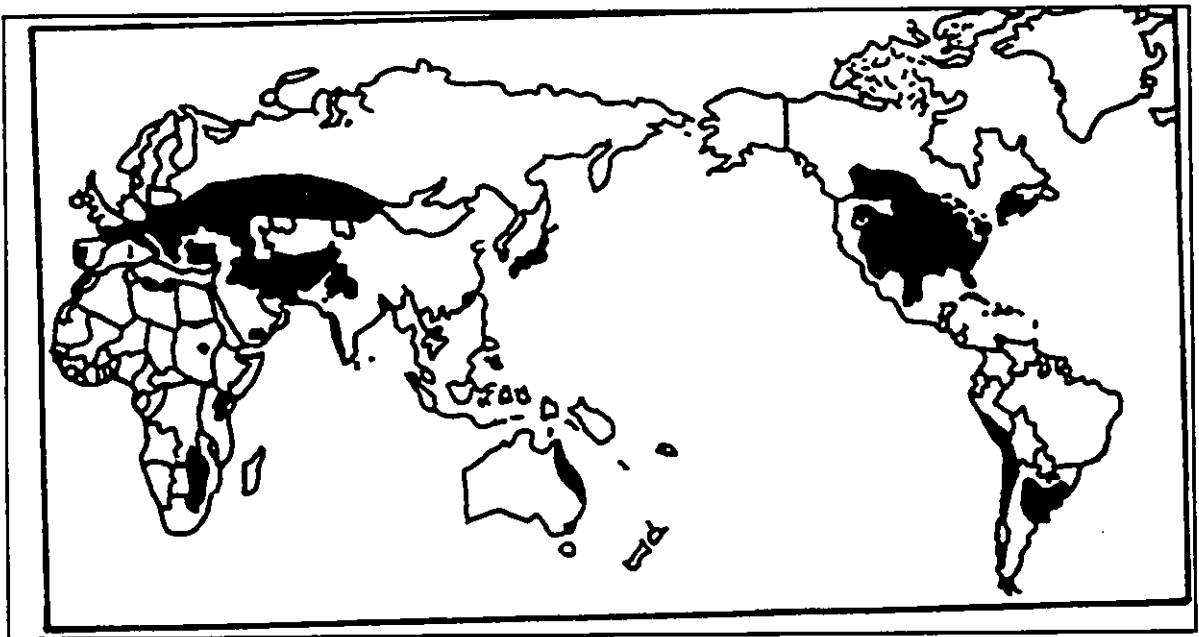


M. J. J. J. J.

FIGURE 2: Schizaphis graminum (Rondani).
d'après Hill, D.S. (1983).



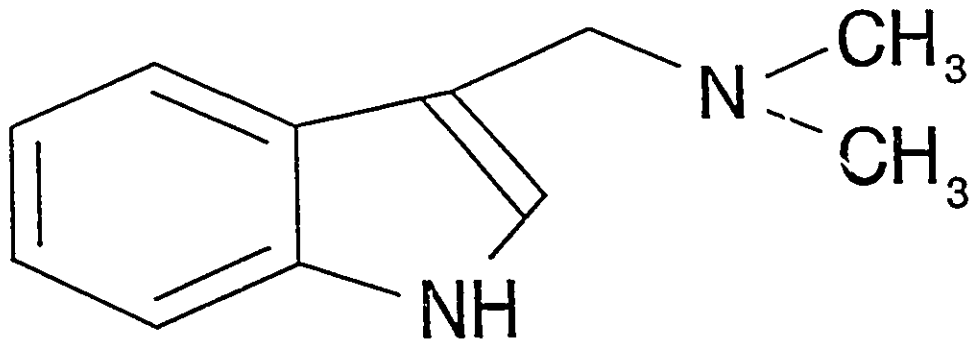
**FIGURE 3: Distribution mondiale de Schizaphis
graminum (Rondani) d'après Benoit, P.(1975).**



Face à cette attaque non moins désastreuse que l'implication indirecte qu'est la virose, l'orge (comme tous les autres êtres vivants) se doit de réagir pour sauvegarder la pérennité de son espèce: c'est la loi de la sélection naturelle. La seule méthode pour un tel être figé statiquement sur place est de recourir aux armes anatomiques (épiderme coriace, poils denses ou piquants) et/ou chimiques (allélochimiques) qui sont des poisons ou des répulsifs.

Parmi les substances métaboliques secondaires de l'orge connues (acides: phénoliques, tryptaminiques; flavonoïdes etc.), la gramine s'est avérée l'une des plus importantes (Zuniga et Corcuera, 1986). C'est un alcaloïde indolique: «3-Diméthylaminométhylindole» (Fig. 4).

FIGURE 4: Structure de la gramine.



N, N- Diméthylaminométhylindole (GRAMINE)

Dans la présente étude nous proposons de faire une collection d'origine mondiale (sur chacun des cinq continents), et de faire une culture suivie d'analyses chimiques pour la gramine. Ensuite il sera question d'évaluer par des analyses statistiques si une classification chimique à partir de la quantité de gramine trouvée peut être proposée substituable aux classifications morphologiques déjà faites depuis les temps anciens dont on aura d'ailleurs fait un rappel.

1.1 L'Orge:

1.1.1 Revue des systèmes de classification :

Plusieurs auteurs ont fait d'importantes études de classification de l'orge cultivée. Nous ferons un bref rappel des étapes saillantes de cette longue et fascinante histoire. Déjà au IV^{ème} siècle av. J.C., Théophraste (*) avait retenu comme critère de classification de l'orge, la fertilité ou la stérilité des épillets latéraux. Dès le 1^{ier} siècle ap.J.C., Columelle (*) parla d'orge "hexastique", "distique" et "nue" en se servant des critères de Théophraste. Ruel au 16^{ième} (*) siècle a fait intervenir la nature des appendices des glumelles dans la distinction de quelques orges; alors que Des Moulins (1625) (*) ajoutait la couleur des graines à la fertilité des rangs latéraux: "Polystichon" et "Pomole". Garidel (1725) (*), maintient la conception de Des Moulins.

(*) = cités par Grillot, 1959

Charles von Linné (1755) (*), dresse une classification des espèces basée non seulement sur les critères de Théophraste, mais aussi sur la densité de l'épi en utilisant l'adhérence ou la liberté des glumelles. Il est le père de l'espèce cultivée: *Hordeum vulgare* L.. Buchoz (1775) (*), Lamarck (1778) (*), Persoon (1805) (*), Bosc (1818) (*), Schübler (1818) (*), Metzger (1824) (*), Koch (1837) (*) et Steudel (1840) (*) s'appuient tous en général sur les critères de Théophraste.

Seringe (1841) (*), n'y ajoute que l'adhérence des glumelles et Doll (1843) (*), regroupe sous un même nom les orges à 6 rangs. C'est Anderson (1852) (*) qui introduit la résistance des épis et l'existence de barbes. Jessen (1855) (*) reprend les critères de Théophraste, alors que Heuzé (1872) (*) applique les principes de Séringe. Kornicke (1885 ensuite 1895) (*) réunit les critères de Théophraste et ceux de Séringe; il est rejoint par Voss (1885) (*) ainsi que De Neergard (1889), Bolin (1891), Atterberg (1899) (*) et Beaven (1902).

Carleton (1916) (*) s'inspire encore des critères de Théophraste tandis que Harlan (1918), Wiggans (1921), Archer (1922) et Sim (1929) insistent sur ceux de Séringe. Aux critères de ces derniers, Orlov (1931 et 1936) ajoute la solidité ou la fragilité des épis. Aberg (1940), à la fragilité du rachis, ajoute le nombre de rangs fertiles ainsi d'ailleurs que Aberg et Wiebe (1946). Bakhteyev

(1948) introduit les critères morphologiques et l'origine (évolution, écologie et histoire). Bergal (1948), Mansfeld (1950) (*) et Alvarez (1952) (*) utilisent les mêmes critères que Orlov sauf Bergal qui ajoute les dimensions et caractères des lodicules et la pilosité du sillon des graines. Grillot (1959), auteur du majestueux travail de récapitulation de la majorité de ses prédécesseurs, s'appuie beaucoup sur les critères de Séringe. Wiebe et Reid (1961) ajoutent les saisons et les caractères des feuilles. Baum (1983) se sert des relations morphométriques. Baum (1981 et 1986a) utilise la taxonomie infraspécifique. Baum (1986b; 1986c) par ailleurs utilise, pour des études intraspécifiques, d'une part, les caractères comme l'autocorrélation spatiale et d'autre part, l'élaboration de groupes de cultivars (en considérant: le poids des graines, les caractères morphologiques et phénétiques ainsi que l'analyse canonique de discriminantes).

Enfin, Baum et Bailey (1991) ont fait une investigation de la taxonomie numérique des agrégats de *Hordeum brevisubulatum*.

1.1.2 De la culture :

L'orge est la quatrième plus importante céréale du monde après le blé, le maïs et le riz. Elle est cultivée sur plus de 78 millions d'hectares, avec une production de plus de 175 millions de tonnes par an et avec un rendement moyen de 2.2 t/ha. (Srivastava, 1987) voir Tableau 1.

Tableau 1: Données mondiales montrant la superficie cultivée et le rendement de l'orge cultivée de 1969 à 1986 en tranche de 2 ans (Srivastava, 1987).

Catégories et pays	Surface (en m d'h.)* ¹		Rendement (t/h)* ²	
	1969-1971;1984-1986		1969-1971;1984-1986	
<u>Pays développés:</u>				
U.R.S.S.	21,8	29,7	1,61	1,55
Europe	16,4	18,9	2,95	3,96
Amérique du Nord	8,7	9,5	2,28	2,64
Océanie	2,1	3,2	1,24	1,64
<u>Pays sous développés:</u>				
Asie	12,5	11,2	1,16	1,53
Afrique	4,3	5,1	0,88	1,05
Amérique du Sud	1,0	0,6	1,05	1,34

*1 = en millions d'hectares; *2 = en tonnes par hectares.

La graine d'orge est utilisée comme nourriture, fourrage et pour maltage pendant que la paille produit une importante source de fibres alimentaires pour les animaux surtout en milieu aride. L'orge est parmi la première douzaine de plantes qui ont été analysées génétiquement de façon extensive. Toutes les orges cultivées ont 7 paires de chromosomes.

1.1.3 De l'origine :

L'étude des ressources génétiques de l'orge cultivée ne peut être séparée d'une revue sur son origine surtout que nous avons considéré une collection mondiale.

Le premier sérieux chercheur (des temps modernes) étudiant les plantes cultivées a été Alphonse De Candolle (1959) (Agriculture Handbook N° 338). Son oeuvre marquante a été un repaire pour l'étude des plantes cultivées et même aujourd'hui elle est une excellente référence concernant l'origine des plantes cultivées. L'étude de l'orge a bien éclairé De Candolle; c'est ainsi que deux hypothèses ont été formulées:

1 - "Que les orges à 4 et 6 rangs sont, dans l'agriculture préhistorique antérieure à celle des anciens égyptiens qui ont édifié les monuments, dérivées de *Hordeum distichon*".

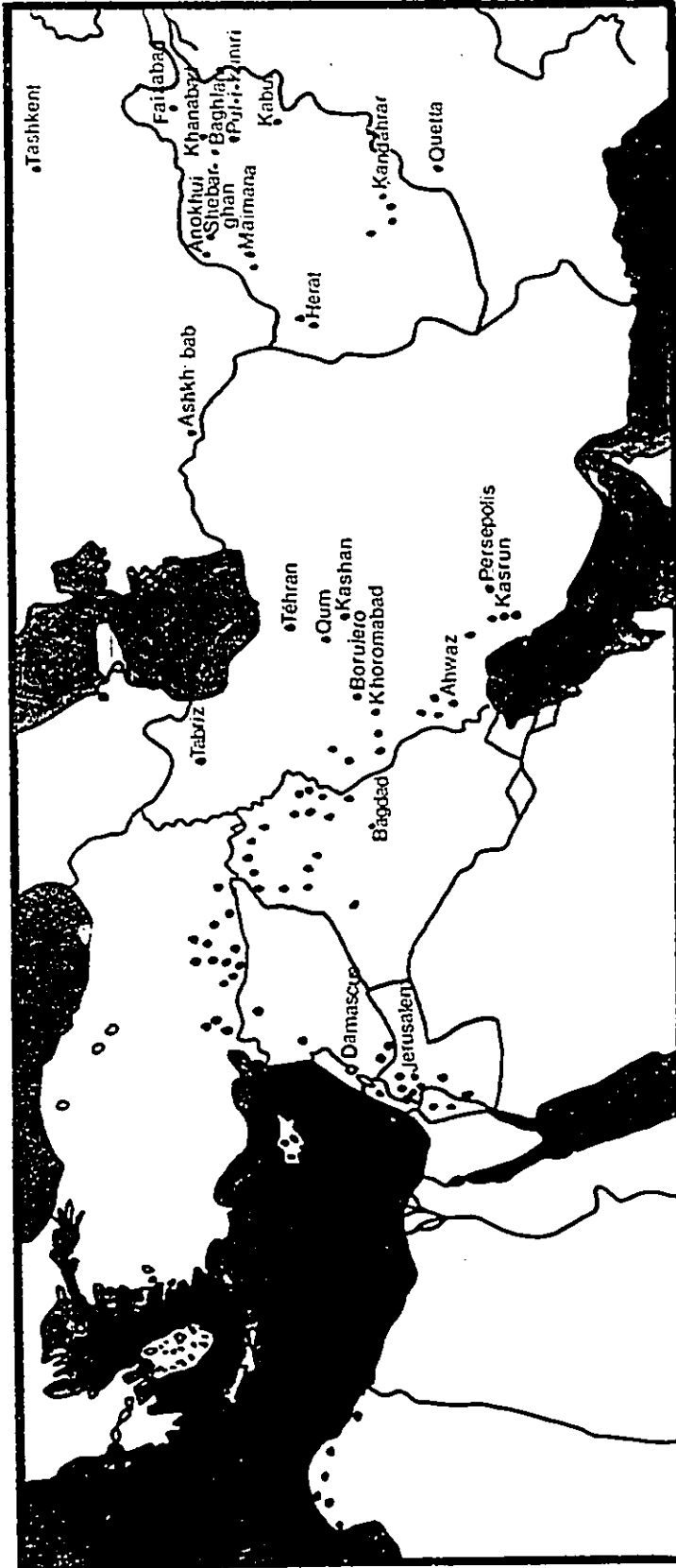
2 - "Que les orges avec 4 ou 6 rangs sont des espèces formellement sauvages, disparues depuis l'époque historique. Il serait étrange dans ce cas qu'aucune de leurs traces ne

soit restée dans la flore de la vaste région comprise entre l'Inde, la mer Noire et l'Abyssinie où nous avons été jusqu'à récemment assurés de leur culture, à moins qu'il ne soient de l'orge à 6 rangs".

Le prochain sérieux chercheur, après De Candolle, qui étudia l'origine des plantes cultivées a été le célèbre agronome russe, N.I.Vavilov (Agriculture Handbook N° 338). Ses études sur l'orge furent prodigieuses, engageant plus de 16.000 collections et explorations personnelles; le plus important des centres de culture de l'orge dans le monde. Mais les conclusions de Vavilov sont restées équivoques et ambiguës.

Il y eut, de toutes les façons, trois camps qui se sont disputé les débats théoriques à propos de l'origine de l'orge: Le camp de l'Est, celui de l'Ouest et le camp d'Edgar Anderson. Nous ne décrirons pas ici les différents avis. Pour une distribution de *Hordeum spontaneum*, qui est aperçu comme le progéniteur de l'orge cultivée, voir la carte proposée par Harlan (Fig. 5).

FIGURE 5: Distribution de Hordeum spontaneum.
Chaque point représente un site de collection qui a
été vérifié par Harlan J.R.(D'Après Agriculture
Handbook, 338 U.S. Department of Agriculture).



Il y a plusieurs théories pour la mise en évidence de l'origine de l'orge. On peut citer: archéologique, distributionnelle, génétique, écologique, taxonomique et synthétique. Nous ne donnerons un bref aperçu que sur l'évidence taxonomique.

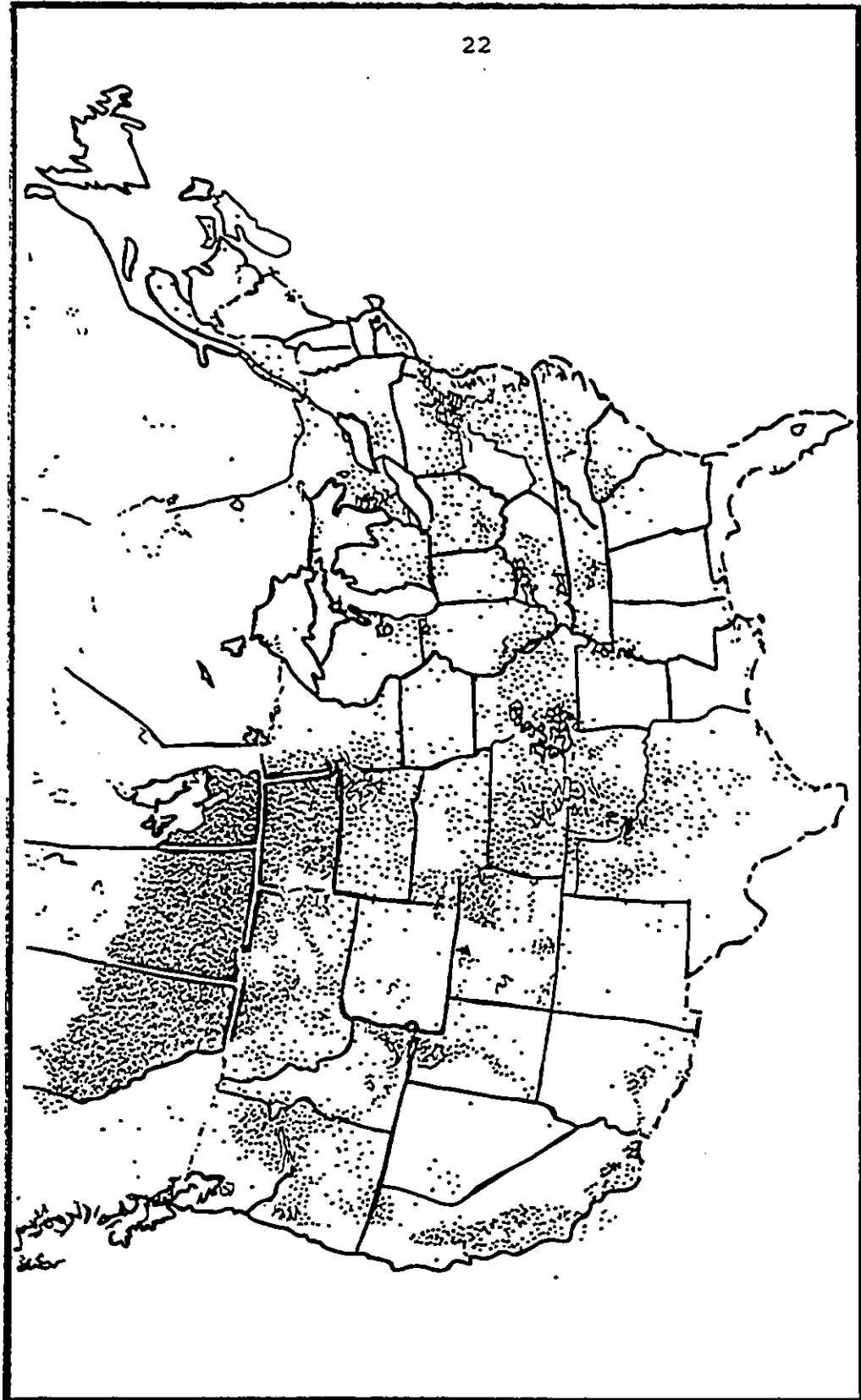
-Evidence taxonomique: Toutes les orges, spontanées et cultivées, appartiennent à la même population potentiellement interfertile et donc appartiennent à une espèce, *Hordeum vulgare* L. Le genre *Hordeum* est basiquement hétérospiculé avec mâle réduit ou épillets latéraux stériles. Si la réduction a pris place à partir d'un ancêtre isospiculé, il a été ainsi durant l'évolution de l'orge. La relation directrice entre *Hordeum vulgare* L. et les autres variétés asiatiques n'a pas été suffisamment étudiée pour indiquer quelles espèces sauvages sont réellement les plus proches parentes des orges cultivées et mauvaises herbes.

En conclusion, l'introduction de l'orge dans le nouveau monde est un aspect qu'il est bien de considérer quand on sait le regain de faveur qu'a connu l'orge sur ce continent. La découverte de l'Amérique correspond à l'introduction de l'orge dans le nouveau monde. «Le dossier est assez clair sur ce point pour le second voyage de Colombe et nous sommes raisonnablement certains qu'il avait aussi l'orge avec lui à son premier voyage» (Wiebe et Reid, 1961).

Dès lors l'orge a continué sa longue et lente marche de

dissémination par culture à travers l'Amérique du Nord. C'est ainsi que vers la fin de ce 20^{ième} siècle, le Canada et les États-Unis d'Amérique sont parmi les plus grands producteurs du monde. De très grandes surfaces y sont cultivées (Fig. 6).

FIGURE 6: Aires de culture de l'orge aux Etats
Unis et au Canada. Chaque point
représente 2,000 acres (D'après
Agriculture Handbook, 338,
U.S. Department of Agriculture).



1.2 Les aphides de l'orge:

1.2.1 Généralités:

Un certain nombre d'insectes attaque l'orge, mais une évaluation des pertes dans la production dues aux insectes est inadéquate. Certains insectes arrivent localement (termites) et d'autres sont largement dispersés (moustiques). Il y en a qui sont présents chaque année (criquet puant), d'autres sont présents seulement quand les conditions environnementales sont favorables (plusieurs chenilles de Lépidoptères). Les insectes ont différents effets sur les plantes. Certains tuent les plantes, d'autres se nourrissent de leurs parties végétatives en réduisant ainsi la quantité et la qualité des graines produites.

Les pertes dues aux insectes peuvent être réduites en cultivant des variétés qui leur sont résistantes, appliquant des pratiques culturales spéciales, utilisant des insecticides et introduisant des prédateurs de parasites. Parmi les insectes les plus nuisibles à l'orge on peut citer: *Schizaphis graminum* (Rondani): Puceron vert des graminées; *Macrosiphum avenae* (Fabricus): Puceron des céréales; *Blissus leucopterus* (Say): Punaise des céréales; *Mayetila destructor* (Say): Mouche de hesse; *Pseudaletia unipuncta* (Haworth): Légionnaire uniponctué; *Melanoplus spp*: criquets et autres; *Oulema melanopus* (Linnaeus): Criocère des céréales ainsi que *Ropalosiphon padi* etc...

Nous ferons un bref aperçu sur le «puceron vert des graminées», du moment qu'il semble être le plus fréquent, et largement distribué dans le monde (Fig. 3) avec des conséquences plus marquées.

1.2.2 Biologie:

La vie du *Schizaphis graminum* (Rond.) = *Hysteroneura graminum* (Rond.) = *Toxoptera graminum* (Rond.) est d'une variation quelque peu déroutante. En effet, on distingue sous des formes différentes (selon la longueur du corps, des antennes, du tibia etc.): des femelles aptères vivipares (6 formes), des femelles ailées vivipares (2 formes), des femelles ovipares (5 formes) et des mâles ailés (5 formes) avec des couleurs du corps variables selon les saisons (Orlob et Arny, 1961). C'est ainsi qu'au contraire de plusieurs insectes, les aphides peuvent, par parthénogénèse, se reproduire sans accouplement et les nymphes naissent vivantes. Les nymphes, quand elles naissent sur des plantes hôtes acceptables, deviennent immédiatement inquisitrices et, s'il y a succès, commencent à se nourrir (Dreyer et Campbell, 1987). Ces auteurs constatent que la survie des jeunes nymphes dépend grandement de la trouvaille d'une source d'aliments acceptables peu après leur naissance. Environ 7 jours après leur naissance les nymphes femelles seront déjà à maturité pour la reproduction et elles commenceront ainsi à délivrer environ trois progénitures par jour durant le reste de leur vie active.

1.2.3 Mode de prolifération et d'alimentation:

Quand la durée du jour est longue durant les mois de l'été, les populations d'aphides sont exclusivement constituées de femelles. Comme résultat de cette stratégie reproductive des aphides, une augmentation spectaculaire de population peut arriver dans de courtes périodes. Dans les courtes durées du jour et courtes photopériodicités, la différenciation sexuelle, la formation des ailes et le dépôt des oeufs sur les plantes peuvent arriver. Les oeufs peuvent résister relativement aux températures basses et les insectes peuvent traverser l'hiver au stade d'oeufs.

Les facteurs nutritionnels jouent un rôle fondamental dans les relations plantes-insectes. En particulier le choix par un insecte d'une plante comme aliment dépendrait, entre autres, des quantités relatives d'agents, stimulant l'absorption de nourriture, présents dans cette plante (Hsiao, 1972). La présence de sous-produits appétissants de l'interaction initiale de la salive de l'aphide avec les cires cuticulaires fut proposée comme explication de la résistance de quelques hybrides de *Solanum* de *M. persicae* (Adams & Wade, 1967). Les aphides, en introduisant leur stylet entre ou à travers les cellules du mésophylle (Spiller et al., 1985), arrivent à puiser la sève élaborée du phloème. L'utilisation de la méthode de microcautère à haute fréquence (Unwin, 1978) a permis de connaître cette façon de prise de nourriture. On voit alors comment une

forte infestation est capable de tuer les plantes qui commencent avant tout par jaunir. De nombreuses irruptions d'insectes arrivent aussi quand l'été précédent a été froid et humide, l'hiver doux et le printemps froid et tardif. La lésion peut être premièrement notée sur l'orge d'hiver en octobre ou novembre quand des taches, de petits diamètres, apparaissent sur les plantes mortes dans les champs; les insectes se déplacent de ces taches à des surfaces adjacentes où ils infectent d'autres plantes.

L'hôte principal est le blé et les hôtes alternatifs sont: le sorgho, l'avoine, l'orge, la luzerne, la canne à sucre, le maïs et plusieurs autres espèces d'herbes. Cet aphide est souvent présent en colonies très larges et denses sur les chaumes, feuilles et inflorescences.

1.2.4-Le virus de la jaunisse nanissante de l'orge (VJNO):

Chez nombre d'espèces de graminées, l'évolution de la résistance aux pucerons s'est produite de façon un peu parallèle à l'évolution de la résistance au VJNO. Ce virus a été premièrement identifié dans les cultures d'orge en Californie en 1951. Le virus est maintenant identifié dans les cultures de plantes dans la plupart des aires des États-Unis et d'autres pays. Les plants des variétés d'orge infectés avec le VJNO en automne sont beaucoup plus susceptibles à la mort hivernale que ne le sont les plants non infectés (Agriculture Handbook 338). Les symptômes de

la virose varient avec la variété et l'environnement, mais le jaunissement et le rougissement des feuilles sont habituellement les premières indications d'infection chez les plantes. La croissance du système racinaire peut être aussi retardée; les jeunes plantes sont plus sévèrement foudroyées par l'infection que les vieilles.

1.2.4.1-Résistance et susceptibilité: Ces notions sont temporaires car la relation entre parasite et hôte est une sorte de cercle vicieux. Autant les formes de défense de l'hôte sont engendrées, autant (tôt ou tard) des formes de biotypes résistants apparaissent. Ces complications ont souvent poussé les chercheurs à tirer des conclusions hâtives remettant en cause des résultats concrets déjà obtenus. En effet, aux États-Unis, on a créé plusieurs lignées d'orge, de blé et de sorgho résistantes à *Schizaphis graminum*. Cette résistance n'a pas toujours eu le succès espéré à cause de l'apparition de nouveaux biotypes de *Schizaphis graminum* (Gibson et Plum, 1977; Maramorosch, 1980).

Des résultats convaincants ont été obtenus dans des recherches portant sur la résistance de l'orge cultivée à *Ropalosiphon padi* (Hsu et Robinson, 1963; Zuniga & Corcuera, 1986) et à *Schizaphis graminum*, où une corrélation très significative a été trouvée entre la résistance et la concentration de gramine existant dans les feuilles, (Corcuera, 1984; Zuniga et al., 1986; Salas et Corcuera,

1991).

Un biotype peut se définir comme un individu ou une population qui se distingue des autres individus de la même espèce par des critères autres que morphologiques, par exemple par une différence dans sa virulence envers une plante hôte (Maxwell et Jennings, 1980 cités par Auclair, 1986). Les biotypes des espèces d'aphides sont, en général, morphologiquement indistinguables les uns des autres mais diffèrent dans leur comportement ou performance, usuellement la préférence pour différents hôtes. Dans plusieurs cas, les biotypes des aphides diffèrent dans leur habileté de se nourrir à partir des plantes hôtes différentes ou au préalable inacceptables (Eastop, 1973; Diehl & Bush, 1984).

1.2.4.2-Valeur économique et sociale de la résistance:

On considère que la résistance de l'orge aux aphides possède une valeur économique si elle réduit les pertes causées par ceux-ci et les virus associés, dans les fermes agricoles. La même résistance possède une valeur sociale si elle réduit les risques d'empoisonnement par les insecticides ainsi que les dommages causés à l'environnement. Il faut aussi noter les dommages potentiels sur les insectes bénéfiques, notamment les pollinisateurs des céréales et les prédateurs engagés dans le contrôle biologique des insectes nuisibles aux denrées. Un nombre de facteurs joue dans le contrôle des populations

d'aphides. Les variations de conditions climatiques, par exemple, les températures extrêmes ou fortes pluies (lesquelles peuvent laver les insectes des plantes) peuvent contribuer pour maintenir les populations d'aphides sous contrôle. Sous les conditions favorables, le contrôle biologique des aphides par les insectes prédateurs ou parasites peut avoir un effet décisif sur le niveau des populations d'aphides. Un insecte prédateur des aphides est représenté par des espèces variées d'hybrides de petites femelles de scarabées (familles des Coccinelles), lequel peut manger 20 aphides par jour. Les chefs de file des parasites d'aphides sont de nombreuses espèces de guêpe-minutes lesquelles déposent leurs oeufs dans les aphides. Ces oeufs causent la mort de l'hôte au cours du développement (voir Fig.2).

La valeur économique de certaines résistances peut être calculée. Dans le cas où un cultivar résistant couvre une grande surface, on obtient des rapports coûts-bénéfices très attrayants allant jusqu'à 1/300 (c'est à dire que, pour chaque dollar investi, on a 300 dollars de bénéfices), alors que les coûts très élevés de la production de nouveaux insecticides donnent un rapport d'environ 1/5 ce qui est beaucoup moins intéressant (Maramorosch, 1980).

On oublie souvent d'inclure les critères sociaux, qui sont, à vrai dire, plus difficiles à quantifier; cependant, en dernière analyse, ils font pencher la balance en faveur

de l'approche phytogénétique et ils devraient être mieux reconnus. La production de cultivars résistants est plus saine pour le fermier et pour l'environnement; c'est là sa valeur sociale. Le coût de la production de cultivars varie selon les espèces, mais il se compte souvent en centaines de milliers de dollars. C'est ainsi que la création de cultivars résistants aux aphides se fait de façon sporadique, même pour les espèces agricoles les plus importantes (Auclair, 1986). Pour les céréales, les dégâts du VJNO justifient plusieurs projets de création de cultivars résistants aux virus au niveau mondial, mais un certain effort porte aussi sur la résistance aux aphides (Auclair, 1986).

1.3 Revue des travaux chimiques:

Dans ce dernier quart de siècle, beaucoup d'évidences ont contribué à démontrer que les produits secondaires sont en effet un des principaux déterminants dans la sélection des plantes par les insectes. Il semble maintenant hautement vraisemblable, d'autant plus que Feeny, (1975) l'a démontré, que sans de tels composés la majorité des espèces des plantes supérieures ne peut pas tenir longtemps devant les appétits voraces et destructeurs des groupes variés d'insectes nuisibles herbivores (Swain, 1977). Il est notable qu'aucun métabolite secondaire ne soit universellement essentiel dans les processus biochimiques dans la cellule; cependant quelques-uns ont été montrés

comme ayant une fonction hors-pair dans l'organisme entier (McClure, 1975 ; Seigler et Price, 1976). Les différentes formes de métabolites secondaires ont été décrites plus haut. Les plantes non acceptées par un insecte ne contiennent pas nécessairement des antiappétants. Cela peut s'expliquer par l'absence d'attractifs ou de stimulants, par des caractères physiques défavorables ou par une décomposition de l'antiappétant au cours de l'isolement (Vigneron, 1978). C'est ainsi que les acides phénoliques, les acides hydroxamiques, les flavonoïdes et les tannins apparaissent comme pouvant être engagés dans la lutte contre les maladies et la résistance aux insectes des céréales (Todd et al. 1971). Nous donnerons ci-dessous quelques exemples pris parmi tant d'autres dans cette lutte chimique.

1.3.1 Acides phénoliques, flavonoïdes et tannins:

Tous les composés disponibles sont un peu toxiques, spécialement la «quercétine» qui interfère grandement avec la reproduction, le gain de poids et la survie. Dans les acides phénoliques, la présence des groupes orthohydroxyles a augmenté la toxicité. Cependant, la catéchine et la naringénine sont à toxicité égale, mais le dernier a seulement un simple groupe hydroxyle sur l'anneau B (Todd et al., 1971). La résistance de quelques variétés d'orge aux aphides peut être attribuée à la présence de plusieurs composés phénoliques et flavonoïdes (Todd et al., 1971).

Le contenu en acide hydroxamique des feuilles de maïs,

de seigle et de blé est corrélé avec la résistance des plantes aux aphides (Hanson et al., 1981), à *Ostriana nubilalis* (Arnason et al., 1987; Reid et al., 1990), au ver des racines du maïs, *Diabrotica virgifera virgifera* (LeConte) (Xie, et al., 1991a).

Les acides hydroxamiques paraissent protéger plusieurs céréales cultivées contre les aphides (Argandona et al., 1981). Leur présence dans les graminées sauvages, en concentrations similaires à celles trouvées dans les plantes cultivées, suggère que ce mécanisme de résistance aux insectes peut être aussi opérationnel chez les plantes sauvages (Zuniga et al., 1983). Aussi DIMBOA [2,4 dihydroxy-7 methoxy-2H-1,4 benzoxazin-3(4H)-one] et DIBOA [2,4 dihydroxy-2H-1,4 benzoxazin-3 (4H)-one] sont deux composés qui ont un effet similaire sur la survie des aphides à des concentrations d'acide hydroxamique normalement trouvées dans les plantes (Zuniga et al., 1983). La plupart des alcaloïdes sont amers. C'est ainsi que Bate-Smith (1974) a conclu que l'amertume est un caractère antiappétant universel dans l'ingestion d'aliment.

Plusieurs des composés considérés comme toxiques, quand incorporés dans une diète artificielle, sont présents dans la résistance des variétés d'orge dans des concentrations qui peuvent être effectives; il est donc en effet vraisemblable qu'au moins une part de la résistance du *Schizaphis graminum*, montrée par quelques variétés d'orge,

peut être attribuée à la présence de ces substances phénoliques (Todd et al., 1971). Il a été reporté au paravant que l'accumulation de glycine-bétaïne augmente la susceptibilité de l'orge cv F. Union contre les aphides (Zuniga et Corcuera, 1987).

La N-méthyltyramine et l'hordénine (autres agents de résistance), sont trouvées dans les racines mais non pas dans les pousses d'orge en germination et quoiqu'elles ont été rapportées dans plusieurs plantes, elles arrivent à une concentration beaucoup plus basse dans le blé que dans l'orge (Louis et Negrel, 1991).

Les flavonoïdes, à côté de leur importance comme guide des insectes dans la pollinisation des fleurs (Brehm et Krell, 1975), peuvent régulariser la croissance des plantes à travers leur médiation du métabolisme ou de la phosphorylation de l'acide indole acétique (Koepe et Miller, 1974; McClure, 1975). On trouve dans les feuilles d'orge de la cyanidine-3-arabinoside (antocyanine) et des glucoflavones: saponarine, lutarine et lutionarine-3'-méthyl éther (Harborne, 1964 et 1967). La basse température peut initier l'accumulation d'anthocyanine tandis que la haute température (37°C) augmente le niveau de C-glycosylflavone de l'orge et du blé (Janhs 1981; Margna et al., 1973).

Le plus important groupe de défense des métabolites secondaires est représenté par les tannins (Bate-Smith, 1974 ; Brown et al., 1962; Rohringer et Samborski, 1967; Swain,

1965 et Synge, 1975). Les tannins sont des antibiotiques tout à fait efficaces; partout où ils arrivent en grandes quantités, ils peuvent changer un environnement entier (Swain, 1977).

1.3.2 La gramine:

Les acides hydroxamiques n'ont pas été trouvés dans l'orge cultivée. Dans ces plantes, la résistance aux aphides paraît être en relation avec la présence d'alcaloïdes indoliques telle que la gramine (Zuniga et al., 1988). Cette absence d'acides hydroxamiques dans l'orge cultivée et la perte correspondante de la résistance aux aphides et aux maladies envers lesquels DIBOA [2,4 dihydroxy-2H-1,4 benzoxazin-3(4H)-one] est active (Virtanen et Hietala, 1955), indique une divergence évolutionnaire dans la défense biochimique de l'orge vis-à-vis des autres céréales.

Il y a longtemps que les recherches sur la gramine ont été entamées. Le maximum de concentration de gramine dans la plante est recherché à 10-15 jours après la germination des graines et disparaît après 40-50 jours de développement (Brandt et al., 1935; Tyler, 1988). Elle est formée à partir du tryptophane. L'alcaloïde isolé à partir des feuilles d'orge reste radioactif après une purification répétée indiquant que la presque totalité de la molécule de tryptophane a été utilisée dans la formation de la gramine (Bowden et Marion, 1951). C'est ainsi que dans l'étude de

la biosynthèse de la gramine à partir du tryptophane [beta-¹⁴C] par les pousses d'orge, il a été conclu que le principal site de synthèse est la région basale de la feuille en croissance (Schütte, 1972). La gramine est ensuite transférée à l'extrémité de la feuille où elle est accumulée (Smith, 1981).

La gramine, un des principaux alcaloïdes produit par *Hordeum vulgare* L. germant, est formée à partir du tryptophane par une séquence engageant la dégradation de la chaîne latérale de l'acide aminé (Leete et Marion, 1953; Gross, et al., 1971). Il y a longtemps, la gramine a été considérée comme rencontrée naturellement seulement dans la famille des herbacées et sa trouvaille dans les feuilles d'érable était inattendue. Les Aceraceae peuvent maintenant être ajoutées à la liste des plantes connues productrices d'alcaloïdes indoliques (Pachter et al., 1959). Plusieurs méthodes ont été utilisées pour l'identification de la gramine; c'est ainsi que l'évidence chromatographique de la présence de 3-aminométhylindole et 3-méthylaminométhylindole dans les jeunes pousses de 4 jours de l'orge en germination a été prouvée (Mudd, 1961). Les intermédiaires entre le tryptophane et la gramine sont inconnus (Gower et Leete, 1963). La gramine et les alcaloïdes indoliques apparentés présents dans les Gramineae, les Leguminosae et autres familles (Saxton, 1965) sont responsables de leur toxicité aux ruminants (Gallagher et al., 1964). En 1971, Williams

et al. ont montré que de simples bases indoliques telles que 3-N,N-diméthylaminométhylindole (gramine), 5-méthoxy-N,N-diméthyltryptophane (MOM₂T), 5-méthoxytryptamine (MOT) et N_ω-méthyltryptamine (MT) diminuent la saveur et la prise d'aliment par les agneaux alors que selon Culvenor (1973), ils causent des effets nuisibles variés chez les mammifères ainsi qu'une toxicité aiguë et la mort chez les ruminants. D'ailleurs, l'administration parentale de solution de 5-méthoxydiméthyltryptamine pure, diméthyltryptamine, ou gramine, a été trouvée capable de tuer les moutons, cobayes, rats et souris dû à une défaillance cardiaque aiguë caractérisée cliniquement par l'arythmie, la fibrillation ventriculaire et l'arrêt cardiaque (Gallagher et al., 1964).

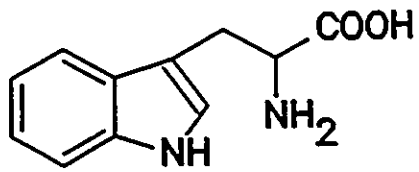
Schneider et Wightman (1974) ont indiqué aussi que dans l'orge germant, le tryptophane est le précurseur du simple alcaloïde indolique gramine, et aussi de la tryptamine qui est important comme un potentiel précurseur de l'hormone de croissance de la plante, l'acide 3-indolacétique.

D'ailleurs, ajoutent-ils, quantitativement, la gramine est le composé le plus important et au 9^{ième} jour sa concentration atteint 623 µg/g de poids frais (25 fois celle du tryptophane libre) et elle diminue par la suite. A présent il peut être suggéré que la gramine est formée physiologiquement par le transfert enzymatique des groupes méthyles de (-)-S-adénosyl-L-méthionine à 3-méthylaminométhylindole et gramine (Mudd, 1961). Malgré que

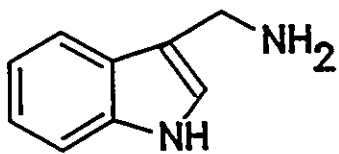
le niveau de gramine dans les jeunes pousses d'orge peut excéder 2000 $\mu\text{g/g}$ de poids sec, il peut y avoir une variation substantielle dans cette concentration parmi les cultivars d'orge (Hanson et al., 1981).

Il existe une lésion dans la voie de la synthèse entre **tryptophane et AMI** (aminométhylindole) qui aboutit à la formation de la gramine (Hanson et al., 1982) (Fig. 7).

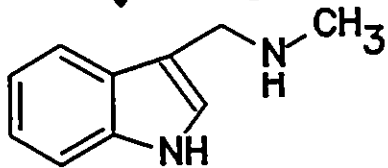
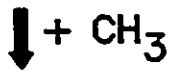
FIGURE 7: Schéma de la biosynthèse de la gramine.
D'après Hanson, et al. (1983).



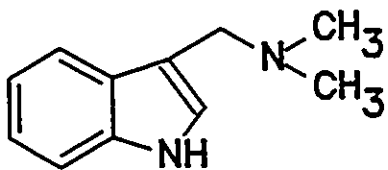
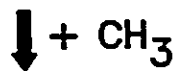
Tryptophane



3-Aminométhylindole (AMI)



3-Méthylaminométhylindole (MAMI)

N_b,N_b-Diméthylaminométhylindole (GRAMINE)

Ils rapportent par ailleurs que la gramine, alcaloïde indolique, est toxique pour les animaux et peut jouer un rôle de défense dans les plantes. Les alcaloïdes indoliques ont été rapportés aussi comme étant toxiques aux aphides (Corcuera, 1984) et il a été ensuite constaté que la résistance de plusieurs cultivars d'orge au *Schizaphis graminum* est attribuable aux alcaloïdes indoliques; d'ailleurs une corrélation ($r = -0.98$) a été observée entre le contenu en gramine et le taux de croissance de la population d'aphides (Zuniga et al., 1985).

Du point de vue quantitatif il a aussi été établi que la teneur en gramine (*N,N*-diméthyl-3-aminométhylindole) dans différentes cultures d'orge présente des variations comprises entre 0 et 2,8mMoles/kg de poids frais (Zuniga et al., 1986).

La gramine finit à la longue par se dégrader et la biodégradation du système indolique dans *Hordeum vulgare* L. a été prouvée par la méthode du ^{14}C jusqu'au CO_2 et H_2O ; ainsi l'acide indole-3-carboxlique a été proposé comme intermédiaire dans la dégradation de la chaîne latérale (Ghini et al., 1991).

1.4 Conclusion:

L'augmentation remarquable du nombre de cultivars d'orge ces dernières années s'est accompagnée d'un certain nombre de problèmes d'identification taxonomique sans doute épineux. C'est ainsi que l'introduction, parallèlement à

l'arrêt momentané de création de nouveaux hybrides, de la taxonomie intraspécifique pourra apporter un souffle de soulagement.

Par ailleurs, compte tenu de l'importance de cette céréale, utilisée sur les 5 continents, en alimentation humaine et animale ainsi que dans le maltage (important aspect économique), et vu aussi que non seulement les agents chimiques de lutte contre les maladies sont aussi chers que dangereux pour l'homme et l'environnement, une étude de facteurs de résistance serait la mieux indiquée.

La présente étude s'inscrit dans le cadre de l'interaction entre les plantes et les insectes; elle examine surtout la variation génotypique de l'orge cultivée face à la défense chimique due à la présence de la gramine (à l'instar d'autres substances telles que les acides hydroxamiques, les flavonoïdes, les tannins etc.).

Les objectifs fondamentaux sont essentiellement la sélection et la culture du matériel végétal, l'extraction de la gramine des feuilles et ses analyses chromatographiques (sur couche mince et liquide à haute pression), l'expérimentation par culture et infestation d'une sélection spéciale (choisissant 7 variétés ayant des concentrations de gramine, du plus grand au plus petit), enfin le traitement des données par des tests statistiques utilisant la taxonomie numérique.

CHAPITRE II: MATÉRIELS ET MÉTHODES.

2.1 Les ressources génétiques:

Les ressources génétiques de l'orge cultivée sont de nos jours très diversifiées; rien qu'à la banque de gènes de la Ferme Expérimentale Centrale d'Ottawa (Agriculture Canada), sont collectionnés environ 40,000 échantillons. Ces collections sont étudiées dans des détails près tels que: La saison de culture, le nombre de rangs, le rendement, le pourcentage de germination, la provenance etc.

C'est dans cette banque de gènes que nous avons puisé nos semences pour la culture dans les serres.

2.1.1 Sélection:

La sélection des semences d'accessions à étudier a été faite en utilisant les ouvrages spéciaux et généraux ainsi que les listes disponibles à l'édifice Saunders, les différents registres et fichiers de la banque de gènes à la Ferme Expérimentale Centrale et enfin les données de la banque de gènes GRIN aux États Unis d'Amérique grâce aux dispositifs d' Agriculture Canada.

La considération de la provenance des 5 continents, l'insistance sur les caractères morphologiques divers et l'exigence climatique nous a permis d'avoir une première liste de 118 variétés qui fut réduite (par faute de floraison de certaines) à 85 (Tableau 3). C'est, comme mentionné plus haut, le matériel des ressources génétiques (en conservation dans les chambres froides) de la banque de

gènes dans des enveloppes scellées que nous avons utilisé. Dix graines ont été prélevées dans chaque enveloppe en utilisant des ciseaux pour les ouvrir. Les enveloppes ont été refermées grâce à l'appareil «Vertrod» (Thermal impulse heat sealing machinery v = 115-120 AC; cy = 60; watts = 700; model 15 MGR).

2.1.2 Culture:

La serre principale de la Ferme Expérimentale Centrale a été occupée. Les conditions ont été définies comme l'indique le Tableau 2.

Tableau 2: Conditions atmosphériques dans les serres.

Moment	Température	Durée	Humidité
Jour	21°C	16 heures	30-50%
Nuit	15°C	08 heures	30-50%

Par temps pluvieux la température diurne est réglée à 18°C.

Tableau 3: Numéros, noms et provenance des accessions.

Numéros		Noms	P r o v e n a n c e
Ordre	Codes		
1	CI 1014	Hul. Eremo	Indes
2	CI 16421	Isogenic 8928	É.U.A.
3	CI 16424	Isogenic 8928	É.U.A.
4	CI 277	Scottich Per.	France
5	CI 3328	Nogenasi	Angleterre
6	CI 75P5	Tschermak 4	Australie
7	CI 5057	Malebo	Australie
8	CI 13191	Stavropolski	U.R.S.S.
9	CI 10204	Novi Sad 4184	Yougoslavie
10	CI 7417	Dang Bari	Japon
11	CI 13182	Merzaga	Maroc
12	CI 13181	Espérance	Maroc
13	CI 8696	Sakiz	Turkie
14	CI 170	Mensuri	Canada
15	CI 192	Hankow	Chine
16	CI 3228	Sofra	Algérie
17	CI 15045	Fund.296/64	Roumanie
18	CI 11828	M. Testserte	Israël
19	PI 371629	Alpha	France
20	PI 390627	66 Hii	Turkie
21	CI 7121	Pionner	Angleterre
22	CI 5232	Kersho	Corée du Sud
23	PI 328042	A Hor 226/61	Israël
24	PI 328288	A Hor 545/61	Israël
25	PI 328385	A Hor 668/61	Israël
26	PI 328409	A Hor 694/61	Israël
27	PI 328489	A Hor 1135/59	Israël
28	PI 329005	A S 3204/61	Israël
29	PI 356175	3/413	Pays de Galles
30	PI 356429	E5/297	Pays de Galles
31	PI 362376	E5/234	Pays de Galles
32	CI 1086	Gorak	Indes
33	CI 9656	SRN-3	Éthiopie
34	CI 9724	SRN-3	Éthiopie
35	CI 356167	SRN-3	Éthiopie
36	CI 745	Hulless	Chine
37	CI 746	Kok Arpa	Chine
38	CI 865	Ivory	Chine
39	CI 14729	Freak	É.U.A.
40	CI 14744	Freak	É.U.A.
41	CI 14774	Freak	É.U.A.
42	CI 14789	Freak	É.U.A.
43	CI 14811	Freak	É.U.A.
44	CI 14820	Freak	É.U.A.

Tableau 3: (suite et fin)

45	CI 14827	Freak	É.U.A.
46	CI 14828	Freak	É.U.A.
47	CI 14829	Freak	É.U.A.
48	CI 14830	Freak	É.U.A.
49	CI 5462	Hannchen 1	É.U.A.
50	CI 906	Hanna	É.U.A.
51	CI 7127	Camton	Angleterre
52	CI 588	Golden grain	Angleterre
53	CI 4607	Trabut	Australie
54	CI 9094	Gospick	Yougoslavie
55	CI 13536	Delta	Yougoslavie
56	PI 372091	Nutans 115	U.R.S.S.
57	PI 379558	Satsuki-Nij	Japon
58	CI 7416	Dang Bari 42	Japon
59	CI 13183	Précoce Maroc	Maroc
60	CI 8655	Takak	Turkie
61	CI 176	Nugent	Canada
62	CI 1803	H. Breadless	Canada
63	CI 4271	Impérial	Chine
64	CI 7779	La Prévision	Argentine
65	CI 3237	Menea	Algérie
66	CI 5234	Haruduko	Algérie
67	CI 13344	S-41	Éthiopie
68	CI 15047	Fund.653/63*	Roumanie
69	CI 6164	L.Rachis int.	É.U.A.
70	CI 16156	Hairy glums	É.U.A.
71	CI 11823	A Hor 844157	Israël
72	CI 1082	Gorak	Indes
73	CI 5267	Peatland	Pays-Bas
74	CI 7102	Peatland	Iran
75	CN 3962	B 395	Canada
76	CN 7338	Allepo	Syrie
77	CN 479	Can.Thorpe*	Canada
78	CN 160	Brant	Canada
79	CN 55	Bonaza	Canada
80	CN 28	Sanalta	Canada
81	CI 11962	Orge 289	Maroc
82	CI 596	Hull Black H.	É.U.A.
83	CI 254	Hull Himalaya	France
84	PI 370841	259 A	Pays-Bas
85	PI 371631	Bérénice	France

*: Fun = Fundulea et Can = Canada.

Pour le semis des graines, des pots de 12.5 cm de haut contenant des substances nutritives quantifiées à 20:20:20 sur un substrat de 1:1:1 (tourbe:sol:sable) ont été choisis. Cinq pots ont été utilisés par variété. Les pots, une fois contenant le substrat ont été étiquetés, bien arrosés avec l'eau du robinet et quelques minutes après on a procédé au semis.

Les variétés d'hiver ont été vernalisées; la vernalisation a consisté à déplacer les plants de 2 semaines de végétation dans une chambre froide à la température constante de 2°C pendant 4 semaines environ. Après quoi, elles ont été replacées dans les conditions initiales. L'arrosage a été fait à intervalle régulier une fois chaque 3 jours et le traitement insecticide a été fait avec du «Périmor: 25 g : 50 l» ou du «Malathion E.C et: 200 ml + 100 ml» deux fois par mois.

2.1.3 Récolte:

2.1.3.1 Echantillons d'analyse:

Les conditions normales d'extraction de la gramine des feuilles fraîches exigent 2 à 3 grammes de matériel végétal (Zuniga et al. 1986). Pour cela il faut que les plantes soient âgées d'environ 3 semaines. Nous avons récolté pour la plupart des variétés 2.5 gr de feuilles alors que pour d'autres, dont la biomasse épigée est faible, nous n'avons pas pu avoir cette quantité. Ces échantillons d'analyse ont été découpés, pesés et placés dans des tubes à essai

étiquetés avant de procéder à la congélation.

2.1.3.2 Echantillons d'herbier:

2.1.3.2.1 Préparation: Quand les plantes ont fleuri, nous avons procédé au prélèvement des rameaux fleuris qui ont été placés entre deux feuilles de carton à intérieur ondulé; les rameaux étant bien entendu mis au préalable entre deux feuilles de papier buvard de 30 cm sur 47 cm. Plusieurs de ces échantillons ont été rassemblés dans une presse et solidement attachés avec deux sangles autour des cadres en bois. Les échantillons ont été séchés dans un four à trois rayons sous trois lampes chauffantes rouges. La température, diminuant de bas en haut, est donnée comme suit: rayon du bas: 115°F ou 46°C; rayon du milieu: 110°F ou 43°C et celui du haut: 105°F ou 40°C. La localisation est l'édifice W.Saunders à la Ferme Expérimentale Centrale.

2.1.3.2.2 Montage: Du four, les échantillons ont été transportés dans la salle de montage dans le même édifice. Ils ont été placés sur de nouveaux papiers en carton blanc mesurant environ 29 cm sur 42 cm et maintenus stables par des rondins de fer avec un trou au centre; c'est ainsi qu'on a déposé des gouttes d'"adhésif universel de l'ère spatiale appelé Weldbond" de part en part sur l'échantillon. Le séchage se fait tranquillement sur une étagère pendant plusieurs heures dans la même salle; les gouttes laiteuses deviennent translucides une fois séchées.

Des étiquettes standards ont été remplies et collées à l'angle inférieur droit de chaque planche (Pl. I et II). Les planches ont été placées dans des chemises huilées (translucides) de 29 cm sur 42 cm lesquelles sont contenues dans des chemises dures de couleur verte (couleur réservée aux plantes cultivées) de 29.6 cm de large sur 42.5 cm de long. Nos 85 échantillons complets (avec une vingtaine d'autres incomplets) sont en conservation dans le petit herbarium du laboratoire de biologie de l'Université d'Ottawa.

**PLANCHE I: Exemple d'échantillon d'orge à 2 rangs
monté pour herbier.**

**PLANCHE II: Exemple d'échantillon d'orge à 6 rangs
monté pour herbier.**

2.1.4 Lyophilisation:

Le lyophilisateur utilisé a été le «Freeze dryer Newbrunswick Scientific Co, inc., Newbrunswick N.J.» équipé d'un vacuum de capacité maximale de 1000 atm. et d'une température minimum de -90°F . Les pressions normales d'opération sont sur deux systèmes: le système F_{22} (de 0 à 160) et le système F_{13} (de 10 à 85). Chaque système est doté d'un compteur de force d'aspiration et un autre de décharge. C'est bien celui du laboratoire de biologie de l'édifice Vanier.

Les échantillons en congélation dans les tubes à essai ont été rassemblés dans deux tubes collecteurs (VIRTIS) en verre, lesquels sont adaptés aux ouvertures du lyophilisateur grâce aux tubes connecteurs coudés (n° S24/40). Les valves ont été ouvertes mettant en contact le contenu du container avec la pression du lyophilisateur quand la température de croisière a été atteinte (-90°F). Cinq à six heures ou plus tard, les échantillons ont été enlevés, pesés et placés dans des petits vases plastiques qui ont été couverts, étiquetés et hermétiquement fermés au parafilm pour enfin être conservés dans un réfrigérateur à 4°C .

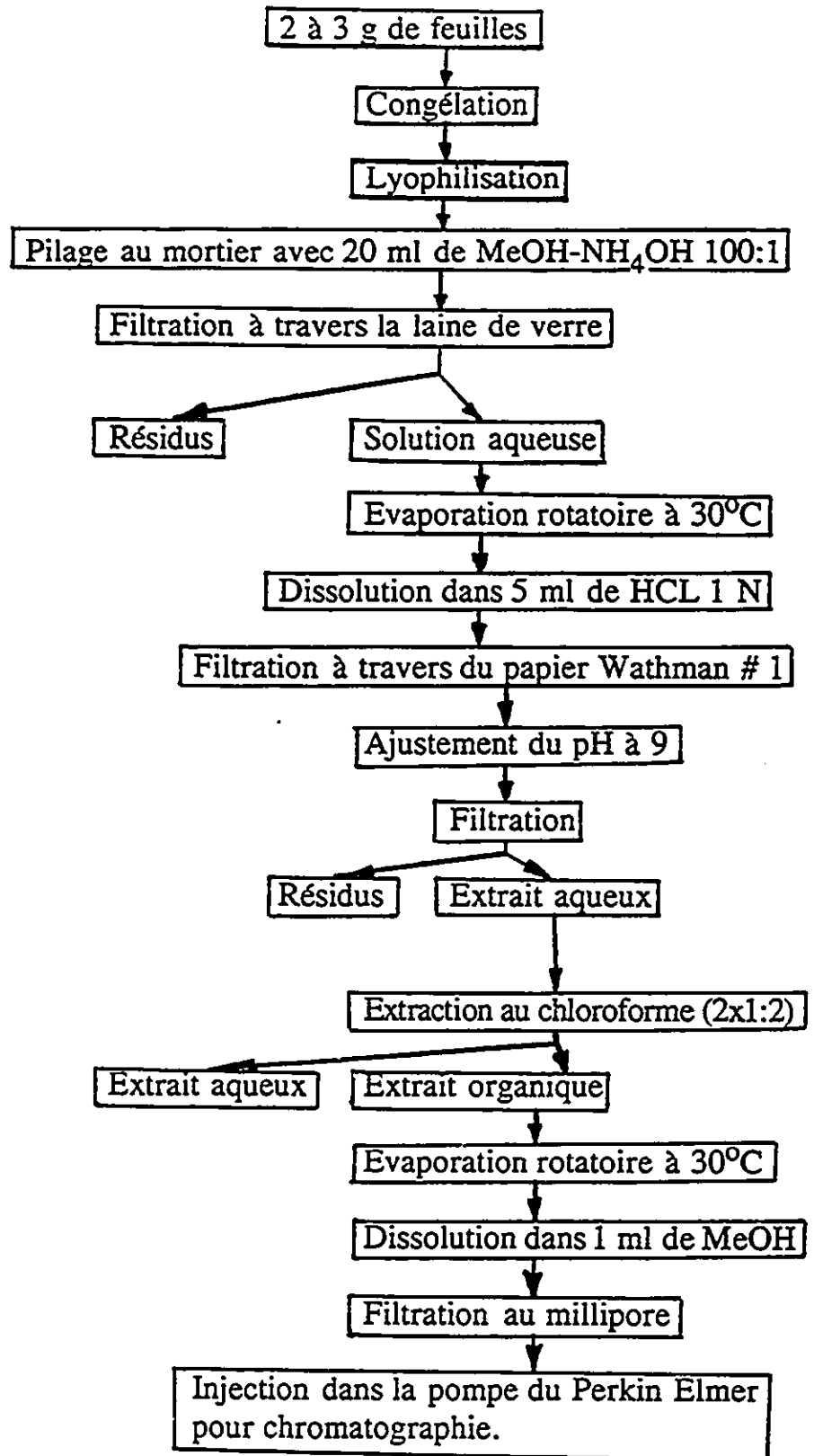
2.2 Phytochimie:

Elle consiste essentiellement en la recherche et la quantification de la gramine par des méthodes déjà décrites (Zuniga et al., 1986) et que nous avons amendées.

2.2.1 Extraction de la gramine (Fig. 8):

Les échantillons lyophilisés ont été transférés dans un mortier et on y a versé une partie de 20 ml de MeOH-NH₄OH (100:1 v/v) préalablement préparé. Avec un pilon, on a trituré finement et ajouté le reste des 20 ml. Cet extrait bien broyé a été filtré à travers de la laine de verre maintenue au fond d'un entonnoir grâce à du sable fin stérilisé. Le filtrat a été évaporé dans un ballon à fond rond à l'évaporateur-R (Büchi). Le résidu a été dissout dans 5 ml de HCl 0,1 N. Cette solution a été filtrée à travers du papier Whatman n°1, le p^H ajusté à 9.0 avec du NaOH 6 N, et ensuite extraite par le chloroforme 2 fois (1:2 v/v) dans des entonnoirs de séparation. Utilisant des petits flacons (45 x 15 mm), la phase organique a été évaporée. Ces flacons, bien séchés, ont été étiquetés, fermés (renforcés au parafilm), emballés dans des feuilles d'aluminium et gardés au réfrigérateur à 4°C en attendant la préparation pour l'analyse.

FIGURE 8: Schéma de l'extraction de la gramine.
D'après Zùniga et al. (1984) après
amendement.



2.2.2 Préparation des échantillons d'analyse:

Les flacons ont été encore passés à l'évaporateur rotatif pour séchage sécuritaire, ensuite on y a ajouté 1 ml de MeOH (méthanol BDH grade HPLC), agité un peu et laissé reposer à la température de la chambre avant d'être amené au brassage en sonicate (petit agitateur électrique) pour environ 10 mn.

De ces flacons il a été prélevé une quantité de 300 μ l à laquelle on a ajouté 600 μ l de MeOH. Ce mélange, filtré à travers du papier filtre (Micron Separations inc. Magna Nylon, supported; Plain, 0.45; Micron, 47 mm, 100 /pk) à l'aide de seringue et millipore 1 EA, était ainsi prêt pour être injecté dans la pompe du Perkin Elmer pour la chromatographie liquide à haute pression.

2.2.3 Préparation de la solution standard de gramine: 10 g de gramine standard (SIGMA) ont été dissouts dans 10 ml de MeOH, bien brassés et filtrés comme ci-dessus. De cette solution mère on a prélevé 200 μ l qui ont été dissouts dans 800 μ l de MeOH. Cette préparation de solution standard était ainsi prête à être injectée dans la pompe pour chromatographie.

2.2.4 Identification et quantification de la gramine:

2.2.4.1 Spectrophotométrie:

Un flacon contenant 1 ml d'extrait de gramine (voir extraction) a été placé dans le

spectrophotomètre Cary 2200-Varian uv-vis et l'absorbance à 220 et 400 enregistrée. Le graphique obtenu a servi de référence dans la chromatographie en phase liquide.

2.2.4.2 Chromatographie sur couche

mince (C.C.M.):

Des feuilles d'aluminium pour C.C.M. couvertes de gel de silice 60 F₂₅₄ d'une épaisseur de 0,2 mm ont été utilisées. Une ligne de base à 2 cm du bord a été tracée et des gouttes de 10 µl de l'extrait ont été appliquées deux fois par tache et soigneusement séchées (le standard est appliqué en quantité identique au milieu de la ligne de base comme témoin). La plaque, après contrôle sous une lampe ultraviolette, a été doucement placée dans un bac en verre contenant une solution de MeOH-NH₄OH (7:1) et couverte. Quand la solution a atteint environ 2 cm du bord supérieur, la plaque a été retirée, la ligne de front vite repérée au crayon et le séchage a été fait dans une hotte.

Les taches ont été repérées sous uv et circonscrites à l'aide d'un crayon noir. La coloration a été faite au réactif d'Ehmann qui est un mélange des réactifs de Van Urk et de Salkowski (Ehmann., 1977). L'atomisation a été faite en utilisant un dispositif en verre sous courant d'air comprimé. Une chromatographie sur couche mince de l'extrait aqueux et du fond de ballon récupéré (après séchage du filtrat issu du pilage au mortier) a été faite pour vérification d'une éventuelle perte en gramine.

2.2.4.3 Chromatographie liquide à haute

performance: (C.L.H.P.):

C'est la méthode qui a été utilisée pour obtenir les résultats finals. Le système a été un Perkin Elmer avec un modèle 250 de pompe binaire LC et un modèle LC-480 Auto Scan Array Detector. Cela fut précédé par l'utilisation du Beckman "420 controller" communicant avec deux pompes A et B modèle 110A relié à un détecteur 165 à longueur d'onde variable en passant par un chromatographe liquide à gradient 332. C'est donc sur le Beckman que les travaux préliminaires d'analyse ont été faits.

Le Perkin Elmer a un interphase à 900 séries et une imprimante de graphiques GP 100. Le modèle de colonne utilisé a été du ODS phase inverse C₁₈ ultrasphère (dp 5μ mesurant 4,6mm x 25cm) de marque Beckman. Le protocole suivi, à quelques exceptions près, a été celui indiqué dans le cahier des méthodes du laboratoire: la méthode 2 (pour les substances phénoliques).

Les solvants utilisés ont été:

-Organique: Acétonitrile (CNCH₃) dans le réservoir A et circulant à 40%.

-Aqueux: mM tampon pH 8 Carbonate d'ammonium [(NH₄)₂CO₃] (B.D.H.) dans le réservoir B et circulant à 60% (le solvant aqueux a été obtenu en dissolvant 15,7 g de cristaux de carbonate d'ammonium dans 1 litre d'eau distillée et en ajustant le pH à 8,6).

Le flot de circulation du solvant dans la colonne a été réglé à 1 et la durée de la chromatographie à 15 mn.

Deux méthodes successives ont été utilisées dans l'injection des échantillons dans la pompe:

-Manuelle: En injectant dans la boucle 25 μ l d'échantillon à l'aide d'une seringue Hamilton surmontée d'une aiguille à bout carré.

-Automatique: En utilisant un Perkin Elmer LC autosampler relié à un réservoir à air comprimé. Les échantillons filtrés ont été placés dans des flacons d'1 ml scellés et classés dans la plaque rotatoire.

2.2.4.4 Recouvrement:

L'intérêt du recouvrement est qu'il permet de s'assurer de l'efficacité de la méthode. Il commence au moment de l'extraction qui consiste en la subdivision en 5 lots, d'environ 2,5 g chacun, issus de la même plante. Il a été ajouté une quantité de standard à chaque lot : au premier 0,0 mg, au deuxième 0,25 mg, au troisième 0,50 mg, au quatrième 0,75 mg et enfin au cinquième 1,0 mg. Les extractions ont été faites avec ces additions de la même manière que décrit dans le cas général.

Les échantillons ont été dilués et filtrés de la même manière et injectés dans la pompe par intermittence avec le standard de gramine.

2.3 Expérimentation:

2.3.1 Étude de la résistance variétale:

2.3.1.1 Culture: Une chambre de croissance à la Ferme Expérimentale Centrale a été utilisée. Sous lumière continue à la température de 25°C avec une intensité de 115 watt, les graines sélectionnées ont été semées dans les conditions précédemment décrites. Le choix du matériel a été fait en considérant une variation décroissante de la quantité de gramine, c'est à dire de la plus haute concentration à la plus basse en passant par des étapes remarquables. L'arrosage a été fait tous les deux jours. Les plantes ont été observées en comptant le nombre de feuilles et d'entre-noeuds jusqu'à 21 jours, date à laquelle l'infestation a été faite (cette date correspond à l'âge auquel les échantillons ont été analysés).

2.3.1.2 Infestation avec *Schizaphis graminum* (Rondani): L'infestation a consisté en la pose de deux aphides à l'aide d'une brosse, sur chaque plante en ayant 8 individus pour chacune des 7 variétés. Les aphides de contamination ont été au préalable récoltés naturellement et multipliés en isolation sur de l'orge cultivée dans les mêmes conditions que celles de culture. Les individus, après infestation, ont été isolés en utilisant de la toile de moustiquaire, à mailles fines, fermée en haut avec des trombones et en bas grâce à une bande collante qui faisait adhérer la toile au pot de culture.

2.3.1.3 Comptage: Il a été fait après 6 jours (adultes et nymphes confondus) minutieusement à l'oeil

nu en utilisant des petites brosses .

2.3.1.4 Régression linéaire: Une analyse de variance (ANOVA) a été faite suivie d'un test à intervalle multiple de Duncan en utilisant le logiciel SAS (SAS, 1982). Les graphiques ont été réalisés dans le programme de Sigma plot (SigmaPlot Scientific Graphing System version 4.10).

2.4 Analyse statistique:

Les données brutes ont fait l'objet d'une première transformation qui a consisté en un codage chiffré. Ainsi, les pays d'origine, la couleur des graines, les saisons de culture et le nombre de rangs ont été exprimés en chiffres expliqués par une légende qui est en bas du Tableau 6 (avec les individus) qui, avec le Tableau 7 (avec les moyennes) renferment toutes les données prêtes à être analysées.

Les méthodes d'analyses statistiques, en se servant des diverses procédures du logiciel SAS, ont été les suivants:

- 1)-Statistiques univariées (Procédé "UNIVARIATE");
- 2)-test à intervalle multiple de Duncan (procédé ANOVA);
- 3)-Groupement de Duncan et de Waller (procédé ANOVA);
- 4)-L'analyse de corrélation utilisant les coefficients de corrélation de: Pearson, Sperman, Kendal tau-b et Hoeffding.
- 5)-Les analyses canoniques de discriminantes (dont les groupes sont basés sur la susceptibilité) en utilisant la

procédure CANDISC du logiciel SAS, permettent de voir si les groupements estimés peuvent être supportés par les autres caractères morphologiques ultérieurement utilisés par les auteurs comme critères de classification. Ainsi, si ils ne le peuvent pas, cela impliquera qu'il n'y a pas de rapports significatifs entre la quantité de gramine et les autres caractères morphologiques.

6)-Le "clustering", une méthode non paramétrique de groupement MODECLUS dans laquelle un groupe ou "cluster", est défini en général comme une région que limite (ou encercle) un maximum local d'une fonction de densité de probabilité. Les méthodes non paramétriques sont capables de détecter des "clusters" inégaux et à dispersions irrégulières (Sarle, 1986). En d'autres termes, cette méthode permet de savoir combien de groupes il existe en fonction de "k" (k étant le nombre de voisins). C'est la zone de stabilisation de k qui indique la formation des groupements, lesquels sont ensuite comparés avec les groupements estimés.

Les deux dernières méthodes (analyses canoniques de discriminantes et "clustering") nécessitent la formation de groupes. C'est la raison pour laquelle après les calculs de moyennes et la mise en ordre de magnitude utilisant le programme SAS, nous avons procédé au groupement par 2 et 3 (avec la méthode arbitraire à vue d'oeil) et par 4 (avec la mise de la plus grande quantité de gramine par progression

arithmétique du quart). Les calculs ont été effectués au VAX/VMS à la Ferme Expérimentale Centrale.

2.4.1-Formation des groupes de 4: Il a fallu diviser la plus grande quantité de gramine (2673,86) par 4 et faire progresser le quotient une, deux, trois et quatre fois (**Tableau 4**). La rentrée des données des 4 groupes a été faite comme suit:

Si Caractère 20 > 2000,00 groupe de susceptibilité.....= 1

Si caractère 20 < 2000,00 et caractère 20 > 1364,00 ensuite
groupe de susceptibilité.....= 2

Si caractère 20 < 1364,00 et caractère 20 > 696,00 ensuite
groupe de susceptibilité.....= 3

Si caractère 20 < 696,00 groupe de susceptibilité.....= 4

La formation des autres groupes a été faite en considérant à vue d'oeil des histogrammes de concentration en gramine, les seuils saillants de démarcation (**Fig.14**).

Les groupes ci-dessous, suivis de leur plan d'introduction pour analyse, ont été formés:

2.4.2-Formation des groupes de 3 (avec individus et moyennes ainsi le caractère 20 des moyennes correspond au caractère 21 des individus). On a alors:

Si caractère 21 > 1966,00 groupe de susceptibilité.....= 1

Si caractère 21 < 1966,00 et caractère 21 > 1112,00 ensuite
groupe de susceptibilité.....= 2

si caractère 21 < 1112,00 groupe de susceptibilité.....= 3

2.4.3-Formation des groupes de 2: Elle comporte:

2.4.3.1 Avec les individus:

Si caractère 21 < 1306,00 groupe de susceptibilité....= 1

Si caractère 21 > 1306,00 groupe de susceptibilité....= 2

2.4.3.2 Avec les moyennes:

Si caractère 20 < 1000,00 groupe de susceptibilité....= 1

Si caractère 20 > 1000,00 groupe de susceptibilité....= 2

La discussion de l'hypothèse allant dépendre des conclusions tirées de ces différentes analyses statistiques.

Tableau 4: Groupement par estimation.

PgQ/4. (1)	Mult.(2)	Rn.(3)	Raj.(4)
668,46	1	668,46	696,00
668,46	2	1336,00	1364,00
668,46	3	2005,39	2000,00
668,46	4	2673,86	2673,86

(1) - Plus grande quantité divisée par 4

(2) - Multiplicateur

(3) - Résultats nets

(4) - Résultats ajustés.

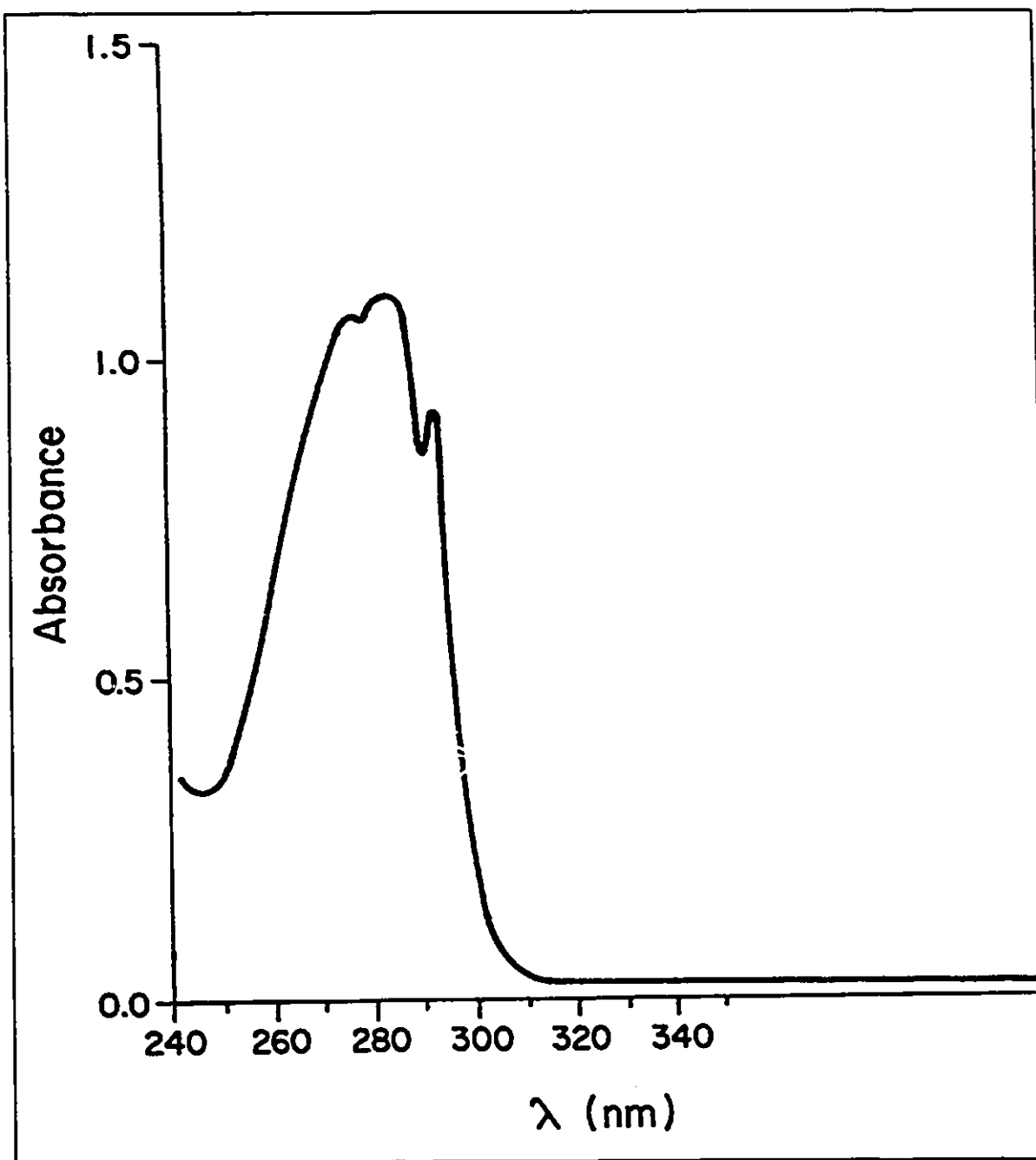
CHAPITRE III: RÉSULTATS.

3.1 Généralités: En définitive 85 variétés ont pu être définies avec les paramètres nécessaires à leur étude. Un minimum de 425 individus ont été cultivés, 85 échantillons ont été herborisés (voir matériel et méthode page 47: **Planches I et II**), 260 lyophilisats ont été faits et 260 extraits ont été réalisés.

3.2 Etude phytochimique:**3.2.1 Spectrophotométrie:**

La lecture du spectre d'absorbance de la gramine a montré un pic d'absorbance d'une longueur d'onde de 280 nm, valeur qui a été utilisée dans les travaux de chromatographie liquide. (Fig. 9)

FIGURE 9: Spectre de la gramine dissoute dans du méthanol 1:2 selon le spectrophotomètre Cary-Varian 2200.



3.2.2 Chromatographie sur couche mince (C.C.M.):

La chromatographie sur couche mince des extraits de 85 variétés a donné des taches identiques en Rf à celle du standard de gramine. Les 7 variétés qui n'ont donné aucun chromatogramme dans la chromatographie liquide à haute pression n'ont présenté aucune tache (Planches III). Cette chromatographie a été faite avec les individus , quelques échantillons montrent clairement des résultats. (Planches IV et V)

PLANCHE III: Plaque de chromatographie sur couche mince montrant seulement la tache du standard (STD) de gramine. Chaque numéro à trois points d'application correspondant à chacun des individus. Pour les correspondances des chiffres se référer au Tableau 6.




PLANCHE IV: Plaque de chromatographie sur couche mince. La variété 66 montre le manque de gramine pendant que les autres en ont comme le standard (STD).



**PLANCHE V: Tous les dépôts possèdent de la gramine
avec le même \bar{Fr} (facteur de rétention)
que le standard (STD) de gramine.**

CENTIMETRES
Cat. No 09-016
INCHES POUCES



Fisher Scientific Fisher Scientific

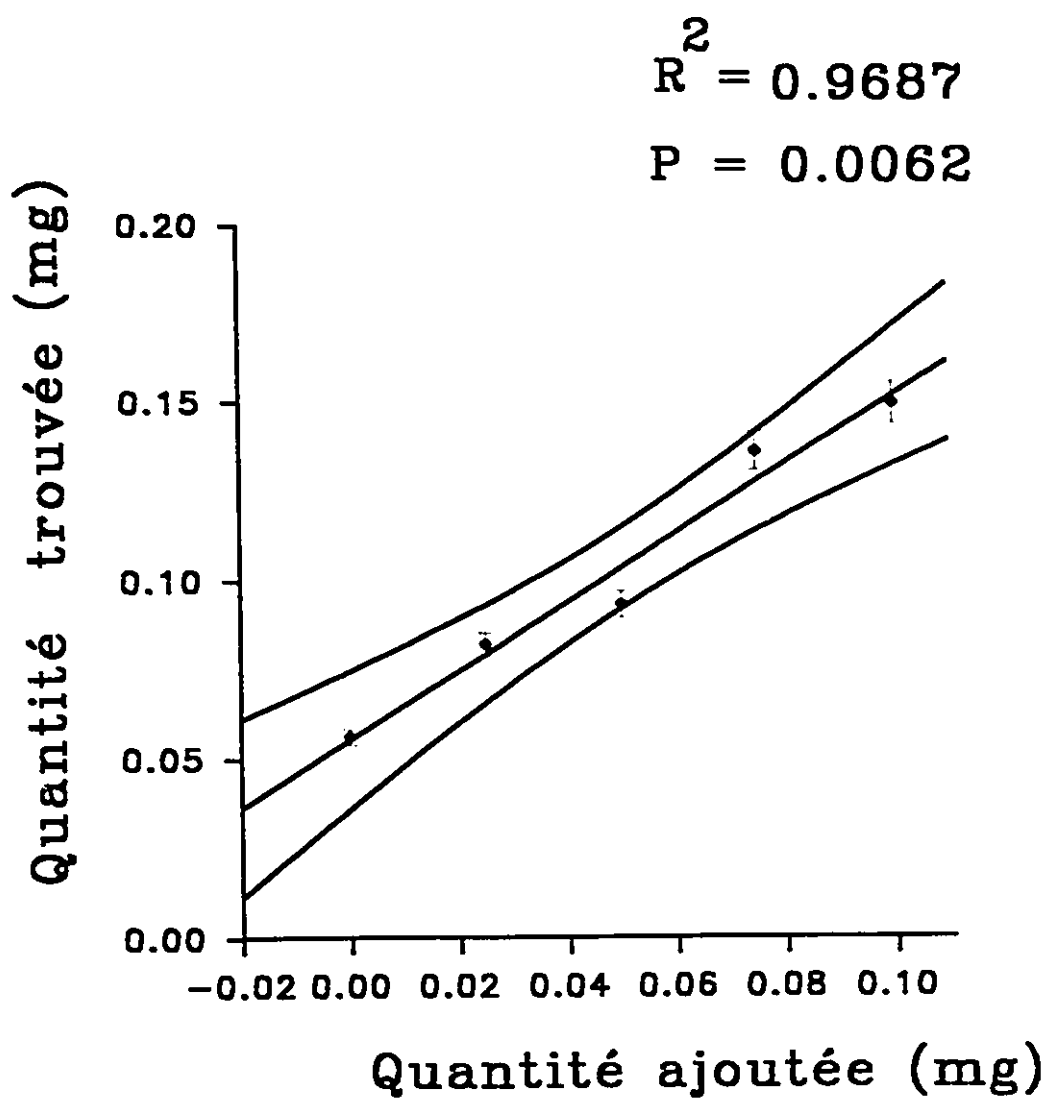
3.2.3 Recouvrement: C'est après plusieurs tentatives que nous avons réussi à améliorer et à stabiliser le recouvrement. Les résultats ont permis un calcul qui nous a donné 96% de recouvrement comparativement à 97% indiqué par la méthode originale (Zuniga et al., 1985), le Tableau 5 et le graphique Figure 10 le montrent suffisamment. C'est ce qui a orienté la chromatographie liquide au Perkin Elmer.

Tableau 5: Recouvrement

Numéros	Ajoutée (mg)	Trouvée (mg)	Erreurs- std*
1	0,000	0,0564	0,00226
2	0,025	0,0825	0,00330
3	0,050	0,0936	0,00370
4	0,075	0,1362	0,00544
5	0,100	0,1497	0,00598

Erreurs-std* = Erreurs standards.

FIGURE 10: Représentation graphique du recouvrement de gramine (g) avec intervalle de confiance. Les barres représentent les erreurs standards.



3.2.4 Chromatographie liquide à haute pression (C.L.H.P.):

Deux chromatogrammes par répliquat ont été obtenus et du standard a été injecté après chaque "6 injections" d'extrait. Ainsi, comme il a été précédemment précisé, si les chromatogrammes du standard varient d'un peu plus de 5%, les analyses qui y sont reliées ont été recommencées jusqu'à l'obtention d'une stabilité. C'est ainsi que nous avons obtenu tous les chromatogrammes. Le temps de rétention et le spectre nous ont confirmé (sans compter qu'il n'y avait qu'un seul chromatogramme après analyse d'une injection) que c'est la gramine qui est identifiée (Fig. 11 et 12). Les **Tableaux 6 et 7** montrent les résultats obtenus. Des histogrammes dans l'ordre de la liste générale (Fig. 13) et dans l'ordre de magnitude de la concentration de gramine en $\mu\text{g/g}$ de poids sec (Fig. 14) ont été réalisés entre le nombre d'aphides vivants et la quantité de gramine par variété qui indique que la survie des aphides diminue en fonction de la quantité de gramine de la variété.

FIGURE 11: Chromatogrammes: (1) du solvant (méthanol), (2) du standard de gramine.
En haut spectre du standard de gramine.

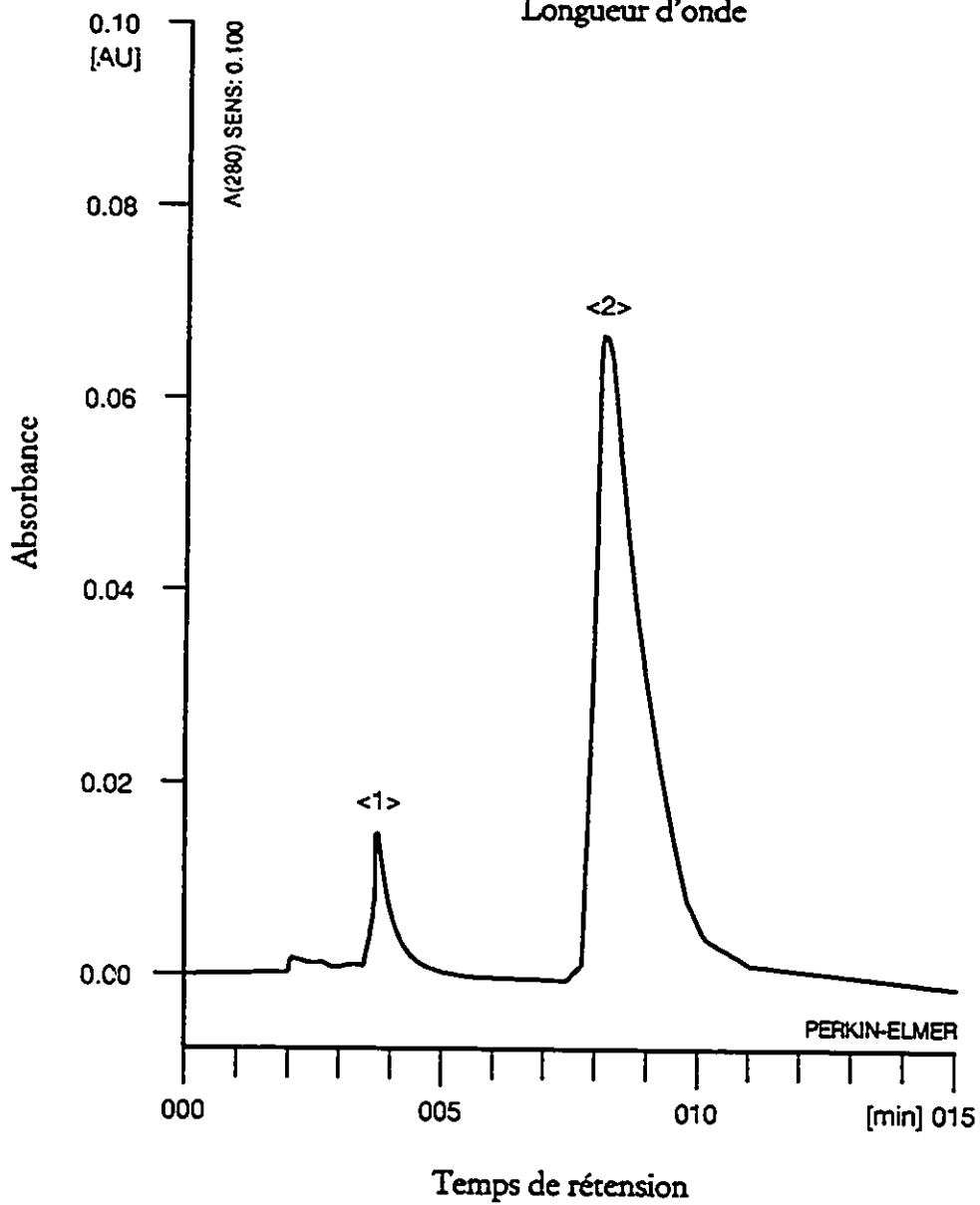
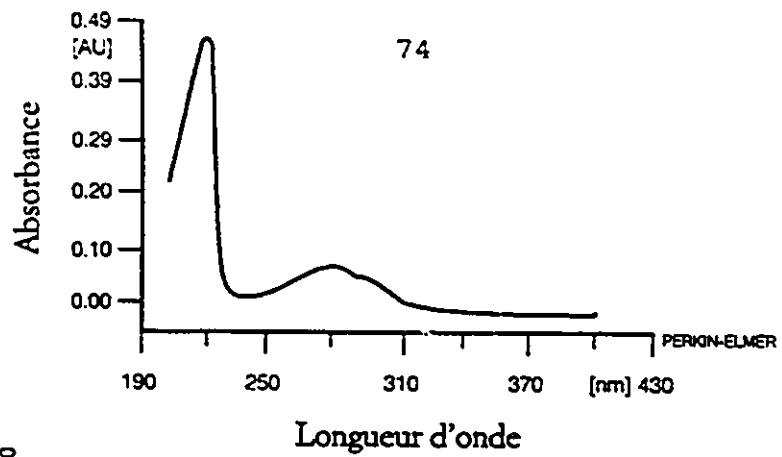


FIGURE 12: Chromatogrammes: (1) du solvant (méthanol) et (2) de la gramine extraite des feuilles d'orge.

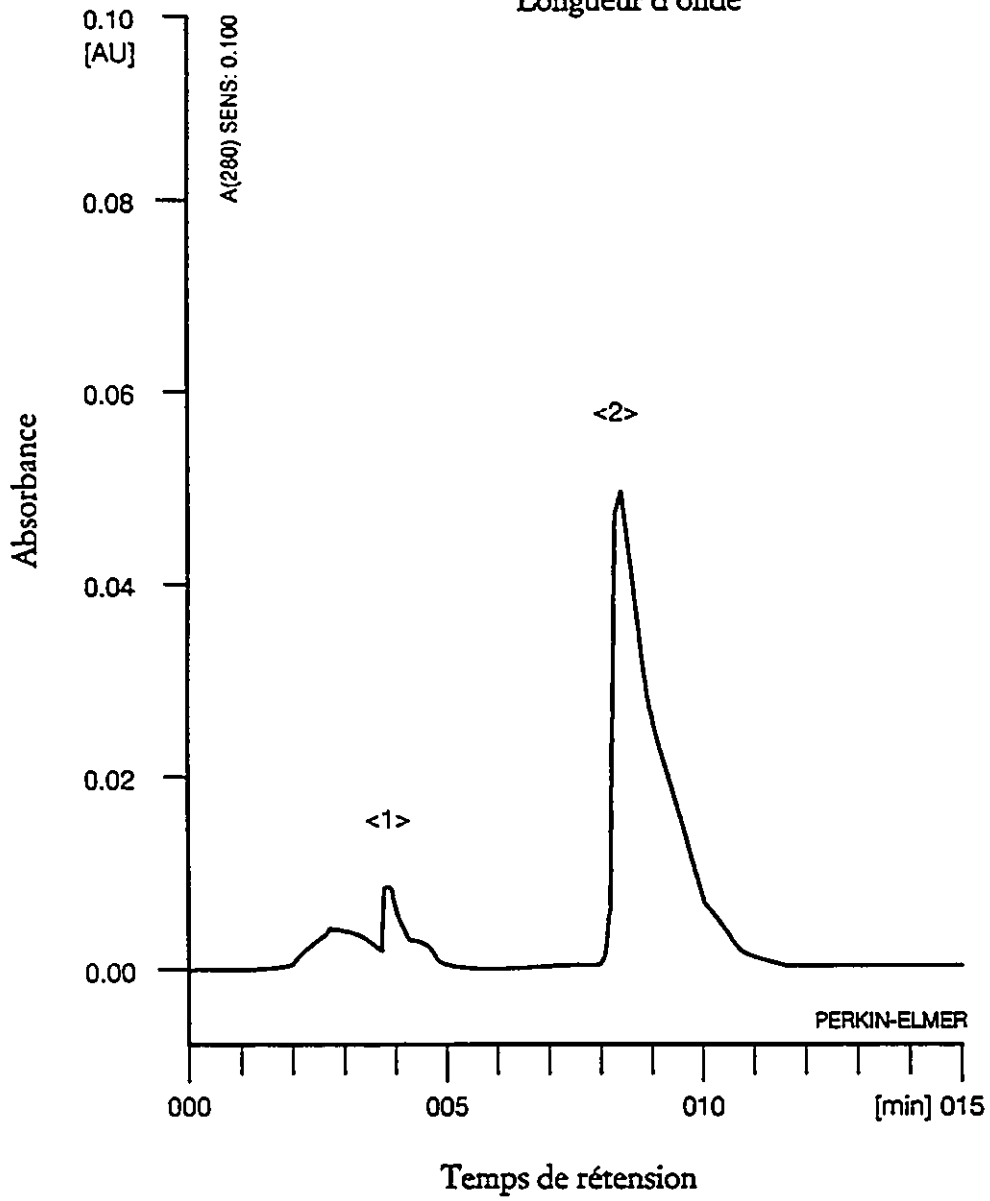
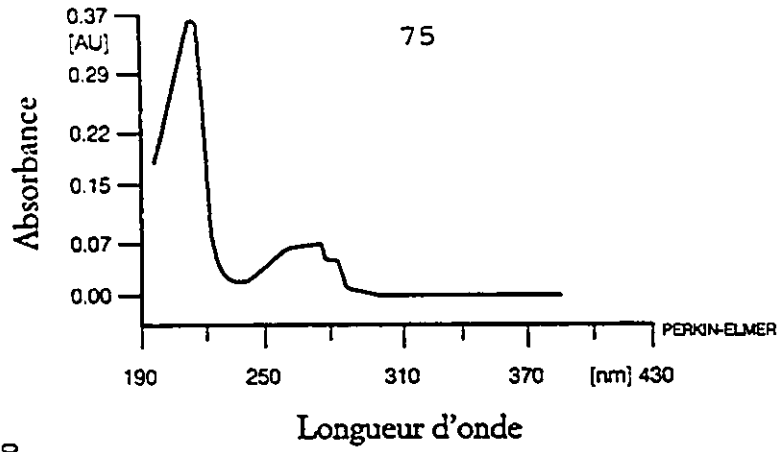


Tableau 6: Liste des caractères avec individus.

	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
O	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
1	1	1	1	1014	1	1	6	1	3	1	37	0,026	1	2,5	0,43	3	9,2	6,72	0,8259	330,32	1920,4
2	1	1	1	1014	1	1	6	1	3	1	37	0,026	2	2,5	0,42	3	8,4	6,72	0,7500	299,96	1785,4
3	1	1	1	1014	1	1	6	1	3	1	37	0,026	3	2,5	0,43	3	10,7	6,72	0,9598	383,88	2331,8
4	2	2	1	16421	2	1	6	1	9	2	38	0,033	1	2,5	0,39	3	7,5	6,72	0,6696	267,84	1717,0
5	2	2	1	16421	2	1	6	1	9	2	38	0,033	2	2,5	0,38	3	6,0	6,72	0,5402	216,08	1421,4
6	2	2	1	16421	2	1	6	1	9	2	38	0,033	3	2,5	0,40	3	7,4	6,72	0,6652	266,08	1662,9
7	3	2	1	16424	2	1	6	1	12	3	38	0,027	1	2,5	0,41	3	3,2	7,05	0,2723	108,92	664,2
8	3	2	1	16424	2	1	6	1	12	3	38	0,027	2	2,5	0,39	3	4,0	7,05	0,3404	136,16	872,8
9	3	2	1	16424	2	1	6	1	12	3	38	0,027	3	2,5	0,40	3	5,2	7,05	0,4425	177,00	1106,3
10	4	3	1	277	3	1	6	1	13	3	44	0,032	1	2,5	0,44	3	4,5	7,67	0,3520	140,80	800,0
11	4	3	1	277	3	1	6	1	13	3	44	0,032	2	2,5	0,43	3	6,9	7,67	0,3872	155,12	900,5
12	4	3	1	277	3	1	6	1	13	3	44	0,032	3	2,5	0,45	3	4,6	7,67	0,3598	143,98	779,6
13	5	4	1	3328	4	1	6	1	1	3	24	0,032	1	2,5	0,39	3	6,4	6,90	0,5609	224,32	1438,0
14	5	4	1	3328	4	1	6	1	1	3	24	0,032	2	2,5	0,40	3	5,5	6,90	0,5174	206,92	1293,4
15	5	4	1	3328	4	1	6	1	1	3	24	0,032	3	2,5	0,38	3	6,5	6,90	0,3913	156,52	1029,7
16	6	5	1	7585	5	1	6	1	12	3	72	0,037	1	2,5	0,41	3	5,5	7,10	0,4647	185,88	1133,6
17	6	5	1	7585	5	1	6	1	12	3	72	0,037	2	2,5	0,43	3	6,9	7,10	0,5831	233,20	1306,0
18	6	5	1	7585	5	1	6	1	12	3	72	0,037	3	2,5	0,42	3	7,2	7,10	0,6084	243,36	1448,6
19	7	6	1	5057	5	1	2	1	1	9	28	0,034	1	2,5	0,38	3	1,8	6,92	0,1604	64,16	422,1
20	7	6	1	5057	5	1	2	1	1	9	28	0,034	2	2,5	0,38	3	1,4	6,92	0,1213	48,52	319,4
21	7	6	1	5057	5	1	3	1	2	9	28	0,034	3	2,5	0,37	3	2,6	6,92	0,2298	91,92	620,9
22	8	7	1	13156	6	1	2	1	13	3	51	0,046	1	2,5	0,45	3	1,6	7,05	0,1389	57,84	312,0
23	8	7	1	13156	6	1	2	1	13	3	51	0,046	2	2,5	0,44	3	2,0	7,05	0,1745	69,08	396,4
24	8	7	1	13156	6	1	2	1	13	3	51	0,046	3	2,5	0,45	3	2,1	7,05	0,1787	71,48	397,1
25	9	8	1	10204	9	1	6	1	14	3	60	0,037	1	2,5	0,46	3	5,8	6,92	0,5028	201,12	1093,2
26	9	8	1	10204	9	1	6	1	14	3	60	0,037	2	2,5	0,47	3	6,9	6,92	0,5902	239,28	1282,9
27	9	8	1	10204	9	1	6	1	14	3	60	0,037	3	2,5	0,47	3	5,6	6,92	0,4899	195,96	1042,2
28	10	9	1	7417	8	1	6	1	11	3	47	0,030	1	2,5	0,48	3	10,8	7,78	0,8329	333,16	1735,2
29	10	9	1	7417	8	1	6	1	11	3	47	0,030	2	2,5	0,46	3	10,3	7,78	0,8368	334,72	1818,9
30	10	9	1	7417	8	1	6	1	11	3	47	0,030	3	2,5	0,49	3	11,4	7,78	0,8059	322,36	1644,6
31	11	10	1	13182	9	1	2	1	12	3	46	0,052	1	2,5	0,51	3	6,2	6,52	0,5751	230,04	1127,7
32	11	10	1	13182	9	1	2	1	12	3	46	0,052	2	2,5	0,38	3	6,5	6,52	0,6027	241,08	1586,2
33	11	10	1	13182	9	1	2	1	12	3	46	0,052	3	2,5	0,38	3	5,7	6,52	0,5245	209,80	1380,3
34	12	11	1	13181	9	1	2	1	11	3	21	0,052	1	2,5	0,41	3	9,0	7,10	0,7648	305,92	1865,0
35	12	11	1	13181	9	1	2	1	11	3	21	0,052	2	2,5	0,43	3	4,1	7,10	0,3507	140,28	815,5
36	12	11	1	13181	9	1	2	1	11	3	21	0,052	3	2,5	0,40	3	9,9	7,10	0,8366	334,64	2091,5
37	13	12	1	8696	10	1	2	1	0	4	31	0,038	1	2,5	0,39	3	3,2	6,52	0,2444	117,76	755,0
38	13	12	1	8696	10	1	2	1	0	4	31	0,038	2	2,5	0,51	3	4,4	6,52	0,4101	164,04	804,1
39	13	12	1	8696	10	1	2	1	0	4	31	0,038	3	2,5	0,40	3	3,2	6,52	0,2990	119,60	747,6

Tableau 6 (suite)

40	14	13	1	170	11	1	6	1	11	3	24	0,029	1	2,5	0,42	3	3,1	6,85	0,2715	108,60	646,4
41	14	13	1	170	11	1	6	1	11	3	24	0,029	2	2,5	0,43	3	3,1	6,85	0,2715	108,60	631,4
42	14	13	1	170	11	1	6	1	11	3	24	0,029	3	2,5	0,41	3	2,2	6,85	0,1927	77,08	470,0
43	15	14	1	192	12	1	6	1	13	3	69	0,037	1	2,5	0,40	3	9,4	6,85	0,8277	331,08	2069,2
44	15	14	1	192	12	1	6	1	13	3	69	0,037	2	2,5	0,41	3	7,1	6,85	0,6262	240,48	1527,4
45	15	14	1	192	12	1	6	1	13	3	69	0,037	3	2,5	0,53	3	6,6	6,85	0,5781	231,24	1090,7
46	16	15	1	3228	13	1	6	1	10	1	55	0,042	1	2,5	0,44	3	4,5	7,32	0,3851	136,04	773,0
47	16	15	1	3228	13	1	6	1	10	1	55	0,042	2	2,5	0,54	3	3,2	7,32	0,2622	104,88	485,7
48	16	15	1	3228	13	1	6	1	10	1	55	0,042	3	2,5	0,42	3	3,0	7,32	0,2500	100,00	595,1
49	17	16	1	15045	14	1	6	1	10	3	55	0,046	1	2,5	0,47	3	9,0	7,32	0,7418	296,72	1578,2
50	17	16	1	15045	14	1	6	1	10	3	55	0,046	2	2,5	0,52	3	6,6	7,32	0,5450	218,00	1048,2
51	17	16	1	15045	14	1	6	1	10	3	55	0,046	3	2,5	0,45	3	4,5	7,32	0,3729	149,16	828,7
52	18	17	1	11828	15	1	2	1	15	3	62	0,042	1	2,5	0,46	3	4,1	7,78	0,3161	126,44	687,3
53	18	17	1	11828	15	1	2	1	15	3	62	0,042	2	2,5	0,45	3	5,4	7,78	0,4164	166,56	925,4
54	18	17	1	11828	15	1	2	1	15	3	62	0,042	3	2,5	0,44	3	5,7	7,78	0,4434	177,36	1007,7
55	19	18	2	371629	3	1	2	1	13	3	24	0,040	1	2,5	0,40	3	0,0	7,12	0,0000	0,00	0,0
56	19	18	2	371629	3	1	2	1	13	3	24	0,040	2	2,5	0,44	3	0,0	7,12	0,0000	0,00	0,0
57	19	18	2	371629	3	1	2	1	13	3	24	0,040	3	2,5	0,43	3	0,0	7,12	0,0000	0,00	0,0
58	20	19	2	370627	10	1	6	1	11	3	52	0,034	1	2,5	0,41	3	2,2	6,90	0,1957	78,26	477,1
59	20	19	2	370627	10	1	6	1	11	3	52	0,034	2	2,5	0,39	3	2,1	6,90	0,1826	73,04	468,2
60	20	19	2	370627	10	1	6	1	11	3	52	0,034	3	2,5	0,40	3	2,1	6,90	0,1826	73,04	456,5
61	21	20	1	7121	4	1	2	1	16	3	21	0,040	1	2,5	0,39	3	7,6	7,67	0,5550	222,16	1424,1
62	21	20	1	7121	4	1	2	1	16	3	21	0,040	2	2,5	0,33	3	4,8	7,67	0,3794	151,76	998,4
63	21	20	1	7121	4	1	2	1	16	3	21	0,040	3	2,5	0,39	3	5,5	7,67	0,4224	168,96	1083,1
64	22	21	1	5232	16	1	6	1	14	3	45	0,042	1	2,5	0,43	3	0,2	7,12	0,0210	8,40	48,9
65	22	21	1	5232	16	1	6	1	14	3	45	0,042	2	2,5	0,39	3	0,0	7,12	0,0042	3,36	10,8
66	22	21	1	5232	16	1	6	1	14	3	45	0,042	3	2,5	0,37	3	0,0	7,12	0,0000	0,00	0,0
67	23	22	2	328042	15	2	2	5	13	3	28	0,054	1	2,5	0,42	3	0,9	6,40	0,0890	35,60	212,0
68	23	22	2	328042	15	2	2	5	13	3	28	0,054	2	2,5	0,39	3	0,1	6,40	0,0093	3,72	4,0
69	23	22	2	328042	15	2	1	5	13	1	28	0,054	3	2,5	0,39	3	0,0	6,40	0,0000	0,00	0,0
70	24	23	2	328288	15	1	1	5	11	3	34	0,050	1	2,2	0,33	3	1,6	6,40	0,1500	68,15	454,5
71	24	23	2	328288	15	1	1	5	11	3	34	0,050	2	2,2	0,33	3	1,8	6,40	0,1734	78,81	525,5
72	24	23	2	328288	15	1	1	5	11	3	34	0,050	3	2,2	0,30	3	2,0	6,40	0,1875	85,22	568,1
73	25	24	2	328385	15	2	2	5	10	3	34	0,032	1	2,5	0,38	3	2,3	6,00	0,2350	94,00	618,3
74	25	24	2	328385	15	2	2	5	10	3	34	0,032	2	2,5	0,39	3	1,4	6,00	0,1400	56,00	358,9
75	25	24	2	328385	15	2	2	5	10	3	34	0,032	3	2,5	0,43	3	1,3	6,00	0,1350	54,00	313,9
76	26	25	2	328409	15	2	6	5	13	5	43	0,047	1	2,5	0,34	3	4,5	6,00	0,4550	182,00	1338,1
77	26	25	2	328409	15	2	6	5	13	5	43	0,047	2	2,5	0,38	3	5,5	6,00	0,5500	220,00	1447,3
78	26	25	2	328409	15	2	6	5	13	5	43	0,047	3	2,5	0,36	3	6,3	6,00	0,6300	252,00	1749,9
79	27	26	2	328489	15	2	2	5	14	5	47	0,054	1	2,4	0,34	3	3,1	5,70	0,3263	135,95	959,7
80	27	26	2	328489	15	2	2	5	14	5	47	0,054	2	2,4	0,48	3	3,0	5,70	0,3158	331,58	657,8
81	27	26	2	328489	15	2	2	5	14	5	47	0,054	3	2,4	0,38	3	2,4	5,70	0,3263	135,93	679,7
82	28	27	2	329005	15	2	2	5	12	3	37	0,050	1	2,5	0,38	3	4,2	5,70	0,4478	178,92	1177,2
83	28	27	2	329005	15	2	2	5	12	3	37	0,050	2	2,5	0,38	3	3,7	5,70	0,3894	155,76	1024,9
84	28	27	2	329005	15	2	2	5	12	3	37	0,050	3	2,5	0,41	3	2,4	5,70	0,2579	103,14	629,0
85	29	28	2	356175	17	2	2	5	14	3	41	0,050	1	2,5	0,41	3	8,3	13,20	0,3753	150,10	945,2
86	29	28	2	356175	17	2	2	5	14	3	41	0,050	2	2,5	0,41	3	9,6	13,20	0,4340	173,60	1958,6
87	29	28	2	356175	17	2	2	5	14	3	41	0,050	3	2,5	0,43	3	14,8	13,20	0,6691	167,60	1556,2
88	30	29	2	356429	17	2	6	5	13	6	16	0,052	1	2,5	0,45	3	6,5	13,40	0,2906	126,30	645,7

Tableau 6 (suite)

89	30	29	2	356429	17	2	6	5	13	6	16	0,052	2	2,5	0,40	3	5,7	13,40	0,2548	110,70	637,0
90	30	29	2	356429	17	2	6	5	13	6	16	0,052	3	2,5	0,44	3	6,1	13,40	0,2727	118,50	681,7
91	31	30	2	362376	17	2	6	5	12	3	54	0,044	1	2,5	0,44	3	0,4	13,20	0,0203	8,10	46,2
92	31	30	2	362376	17	2	6	5	12	3	54	0,044	2	2,5	0,41	3	0,2	13,20	0,0090	3,60	22,0
93	31	30	2	362376	17	2	6	5	12	3	54	0,044	3	2,5	0,42	3	0,0	13,20	0,0000	0,00	0,0
94	32	31	1	1086	1	2	6	3	12	1	26	0,030	1	2,5	0,37	3	4,8	6,82	0,4222	168,80	1141,2
95	32	31	1	1086	1	2	6	3	12	1	26	0,030	2	2,5	0,40	3	4,7	6,82	0,4178	167,10	1044,7
96	32	31	1	1086	1	2	6	3	12	1	26	0,030	3	2,5	0,39	3	4,4	6,82	0,3870	154,80	992,5
97	33	32	1	9656	18	2	2	1	13	6	12	0,058	1	2,5	0,38	3	3,4	10,30	0,1977	79,00	520,1
98	33	32	1	9656	18	2	2	1	13	6	12	0,058	2	2,5	0,42	3	3,8	10,00	0,0000	0,22	88,3
99	33	32	1	9656	18	2	2	1	13	6	12	0,058	3	2,5	0,41	3	4,0	10,30	0,2325	93,00	567,2
100	34	32	1	9724	18	2	2	1	13	3	16	0,058	1	2,5	0,41	3	7,0	9,85	0,4263	170,50	1039,9
101	34	32	1	9724	18	2	2	1	13	3	16	0,058	2	2,5	0,37	3	7,7	9,85	0,4721	188,80	1275,8
102	34	32	1	9724	18	2	2	1	13	3	16	0,058	3	2,5	0,37	3	6,4	9,85	0,3898	155,90	1053,6
103	35	32	2	356167	18	2	2	1	12	7	43	0,051	1	2,5	0,41	3	9,9	13,40	0,4448	177,90	1084,9
104	35	32	2	356167	18	2	2	1	12	7	43	0,051	2	2,5	0,46	3	4,0	13,40	0,1788	71,50	388,7
105	35	32	2	356167	18	2	2	1	12	7	43	0,051	3	2,5	0,35	3	6,8	13,40	0,3062	122,40	874,9
106	36	33	1	745	12	2	6	3	12	1	26	0,045	1	2,5	0,43	3	4,4	10,20	0,2618	104,70	608,7
107	36	33	1	745	12	2	6	3	12	1	26	0,045	2	2,5	0,38	3	5,6	10,20	0,3294	131,70	866,8
108	36	33	1	745	12	2	6	3	12	1	26	0,045	3	2,5	0,37	3	4,7	10,20	0,2794	111,70	755,1
109	37	34	1	746	12	2	6	3	14	8	30	0,033	1	2,5	0,31	3	2,5	10,50	0,1419	56,70	457,7
110	37	34	1	746	12	2	6	3	14	8	30	0,033	2	2,5	0,31	3	1,9	10,50	0,1107	44,20	357,0
111	37	34	1	746	12	2	6	3	14	8	30	0,033	3	2,5	0,36	3	2,0	10,50	0,1135	45,40	315,3
112	38	35	1	865	12	2	6	3	12	8	29	0,046	1	2,5	0,41	3	4,9	10,50	0,2810	112,40	685,3
113	38	35	1	865	12	2	6	3	12	8	29	0,046	2	2,5	0,37	3	3,5	10,50	0,2015	80,60	544,6
114	38	35	1	865	12	2	6	3	12	8	29	0,046	3	2,5	0,38	3	2,8	10,50	0,1618	64,70	425,7
115	39	36	1	14729	2	2	2	2	1	9	17	0,037	1	2,5	0,32	3	5,3	9,65	0,3295	113,80	1029,7
116	39	36	1	14729	2	2	2	2	1	9	17	0,037	2	2,5	0,34	3	6,7	9,65	0,4165	166,60	1225,2
117	39	36	1	14729	2	2	2	2	1	9	17	0,037	3	2,5	0,31	3	4,5	9,65	0,2797	111,80	909,5
118	40	36	1	14744	2	2	2	6	1	9	14	0,050	1	2,5	0,38	3	0,1	9,45	0,0063	2,50	16,7
119	40	36	1	14744	2	2	2	6	1	9	14	0,050	2	2,5	0,38	3	0,1	9,45	0,0063	2,50	16,7
120	40	36	1	14744	2	2	2	6	1	9	14	0,050	3	2,5	0,33	3	0,1	9,45	0,0063	2,50	19,2
121	41	36	1	14774	2	2	2	6	1	3	12	0,068	1	2,5	0,35	3	4,6	9,80	0,2816	112,60	804,6
122	41	36	1	14774	2	2	2	6	1	3	12	0,068	2	2,5	0,34	3	6,2	9,80	0,3826	115,30	1125,4
123	41	36	1	14774	2	2	2	6	1	3	12	0,068	3	2,5	0,40	3	5,1	9,80	0,3153	126,10	788,2
124	42	36	1	14789	2	2	2	6	3	9	12	0,036	1	2,5	0,35	3	0,1	9,65	0,0062	2,40	17,7
125	42	36	1	14789	2	2	2	6	3	9	12	0,036	2	2,5	0,33	3	0,1	9,65	0,0062	2,40	18,8
126	42	36	1	14789	2	2	2	6	3	9	12	0,036	3	2,5	0,34	3	0,1	9,65	0,0062	2,40	18,8
127	43	36	1	14811	2	2	2	6	2	9	13	0,042	1	2,5	0,34	3	2,1	9,80	0,1316	52,60	387,1
128	43	36	1	14811	2	2	2	6	2	9	13	0,042	2	2,5	0,35	3	3,0	9,80	0,1836	73,40	524,7
129	43	36	1	14811	2	2	2	6	2	9	13	0,042	3	2,5	0,37	3	4,0	9,80	0,2448	97,90	661,8
130	44	36	1	14820	2	2	2	6	0	3	14	0,043	1	2,5	0,27	3	0,1	9,45	0,0063	2,50	23,5
131	44	36	1	14820	2	2	2	6	0	3	14	0,043	2	2,5	0,31	3	0,1	9,45	0,0063	2,50	20,4
132	44	36	1	14820	2	2	2	6	0	3	14	0,043	3	2,5	0,30	3	0,1	9,45	0,0063	2,50	21,1
133	45	36	1	14827	2	2	2	2	1	3	20	0,047	1	2,5	0,36	3	0,0	14,80	0,0000	0,00	0,0
134	45	36	1	14827	2	2	2	2	1	3	20	0,047	2	2,5	0,36	3	0,0	14,80	0,0000	0,00	0,0
135	45	36	1	14827	2	2	2	2	1	3	20	0,047	3	2,5	0,36	3	0,0	14,80	0,0000	0,00	0,0
136	46	36	1	14828	2	2	2	2	1	3	23	0,042	1	2,5	0,34	3	0,0	14,80	0,0000	0,00	0,0
137	46	36	1	14828	2	2	2	2	1	3	23	0,042	2	2,5	0,39	3	0,0	14,80	0,0000	0,00	0,0

Tableau 6 (suite)

138	46	36	1	14828	2	2	2	2	1	3	23	0,042	3	2,5	0,40	3	0,0	14,80	0,0000	0,00	0,0
139	47	36	1	14829	2	2	2	2	1	3	30	0,041	1	2,5	0,39	3	0,0	14,80	0,0000	0,00	0,0
140	47	36	1	14829	2	2	2	2	1	3	30	0,041	2	2,5	0,32	3	0,0	14,80	0,0000	0,00	0,0
141	47	36	1	14829	2	2	2	2	1	3	30	0,041	3	2,5	0,39	3	0,0	14,80	0,0000	0,00	0,0
142	48	36	1	14830	2	2	6	6	2	9	10	0,042	1	2,5	0,35	3	0,0	14,80	0,0000	0,00	0,0
143	48	36	1	14830	2	2	6	6	2	9	10	0,042	2	2,5	0,42	3	0,0	14,80	0,0000	0,00	0,0
144	48	36	1	14830	2	2	6	6	2	9	10	0,042	3	2,5	0,39	3	0,0	14,80	0,0000	0,00	0,0
145	49	37	1	5462	2	2	6	6	12	3	32	0,036	1	2,5	0,40	3	0,3	10,20	0,0176	7,00	44,1
146	49	37	1	5462	2	2	6	6	12	3	32	0,036	2	2,5	0,39	3	0,1	10,20	0,0058	2,30	15,0
147	49	37	1	5462	2	2	6	6	12	3	32	0,036	3	2,5	0,41	3	0,1	10,20	0,0058	2,30	14,3
148	50	38	1	906	2	2	2	2	12	3	37	0,038	1	2,0	0,29	3	3,4	10,30	0,1977	9,80	681,6
149	50	38	1	906	2	2	2	2	12	3	37	0,038	2	2,0	0,32	3	3,8	10,30	0,2209	11,00	690,4
150	50	38	1	906	2	2	2	2	12	3	37	0,038	3	2,0	0,31	3	4,0	10,30	0,2325	11,60	750,1
151	51	39	1	7127	4	2	2	2	14	3	14	0,039	1	2,5	0,43	3	4,1	14,70	0,1688	67,50	392,5
152	51	39	1	7127	4	2	2	2	14	3	14	0,039	2	2,5	0,37	3	3,5	14,70	0,1424	56,90	384,7
153	51	39	1	7127	4	2	2	2	14	3	14	0,039	3	2,5	0,36	3	2,8	14,70	0,1139	45,50	316,3
154	52	40	1	588	4	2	6	6	13	7	60	0,043	1	2,5	0,38	3	3,9	14,70	0,1606	64,20	422,3
155	52	40	1	588	4	2	6	6	13	7	60	0,043	2	2,5	0,40	3	3,8	14,70	0,1566	62,60	391,4
156	52	40	1	588	4	2	6	6	13	7	60	0,043	3	2,5	0,40	3	2,1	14,70	0,0876	35,00	218,9
157	53	41	1	4607	5	2	6	6	9	9	49	0,052	1	2,5	0,40	3	9,2	14,70	0,3727	148,80	930,4
158	53	41	1	4607	5	2	6	6	9	9	49	0,052	2	2,5	0,44	3	7,0	14,70	0,2847	113,80	647,1
159	53	41	1	4607	5	2	6	6	9	9	49	0,052	3	2,5	0,44	3	6,1	14,70	0,2481	99,20	563,9
160	54	42	1	9094	7	2	2	2	13	3	49	0,041	1	2,5	0,43	3	0,8	14,70	0,0325	13,00	75,6
161	54	42	1	9094	7	2	2	2	13	3	49	0,041	2	2,5	0,45	3	1,1	14,70	0,0447	17,80	99,3
162	54	42	1	9094	7	2	2	2	13	3	49	0,041	3	2,5	0,47	3	0,6	14,70	0,0244	9,70	51,9
163	55	43	1	13536	7	2	6	6	13	1	30	0,035	1	2,5	0,41	3	7,0	14,70	0,3447	137,80	840,8
164	55	43	1	13536	7	2	6	6	13	1	30	0,035	2	2,5	0,47	3	7,3	14,70	0,3569	142,70	759,4
165	55	43	1	13536	7	2	6	6	13	1	30	0,035	3	2,5	0,41	3	7,6	14,70	0,3741	149,60	912,3
166	56	44	2	372091	6	2	2	2	11	3	35	0,046	1	2,5	0,33	3	3,6	10,60	0,2062	82,40	624,8
167	56	44	2	372091	6	2	2	2	11	3	35	0,046	2	2,5	0,54	3	3,6	10,60	0,2033	81,30	376,6
168	56	44	2	372091	6	2	2	2	11	3	35	0,046	3	2,5	0,41	3	3,8	10,60	0,2175	87,00	530,5
169	57	45	2	379558	8	2	2	2	13	3	67	0,045	1	2,5	0,54	3	0,3	10,60	0,0169	6,70	31,3
170	57	45	2	379558	8	2	2	2	13	3	67	0,045	2	2,5	0,37	3	0,2	10,60	0,0113	4,50	30,5
171	57	45	2	379558	8	2	2	2	13	3	67	0,045	3	2,5	0,37	3	0,1	10,60	0,0056	2,20	15,2
172	58	46	2	7416	8	2	6	6	12	9	39	0,039	1	2,0	0,31	3	8,8	11,20	0,4693	234,60	1513,8
173	58	46	2	7416	8	2	6	6	12	9	39	0,039	2	2,0	0,31	3	10,1	11,20	0,5573	278,60	1797,8
174	58	46	2	7416	8	2	6	6	12	9	39	0,039	3	2,0	0,36	3	14,7	11,20	0,7840	391,90	2177,6
175	59	47	1	13183	9	2	6	6	11	3	12	0,035	1	2,5	0,50	3	15,3	12,50	0,7515	292,60	1462,9
176	59	47	1	13183	9	2	6	6	11	3	12	0,035	2	2,5	0,52	3	15,2	12,50	0,7290	291,60	1402,0
177	59	47	1	13183	9	2	6	6	11	3	12	0,035	3	2,5	0,55	3	10,5	12,50	0,5020	200,80	916,6
178	60	48	1	8655	10	2	2	2	10	3	29	0,037	1	2,5	0,49	3	8,2	12,50	0,3920	156,80	800,0
179	60	48	1	8655	10	2	2	2	10	3	29	0,037	2	2,5	0,48	3	9,0	12,50	0,4302	172,00	896,4
180	60	48	1	8655	10	2	2	2	10	3	29	0,037	3	2,5	0,43	3	10,5	12,50	0,5020	200,80	1167,3
181	61	49	1	176	11	2	6	6	9	9	14	0,033	1	2,5	0,48	3	0,4	11,90	0,0200	8,80	41,7
182	61	49	1	176	11	2	6	6	9	9	14	0,033	2	2,5	0,53	3	0,3	11,90	0,0150	6,00	28,3
183	61	49	1	176	11	2	6	6	9	9	14	0,033	3	2,5	0,54	3	0,0	11,90	0,0025	1,00	4,6
184	62	50	1	1803	11	2	2	2	13	3	23	0,025	1	2,5	0,44	3	6,4	11,90	0,3230	129,20	734,1
185	62	50	1	1803	11	2	2	2	13	3	23	0,025	2	2,5	0,48	3	5,5	11,90	0,2755	110,10	573,8
186	62	50	1	1803	11	2	2	2	13	3	23	0,025	3	2,5	0,47	3	7,6	11,90	0,3831	153,20	815,1

Tableau 6 (suite)

187	63	51	1	4271	12	2	2	2	14	9	14	0,040	1	2,5	0,39	3	6,5	12,60	0,3090	123,60	792,3
188	63	51	1	4271	12	2	2	2	14	9	14	0,040	2	2,5	0,36	3	5,1	12,60	0,2424	96,90	673,5
189	63	51	1	4271	12	2	2	2	14	9	14	0,040	3	2,5	0,36	3	3,9	12,60	0,1878	75,10	521,6
190	64	52	1	7779	19	2	2	2	11	3	16	0,029	1	2,0	0,28	3	9,8	12,60	0,4683	234,30	1672,4
191	64	52	1	7779	19	2	2	2	11	3	16	0,029	2	2,0	0,31	3	5,4	12,60	0,2591	129,50	835,8
192	64	52	1	7779	19	2	2	2	11	3	16	0,029	3	2,0	0,32	3	3,9	12,60	0,1854	74,10	579,4
193	65	53	1	3237	13	2	6	6	14	9	29	0,036	1	2,5	0,36	3	14,6	12,40	0,7103	282,10	1959,1
194	65	53	1	3237	13	2	6	6	14	9	29	0,036	2	2,5	0,37	3	14,9	12,40	0,7198	287,90	1945,3
195	65	53	1	3237	13	2	6	6	14	9	29	0,036	3	2,5	0,35	3	15,6	12,40	0,7536	301,40	2153,2
196	66	54	1	5234	13	2	6	6	11	3	22	0,037	1	2,5	0,41	3	0,0	6,80	0,0000	0,00	0,0
197	66	54	1	5234	13	2	6	6	11	3	22	0,037	2	2,5	0,45	3	0,0	6,80	0,0000	0,00	0,0
198	66	54	1	5234	13	2	6	6	11	3	22	0,037	3	2,5	0,43	3	0,0	6,80	0,0000	0,00	0,0
199	67	55	1	13344	18	2	6	6	14	3	30	0,038	1	2,5	0,41	3	8,3	12,40	0,4033	161,30	983,8
200	67	55	1	13344	18	2	6	6	14	3	30	0,038	2	2,5	0,36	3	7,5	12,40	0,3647	145,80	1013,1
201	67	55	1	13344	18	2	6	6	14	3	30	0,038	3	2,5	0,39	3	8,7	12,40	0,4251	170,00	1090,0
202	68	56	1	15047	14	2	6	6	14	3	20	0,041	1	2,5	0,37	3	16,7	11,90	0,8420	336,80	2275,7
203	68	56	1	15047	14	2	6	6	14	3	20	0,041	2	2,5	0,42	3	14,9	11,90	0,7538	301,50	1794,7
204	68	56	1	15047	14	2	6	6	14	3	20	0,041	3	2,5	0,42	3	12,2	11,90	0,6176	147,00	1470,5
205	69	57	1	6164	2	2	2	2	14	6	14	0,036	1	2,5	0,36	3	10,1	11,90	0,5092	203,60	1414,5
206	69	57	1	6164	2	2	2	2	14	6	14	0,036	2	2,5	0,34	3	10,2	11,90	0,5168	206,70	1519,9
207	69	57	1	6164	2	2	2	2	14	6	14	0,036	3	2,5	0,38	3	7,4	11,90	0,3756	150,20	988,4
208	70	58	1	16156	2	2	6	6	10	3	35	0,027	1	2,5	0,38	3	13,1	7,40	1,0607	424,20	2791,3
209	70	58	1	16156	2	2	6	6	10	3	35	0,027	2	2,5	0,38	3	12,3	7,40	0,9959	398,30	2620,8
210	70	58	1	16156	2	2	6	6	10	3	35	0,027	3	2,5	0,40	3	12,4	7,40	1,0081	403,20	2520,2
211	71	59	1	11823	15	2	2	2	14	6	23	0,039	1	2,5	0,34	3	11,7	7,40	0,9514	380,50	2798,2
212	71	59	1	11823	15	2	2	2	14	6	23	0,039	2	2,5	0,36	3	7,1	7,40	0,5789	231,50	1608,1
213	71	59	1	11823	15	2	2	2	14	6	23	0,039	3	2,5	0,34	3	6,2	7,40	0,5061	202,40	1488,4
214	72	31	1	1082	1	2	6	6	13	1	20	0,025	1	2,5	0,31	3	7,6	10,30	0,4405	176,20	1421,2
215	72	31	1	1082	1	2	6	6	13	1	20	0,025	2	2,5	0,31	3	6,5	10,30	0,3768	150,70	1215,5
216	72	31	1	1082	1	2	6	6	13	1	20	0,025	3	2,5	0,32	3	6,4	10,30	0,3768	150,70	1177,5
217	73	60	1	5267	21	2	6	6	12	3	12	0,029	1	2,5	0,32	3	0,5	10,40	0,0287	11,48	89,7
218	73	60	1	5267	21	2	6	6	12	3	12	0,029	2	2,5	0,34	3	0,5	10,40	0,0287	11,48	84,4
219	73	60	1	5267	21	2	6	6	12	3	12	0,029	3	2,5	0,32	3	0,5	10,40	0,0287	11,48	89,7
220	74	60	1	7102	20	2	6	6	13	3	24	0,035	1	2,5	0,38	3	13,3	10,40	0,7636	305,40	2009,5
221	74	60	1	7102	20	2	6	6	13	3	24	0,035	2	2,5	0,38	3	11,5	10,40	0,6631	265,20	1745,1
222	74	60	1	7102	20	2	6	6	13	3	24	0,035	3	2,5	0,37	3	9,5	10,40	0,5483	219,30	1481,9
223	75	61	1	3962	11	2	2	2	17	3	48	0,060	1	2,5	0,41	3	5,9	11,70	0,3007	120,20	733,5
224	75	61	1	3962	11	2	2	2	17	3	48	0,060	2	2,5	0,37	3	7,0	11,70	0,3566	142,60	964,4
225	75	61	1	3962	11	2	2	2	17	3	48	0,060	3	2,5	0,39	3	7,6	11,70	0,3900	156,00	999,8
226	76	62	3	7338	22	2	6	2	15	1	48	0,040	1	2,5	0,40	3	9,2	11,70	0,4689	187,70	1172,4
227	76	62	3	7338	22	2	6	2	15	1	48	0,040	2	2,5	0,39	3	15,0	11,70	0,7672	306,80	1967,1
228	76	62	3	7338	22	2	6	2	15	1	48	0,040	3	2,5	0,36	3	13,4	11,70	0,6830	273,20	1897,4
229	77	63	3	479	11	2	2	2	3	3	27	0,051	1	2,5	0,39	3	1,6	9,60	0,1000	40,00	256,4
230	77	63	3	479	11	2	2	2	3	3	27	0,051	2	2,5	0,41	3	2,6	9,60	0,1625	65,00	396,3
231	77	63	3	479	11	2	2	2	3	3	27	0,051	3	2,5	0,33	3	2,4	9,60	0,1500	60,00	454,5
232	78	64	3	160	11	2	6	2	11	3	70	0,039	1	2,5	0,36	3	0,5	10,30	0,0289	11,50	80,5
233	78	64	3	160	11	2	6	2	11	3	70	0,039	2	2,5	0,35	3	0,0	10,30	0,0000	0,00	0,0
234	78	64	3	160	11	2	6	2	11	3	70	0,039	3	2,5	0,25	3	0,0	10,30	0,0000	0,00	0,0
235	79	65	3	55	11	2	6	2	16	3	47	0,043	1	2,5	0,40	3	0,5	9,60	0,0312	12,40	78,1

Tableau 6 (suite et fin)

236	79	65	3	55	11	2	6	2	16	3	47	0,043	2	2,5	0,37	3	0,5	9,60	0,0312	12,40	86,4
237	79	65	3	55	11	2	6	2	16	3	47	0,043	3	2,5	0,36	3	0,1	9,60	0,0312	12,40	17,3
238	80	66	3	28	11	2	2	1	10	9	31	0,050	1	2,5	0,34	3	3,3	9,60	0,2094	83,70	615,8
239	80	66	3	28	11	2	2	1	10	9	31	0,050	2	2,5	0,35	3	6,0	9,60	0,3750	150,00	1071,3
240	80	66	3	28	11	2	2	1	10	9	31	0,050	3	2,5	0,33	3	5,7	9,60	0,3563	142,50	1079,5
241	81	67	3	11962	9	2	2	2	11	3	15	0,025	1	2,5	0,34	5	6,9	7,50	0,9266	370,60	2725,4
242	81	67	3	11962	9	2	2	2	11	3	15	0,025	2	2,5	0,35	5	7,0	7,50	0,9358	373,30	2666,6
243	81	67	3	11962	9	2	2	2	11	3	15	0,025	3	2,5	0,36	5	7,1	7,50	0,9466	378,60	2629,6
244	82	68	1	596	2	2	6	6	12	5	57	0,043	1	2,5	0,33	3	4,3	9,80	0,2650	106,00	802,9
245	82	68	1	596	2	2	6	6	12	5	57	0,043	2	2,5	0,43	3	5,1	9,80	0,3137	125,40	729,5
246	82	68	1	596	2	2	6	6	12	5	57	0,043	3	2,5	0,37	3	3,4	9,80	0,2071	82,80	559,7
247	83	69	1	254	3	2	6	6	12	1	32	0,054	1	2,5	0,40	3	3,0	10,60	0,1811	72,40	452,7
248	83	69	1	254	3	2	6	6	12	1	32	0,054	2	2,5	0,39	3	3,3	10,60	0,2023	80,80	518,5
249	83	69	1	254	3	2	6	6	12	1	32	0,054	3	2,5	0,41	3	3,4	10,60	0,2053	82,00	500,6
250	84	70	2	370841	21	2	6	6	11	3	36	0,040	1	2,5	0,40	3	5,8	10,60	0,3311	132,40	827,7
251	84	70	2	370841	21	2	6	6	11	3	36	0,040	2	2,5	0,41	3	5,7	10,60	0,3226	129,00	786,8
252	84	70	2	370841	21	2	6	6	11	3	36	0,040	3	2,5	0,42	3	5,7	10,60	0,3226	129,00	786,8
253	85	71	2	371631	3	2	2	2	11	2	53	0,040	1	2,5	0,39	3	0,0	10,60	0,0000	0,00	0,0
254	85	71	2	371631	3	2	2	2	11	2	53	0,040	2	2,5	0,40	3	0,0	10,60	0,0000	0,00	0,0
255	85	71	2	371631	3	2	2	2	11	2	53	0,040	3	2,5	0,38	3	0,0	10,60	0,0000	0,00	0,0

LEGENDES :

OBS. = Observations

CAR. = Caractères numérotés de 01 à 21 se définissant comme suit:

01 = Numéro d'ordre: De 1 à 85 pour les moyennes (Tableau 7) et de 1 à 255 pour les individus (Tableau 6).

02 = Noms de lignée chiffrés de 1 à 72 (voir Tableau 3).

03 = Codes d'accession (voir Tableau 3)

04 = Numéros d'accession (voir Tableau 3)

05 = Origine géographique chiffré de 1 à 22 (voir Tableau 3)

06 = Saisons de culture:

1. Hiver

2. Printemps.

07 = Nombre de rangs

08 = Forme des épillets:

1. Normale
 2. Graines capuchonnées
 3. Graines nues
 4. Défisciens
 5. Intermédium
 6. Intermédium-défisciens
- 09 = Longueur des glumes en centimètres
- 10 = Couleur des graines:
- | | |
|-------------------|----------------|
| 1. Caramel | 5. Jaune-pâle |
| 2. Ocre | 6. Terre-verte |
| 3. Jaune-citron | 7. Jaune-ocre. |
| 4. Jaune de plomb | |
- 11 = Rendement en grammes
- 12 = Poids moyen d'une graine en grammes
- 13 = numérotation des individus
- 14 = Poids frais de l'échantillon en grammes
- 15 = Poids sec de l'échantillon en grammes
- 16 = Coefficient de dilution
- 17 = Quantité de gramine trouvée trouvée dans l'extrait en gramme
par gramme de poids frais
- 18 = Hauteur moyenne des chromatogrammes de gramine des
échantillons en centimètres
- 19 = Hauteur moyenne des chromatogrammes de gramine du standard en
centimètres
- 20 = Quantité de gramine trouvée en milligrammes par gramme de
poids frais.

21 = Quantité de gramine trouvée en microgrammes par gramme de poids sec.

NB/ Dans le Tableau 7 (le suivant qui est celui des moyennes), le 13 (numéros des individus) correspondra au 14 ainsi de suite jusqu'au 21 qui devra correspondre au caractère 20 car fait avec les moyennes des 3 individus de chaque variété.

Tableau 7: Liste des caractères avec les moyennes.

C C C	C C C C	C C C C	C C C C	C C C C	C C C C	C C C C	C C C C	C C C C	C C C C	C C C C	C C C C	C C C C	C C C C	C C C C
A A A	A A A A	A A A A	A A A A	A A A A	A A A A	A A A A	A A A A	A A A A	A A A A	A A A A	A A A A	A A A A	A A A A	A A A A
R R R	R R R R	R R R R	R R R R	R R R R	R R R R	R R R R	R R R R	R R R R	R R R R	R R R R	R R R R	R R R R	R R R R	R R R R
0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
1 2 3	4 5 6 7	8 9 0 1	2 3 4 5	6 7 8 9	0 1 2 3	4 5 6 7	8 9 0 1	2 3 4 5	6 7 8 9	0 1 2 3	4 5 6 7	8 9 0 1	2 3 4 5	6 7 8 9
1 1 1	1014	1 1 6	1 3 1 37	,026	2,5	,425	3	,8452	9,46	6,72	338	1983		
2 2 1	16421	2 1 6	1 9 2 38	,033	2,5	,390	3	,6250	7,00	6,72	250	1600		
3 2 1	16424	2 1 6	1 12 3 38	,027	2,5	,390	3	,3517	4,13	7,05	141	0881		
4 3 1	277	3 1 6	1 13 3 54	,036	2,5	,440	3	,3663	4,68	7,67	147	0827		
5 4 1	3328	4 1 6	1 1 3 34	,032	2,5	,390	3	,4898	5,63	6,90	196	1254		
6 5 1	7585	5 1 6	1 12 3 72	,037	2,5	,420	3	,5521	6,53	7,10	159	1296		
7 6 1	5057	5 1 2	1 1 9 28	,034	2,5	,376	3	,1705	1,96	6,92	068	0454		
8 7 1	13191	6 1 2	1 13 3 51	,046	2,5	,446	3	,1640	1,93	7,05	066	0369		
9 8 1	10204	7 1 6	1 14 3 60	,037	2,5	,466	3	,5303	6,13	6,92	212	1139		
10 9 1	7417	8 1 6	1 11 3 47	,030	2,5	,476	3	,8256	10,70	7,78	330	1733		
11 10 1	13182	9 1 2	1 12 3 46	,052	2,5	,423	3	,5674	6,16	6,52	227	1365		
12 11 1	13181	9 1 2	1 11 3 21	,052	2,5	,283	3	,6507	7,70	7,10	260	1591		
13 12 1	8696	10 1 2	1 0 4 31	,038	2,5	,433	3	,3262	3,63	6,52	134	0769		
14 13 1	170	11 1 6	1 11 3 24	,029	2,5	,420	3	,2452	2,80	6,85	098	0582		
15 14 1	192	12 1 6	1 13 3 69	,037	2,5	,446	3	,6773	7,73	6,85	271	1562		
16 15 1	3228	13 1 6	1 10 1 55	,042	2,5	,460	3	,2841	3,46	7,32	114	0618		
17 16 1	15045	14 1 6	1 10 3 55	,046	2,5	,480	3	,5532	6,75	7,32	221	1152		

Tableau 7:(suite)

18	17	1	11828	15	1	2	1	15	3	62	,042	2,5	,450	3	,3920	5,08	7,78	157	0873
19	18	2	371629	3	1	2	1	13	3	24	,040	2,5	,423	3	,0000	0,00	7,12	000	0000
20	19	2	370627	10	1	6	1	11	3	52	,034	2,5	,400	3	,1870	2,15	6,90	075	0467
21	20	1	7121	4	1	2	1	16	3	21	,040	2,5	,386	3	,4523	5,78	7,67	181	1169
22	21	1	5232	16	1	6	1	14	3	45	,042	2,5	,396	3	,0084	0,10	7,12	004	0020
23	22	2	328042	15	2	2	5	13	3	28	,054	2,5	,400	3	,0328	0,35	6,40	013	0079
24	23	2	328288	15	2	2	5	11	3	34	,050	2,2	,320	3	,1703	1,81	6,40	077	0516
25	24	2	328385	15	2	2	5	10	3	34	,032	2,5	,400	3	,1700	1,70	6,00	068	0430
26	25	2	328409	15	2	6	5	13	5	43	,047	2,5	,320	3	,5450	5,45	6,00	218	1512
27	26	2	328489	15	2	2	5	14	5	47	,054	2,4	,433	3	,3228	3,06	5,70	134	0766
28	27	2	329005	15	2	2	5	12	3	37	,050	2,5	,390	3	,3649	3,46	5,70	146	0944
29	28	2	356175	17	2	2	5	12	3	41	,050	2,5	,420	3	,4928	10,90	13,27	197	1187
30	29	2	356429	17	2	6	5	13	6	16	,052	2,3	,430	3	,2727	6,10	13,42	119	0655
31	30	2	362376	17	2	6	5	12	3	54	,044	2,5	,423	3	,0098	0,21	13,27	004	0023
32	31	1	1086	1	2	6	3	12	1	26	,030	2,5	,386	3	,4090	4,65	6,82	164	1059
33	32	1	9656	18	2	2	1	13	6	12	,058	2,5	,403	3	,2170	3,73	10,32	087	0538
34	32	1	9724	18	2	2	1	13	3	16	,058	2,5	,383	3	,4294	7,05	9,85	172	1123
35	32	2	356167	18	2	2	1	12	7	43	,051	2,5	,406	3	,3099	6,93	13,42	124	0783
36	33	1	745	12	2	6	3	12	1	26	,045	2,5	,393	3	,2902	4,93	10,20	116	0744
37	34	1	746	12	2	6	3	14	8	30	,033	2,5	,326	3	,1220	2,95	10,57	049	0377
38	35	1	865	12	2	6	3	12	8	29	,046	2,5	,386	3	,2147	3,78	10,57	086	0552
39	36	1	14729	2	2	2	2	1	9	17	,037	2,5	,323	3	,3419	5,50	9,65	137	1055
40	36	1	14744	2	2	2	6	1	9	14	,050	2,5	,363	3	,0063	0,10	9,45	003	0018
41	36	1	14774	2	2	2	6	1	3	12	,068	2,5	,363	3	,3665	5,33	9,80	131	0906
42	36	1	14789	2	2	2	6	,3	9	12	,036	2,5	,340	3	,0062	0,10	9,65	002	0018

Tableau 7: (suite)

43	36	1	14811	2	2	2	6	2	9	13	,042	2,5	,353	3	,1867	3,05	9,80	075	0525
44	36	1	14820	2	2	2	6	,3	3	14	,043	2,5	,393	3	,0063	0,10	9,45	003	0022
45	36	1	14827	2	2	2	2	1	3	20	,047	2,5	,376	3	,0000	0,00	14,85	000	0000
46	36	1	14828	2	2	2	2	1	3	23	,042	2,5	,376	3	,0000	0,00	14,85	000	0000
47	36	1	14829	2	2	2	2	1	3	30	,042	2,5	,366	3	,0000	0,00	14,85	000	0000
48	36	1	14830	2	2	6	6	2	9	10	,042	2,5	,386	3	,0000	0,00	14,85	000	0000
49	37	1	5462	2	2	6	1	12	3	32	,036	2,5	,400	3	,0097	0,16	10,20	004	0024
50	38	1	906	2	2	2	1	12	3	37	,038	2,0	,306	3	,2170	3,73	10,32	011	0707
51	39	1	7127	4	2	2	1	14	2	14	,039	2,5	,386	3	,1417	3,48	14,75	057	0365
52	40	1	588	4	2	6	1	13	7	60	,043	2,5	,393	3	,1349	3,31	14,75	054	0344
53	41	1	4607	5	2	6	1	9	9	49	,052	2,5	,426	3	,3018	7,41	14,74	121	0714
54	42	1	9094	7	2	2	1	13	9	49	,041	2,5	,450	3	,0339	0,83	14,75	014	0076
55	43	1	13536	7	2	6	1	13	1	30	,035	2,5	,430	3	,3586	7,33	12,27	143	0838
56	44	2	372091	6	2	2	1	11	3	35	,046	2,5	,430	3	,2090	3,70	10,62	084	0511
57	45	2	379558	8	2	2	1	13	3	67	,045	2,5	,426	3	,0112	0,20	10,62	005	0026
58	46	2	7416	8	2	6	1	12	9	39	,039	2,0	,326	3	,6035	11,31	11,25	302	1830
59	47	1	13183	9	2	6	1	11	3	12	,035	2,5	,523	3	,6541	13,68	12,55	262	1259
60	48	1	8655	10	2	2	1	10	3	29	,037	2,5	,466	3	,4414	9,23	12,55	177	0955
61	49	1	176	11	2	6	1	9	9	14	,030	2,5	,516	3	,0125	0,25	11,98	003	0025
62	50	1	1803	11	2	2	1	13	3	23	,025	2,5	,463	3	,3272	6,53	11,98	131	0708
63	51	1	4271	12	2	2	1	14	9	14	,040	2,5	,370	3	,2464	5,18	12,62	099	0662
64	52	1	7779	19	2	2	1	3	16	,029	2,0	,303	3	,3042	6,40	12,62	146	1029	
65	53	1	3237	13	2	6	1	14	29	,036	2,5	,360	3	,7262	15,03	12,42	290	2019	
66	54	1	5234	13	2	6	1	11	3	22	,037	2,5	,430	3	,0000	0,00	6,82	000	0000
67	55	1	13344	18	2	6	1	14	3	30	,038	2,5	,386	3	,3977	8,23	12,42	159	1029

Tableau 7: (suite et fin)

68	56	1	15047	14	2	6	1	14	3	20	,041	2,5	,403	3	,7378	14,63	11,90	295	1847
69	57	1	6164	2	2	2	1	14	6	14	,036	2,5	,360	3	,4672	9,26	11,90	187	1308
70	58	1	16156	2	2	6	1	10	3	35	,027	2,5	,386	3	1,0216	12,61	7,41	409	2644
71	59	1	11823	15	2	2	1	14	6	23	,039	2,5	,346	3	,6788	8,38	7,41	272	1965
72	31	1	1082	1	2	6	1	13	1	20	,025	2,5	,313	3	,3980	7,95	10,35	159	1271
73	60	1	5267	21	2	6	1	12	3	35	,029	2,5	,326	3	,0287	0,50	10,45	011	0088
74	60	1	7102	20	2	6	1	13	3	24	,035	2,5	,376	3	,6583	11,31	10,45	263	1746
75	61	1	3962	11	2	2	1	17	3	48	,060	2,5	,390	3	,3491	6,85	11,77	140	0899
76	62	3	7338	22	2	6	1	15	1	48	,040	2,5	,383	3	,6397	12,55	11,77	256	1679
77	63	3	479	11	2	2	1	3	3	27	,051	2,5	,376	3	,1375	2,20	9,60	055	0369
78	64	3	160	11	2	6	1	11	3	70	,039	2,5	,320	3	,0096	0,16	10,35	004	0027
79	65	3	55	11	2	6	1	16	3	47	,043	2,5	,376	3	,0312	0,36	9,60	009	0060
80	66	3	28	11	2	2	1	10	9	31	,050	2,5	,340	3	,3135	5,01	9,60	125	0922
81	67	3	11962	9	2	2	1	11	3	15	,025	2,5	,350	5	,9355	7,01	7,50	374	2674
82	68	1	596	2	2	6	3	12	6	57	,043	2,5	,376	3	,2619	4,30	9,85	105	0697
83	69	1	254	3	2	6	4	12	1	32	,054	2,5	,400	3,2	,1957	3,25	10,60	078	0491
84	70	2	370841	21	2	6	1	11	3	36	,040	2,5	,400	3	,3234	5,75	10,60	130	0800
85	72	2	371631	3	2	2	1	11	2	53	,040	2,5	,390	3	,0000	0,00	10,60	000	0000

Légendes: Se référer au celles du Tableau 6.

FIGURE 13: Histogrammes de la concentration de gramine en $\mu\text{g/g}$ de poids sec des 85 variétés selon l'ordre général (voir Tableau 7).

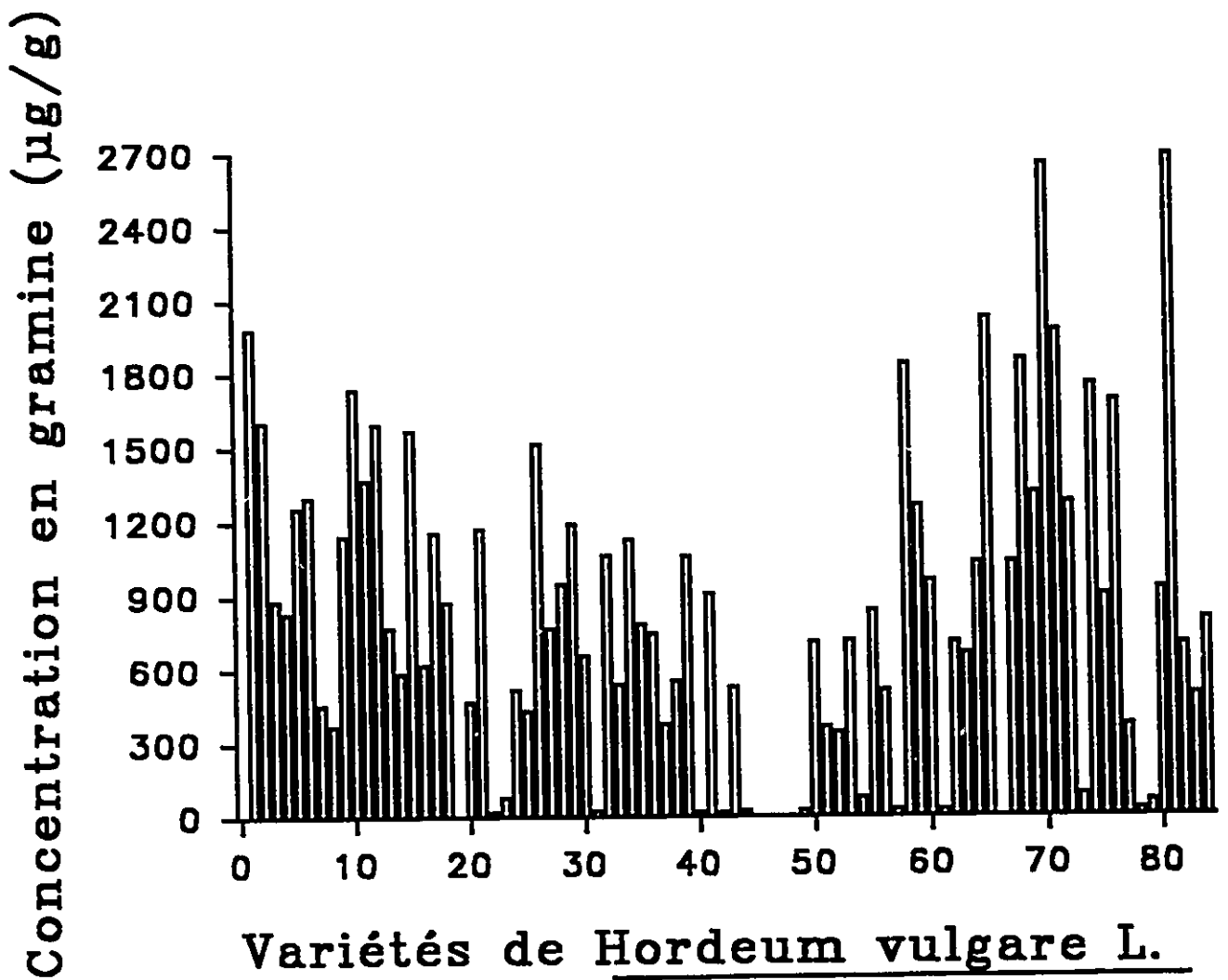
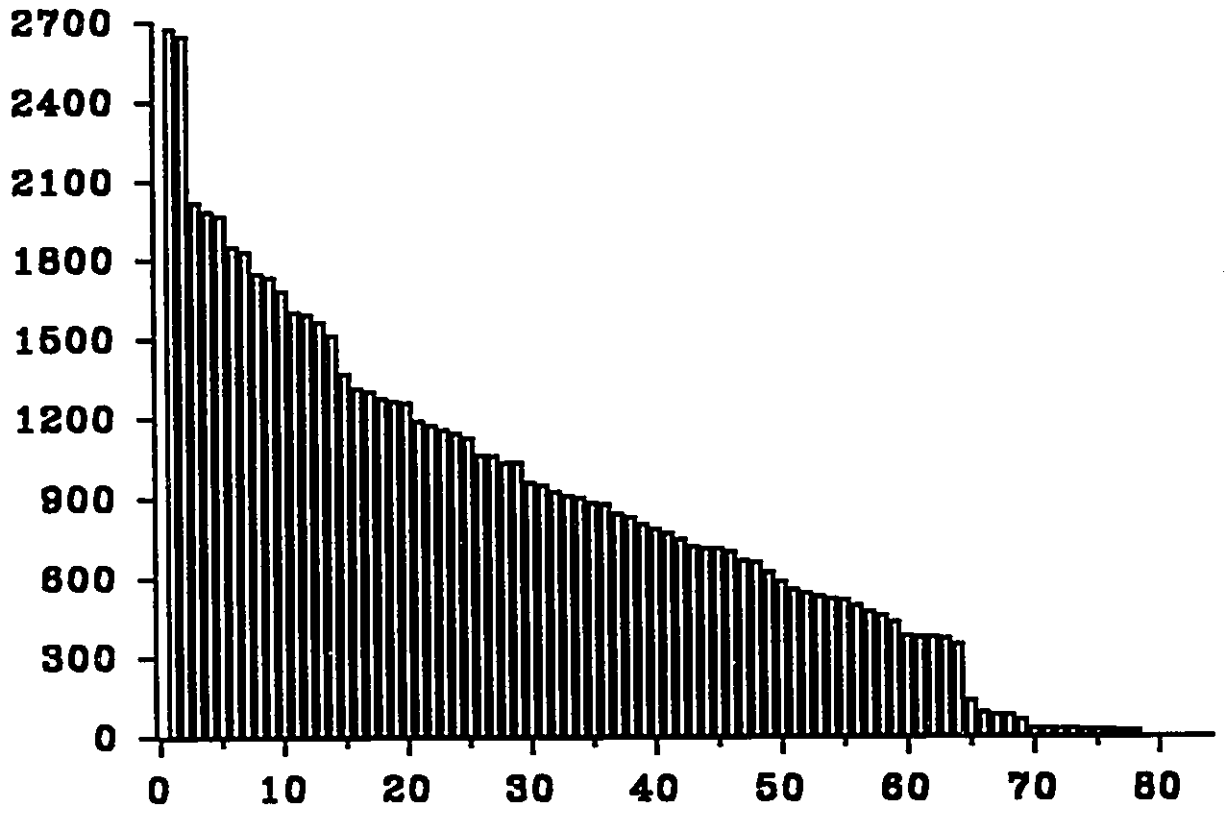


FIGURE 14: Histogrammes de la concentration de gramine en $\mu\text{g/g}$ de poids sec des 85 variétés. Les valeurs sur l'axe des X indiquent le nouvel ordre, celui de magnitude des moyennes dont le tableau n'est pas inclus dans la thèse.

Concentration en gramine ($\mu\text{g/g}$)



Variétés de Hordeum vulgare L

3.3 Résistance variétale:

3.3.1 Survie des aphides: 6 jours après l'infestation, le comptage des aphides vivants, nymphes et adultes confondus, nous a permis d'obtenir les résultats apparaissant au **Tableau 8**. Le comptage a été fait par individus sachant qu'il y avait 8 individus par variété. La moyenne calculée permettra de faire une régression linéaire.

3.3.2 Régression linéaire: Les données traitées ont permis d'avoir le graphique de la **Figure 15** qui représente la relation entre le taux de survivance des aphides et la concentration de gramine (en $\mu\text{g/g}$ de poids sec) lorsque chacun des 8 individus des variétés considérées a été infecté avec 2 adultes aptères.

Tableau 8: Survie des aphides par variété 6 jours après être infectée avec 2 adultes aptères. On distingue 8 individus par variété.

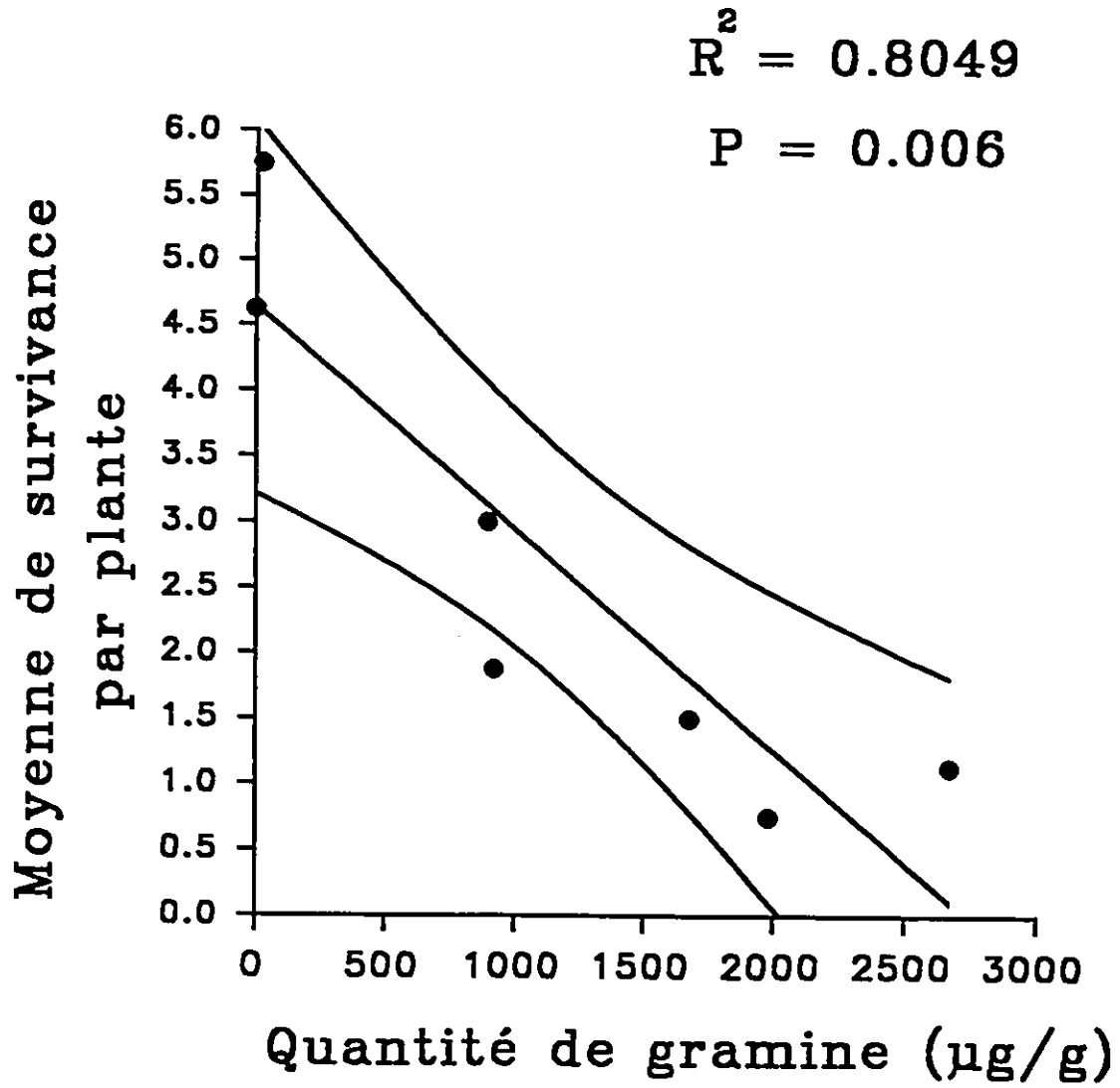
Variétés	Car.20 ($\mu\text{g/g}$)	S U R V / I n d								Total	Moyenne	Erreur Std.
		1	2	3	4	5	6	7	8			
CI 11962	2674	0	0	2	0	4	1	1	1	9	1,125	\pm 0,480
CI 1014	1983	0	1	0	0	2	2	1	0	6	0,750	\pm 0,313
CN 7338	1679	5	0	1	1	2	1	1	1	12	1,500	\pm 0,534
CN 28	922	0	4	3	0	1	5	0	2	15	1,875	\pm 0,692
CN 3962	899	5	3	5	4	1	2	1	3	24	3,000	\pm 0,570
PI 379558	26	7	8	4	6	8	4	6	5	46	5,750	\pm 0,570
CI 14828	0	9	5	6	4	3	5	3	2	34	5,750	\pm 0,780

Car.20 ($\mu\text{g/g}$) = Quantité de gramine en microgramme par gramme de poids sec.

Sur/ind. = survivants par individu.

Erreur Std. = Erreur standard.

FIGURE 15: Taux de survie des aphides élevés sur 7 variétés d'orge à différentes concentrations de gramine. Chacun des 8 individus par variété a été infecté avec 2 adultes aptères.



3.4 Analyses statistiques:

3.4.1 Statistiques univariées: Les résultats ainsi que les tests de normalité sont montrés dans le **Tableau 9** pour les variables qualitatives et le **Tableau 10** pour les variables quantitatives. Un caractère morphologique remarquable de l'orge cultivée est la forme des épillets (08). Nous y avons trouvé 6 formes. La moyenne de concentration de gramine a été trouvée (**Tableau 11**) et des "boxplots" ont été réalisés (**Fig. 16**) en se servant du caractère 20 (quantité de gramine trouvée en microgramme par gramme de poids sec).

-La forme normale (**Fig. 16-1**): C'est celle qui a le plus grand maximum et la plus haute moyenne; pendant que le minimum correspond intimement à 0, la moyenne reste un peu au-dessus de la médiane.

-La forme capuchonnée (**Fig. 16-2**): Ici la moyenne est bien plus au dessus de la médiane avec un minimum égal à 0 et un maximum inférieur au précédent.

-La forme nue (**Fig. 16-3**): Avec un minimum élevé et un maximum presque égal à celui du précédent; la moyenne est un peu au-dessous de la médiane.

-La forme défisiciens (**Fig. 16-4**): Est uniforme du moment qu'il n'y a qu'un individu.

-Forme intermédiaire (**Fig. 16-5**): Elle a le plus grand maximum après la forme normale et le minimum est proche de 0. La moyenne est un peu au dessus de la médiane.

-La forme intermédiaire-défisiciens (**Fig. 16-6**): Son maximum

est un peu en dessous de celui de 2 et 3, alors que le minimum est égal à 0. La moyenne est très en dessous de la médiane.

Cette interprétation des "boxplots" est en parfaite harmonie avec le **Tableau 11** (moyenne de concentration de gramine par le caractère 08).

Tableau 9: Statistiques univariées, variables qualitatives exprimant le rapport qui existe entre la concentration en gramine et les caractères morphologiques (variables):

Variables	Méthodes	Valeur de F	P > F
Origine	ANOVA et DUNCAN	3,32	0,0720
Couleur des graines	ANOVA et DUNCAN	0,67	0,7141
Forme des épillets	Test de T	2,17	0,0662
Rangs	Test de T	1,12	0,2920
Saisons	Test de T	2,06	0,1555

Tableau 10: Statistiques univariées, variables quantitatives exprimant le rapport qui existe entre la concentration en gramine et les caractères morphologiques (variables):

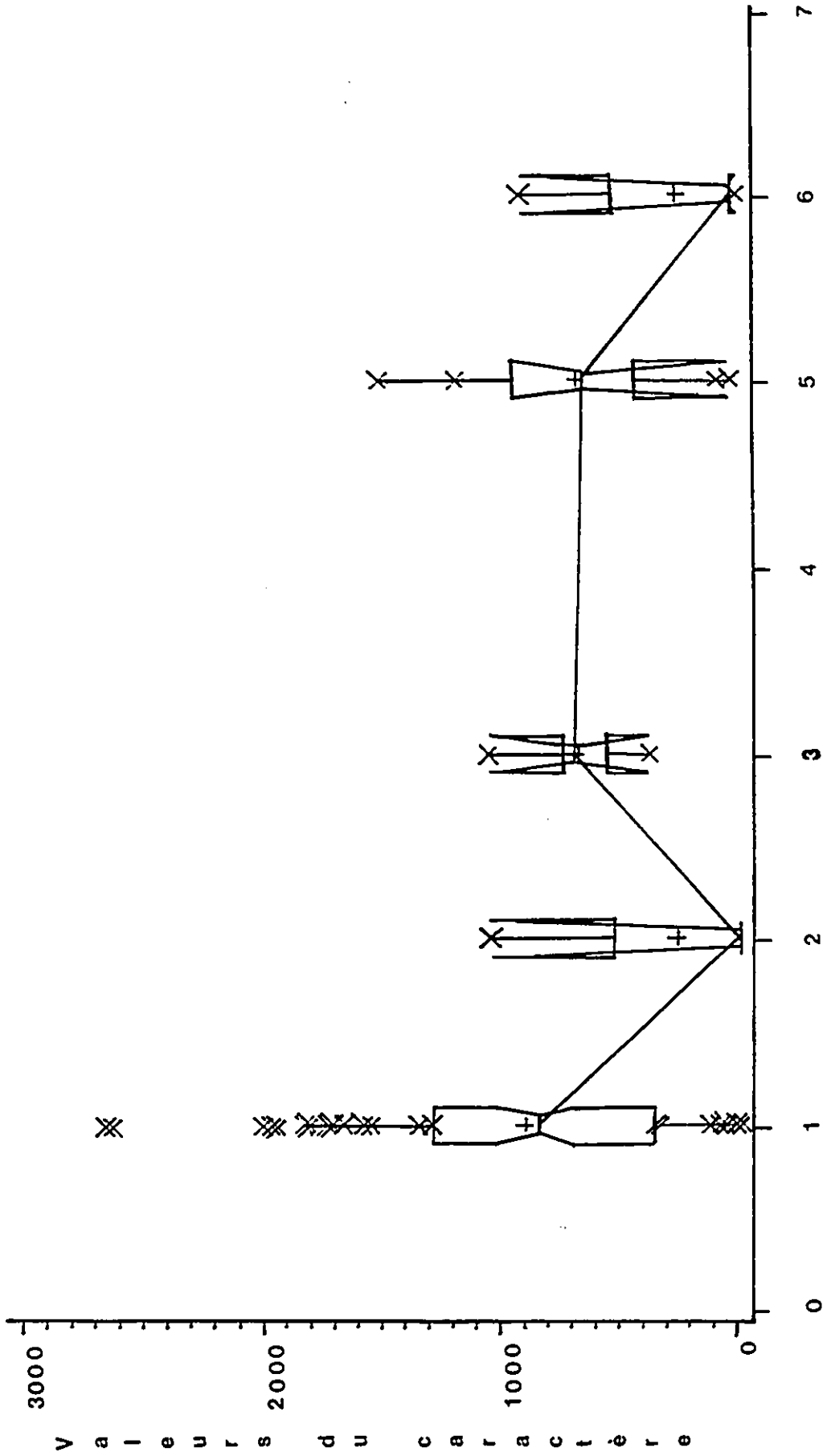
Variables	P	R ²
Longueur des glumes (cm)	0,023	0,0605
Rendement (g)	0,892	0,0002
Poids moyen d'une graine(g)	0,813	0,0006
Quantité d'eau (g)	0,503	0,0054

Tableau 11: Moyenne de la concentration de gramine par le caractère 08 (forme des épillets)

Groupes	N	Minimum	Moyenne	Maximum
Normale	60	0	915,55	2574,00
Capuchonnée	4	0	263,75	1015,00
Nue	5	377,00	685,80	1059,00
Défisciens	1	491,00	491,00	491,00
Intermédiaire	9	23,00	679,11	1512,00
Intermédiaire-défisc.	6	0	248,16	906,00

FIGURE 16: "Boxplots" de la concentration de gramine en relation avec la forme des épillets. Les numéros 1 à 6 de l'axe des X correspondent aux 6 différentes formes (voir texte et légende du Tableau 6).

Le bord inférieur des boîtes est à P25, le milieu à P50 et le supérieur à P75. Le signe plus indique la moyenne, les poils (x) s'étendent à P10 et P90. Les entailles de l'axe des Y indiquent l'ordre statistique basé sur l'intervalle de confiance pour la médiane avec le niveau de configuration supérieur à 0, 90.



Forme d'épillet

Valeurs du caractère

3.4.2 Test à intervalle multiple de Duncan:

Les résultats de cette analyse par la procédure des variances sont montrés au Tableau 12. La valeur de $F = 26,81$ et celle de $P > 0,0001$ indiquent sans ambiguïté qu'il y a une variation significative entre les différents génotypes. La fiabilité de ce test est rendue plus évidente après étude et comparaison entre le groupement de Duncan et celui de Waller par le "Waller-Duncan K-ratio T test" qui ne fait ressortir qu'une légère différence. Dans cette représentation, les moyennes avec la même lettre ne sont pas significativement différentes. Nous avons procédé à une traduction en barres chevauchantes dont l'ensemble donne un aperçu sur la signification du test (Fig. 17)

Tableau 12: Procédure de l'analyse de variance du Duncan multiple range test.

Source	DL	Somme des carré (ANOVA)	Moyenne au carré	Valeur de F	Pr > F
Caractère 01	84	105265258,96415600	1253157,84481139	26,81	0,0001
Erreur	170	7944841,98666666	46734,36462745		
Total corrigé	254	113210100,95082300			
		R au carré	C.V.	Racine MSE	Moyenne Caractère 21
		0,929822	26,89704	216,18132349	803,73647059

FIGURE 17: Représentation des groupements de Waller et de Duncan: Les segments horizontaux représentent les moyennes avec leurs lettres correspondantes; celles avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

REGROUPEMENTS DE:

Waller

Duncan

A _____ B _____ C _____ D _____ E _____ F _____
 _____ H _____ J _____ K _____ L _____ M _____ N _____ O _____ P _____ Q _____ R _____ S _____ T _____ U _____ V _____ W _____ X _____ Y _____ Z _____
 _____ G _____ I _____ K _____ M _____ N _____ O _____ P _____ Q _____ R _____ S _____ T _____ U _____ V _____ W _____ X _____ Y _____ Z _____
 _____ C _____ E _____ G _____ I _____ K _____ L _____ M _____ N _____ O _____ P _____ Q _____ R _____ S _____ T _____ U _____ V _____ W _____ X _____ Y _____ Z _____
 _____ A _____ B _____ C _____ D _____ E _____ F _____

A _____ B _____ C _____ D _____ E _____ F _____
 _____ H _____ J _____ K _____ L _____ M _____ N _____ O _____ P _____ Q _____ R _____ S _____ T _____ U _____ V _____ W _____ X _____ Y _____ Z _____
 _____ G _____ I _____ K _____ L _____ M _____ N _____ O _____ P _____ Q _____ R _____ S _____ T _____ U _____ V _____ W _____ X _____ Y _____ Z _____
 _____ C _____ E _____ G _____ I _____ K _____ L _____ M _____ N _____ O _____ P _____ Q _____ R _____ S _____ T _____ U _____ V _____ W _____ X _____ Y _____ Z _____
 _____ A _____ B _____ C _____ D _____ E _____ F _____

876076571701122160750210333662847015083123565863113425820233705575277543444446148
 1051188406225691962951794294706015385445376320230648346307537781234398719142207655985

3.4.3 Analyse de corrélation:

En mettant la quantité de gramine en $\mu\text{g/g}$ de poids sec en corrélation respectivement avec la longueur des glumes, le rendement, le poids moyen d'une graine et la quantité d'eau dans les feuilles fraîches, nous constatons qu'il n'y a aucune corrélation entre elle et chacun de ces caractères (Fig. 18, 19, 20 et 21). Cela signifie que la gramine et les autres caractères morphologiques n'ont pas d'influence positive ou négative les uns sur les autres.

FIGURE 18: Graphique de la régression mettant la quantité de gramine ($\mu\text{g/g}$ de poids sec) en rapport avec la longueur des glumes.

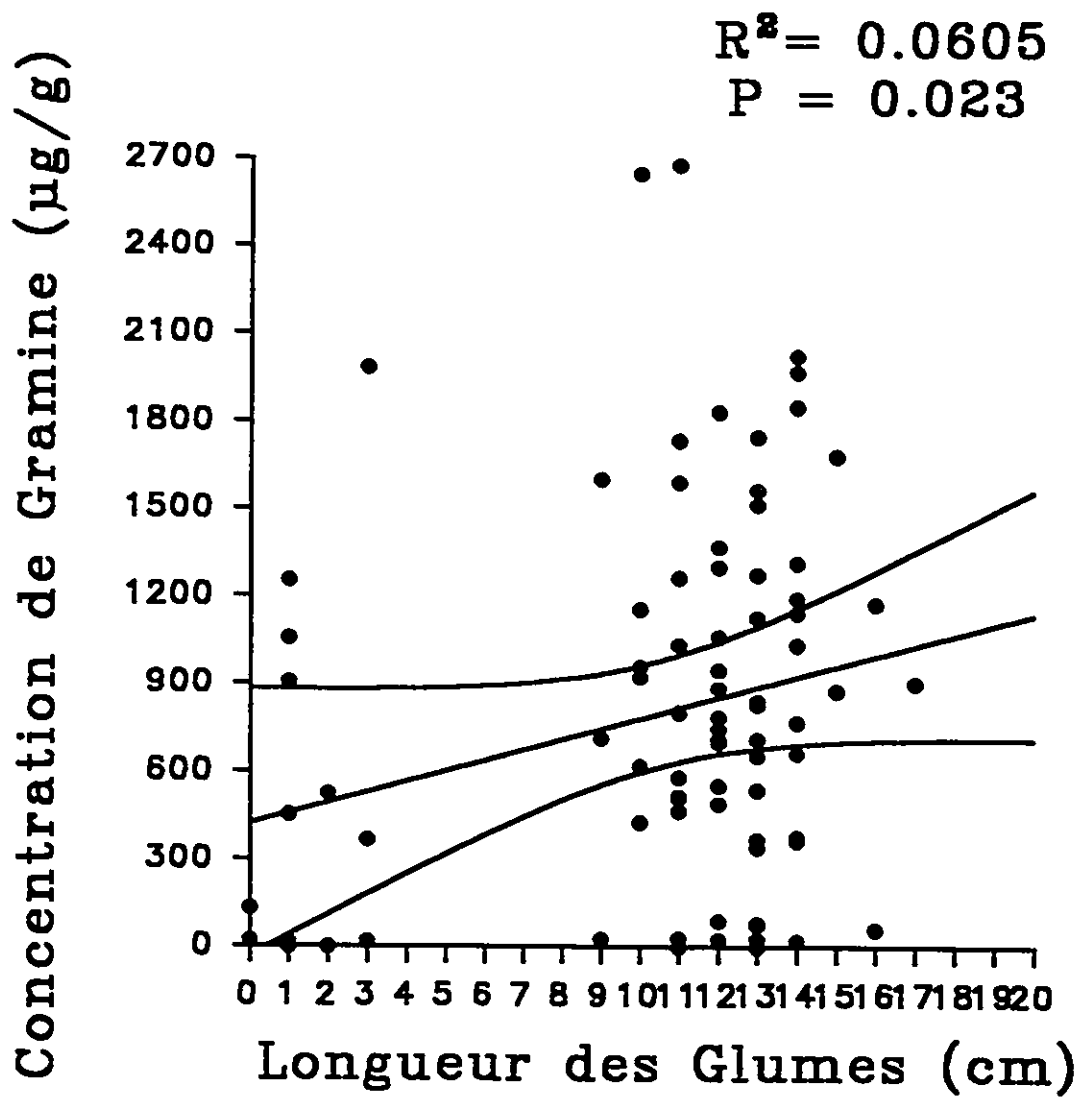


FIGURE 19: Graphique de la régression entre la quantité de gramine (en $\mu\text{g/g}$ de poids sec) et le poids moyen d'une graine.

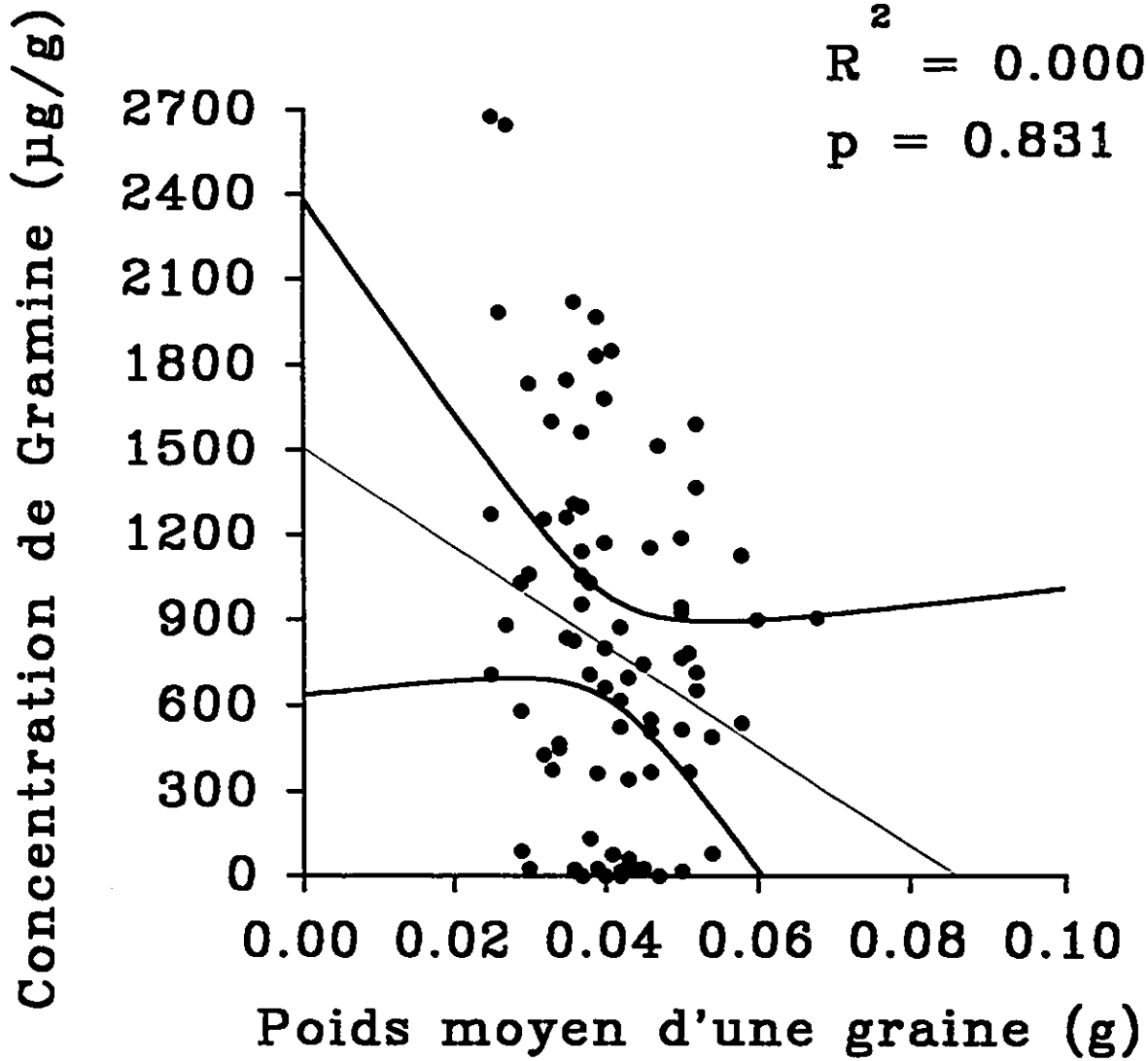


FIGURE 20: Graphique de la régression entre la quantité de gramine (en $\mu\text{g/g}$ de poids sec) et la quantité d'eau dans l'échantillon.

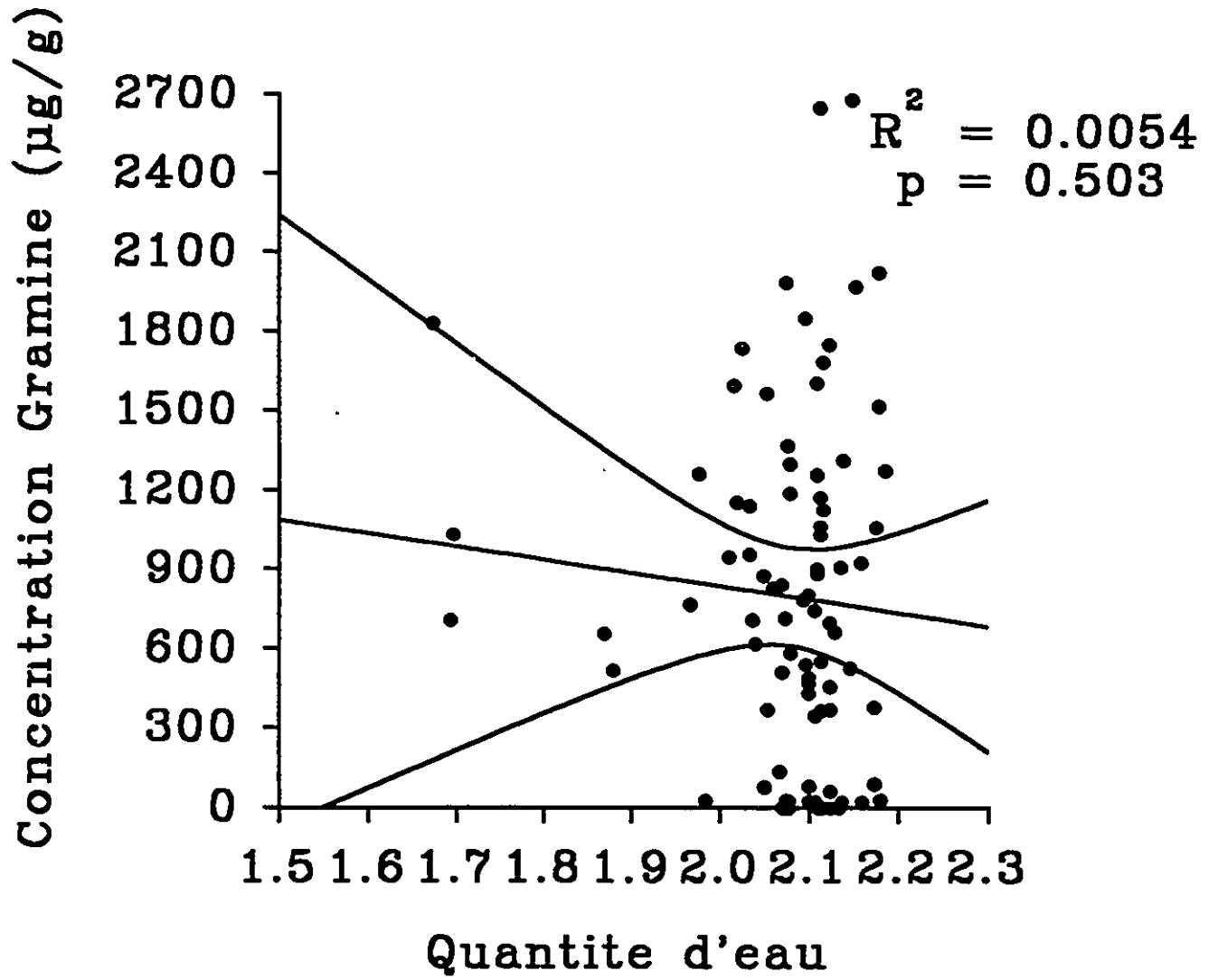
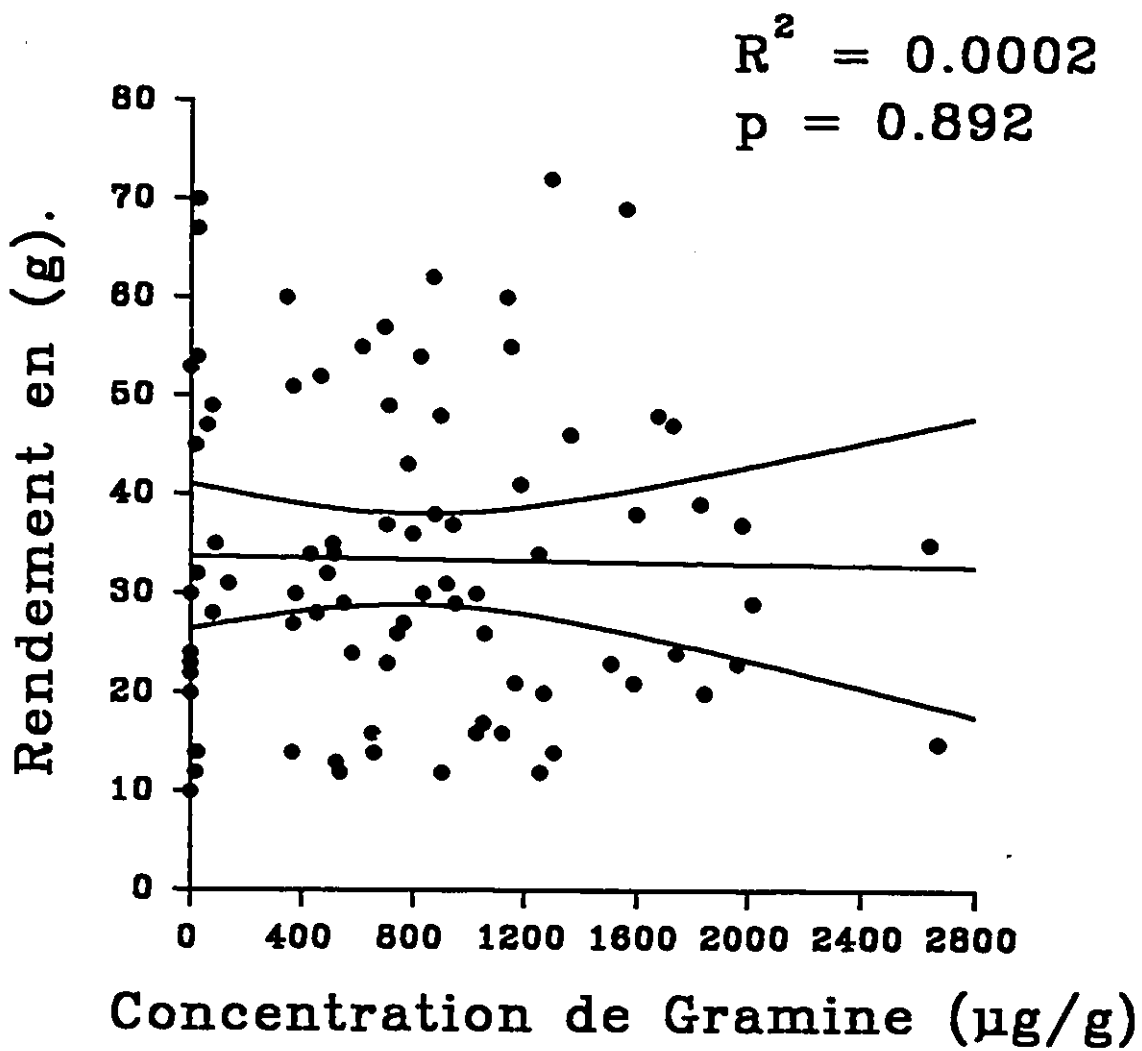


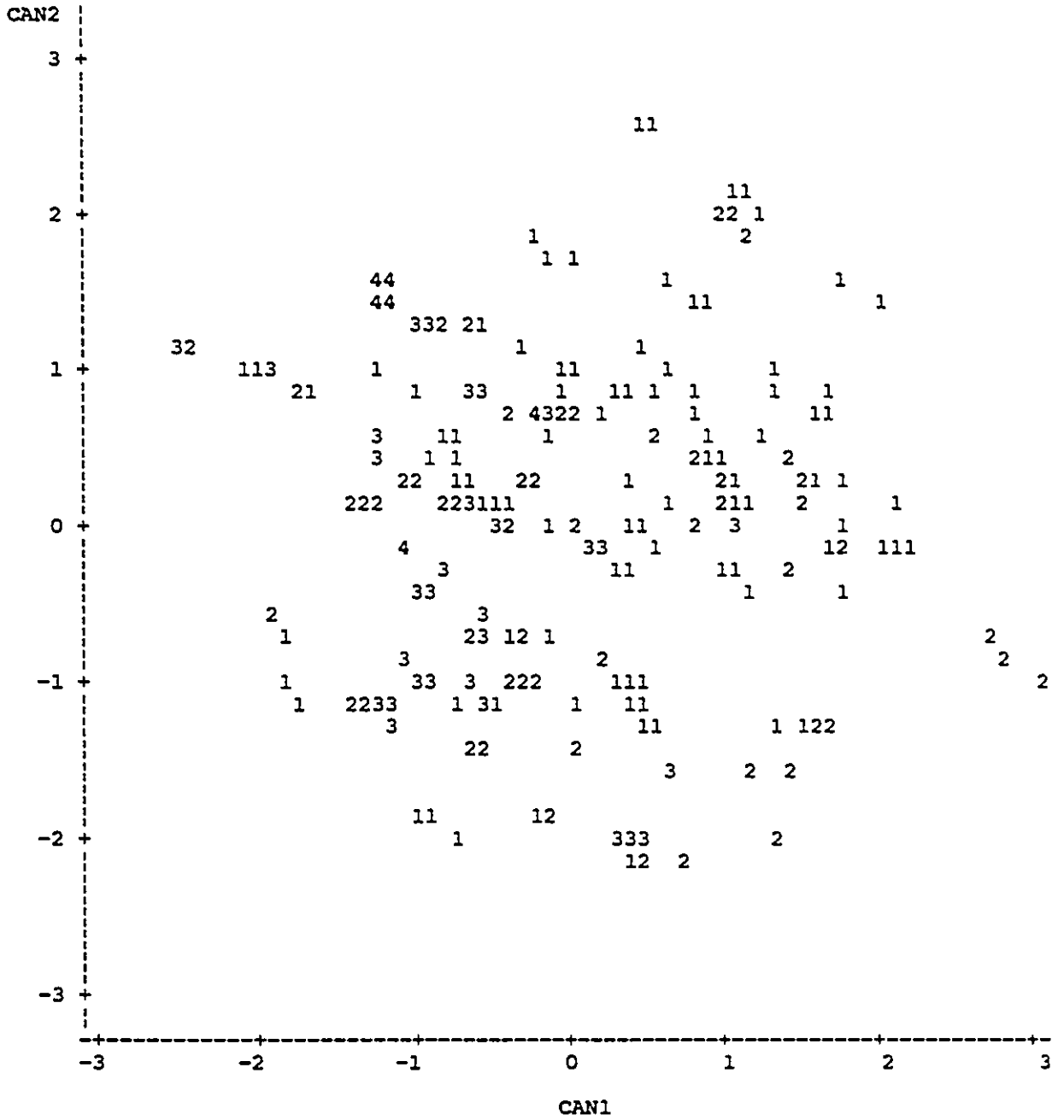
FIGURE 21: Graphique de la régression mettant en rapport la quantité de gramine (en $\mu\text{g/g}$ de poids sec) et le rendement en graines (g).



3.4.4 Analyse canonique de discriminantes:

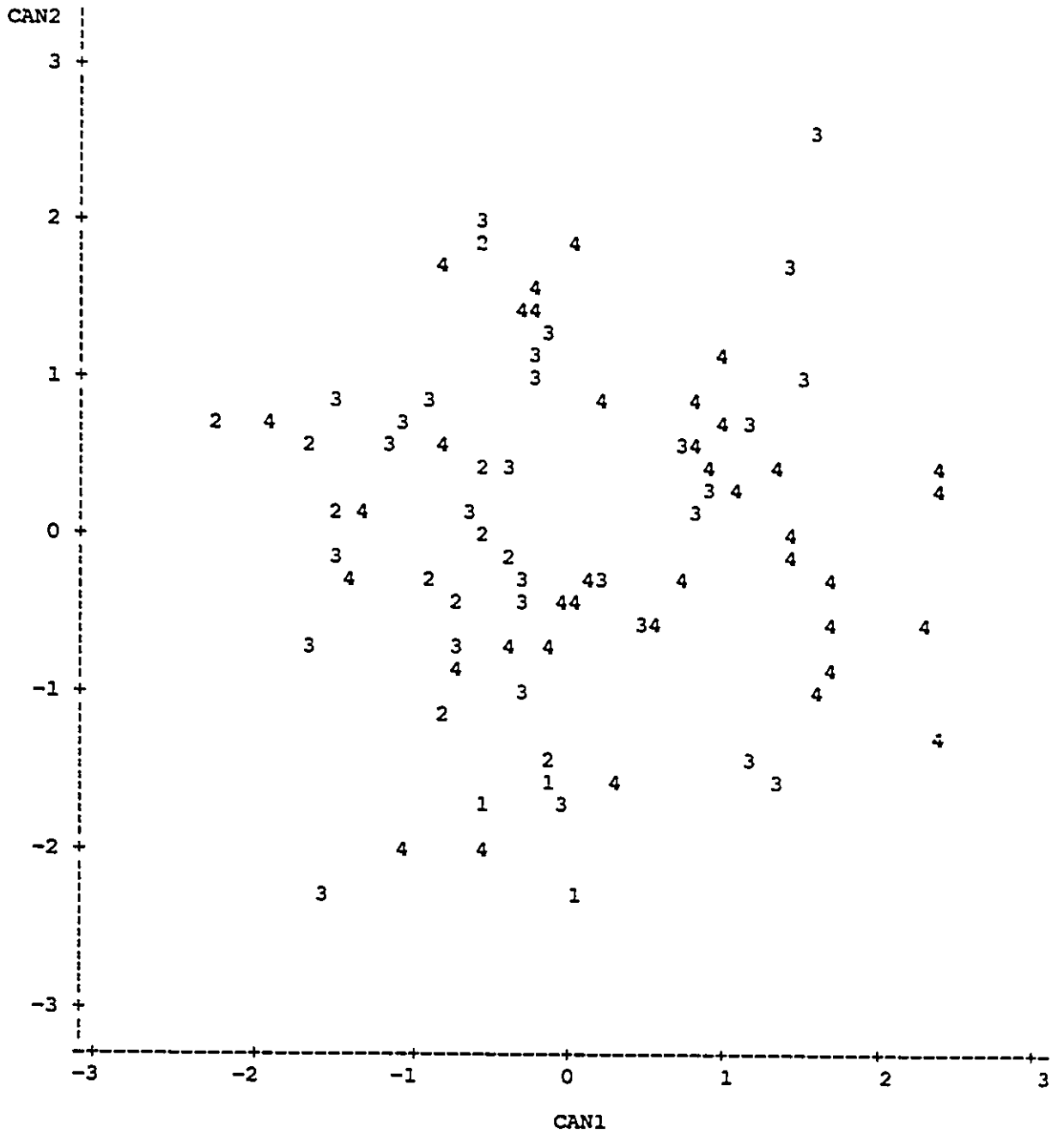
Les groupements estimés par 4 et 3 ont été rejetés du fait de leur manque de fiabilité. En effet chacun d'eux ayant été considéré avec individus et moyennes, il a été obtenu des diagrammes de dispersion qui montrent qu'il n'y a pas du tout de formation de groupe de susceptibilité (Fig. 22, 23, 24 et 25).

FIGURE 22: Diagramme de dispersion des résidus dans l'analyse canonique de discriminantes à 4 groupes estimés avec les individus.



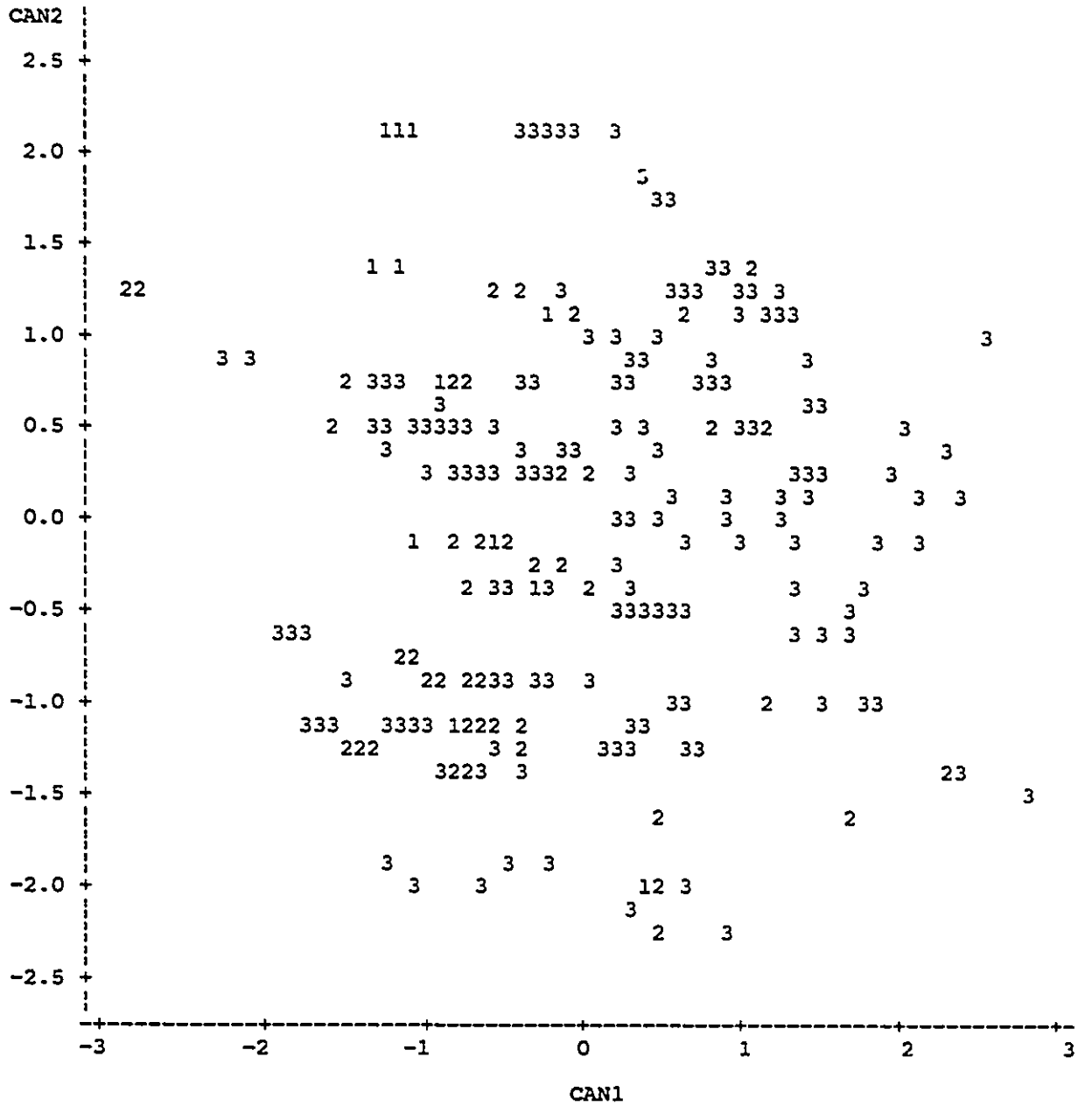
NOTE: 69 obs cachées.

FIGURE 23: Diagramme de dispersion dans l'analyse canonique de discriminantes à 4 groupes estimés avec les moyennes.



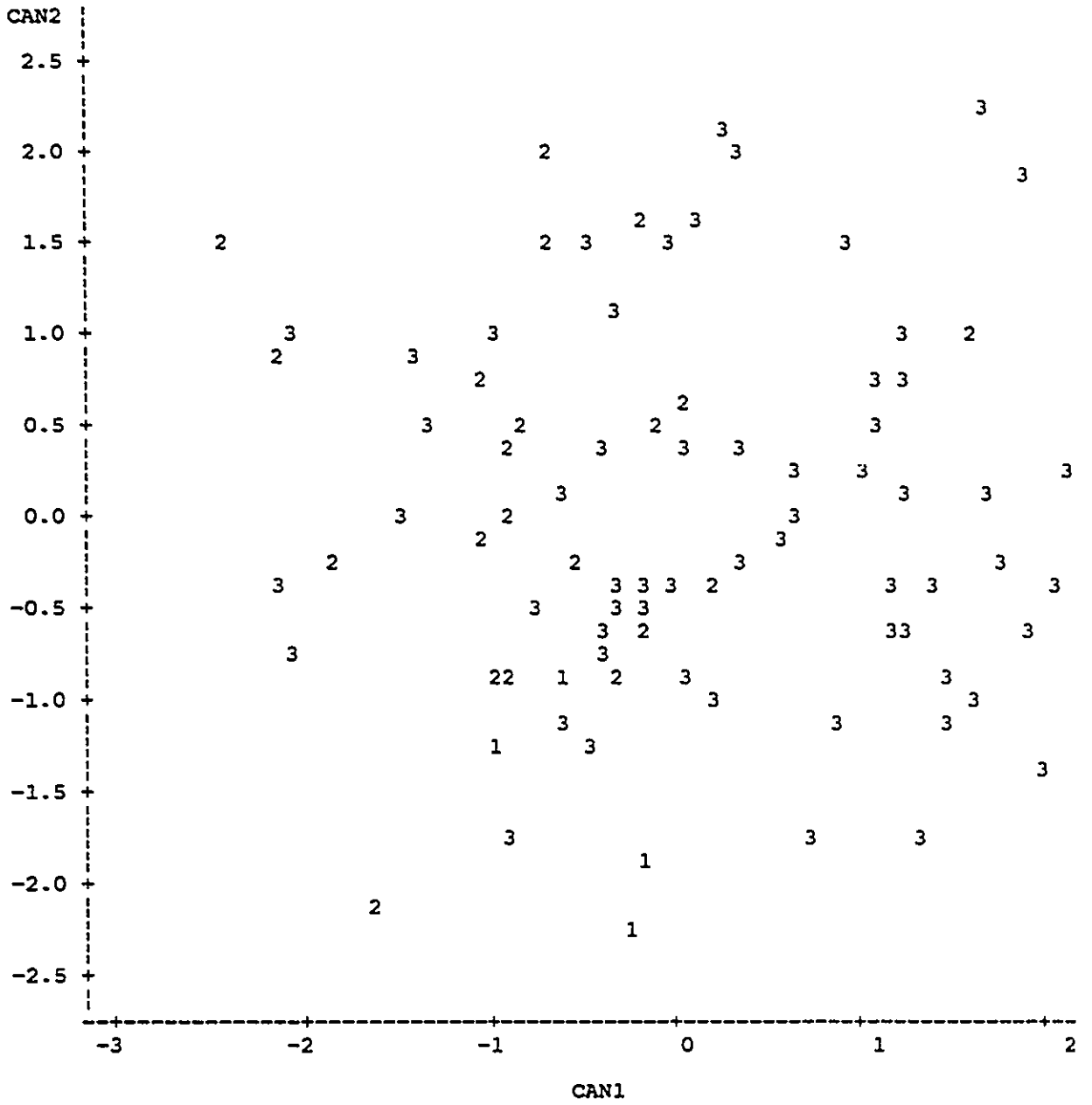
NOTE: 4 obs cachées.

FIGURE 24: Diagramme de dispersion dans l'analyse canonique de discriminantes à 3 groupes estimés avec les individus.



NOTE: 47 obs cachées.

FIGURE 25: Diagramme de dispersion dans l'analyse canonique de discriminantes à 3 groupes estimés avec les moyennes.



NOTE: 1 obs cachée.

3.4.4.1 L'analyse avec 4 groupes estimés (Fig. 22 et 23) a montré qu'il n'y a pas de formation de groupements différenciés en rapport avec la susceptibilité. Ce manque de tendance implique l'abandon de la formation de quatre groupes de susceptibilité tel qu'expliqué plus haut.

3.4.4.2 L'analyse avec 2 groupes estimés:

3.4.4.3.1 Avec les individus: Il y a en général une corrélation faible entre l'axe canonique et les caractères comme expliqué ci-dessous.

-Entre la structure canonique: La tendance semble être neutre sur l'ensemble des caractères.

-Plongée dans la structure canonique: Comme dans le premier cas, les caractères 07 et 12 manifestent de légères tendances vers une corrélation significative.

-Total canonique des coefficients d'échantillons standardisés: La légère tendance est visible chez le caractère 06 (0.5300984845), 09 (-0,5133317423) et 12 (0,5134673287).

-Plongée à l'intérieur de la classe canonique de coefficients: On décèle une faible tendance avec le caractère 06 (0,5284101461) et 09 (-0,5096240301).

-Rangée canonique des coefficients: Seul le caractère 12 (58,86660598) a manifesté une certaine tendance. Il convient ainsi de s'accorder avec le programme dans le test de l'hypothèse nulle (H_0) que «les corrélations canoniques sont nulles dans toutes les rangées.

Par ailleurs l'interprétation des histogrammes nous a tout de même indiqué une tendance vers une normalité corrélative. La représentation directe et celle issue de la transposition configurale nous indique un bon départ, mais une discontinuité s'opère à la suite (Fig. 26).

3.4.4.2.2 Avec les moyennes: Les résultats sont sensiblement les mêmes qu'avec ceux des individus (Fig. 27).

FIGURE 26: Fréquence des entailles des axes canoniques de discriminantes pour toutes les observations des variétés d'orge après avoir été divisées en 2 classes par "clustering" MODECLUS à $k = 22$ et $k = 32$ (cas avec les individus).

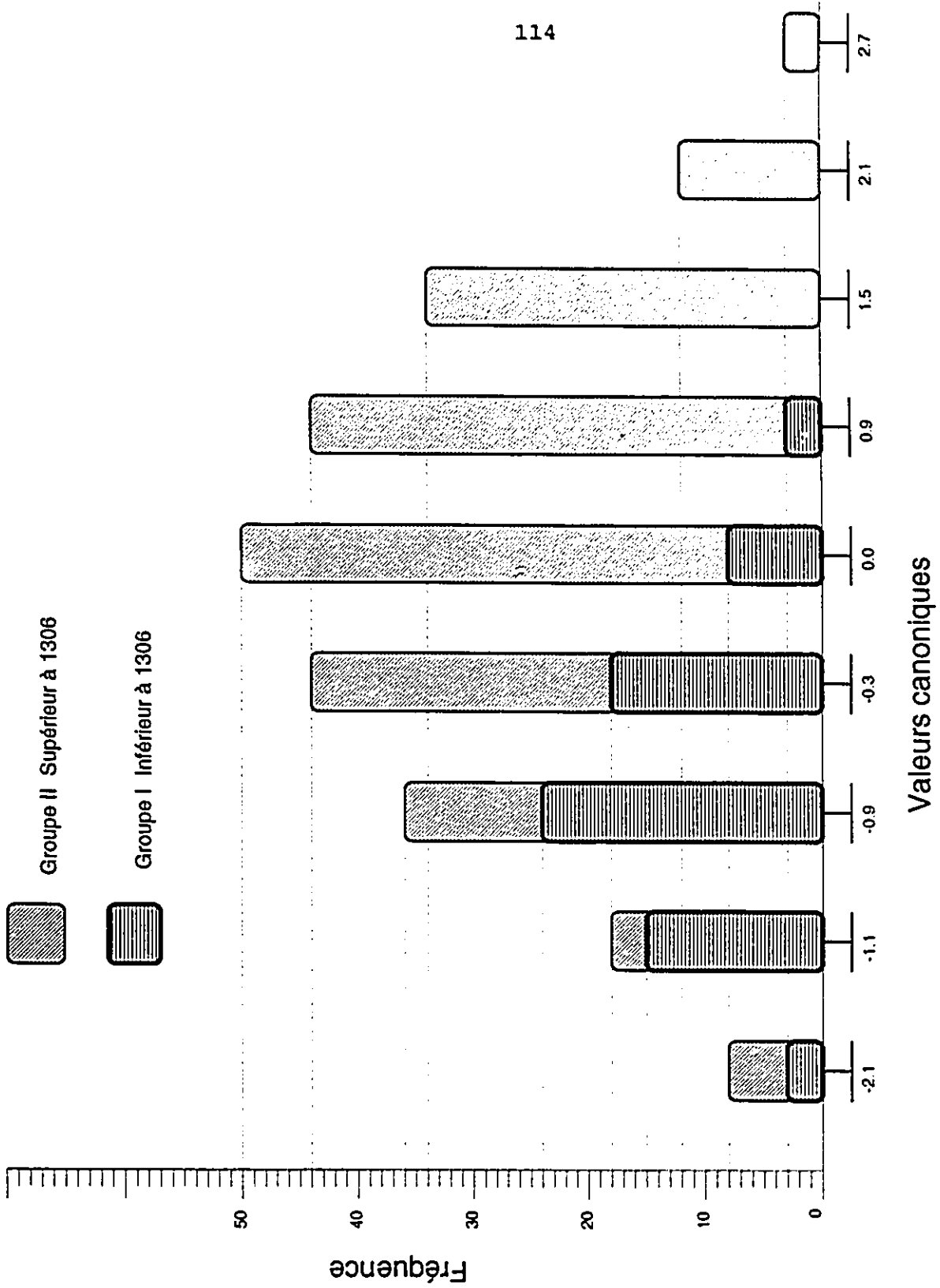
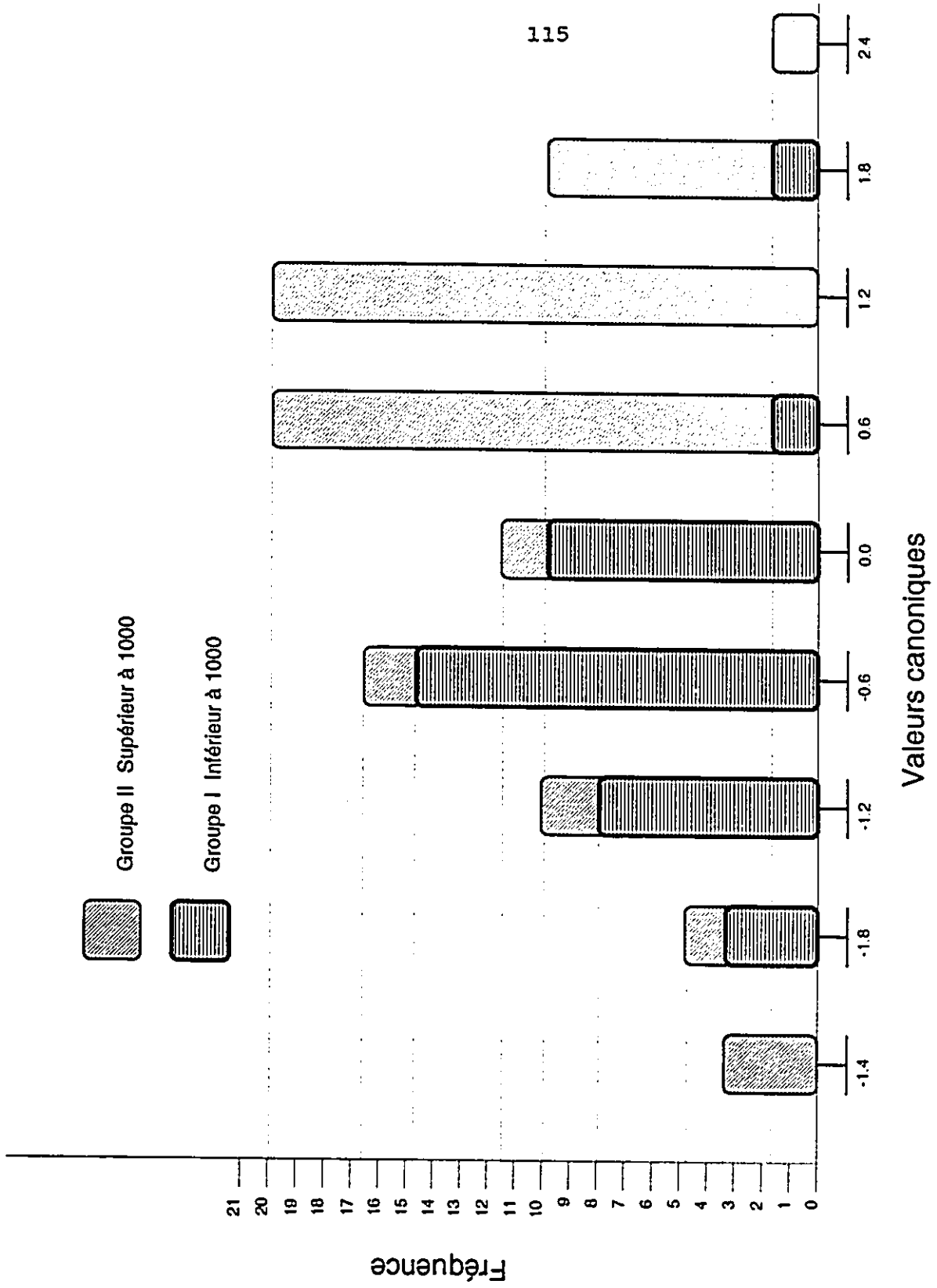


FIGURE 27: Fréquence des entailles des axes canoniques pour toutes les observations des variétés d'orge après avoir été divisées en 2 classes par "clustering" MODECLUS à $k = 9$ et 12 (cas des moyennes).



3.4.5 "clustering" par MODECLUS:

Par la méthode MODECLUS, nous avons comparé nos groupements estimés avec ceux de susceptibilité (estimés par la méthode).

3.4.5.1 Le MODECLUS avec 4 groupes de susceptibilité (Tableau 13) suggère une légère tendance qui n'est cependant pas suffisante pour s'affirmer sur la fiabilité d'une formation des quatre groupes.

3.4.5.2 Le MODECLUS avec 3 groupes de susceptibilité fait avec les individus a été l'objet de deux estimations: le premier avec $k = 22$ (Tableau 14) et le second avec $k = 32$ (Tableau 15). Ni avec l'un ni avec l'autre il n'y a eu de formation distincte de groupes. La représentation graphique sur une rangée de k (Tableau 16 et Fig. 28) montre une surface de stabilisation à 3 "clusters", ensuite à 2 "clusters".

3.4.5.3 Le MODECLUS avec 2 groupes de susceptibilité a été fait avec les moyennes; d'une part avec $k = 9$ (Tableau 17) et d'autre part avec $k = 12$ (Tableau 18). Les valeurs des "clusters" et de k figurent sur le Tableau 19. Les tendances existent mais restent toutes fois faibles. L'analyse a montré qu'il y a une stabilisation seulement à 2 "clusters" (Fig. 29).

Tableau 13: "clusters" par 4 groupes de susceptibilité.

Groupements trouvés par la méthode MODECLUS	Groupes estimés				Total
	1	2	3	4	
1	60	0	0	0	60
2	60	32	0	0	92
3	0	52	30	0	82
4	0	0	6	15	21
Total	120	84	36	15	255

Tableau 14: "clusters" par 3 groupes de susceptibilité avec les individus et $k = 22$.

Groupes estimés

Groupements par MODECLUS	1	2	3	TOTAL
1	33	29	4	66
2	58	24	14	96
3	71	20	2	93
TOTAL	162	73	20	255

Tableau 15: "clusters" par 3 groupes de susceptibilité avec les individus et $k = 32$.

Groupements par MODECLUS	Groupes estimés			TOTAL
	1	2	3	
1	49	19	10	78
2	27	29	4	60
3	86	25	6	117
TOTAL	162	73	20	255

Tableau 16: Valeurs de k et nombre de "clusters" dans MODECLUS à 3 groupes de susceptibilité avec les individus.

k	"clusters"	k	"clusters"
2	84	16	4
3	71	17	4
4	23	18	3
5	20	19	3
6	16	..	3
7	13	47	3
8	12	48	2
9	11	..	2
10	8	76	2
11	8	77	1
12	7	78	1
13	5	79	1
14	5	80	1
15	7		

Tableau 17: "clusters" par 2 groupes de susceptibilité avec les moyennes et $k = 9$.

Groupements par MODECLUS	Groupes estimés		TOTAL
	1	2	
1	47	18	65
2	9	11	20
TOTAL	56	29	85

Tableau 18: "clusters" par 2 groupes de susceptibilité avec les moyennes et $k = 12$.

Groupements par MODECLUS	Groupes estimés		TOTAL
	1	2	
1	9	11	20
2	47	18	65
TOTAL	56	29	85

Tableau 19: Valeurs de k et nombre de "clusters" à
2 groupes de susceptibilité avec moyennes

k	"clusters"
2	21
3	10
4	9
5	7
6	6
7	3
8	2
9	2
10	2
11	2
12	2
13	2
14	2
15	1
16	1
17	1
18	1
19	1
20	1

FIGURE 28: Graphique du MODECLUS à 3 groupes estimés avec les individus.

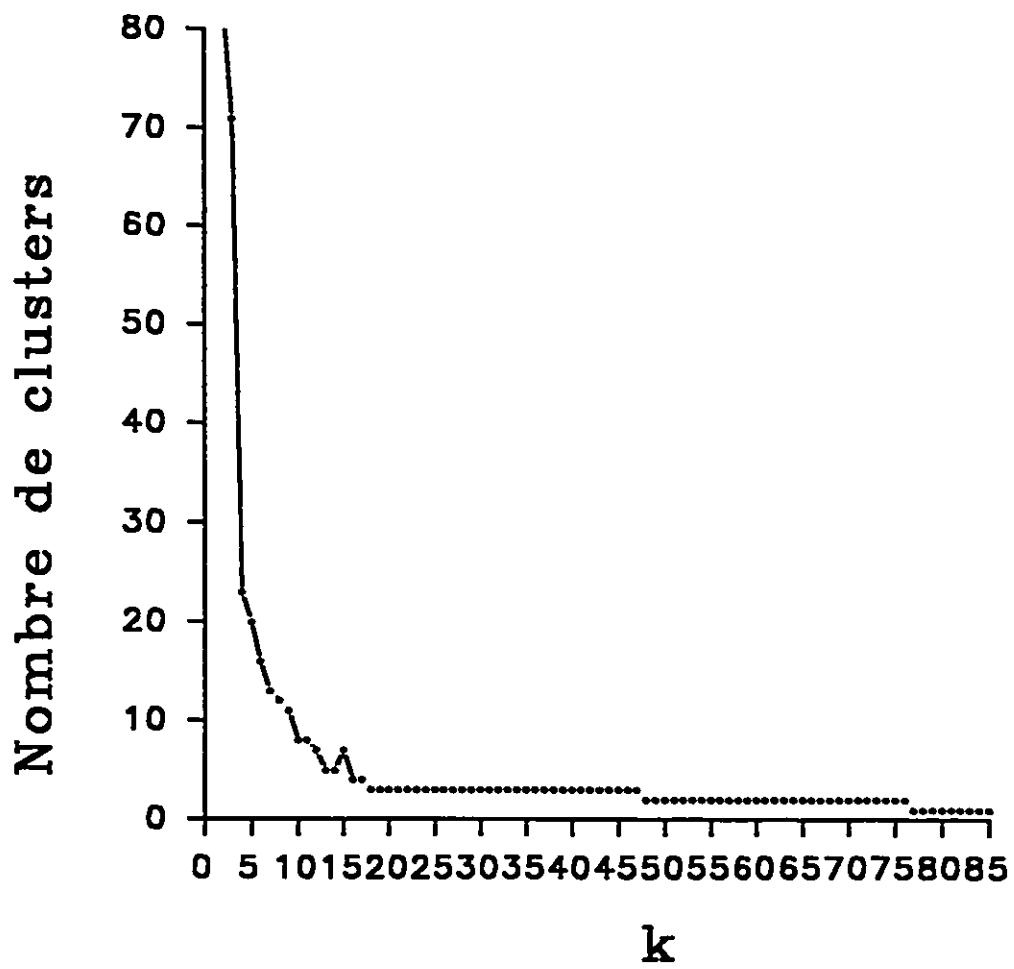


FIGURE 29: Graphique du MODECLUS à 2 groupes estimés avec les moyennes.

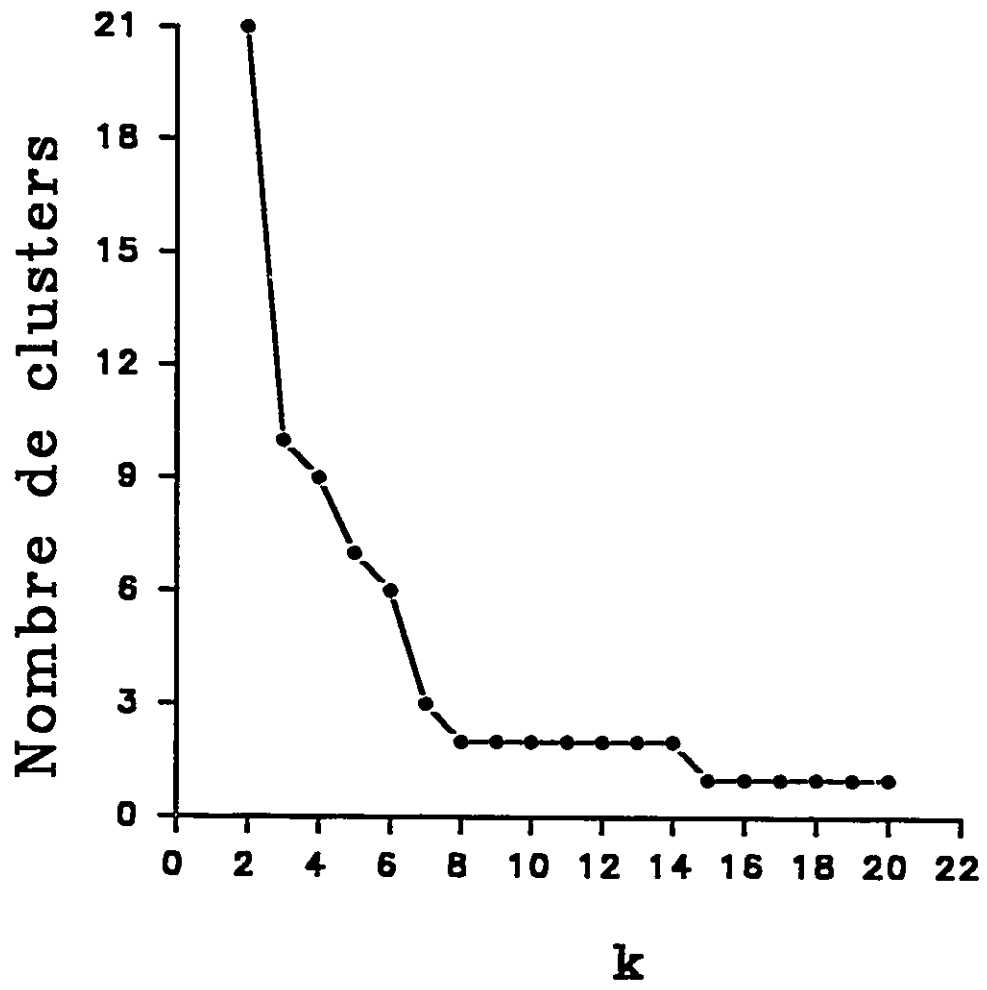


Tableau 20: Valeurs de 4 différents tests statistiques avec les groupes estimés 4, 3 et 2 avec les individus.

STATISTIQUES	GRS.	VALEURS	F	Pr > F
WILKS' LAMBDA	4	0,68070296	1,0844	0,3607
	3	0,77643132	1,0790	0,3790
	2	0,79685854	2,0677	0,0436
PILLAI' S TRACE	4	0,35787048	1,0986	0,3430
	3	0,23559259	1,0830	0,3790
	2	0,20314146	2,0677	0,0436
HOTELLING-LAWLEY TRACE	4	0,41436624	1,0692	0,3794
	3	0,27245781	2,0747	0,3836
	2	0,25492789	1,0677	0,0436
ROY'S GREATEST ROOT	4	0,19858232	1,6107	0,1281
	3	0,19165632	1,5545	0,1454
	2	0,25492789	2,0677	0,0436

Tableau 21: Valeurs des axes canoniques dans les 4, 3 et 2, groupes estimés.

GROUPE		C.	A.	N.
SUSCEP.		1	2	3
1		0,382840113	0,015844318	0,159944390
2		-0,125134859	0,184308508	-0,301419791
4	3	-0,896675713	-0,036930416	0,322354743
4		-0,011255855	-1,896058103	-0,301183337
1		0,374606805	-0,181837306	
3	2	-0,069197383	0,368199631	
3		-0,810609139	-0,275744752	
2	1	0,365522616		
2		-0,680628321		

Tableau 22: Valeurs des 4 statistiques dans les cas des 4 groupes estimés avec les moyennes.

STATISTIQUES	VALEURS	F	Pr > F
WILKS' LAMBDA	0,88451291	3,5543	0,0004
PILLA' S TRACE	0,11548709	3,5543	0,0004
HOTELLING-LAWLEY TRACE	0,13056575	3,5543	0,0004
ROY' S GREATEST ROOT	0,13056575	3,5543	0,0004

Tableau 23: Valeurs des axes canoniques des groupes estimés par 2, avec les moyennes.

GROUPES DE SUSCEPTIBILITE	GROUPES CANONICAUX
1	-0,7026556687
2	0,1843601507

CHAPITRE IV: DISCUSSION et CONCLUSION.**4.1 Etude phytochimique - Gramine:**

4.1.1 **Méthode d'extraction:** Cette méthode, décrite par Zuniga et al. (1984), a l'avantage d'aboutir à un composé purifié en se servant de faibles quantités d'échantillons. Cela est à prendre en considération parce que l'obtention de grandes quantités de matières végétales n'est souvent pas aisée. Aussi la lyophilisation et le stockage de telles quantités volumineuses, s'il était possible de les avoir, seraient difficiles.

La lyophilisation est une méthode pratique qui aide à éliminer le contenu en eau des tissus sans pour autant altérer les composés chimiques et permet ainsi de les garder pendant longtemps sans beaucoup de risques de moisissure. A défaut de cette méthode on se verrait dans l'obligation de récolter et d'extraire sans délai. Dès lors les difficultés deviendraient multiples surtout lorsque le nombre de plantes serait très élevé et le temps d'occupation des espaces de culture limité.

La méthode d'extraction, permettant l'élimination de la chlorophylle et les principaux autres composés actifs, est vérifiée avant tout par la chromatographie sur couche mince. Cela permet de comparer le facteur de rétention (Fr) de l'extrait avec celui du standard de gramine. Cela fût très efficace dans le cas présent tel que le montrent les images sur les **Planches III et IV.**

La purification a été contrôlée par la réalisation des

chromatographies sur couche mince non seulement des premiers résidus issus du séchage de la solution de broyage mais aussi et surtout de l'extrait aqueux. Dans les deux cas aucune tache n'a été observée. C'est ce qui prouve l'assertion des auteurs (Zuniga et al.1984) que la gramine est le seul alcaloïde indolique à être recouvert de cette manière.

Il faut noter le changement que nous avons apporté dans la dernière phase de l'extraction qui a consisté au remplacement de l'acétate d'éthyl par le méthanol (dissolution du résidu de la phase organique).

4.1.2 Méthodes chromatographiques:

- La chromatographie sur couche mince, comme indiqué ci-dessus, a permis d'établir pour tous les échantillons un R_f identique à celui du standard de gramine (Planche IV).

Aussi comme la chromatographie sur couche mince a été faite selon les individus, il nous a été facile d'être davantage sûr de nos résultats (Planches III, IV et V). La méthode de coloration au réactif d'Ehman telle que décrite par lui-même (Ehman, 1976) fut trouvée efficace parce que non seulement les taches sont bien apparues, mais aussi parce qu'il y a plus d'un an que nous conservons ces plaques qui gardent intact l'éclat de leur couleur rose du début.

- La chromatographie liquide à haute performance (C.L.H.P.) au Perkin Elmer, après un début tumultueux nous a réjoui par la précision des résultats. D'abord, l'utilisation du spectrophotomètre nous a permis de déceler une

longueur d'onde de 280 nm étant donné que celle de notre solvant organique, le méthanol, est de 205 nm. Le recouvrement, qui n'est souvent pas aisé à réaliser, nous a permis d'avoir une valeur stable après plusieurs variations. C'est donc ce recouvrement de 96% (Fig. 10) que nous avons maintenu comme référentiel à toute notre chromatographie car elle est la plus proche de celle trouvée par Zuniga et al. (1984) qui est de 97%. Ces difficultés s'expliquent par le fait que nous n'avons trouvé aucune méthode préliminaire de chromatographie liquide à haute performance établie ni même de modèle de dilution des échantillons. A propos de dilution, c'est après plusieurs essais que nous avons trouvé nos dilutions modèles qui ont légèrement varié en fonction de la concentration de gramine (voir tableaux 6 et 7). Il est aussi bien de rappeler que le Perkin Elmer est une installation d'une sensibilité extrême, raison pour laquelle il aura fallu la patience de filtration et une circulation à blanc (injection du solvant) pendant 30 minutes pour trouver une calibration correcte par conséquent une ligne de base parfaite avant l'injection des échantillons.

Cette circulation à blanc de 30 mn a été nécessaire chaque fois que nous avons changé de paramètres (vitesse du flot, pression, pourcentage de solvants, etc...). Compte tenu de cette sensibilité remarquable, il pouvait y avoir des déclinaisons plus ou moins importantes dans la méthode (au cours du travail) de façon à ce que le même échantillon pouvait donner deux chromatogrammes largement différents, en hauteur, par exemple.

Ainsi, pour surveiller ces fluctuations éventuelles, nous avons procédé à l'injection par intermittence du standard entre les injections d'extrait. Cette fiabilité de la méthode est important à noter car chaque fois qu'une déviation d'environ 5% se remarquait, nous recommencions la chromatographie.

L'utilisation de la pompe automatique a l'avantage d'engager plusieurs échantillons pendant longtemps. Mais elle ne permet pas d'économiser les échantillons pour des reprises éventuelles. D'ailleurs la pompe manuelle a été plus avantageuse car, nous obligeant à rester proche des appareils (ce qui est sécuritaire), elle permet de surveiller tout changement imprévu dans la méthode.

La remarque très importante que nous avons faite sur les résultats de la chromatographie sur couche mince et la chromatographie liquide à haute performance est que toutes les variétés qui n'ont laissé voir aucune trace sur les plaques chromatographiques (C.C.M) à côté du standard (Planche III) n'ont donné aucun chromatogramme au Perkin Elmer (C.L.H.P.).

4.2 Résistance variétale et contenu en gramine:

Les résultats statistiques de l'expérimentation nous montrent le degré de résistance des variétés testées. En effet le R^2 indique que 80% de la variation en résistance est dû à la gramine. La corrélation entre le contenu en gramine et le taux de croissance de la population de *Schizaphis graminum* (Rondani) est d'un $r = - 0.98$ (Zuniga et al. 1984). Nous n'avons pas pu tester *Ropalosiphon padi* auquel l'orge est plus résistante qu'à

Schizaphis graminum (Zuniga et al. 1984). Nous avons par exemple constaté que les feuilles de CI 1014 sont plus scabres que celles de toutes les autres variétés. D'ailleurs dans le cadre du rôle de la structure anatomique dans la protection de l'orge, nous avons fait des coupes microscopiques des 7 variétés qui ont fait l'objet de l'expérimentation, mais nous n'avons pas pu présenter les résultats dans la thèse. Il est possible que les variétés pauvres en gramine, mais qui ont pourtant résisté plus que les plus riches, aient d'autres substances de protection qui les mettent mieux à l'abri des attaques des aphides.

Pour ce faire, nous avons réalisé une chromatographie sur papier des échantillons de feuilles et de fleurs de quelques variétés. Il en est ressorti effectivement l'existence des flavonoïdes et des phénols.

Aussi avons-nous analysé quelques variétés à l'âge de 21 jours et à l'âge de 28 jours. Pour toutes les variétés il est ressorti une diminution de la quantité de gramine. Ce qui nous a permis de confirmer davantage les assertions des premiers auteurs qui stipulent la diminution de la concentration en gramine avec le vieillissement.

Il y a un aspect important que nous avons constaté lors de ces séries d'expérimentations. C'est que, l'augmentation de la température de 20°C à 25°C dans la chambre de croissance a provoqué une augmentation du taux de mortalité des aphides. L'augmentation de la concentration en gramine avec l'augmentation de la température a d'ailleurs été démontrée par Salas et

Corcuera (1991).

4.3 Analyses statistiques: La réalisation de 3 individus d'échantillons biologiques a pour objet de voir s'il n'y a pas de variation génotypique significative de la concentration de gramine car étant 3 individus d'une même variété, cultivés dans les mêmes conditions. Ils peuvent, au moins par sélectivité, présenter des différences génotypiques; ce qui est tout à fait normal. C'est la raison pour laquelle nous avons procédé au test à intervalle multiple de Duncan suivi du " Duncan-Waller k ratio test" (Fig. 17). Le résultat a montré qu'il y a effectivement une variation significative entre les différents génotypes. D'ailleurs l'expérimentation démontre cet état de chose car le nombre de survivants sur les 8 individus, ayant reçu le même nombre d'aphides, est variable d'un individu à un autre.

Nous avons, enfin, fait élever des aphides sur des diètes artificielles auxquelles nous avons incorporé du standard de gramine, des extraits de gramine de différentes variétés d'orge en respectant les dilutions utilisées lors de la chromatographie et un témoin (diète simple). Nous avons remarqué l'augmentation de la mortalité en fonction de l'augmentation de la concentration de gramine.

4.3.1 Les analyses univariées: Nous avons procédé à la division en 2 groupes de nos données selon qu'elles sont d'ordre qualitatif ou quantitatif. Par la méthode des variables qualitatives, avec "ANOVA et Test de Duncan" (associés) pour l'origine et la couleur des graines, et le "Test de T" pour la

forme des épillets, le nombre de rangs et la saison de culture, nous avons obtenu des résultats (Tableau 8) dont l'interprétation nous a montré qu'aucun des tests n'est significatif. La conclusion est que l'origine géographique, le nombre de rangs et la saison de culture n'influencent pas la quantité de gramine et que la concentration en gramine n'a aucune influence sur la variation de couleur des graines.

Par la méthode des variables quantitatives, nous avons procédé à des régressions qui nous ont montré qu'il n'y a aucune corrélation significative (négative ou positive) entre la gramine et ces caractères; seulement la longueur des glumes présente une faible tendance qui, entre autre, n'est pas remarquable.

4.3.2 Relation entre les groupements estimés et ceux de susceptibilité: Il nous a été possible de faire plusieurs propositions: groupement avec les individus et avec les moyennes, par 4, 3 et 2 qui, en général, ont été rejetées par manque de fiabilité. Seuls les groupes estimés par 2 ont montré quelques tendances. Nous avons utilisé l'analyse canonique de discriminantes (procédure CANDISC dans SAS) et le "clustering" (méthode MODECLUS procédé dans SAS).

4.3.2.1 Analyse canonique de discriminantes: La méthode classique permettant de comparer deux ensembles de descripteurs est sans contredit celle des "corrélations canoniques" (Legendre & Legendre, 1984). Ils soutiennent que dans l'analyse canonique de discriminantes le problème ne consiste plus à établir des groupes, on les suppose connus à

priori ou à la suite d'un groupement, d'une ordination ou de la superposition. On distingue ainsi les analyses canoniques "multiples" (distinction de plus de 2 groupes) et les analyses canoniques "simples" (distinction de 2 groupes). Les Tableaux: 20 ,21, 22 et 23 nous montrent quelques résultats tant des différents tests statistiques que des valeurs des axes canoniques.

Le degré de chevauchement entre les deux "clusters" avec individus est relativement moyen comme le montre la Fig. 27. Cette division en deux "clusters" avec les individus est remarquablement proche de la division en 2 "clusters" avec les moyennes (Fig. 28).

Le test statistique λ de Wilk est de 2,0677 ($P < 0,0436$) pour les individus, ce qui ne manifeste qu'une faible tendance à la signification tandis qu'avec les moyennes ces valeurs sont de 3,5543 ($P < 0,0004$) dont la tendance significative est plus remarquable.

4.3.2.2 Grâce au "clustering" par la procédure MODECLUS nous avons pu avoir des graphiques dont l'interprétation crée une concordance avec celle de l'analyse canonique de discriminantes. Dans le cas du "clustering" par MODECLUS avec individus on remarque une première région de stabilisation entre $k = 18$ et $k = 47$ où les 3 "clusters" ont été obtenus et une deuxième région de stabilisation lorsque $k = 48$ à $k = 76$ où les 2 "clusters" ont été obtenus. Dans le cas des moyennes nous avons obtenu seulement une région de stabilisation entre

$k = 8$ et $k = 14$ où les 2 "clusters" ont été obtenus. Notre objectif était d'aboutir à la formation de groupes de susceptibilité bien distincts, ce qui nous aurait permis de proposer une classification chimique en relation avec les caractères morphologiques. Il n'est cependant pas négligeable de savoir qu'un tel objectif est difficile à atteindre compte tenu de tous les résultats que nous avons obtenus et discutés plus haut.

Si la gramine ne peut pas être utilisée comme élément caractéristique de la classification intraspécifique comme on s'y attendait, sa connaissance permet cependant non seulement d'améliorer l'arsenal d'insecticides, mais aussi de faire une amélioration dans le choix de l'orge de fourrage et celui de maltage. Nous suggérons ainsi une étude phytochimique (notamment pour le contenu en gramine) de toutes les variétés d'orges cultivées. Un tel travail, avec de nombreuses données, permettra à coup sûr d'apporter de plus amples informations dans l'étude des ressources génétiques de l'orge cultivée et de maîtriser davantage le contrôle de sa relation avec les insectes nuisibles notamment les aphides.

Bibliographie

- Aberg, E., (1940) The taxonomy and phylogeny of *Hordeum* L. sect *Cerealia* Ands. with special reference to Thibetan barleys. *Symbolae Botanicae Upsalienses* IV, 156 pages, Uppsala.
- Aberg, E., (1943) Problems in the classification of cultivated plants. *Chron. Bot.* 7: 375-378.
- Aberg, E. & Wieb, G.A. (1946) Classification of barley varieties grown in the United States and Canada in 1945. U.S. Dept. Agr. Tech. Bul. 907, 190 pp., illus.
- Adams, J.B., & Wade, C.V., (1967) Aphid behaviour and host plant preference demonstrated by electronic patterns of probing and feeding. *American Potato Journal*, 53: 305-308.
- Agriculture Handbook N° 338 (1979) Barley: origin, botany, culture, winter hardiness, genetic, utilization, pests U.S. Department of Agriculture and Education Administration, Hyattsville, Maryland 20782.
- Al-Mousawi, A.H., Richardson, P.E. & Burton, R.L. (1983) Ultrastructural studies of greenbug (Hemiptera:Aphididae) feeding damage to susceptible and resistant wheat cultivar. *Annals of the Entomological Society of America*, 76: 964-971.
- Archer, E., (1922) A classification and detailed description of the barleys of Australia. Institut of Science and Industry. Bulletin n°22, 33 pages Melbourne.
- Argandona, H.V., Niemeyer, M.H & Corcuera L.J. (1981) Effect of content and distribution of hydroxamic acids in wheat on

- infestation by the aphids *Schizaphis graminum* (Rond.).
Phytochemistry, 20: 673-676.
- Argandona, H.V., Pena, F.G., Niemeyer, M.H. & Corcuera L.J.
 (1982) Effect of cysteine on stability and toxicity to
 aphids of a cyclic hydroxamic acid graminaceae.
Phytochemistry, 21: 1573-1574.
- Arnason, J.T., Philogène, B.J.R., Moran, P., Sciano, J.C.,
 Werstink, N. & Lam J. (1987) Thiophenes and acetylene:
 Phototoxic agents to herbivores and blood feeding insects.
 In: Light activated pesticide. Heitz, J.R. & Downum, K.R.
 (eds) ACS Symposium series 339: 255-264
- Arnason, J.T., Philogène, B.J.R. & Morand, P. (1989) Insecticides
 of plant origin. American Chemical Society, ACS Symposium
 series 387, Washington DC., 213 pp.
- Auclair, J.L., (1986) La nutrition des aphides et en particulier
 d'*Acyrtosiphon pisum* (Harris), en relation avec leurs
 plantes hôtes. *Revue d'Entomologie du Québec*, vol. 31 N° 1
 et 2.
- Auclair, J.L. (1989) Host plant resistance. In: *Aphids, their
 Biology, Natural Enemies and Control*, Vol. C. (A.K. Minks
 and P. Harrewijn, eds.), Elsevier Science Publishers,
 Amsterdam.
- Baillargeon, G., (1984) *Méthodes statistiques vol. 1, les
 éditions SMG, C.P. 1954, Trois-Rivières Québec, CANADA.*
- Bakhteyev, F.H., (1948) Une nouvelle classification des orges
 cultivées, *Doklady Akad-Nauk, U.R.S.S.* 59: 973-976.

- R.H. (1978) Reversed-phase high-pressure liquid chromatography of some tryptamine derivatives. *Journal of Chromatography*. **157**: 365-370.
- Barria, B.N., Copaja, S.V. & Niemeyer, H.M., (1992) Occurrence of DIBOA in wild *Hordeum* species and its relation to aphid resistance. *Phytochemistry*, **31**: 88-91.
- Bate-Smith, E.C. (1974) Attractant and repellent to higher animals. In Harborne, J.B., Mabry, T.J., Mabry, H. (eds): "Flavonoids", London: Chapman & Hall: 45-46.
- Baum, B.R., (1981) Taxonomy of the infraspecific variability of cultivated plants. *Kulturpflanzc* **29**: 209-239.
- Baum, B.R., (1983) Morphometric relationship in *Hordeum vulgare* (Triticeae, Poaceae) II. *Hordeum agriocrithon*, *Hordeum distichum*, *Hordeum lagunculiform*, *Hordeum spontaneum* and *Hordeum vulgare*. *Can. J. Bot.* **61**: 2023-2031.
- Baum, B.R., (1986a) Computer methods in infraspecific taxonomy of wild and cultivated plants. *Syst. Assoc. Spec. Vol.* **29**: 239-254.
- Baum, B.R., (1986b) Classification of cultivated barley *Hordeum vulgare* L. 1-Historical aspects and phenetic character analysis of some characters information theory and by spatial autocorrelation. *Can. J. Bot.* **64**: 2769-2773.
- Baum, B.R., (1986c) Classification of cultivated barley *Hordeum vulgare* L. 2. Elaboration of cultivar groups *Can. J. Bot.* **65**: 2152-2160.

- Baum, B.R., & Bailey, L.G., (1991) A numerical taxonomic investigation of the *Hordeum brevisubulatum* aggregate. Can. J. Bot. 69: 2011-2019.
- Beaven E.S., (1902) Varieties of Barley. Journ. of Federated Institutes of Brewing VIII, n°5, 542-594.
- Beaven, E.S., (1950) Barley: Fifty years of observations and experimentations, 394 pages.
- Bell, E.A. & Charlwood B.V. (1980) Secondary Plant Products. Encyclopedia of Plant Physiology, New serie Vol. 8. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New-York.
- Benoit, P., (1975) Noms français d'insectes au Canada avec leurs noms latins et anglais correspondants. Agriculture Québec 4^{ième} édition pp.214.
- Bergal, P., (1947) Sur la valeur taxonomique des lodicules ou glumelles de l'orge *Hordeum sativum* Jess. [Paris] Acad. des sci. Camp. Rend 224: 489-491 illus.
- Bergal, P., (1948) Les lodicules et leur utilisation dans la systématique du genre *Hordeum*. Annales des Sciences Naturelles. Botanique II^e serie, IX, 269 pages Masson et C^{ie} éditeurs. Paris.
- Blackman, R. L. & Eastop, V. F., (1986) Aphids on the World's Crops: An identification and information guide. Department of Entomology British Museum (Natural History). A Wiley - Interscience Publication; Johnson Wiley & Sons.
- Bowden, K. & Marion, L., (1951) The biogenesis of alkaloids. IV. The formation of gramine from tryptophan in barley. Canadian

- Journal of Chemistry, 29: 1037-1042.
- Brandt, K. von Euler, H. Hellstrom, H. & Lofgren, N. (1935) Z. Physiol. Chem. 235: 37.
- Brehm, B.G. & Krell, D., (1975) Flavonoid localization in epidermal papillae of flower petals: a specialised adaptation for ultraviolet absorption. Science 190.
- Brown, B.R., Love, C.W. & Handley, W.R.C., (1962) Protein-fixing constituents of plants, Part III Rep. For. Res., pp 90-93 London: H.M.S.O.
- Brown, K. S. Jr., (1975) The chemistry of aphids and scale insects. Chemical Society Reviews, 4: 263-288.
- Burnett, D., & Audus, L.J. Phytochemistry 3: 395-415.
- Campbell, B.C., McLean, D.L., Kinsey, M.G., Jones, K.C. & Dreyer, D.L., (1982) Probing behaviour of the greenbug (*Schizaphis graminum*, biotype C) on resistant and susceptible varieties of sorghum. Entomologia Experimentalis et Applicata, 31: 140-146.
- Campbell, B.C. & Dreyer, D.L., (1985) Host-plant resistance of sorghum: differential hydrolysis of pectic substances by polysaccharases of greenbug biotypes (*Schizaphis graminum*, Homoptera: Aphidae). Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 2: 203-215.
- Campbell, B.C. (1986) Host-plant oligosaccharides in the honeydew of *Schizaphis graminum* (Rondani) (Insecta, Aphidae). Experientia, 42: 451-452.
- Carter, N., Mclean, I.F.G, Watt, A.D. & Dixon, A.F.G. (1980)

- Cereal aphid: a case study and review. In Applied Biology V (ed.T.H. Coaker).pp.271-348. Academic, London.
- Chatters, R.M. & Schlehner, A.M. (1951) Mechanics of feeding of the greenbug (*Toxoptera graminum* Rond.) on *Hordeum*, *Avena* and *Triticum*. Oklahoma Agriculture Experiment Station Technical Bulletin, No T-41.
- Comeau, A. (1976) Elevage en masse et épandage sur le terrain des pucerons (*Aphidae*) vecteurs du virus du nanisme jaune de l'orge (BYDV). Canadian Entomology; 108: 373-378.
- Comeau, A., Saint Pierre C.A., (1979-1987) Essai sur la résistance des céréales au virus de la jaunisse nanissante de l'orge (VJNO). Station de recherche de Sainte-Foy et Département de Phytologie, Rapports n^{os} 1 - 9.
- Corcuera, L.J. (1984) Effects of indole alkaloids from Gramineae on aphids. Phytochemistry, 23: 539-541.
- Culvenor, C.C (1973) in chemistry and biochemistry of herbage (Butler, G.W. & Bailey, R.W. eds), vol.1 Academic Press, London. pp 375.
- Delew, L.J. (1964) Systemic insecticides to control greenbugs on spring plants barley. J. Econ. Entomol. 57: 250-2.
- Diehl, S.R. & Bush, G.L. (1984) Insect biotyps. Annual Review of Entomology, 29: 471-504.
- Dieudonné, P., & Moès, A., (1944) Classification des races d'orge cultivées en Belgique [Gembloux] inst. Agron. de l'État Bul.13: 139-206.
- Digenis, G.A., (1969) Metabolic fate of gramine in barley.

- Mechanism of incorporation of gramine into tryptophan in barley shoots. *J. Pharm. Sci.* 58: 42-44.
- Dreyer, D.L. & Jones, K.C. (1981) Feeding deterrence of flavonoids and related phenolics towards *Schizaphis graminum* and *Myzus persicae*: aphid feeding deterrents in wheat. *Phytochemistry*, 20: 2489-2493.
- Dreyer, D.L. & Campbell, B.C., (1983) Association of the degree of methylation of intercellular pectin with plant resistance to aphids and with induction of aphid biotypes. *Experimentia*, 40: 224-226.
- Dreyer, D.L. & Campbell, U.S. (1987) Chemical basis of host-plant resistance to aphids. *Plant, Cell and Environment*, 10: 353-361.
- Eastop, V.F., (1973) Biotypes of aphids. *Perspectives in Aphid Biology* (ed A.D.Lowe), pp.40-51. Entomological Society of New Zealand, Bulletin 2.
- Ehmann, A. (1977) The van Urk-Salkowski reagent-A sensitive and specific chromatogenic reagent for silica gel thin-layer chromatographic detection and identification of indole derivatives. *J. Chromatogr.* 132: 267-276.
- Eschrich, W. (1975) Sealing systems in phloem. *Encyclopedia of Plant Physiology*, New serie 1: 39-56 Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New-York.
- Feeny, P. (1975) Biochemical co-evolution between plants and their insect herbivores, pp. 3-19 in Gilbert, L. & Raven, P., co-evolution of animals. Texas University Press, Austin.

- Gallagher, H.C., Koch, C.H., Moore, R.M., Steel, J.D (1964)
Toxicity of *Phalaris tuberosa* for sheep. *Nature*, 204: 542-545.
- Gander, J.E., Marum, P., Marten G.C. & Hovin, A.W., (1976)
Phytochemistry, 15 737.
- Ghini, A.A., Burton, G. & Gros, G.E., (1991) Biodegradation of the indolique system of gramine in *Hordeum vulgare*.
Phytochemistry 30: 779-784.
- Gibson, R.W. & Plum, R.T., (1977) Breeding plants for resistance to aphid infestation. In: K.F. Harris and K. Maramorosch (Editors), *Aphids as Virus Vectors*. Academic Press, New-York, pp.473-500.
- Glenn, W.T. (1971) Resistance in barley to *Schizaphis graminum*. Toxicity of phenolic and flavonoid compounds and related substances. *Ann. Ethnobot. Society of America* 64: 712-722.
- Gower B.G. & Leete E. (1963) Biosynthesis of gramine: The immediate precursors of the alkaloid. *J. Ann. Chem. Soc.* 85:3683-3685.
- Grillot, G., (1959) La classification des d'orges cultivées *Hordeum sativum* Jussen (Essai de mise au point et de coordination des principales classifications) et nouvelles variétés des orges. *Annales de l'amélioration des plantes*, livraison du N° de 1959. Institut National de la Recherche Agronomique.
- Gross, D., Nemeckova, A. & Schütte, H. (1971) *Tetrahedron Letters* 4047.

- Guikshank, I.A.M., & Pezzin, D.R., (1964) Pathological function of phenolic compounds in plants. p 511-44 in J.B. Harborne [ed.] Biochemistry of Phenolic compounds. Academic Press, London and New-York.
- Hanson, A.D., Traynor, P.L., Ditz, K.M., & Reicosky, D.A., (1981) Gramine in barley forage - effects of genotype and environment. *Crop Science* 21: 726-730.
- Hanson, A.D., Ditz, K.M., Singletary, G.W. & Leland, T.J. (1982) Gramine accumulation in leaves of barley under high temperature stress. *Plant Physiol.* 71: 896-904.
- Harborne, J.B., (1964) Phenolic glycosides and their natural distribution, p. 129-69 in (idem 1972).
- Harborne, J.B., (1967) Phenolic glycosides and their natural distribution, p. 383 in (idem 1972).
- Harborne, J.B., (1972) *Phytochemical Ecology* Academic Press, New-York.
- Harlan, H.V., (1918) The identification of varieties of barley. Bulletin 622, U.S. Dept. of Agriculture, 32 pages, Washington D.C.
- Harrison, T.J., (1929) Canadian Barley, official grade, varieties, method of cultivation etc... The Canadian Pool Winnipeg, Canada, 32 pp. illus.
- Harrison, T.J. & associate authors, (1950) Barley varieties for Western Canada Barley Improv. Inst. Bul. 21 44 pp. illus.
- Herger, H.L., (1962) Economic importance of flavonoid compounds of wood and bark, p. 553-92. In T.A. Geissman [ed.] *The*

- chemistry of flavonoid compounds MacMillan, New York.
- Heuzé, G., (1872) Les plantes alimentaires, 2 vol. 576 pages
Paris.
- Hill, D., (1983) Agricultural insect pests of the tropics and
their control. Cambridge University Press, Cambridge. Xii +
516 pages.
- Hsiao, J.Y. (1972) Biochemical systematic and numerical taxonomic
studies of the genus *Platanus*. Thesis Pennsylvania, Ann
Arbor, Mich.
- Hsu, S.J. & Robinson, A.G., (1963) Further study on resistance of
barley varieties to the aphid, *Ropalosiphum padi* (L.)
Canadian Journal of Plant Science, 43: 343-348.
- Jahns, G. (1981) Effects of environment stress on growth and C-
glycosylflavone metabolism in barley seedlings. Ph.D.
dissertation, Miami University, Oxford, OH, 165 pp.
- Kennedy, J.S. (1958) Physiological condition of the host-plant
and susceptibility to aphid attack. *Entomologia
Experimentalis et Applicata*, 1: 50-65.
- Kidd, N.A.C. & Tozer, D.J. (1985) On the occurrence of post-
reproductive life in aphids. *Ecological Entomology*, 10: 357-
359.
- Kleinhofs, A., Kuo, T. & Warner, R. L. (1980) Characterization of
Nitrate Reductase-Deficient Barley Mutants. *Mol. Gen. Genet.*
177, 421-425.
- Koepe, D.E. & Miller, R.J. (1974) Kaempferol inhibitions of corn
mitochondrial phosphorylation. *Plant Physiol.* 54: 374-378.

- Kring, T.J. & Kring, J.B., (1988) Aphid fecundity, reproduction longevity, and parasite development in the *Schizaphis graminum* (Rondani) (Homoptera: Aphididae) - *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) system. The Canadian Entomologist, 120:1079-1083.
- Kshirsagar, A.M. (1972) Multivariate Analysis, New York: Marcel Dekker, Inc.
- Kuo, T., Kleinhofs, A., Somers, D. and Warner, R.L. (1981) Antigenicity of nitrate Reductase-Deficient Mutants in *Hordeum vulgare* L. Mol. Gen. Genet 181, 20-23.
- Lamarck, C. (de) (1778) Flore française V. 3 Paris.
- Leete, E. & Marion, L. (1953) The Biogenesis of alkaloids. IX. Further investigation on the formation of gramin from tryptophan. Can. J. Chem 31: 1195-1202.
- Leete, E. & Marion, L., (1954) The biogenesis of alkaloids. X. The origin of the N-Methyl groups of the alkaloids of barley. Can. J. Chem. 32: 646.
- Legendre, L., & Legendre, P., (1984) Ecologie numérique tome 2; la structure des données écologiques, deuxième édition revue et augmentée. Collection d'écologie 13. Presse de l'Université du Québec, Québec, Canada.
- Louis, V. & Negrel, J. (1991) Tyramine hydroxycinnamoyl transferase in the roots of wheat and barley seedlings. Phytochemistry, 30: 2519-2522.
- Malting Barley improvement Association, (1957) Barley variety Dictionary.

- Maramorosch, K. (1980) Insects and plant pathogens, p. 137-156 in F.G. Maxwell et P.R. Jennings, breeding plants resistant to insects. J. Wiley & Sons, New-York, 683 p.
- Margna, U., Laanest, L., Margna, E., Otter, E. & Vainjarv, (1973) The influence of temperature on the accumulation of flavonoids in buckwheat and some other plant seedlings. Eesti NsV Tead. Akad. Toim. Biol. 22: 163.
- Maxwell, F.G. & Jennings P.R. (1980) Breeding Plant Resistant to Insects. Wiley, New-York, 683 pp.
- McClure, J.W. (1975) Physiology and functions of flavonoids. In Harborne, J.B., Mabry, H. (eds): "The flavonoids", New York Academic Press, p970.
- Montlor, C.B., Campbell, B.C. & Mittler, T.L. (1983) Natural and induced differences in probing behaviour of two biotypes of the greenbug, *Schizaphis graminum*, in relation to resistance in sorghum. Entomologica Experimentalis et Applicata , 34: 99-106.
- Mudd, S.H., (1961) 3-Aminomethylindole and 3-Methylaminomethylindole: New constituents of barley. Nature (London) 189: 489.
- Olien, C.R., Smith, M.N., (1977) Ice adhesions in relation to freeze stress. Plant Physiol. 60: 499-503.
- Orlob, G.B. & Army, D.C. (1961) Transmission of barley dwarf virus by different forms of the apple grain aphid. Virology, 10: 273-274.
- Orlov, A.A., (1931) The most important agronomical and botanical

- forms of barley (*Hordeum sativum* Jessen) studied on the background of the collection of barleys in the possession of the Institute of Plant Industry, and the principal varieties of spring barleys in U.R.S.S. Bull. of Applied Botany, of genetics and plant breeding, **XXVII**, 329-382, Leningrad.
- Orlov, A.A., (1936) Barley-*Hordeum* L. In Antropov. V. I., Antropov, V.F. Mordvinkina, A.I., and Orlov, A.A. Flora of Cultivated Plants II. Cereale, Rye, Barley, and Oats. Lenin Acad. Agr. Sci. U.S.S.R. Inst. Plant Indus., 447 pp., illus. Moscow-Leningrad.
- Oseto, C.Y. & Helms, T.J., (1971) Embryonic and postparturient reproductive system development in *Schizaphis graminum* (Hemiptera; Homoptera: Aphididae) Ann. Entomol. Soc. Am. **64**: 603 - 608.
- Overland, L., (1966) The role of allelopathic substances in the "smother crop" barley. Am.J.Bot. **53**: 423-432.
- Pachter, I.J., Zacharias, D.E. & Ribeiro, O. (1959) Indoles Alkaloids of *Acer saccharinum* (the Silver Maple), *Dictyoloma incanescens*, *Piptadenia colubrina*, and *Mimosa hostilis* (Contribution from the Research and Development Division, Smith Kline and French Laboratories).
- Philogène, B.J.R. & Arnason, J.T. (1986) L'influence des composés secondaires des plantes sur la biologie des insectes. Rev. Entomol. Québec. **31**: 33-42.
- Pollard, D.G., (1973) Plant penetration by feeding aphids (Haemiptera, Aphidoidea): a review. Bulletin of

- Entomological Research, 62: 631-714.
- Porte, K.B., Peterson, G.L. & Vise, O., (1982) A new greenbug biotype. *Crop Science*, 22: 847-850.
- Post, D., (1977) Location of thin-layer chromatographic spots using UV light and tracing paper. *Journal of Chromatography* 132: 130.
- Pridham, J.B., (1959) Paper electrophoresis and paper chromatography of phenolic compounds. *J. Chem.* 2:605-11.
- Puterka, G.J., Peters, D.C., Kerns, D.L., Slosser, J.E., Bush, L., Dorrall, D.W. & McNew, R.W., (1988) Designation of two new greenbug (*Homoptera: Aphididae*) biotypes G and H. *J. Econ. Entomol.* 8:1754-1759.
- Rao, C.R. (1973) *Linear Statistical Inference*, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Reid, L.M. (1988) Resistance of world germplasm resources of maize, *Zea mays*, to European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. M.Sc. thesis, University of Ottawa, Ottawa.
- Reid, L.M., Arnason, J.T., Nozzolillo, & Hamilton, R., (1990) Resistance of maize germplasm to European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, as related to geographical origin. *Can.J.Bot.* 68: 311-316.
- Rhoades, D.F., (1979) Evolution of plant chemical defense against herbivores in: G. A. Rosenthal & D.H. Janzen (eds), *Herbivores, Their Interaction with Secondary Plant Metabolites*. Academic Press, New York, 718 pp.
- Rohringer, R., Samborski, D.J. (1967) Aromatic compounds in the

- host-parasite interaction. *Ann. Rev. Phytophthol.* 5: 77-86.
- Salas, M.L., & Corcuera, L.J. (1991) Effect of environment on gramine content in barley leaves and susceptibility to the aphid *Schizaphis graminum*. *Phytochemistry*, 30: 3237-3240.
- Sarle, S.W. (1986) The MODECLUS Procedure, preliminary documentation. SAS Institut Inc., Cary.
- SAS Institut, (1982) SAS user's guide: statistic. SAS Institut, Cary, N.C.
- Saxton, J.E. (1965) The simple bases, In: R.H.F. Manske (ed), *The alkaloids, chemistry and physiology*. Academic Press, New York; 861 pp.
- Scheller, H.V. & Shukle, R.H., (1986) Feeding behaviour and transmission of barley yellow dwarf virus by *Sitobion avanae* on oats. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 40: 149-195.
- Schneider, E.A., Gibson, R.A. & Wightman F., (1972) Biosynthesis and metabolism of indol-3yl-acetic acid. I. The native indoles of barley and tomato shoots. *J. Exp. Bot.* 23:152-170.
- Schneider, E.A., & Wightman, F., (1974) Amino acid metabolism V: changes in basic indole compounds and the development of tryptophan decarboxylase activity in barley *Hordeum vulgare* during germination and seedling growth. *Can. J. Biochem.* 52:698-705.
- Schütte, H. R. (1972) *Biochem. und Physiol. Alkaloide*, p. 103, 4th Int. Symp.; Akademie Verlag, Berlin.
- Seigler, D. & Price, P.W. (1976) *Secondary compounds in plants:*

- primary functions. Am. Nat. 110: 101-105.
- Sepulveda, B.A., & Corcuera, L.J. (1989) Effect of gramine on the susceptibility of barley leaves to *Pseudomonas syringae*. *Phytochemistry* 29:465-467.
- Sim, J., (1929) A classification and description of barley varieties grown in south Africa. Science bulletin, n°78. Union of south Africa. Dept. of Agriculture, 34 pages.
- Smith, T.A., (1979) Recent advance in biochemistry of plant amines. *Progress in Phytochemistry* 5.
- Somers, D. A., Kuo, T.M., Kleinhofs, A. and Warner, R.L. (1983) Nitrate Reductase-Deficient Mutants in barley (immuno-electrophoretic characterization) *Plant Physiol.* 71, 145.
- Spiller, N.J., Kimmins, F.M., & Liewellyn, M., (1985) Fine structure of aphid stylet pathways and its use in host plant resistance studies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 38: 293-295.
- Srivastava, J.P. (1987) Wheat and barley improvement: An overview of the cereal improvement program of ICARDA. *Rachis, Barley and Wheat Newsletter* vol.6 N°2.
- Srivastava, P.N., Srivastava, U., Thakur, M., & Auclair, J.L. (1987) Synthesis of proteins and nucleic acids by the pea aphid *Acyrtosiphon pisum* (Aphidae) in the absence of a full complement of dietary amino acids. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 4: 161-168.
- Srivastava, P.N., Lambein, F., & Auclair, J.L. (1988) Non-protein

- amino acid-aphid interaction: Phagostimulation effects and survival of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*.
Entomol. Exp. App. 48: 109-115.
- Srivastava, P.N. & Auclair, J.L. (1990) Pea aphid biotypes in relation to plant genotypes and chemically defined diets, *Aphid-plant Genotype Interactions*. pp 238-249.
- Starks, K.J., Muniappan, R. & Eikenbary, R.D. (1972) Interaction between plant resistance and parasitism against the greenbug on barley and sorghum. *Annals of the Entomological Society of America*, 65: 650-655.
- Styles, B.T., (1986) Oxford Forestry Institute Vol. 29.
- Swain, T., (1965) Secondary compounds as protective agents. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28: 479-501.
- Synge, R.L.M., (1975) Interaction of polyphenols with protein and plant products. *Qual. Plant.* 24: 337-350.
- Todd, G.W., Getahun, A. & Cress, D.C., (1971). Resistance in barley to the greenbug *Schizaphis graminum*. 1- Toxicity of phenolic and flavonoid compounds and related substances. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 64: 718-722.
- Tokarev, B. I. & Ahumy, V.K. (1977) *Genet Moskva* 13, 2097.
- Tyler, V.N., (1958) *J. Am. Pharm. Assoc. Sci. Ed.* 47: 97.
- Tyler, J.M., Webster, J.A. & Merkle, O.G. (1988) Identification of rye genotypes resistant to biotypes B, C, E and F on the greenbug. *Euphytica* 31: 65-68.
- Unwin, N.A., (1978) A versatile high frequency radio microcautery. *Phys. Ent.* 3: 71-73.

- van Arsdell, W.J., Branaman, G.A., Harrison C.M. & Davis, G.F.,
(1954) Mich. Q. Bull., 37 (1954) 125.
- van Emden, H.F., (1973) Insect-plant relationships. Symposium of
the Royal Entomological Society of London, No 6, Blackwell,
Oxford.
- van Emden, H.F. & Wearing, C.H. (1964) The role of the host plant
in delaying economic damage levels in crop plants. Annals of
Applied Biology, 56: 323-324.
- Vigneron, J.P., (1978) Substances antiappétantes d'origine
naturelle. Ann. zool. ecol. anim. 10 (4): 663-694.
- Virtanin, A.I. & Hietala, P.K. (1955) cité par Barria et al.
Phytochemistry 31: 89-91 (Occurrence of DIBOA in wild
Hordeum species and its relation to aphid resistance.
- Waldi, D., (1965) Spray reagents for thin-layer chromatography
pp 490 (div.48) In E. Stahl (ed) Thin-layer. Academic
Press, inc., New York.
- Walker, A.L., Bottrel, D.G., & Cate J.R. Jr., (1972) Bibliography
on the greenbug. *Schizaphis graminum* (Rondani) Bull.
Entomol. Soc. Am. 18: 161-173.
- Webster, J.A. & Inayatullah, C., (1984) Greenbug (Homoptera:
Aphididae) resistance in Triticale. Environmental
Entomology, 13: 444-447.
- Wensler, R.L.D., (1962) Mode of host selection by an aphid.
Nature 195:830-1.
- Wiebe, G. A. & Reid, D.A. (1961) Classification of barley
varieties grown in the United States and Canada in 1958.

Technical bulletin N° 1224 United States Department of
Agriculture. Agriculture Research Service.

- Wiggans, R.G., (1921) A Classification of the cultivated
varieties of barley. Agric. Exp. Station Cornell University.
Memoire 46, pages 365-456.
- Williams, M., Barnes, R.F. & Cassady, J.M. (1971)
Characterization of alkaloids in palatable and unpalatable
clones of *Phalaris arundinaceae* L. Crop.Science, 11: 213-
217.
- Wood, E.A., (1961) Biological studies of a new greenbug biotype.
J. Econ Entomol. 54: 1171-3.
- Xie, Y.S., Arnason, J.T., Philogène, B.J.R., Atkinson, J.A. &
Morand, P., (1991a) Separation and quantification of 1,4-
benzoxazin-3-ones and benzoxazoline-2-ones in maize root
extract by high performance liquid chromatography. Journal
of Chromatography, 543: 389-396.
- Young, D.A. & Seigler, D.S., (1981), Phytochemistry and
Angiospermum Phylogeny, Praeyer Publishe N.Y. Dahlgren.
Phytologia 51 (2): 65 1982.
- Zar, J.H., (1984) Biostatistical analysis, second edition
Prentice-Hall, Inc. P. Simon & Schuster Company Englewood
Cliffs, New Jersey 07632.
- Zuniga, G.E., Argandona, H.V., Niemeyer, M.H. & Corcuera, L.J.,
(1983) Hydroxamic acid content in wild and cultivated
Gramineae. Phytochemistry 22: 2665-2668.
- Zuniga, G.E., Saldago, S.M., & Corcuera, L.J., (1984) Role of an

indole alkaloid in the resistance of barley seedlings to aphids. *Phytochemistry*, 24: 945-947.

Zuniga, G.E. & Corcuera, L.J., (1986) Effect of gramine in the resistance of barley seedling to the aphid *Ropalosiphon padi*. *Entomol. Exp. Appl.* 40 259-262.

Zuniga, G.E. & Corcuera L.J., (1987) *Phytochemistry* 26: 367.

Zuniga, G.E., Varanda, E.M. & Corcuera L.J., (1988) *Ent. Exp. Appl.* 47: 161.