



HAL
open science

Etude de quelques caractères agronomiques et technologiques chez des variétés d'orge de printemps

R. Scriban, A. Berbigier, L. Jestin, Jean-Baptiste Denis

► To cite this version:

R. Scriban, A. Berbigier, L. Jestin, Jean-Baptiste Denis. Etude de quelques caractères agronomiques et technologiques chez des variétés d'orge de printemps. *Agronomie*, 1981, 1 (2), pp.143-155. hal-02723608

HAL Id: hal-02723608

<https://hal.inrae.fr/hal-02723608>

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etude de quelques caractères agronomiques et technologiques chez des variétés d'orge de printemps

René SCRIBAN (*), Auguste BERBIGIER (**), Louis JESTIN (**) et Jean-Baptiste DENIS (***)

(*) *Chaire de Malterie-Brasserie, E.N.S.I.A.A., 105, rue de l'Université, 59509 Douai.*

(**) *Station d'Amélioration des Plantes, I.N.R.A. Clermont-Ferrand, Domaine de Couelle, 63039 Clermont-Ferrand.*

(***) *Laboratoire de Biométrie, I.N.R.A. Versailles, route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.*

RÉSUMÉ

Cinquante-quatre lignées d'orge de printemps en cours de sélection et 2 témoins, « Aramir » et « Bérénice », ont été étudiées dans 4 milieux ; on a observé le rendement, le poids de 1 000 grains, le taux de protéines, les activités α et β -amylasiques, l'activité β -glucanasique.

On note une forte variation des activités enzymatiques selon le génotype ; le matériel végétal en essai n'avait été l'objet d'aucune sélection préalable dans ce domaine.

L'activité β -glucanasique a une faible héritabilité. La sélection, pour être efficace, doit être certainement poursuivie au cours de plusieurs générations et dans différents milieux.

Les activités α et β -amylasiques ont une héritabilité élevée. Toutefois, l'effet d'interaction « lieu-variété » est relativement plus important en ce qui concerne l'activité α -amylasique.

Nos résultats sont en faveur de la dominance d'une activité α -amylasique élevée. Il en est de même en ce qui concerne l'activité β -amylasique.

L'étude des liaisons entre caractères suggère qu'il est possible d'associer dans un même génotype des valeurs élevées des caractères ci-après :

- rendement
- activité α -amylasique
- activité β -glucanasique.

Par ailleurs, il existe une covariation du rendement et de l'activité β -amylasique dans notre expérience.

ABSTRACT

Comparison of spring barley varieties for some agronomical and quality characters

*Barley,
Yield,
Amylases,
Glucanases,
Heritability,
Dominance,
Interaction,
Correlation.*

54 spring barley lines on breeding and 2 check-varieties, "Aramir" and "Berenice", were experimented in 4 locations ; the characters recorded were yield, 1 000 grain-weight, protein percentage, α and β -amylase activities and β -glucanase activity.

Broad variations of enzyme activities according to the genotype are observed ; the experimented material had never been selected for these characters.

β -glucanase activity has low heritability. To be efficient the selection must probably be carried out over several generations and in different locations.

α and β -amylase activities have higher heritability. However, the genotype-environment interaction is comparatively more important for α -amylase activity.

Our results seem to indicate the dominance of high α -amylase activity, as well as of high β -amylase activity. Correlations study between characters suggests that high values of the following characters can be associated :

- yield
- α -amylase activity
- β -glucanase activity.

Moreover, there is a covariation between yield and β -amylase activity in our experiment.

I. INTRODUCTION

Il y a 4 ans, l'un de nous (SCRIBAN, 1976) présentait à des ingénieurs en malterie et brasserie les relations existantes entre « génétique, environnement des orges de

brasserie et propriétés du malt » afin de les sensibiliser aux problèmes complexes soulevés par la sélection, les facteurs agroclimatiques jusqu'à la technologie du maltage et la qualité du malt, matière principale de la bière.

Les difficultés rencontrées en filtration à cause de certai-

nes technologies rapides en malterie et en brasserie ont mis en outre l'accent, depuis 10 ans, sur la qualité des substrats amylacés (macro et micro-grains de l'albumen), du ciment protéique de l'albumen constitué d'hordéine et de glutéline, des parois des cellules de l'albumen constituées de glucanes et de polypeptides et sur l'importance des activités enzymatiques correspondantes de l'orge puis du malt (α -amylase, β -amylase, β -glucanases, protéases, carboxypeptidases). (DUTHOY, 1978 ; SCRIBAN, *et al.*, 1979 ; SCRIBAN, 1980). SCRIBAN, 1980.

Par ailleurs, des revues récentes sur les recherches de ces dernières années ont bien mis en évidence les multiples mécanismes métaboliques de la désagrégation de l'orge en malt et l'intervention séquentielle de certaines enzymes (PALMER & BATHGATE, 1976 ; BEWLEY & BLACK, 1978 ; TOMOS & LAIDMAN, 1979 ; Mac LEOD, 1979).

Il faut noter le rôle important joué par l'acide gibbérellique (AG_3) de l'embryon sur la synthèse de l' α -amylase, des β -glucanases, des protéases, au niveau de l'aleurone.

Les sélectionneurs ont peu utilisé les dosages enzymatiques dans le criblage pour la sélection des orges de brasserie ; cela tient aux problèmes pratiques soulevés par le micromaltage de nombreux échantillons et le dosage en automatique de certaines enzymes comme l' α - et la β -amylase.

En 1976, nous proposons d'utiliser 3 enzymes principales comme « enzymes-guides » (α -amylase, β -glucanase du malt, β -amylase de l'orge) en donnant à l' α -amylase une importance particulière dans la sélection des orges de brasserie, comme « enzyme-marqueur », afin de gagner du temps dans le criblage traditionnel, dès la F_3 , et cela en vue d'application en technologie.

Durant notre recherche sur les orges de la récolte 1978, SWANSTON (1980) a également utilisé la technique d'électrophorèse sur gel d'agar (zymogrammes) pour la prédiction du pouvoir enzymatique.

II. MATÉRIEL

Il est constitué par 56 lignées d'Orge de printemps à 2 rangs qui ont été mises en essai, en 1978, dans 4 stations de l'I.N.R.A. :

— la Station d'Amélioration des Plantes, BV 1540, 21034 Dijon Cedex.

— le Service d'Expérimentation, la Minière, 78280 Guyancourt.

— la Station d'Amélioration des Plantes, Domaine de Brunehaut, Estrées-en-Chaussée, 80200 Péronne.

— la Station d'Amélioration des Plantes, Domaine de la Motte au Vicomte, BP 29, 35650 Le Rheu.

Le dispositif expérimental était un dispositif « blocs de FISHER » comportant 2 répétitions dans chaque milieu. Les parcelles d'essais avaient une surface de 5 à 15 m² selon le lieu. Le matériel végétal essayé comportait 2 témoins, « Aramir » et « Bérénice » et 54 lignées en cours de sélection. Ces dernières avaient fait l'objet d'un tri préalable au cours d'une ou de plusieurs années, pour l'aptitude au rendement et la résistance à la verse à la Station d'Amélioration des Plantes de Clermont-Ferrand, pour la résistance à différents parasites à Clermont et dans d'autres milieux.

Les caractères étudiés ont été :

- le rendement en grains
- le poids de 1 000 grains
- la teneur en protéines brutes du grain
- l'activité α -amylasique du grain malté

- l'activité β -amylasique du grain « cru »
- l'activité β -glucanasique du grain malté.

Les déterminations ont été faites par parcelle dans chacun des lieux.

Les variétés étudiées n'avaient fait l'objet d'aucune sélection préalable pour le niveau d'activité des enzymes considérées.

On trouvera, dans le tableau 1, la liste des variétés essayées. Cette liste appelle quelques commentaires.

Le nombre de géniteurs est limité. Il ne s'agit nullement d'une attitude « malthusienne » de notre part. En fait, un nombre bien plus grand de géniteurs est utilisé chaque année dans nos croisements. Mais le matériel qui figure dans cette liste a été présélectionné à Clermont pour le rendement, comme nous l'avons déjà dit, en utilisant comme témoins les variétés bien connues Aramir et Bérénice.

Les géniteurs impliqués sont de plusieurs sortes :

— des géniteurs de Clermont-Ferrand notés CF :

- CF 42 : « Béatrice »
- CF 30 : une lignée-sœur de « Béatrice »
- CF 113 : une lignée à grain nu
- CF 93 et CF 125 : 2 lignées demi-naines
- CF 106 : une lignée naine
- CF 33 : une lignée résistante à *Puccinia hordei*.

Le demi-nanisme de CF 93 et CF 125 provient d'une lignée issue d'un croisement « Fida » (« Triple Awn Lemma » × « Aurore ») de la Station d'Amélioration des Plantes de Dijon. Il est identique à celui de la variété tchèque « Diamant ».

« CF 106 » associe les gènes de nanisme de la variété anglaise « Golden Promise » et de la lignée « Fida » (« Triple Awn Lemma » × « Aurore »).

On notera que les lignées issues des croisements où figurent ces géniteurs de nanisme ne sont pas nécessairement demi-naines :

- des géniteurs exotiques originaires d'Ethiopie : « Hiproly », « n° 632 », reçu d'Israël : « Omer » ;
- des variétés françaises ou étrangères qui furent ou sont encore répandues en culture :

- « Diamant » (orge demi-naine de Tchécoslovaquie)
- « Mamie » (France)
- « Aramir » (Hollande)
- « Inis », « Medusa », « Carina » (R.F.A.).

L'échantillon variétal qui sert de support à notre étude n'est naturellement pas un échantillon tiré au hasard de l'ensemble des variétés de l'espèce *H. vulgare*. Il est « biaisé », en particulier à cause de la présence de lignées-sœurs.

Pour remédier à ce dernier inconvénient, nous avons travaillé également sur un échantillon plus limité de 34 variétés. Ces dernières variétés sont indiquées par une croix dans le tableau 1.

III. MÉTHODES

A. Techniques biochimiques

1. Micromaltage

L'échantillon d'orge correspondant à chaque répétition, variété et station est soumis à un micromaltage (50 g) selon le mode opératoire suivant :

TABLEAU 1

Lignées figurant dans l'essai « interstations » d'Orge de printemps en 1978
 Spring barley lines included in 1978 "interstations" trials series

N° de code	Variété ou lignée	+ = la variété figure dans l'échantillon de 34 variétés
1	Bérénice (témoin)	+
2	Aramir (témoin)	+
3	(CF 42 × Carina) (Diamant × Aramir) 154-5	
4	(CF 42 × Carina) (Diamant × Aramir) 154-9	+
5	(CF 113 × Aramir) (Diamant × Carina) 43-4	+
6	Aramir (CF 125 × Diamant) 457-3	+
7	Aramir (CF 125 × Carina) 11-3	+
8	Aramir (CF 106 × Carina) 233-4	+
9	Aramir (CF 125 × Hiproly) 5-5	+
10	(CF 93 × Aramir) 260-3	+
11	CF 93 (CF 113 × Aramir) 233-3	+
12	(CF 113 × Aramir) CF 93 45-2	+
13	(CF 113 × Aramir) CF 93 174-1	+
14	CF 93 (CF 42 × Carina) 109-5	+
15	(Inis × CF 93) 22-6	+
16	(Inis × CF 93) 39-3	+
17	(Medusa × CF 93) 60-3	+
18	(Medusa × CF 93) 60-5	
19	(CF 42 × Carina) 59-4-1	
20	(CF 42 × Carina) 59-4-4	+
21	(CF 42 × Carina) 59-4-6	
22	(CF 42 × Carina) 60-2-7	+
23	(CF 42 × Carina) 115-1-5	+
24	(CF 125 × Diamant) 20-3-3	+
25	(CF 125 × Diamant) 20-3-7	
26	(CF 113 × Aramir) 56-4-4	
27	(CF 113 × Aramir) 56-8-2	
28	(CF 113 × Aramir) 56-8-5	
29	(CF 113 × Aramir) 56-8-7	
30	(CF 113 × Aramir) 56-9-1	+
31	(CF 113 × Aramir) 69-2-5	+
32	(CF 113 × Aramir) 69-2-7	
33	(CF 113 × Aramir) 121-7-4	
34	(CF 113 × Aramir) 121-7-5	
35	(CF 113 × Aramir) 121-7-8	+
36	(CF 113 × Aramir) 146-7-2	+
37	(CF 113 × Aramir) 163-2-2	+
38	(CF 113 × Aramir) 163-2-5	
39	(CF 113 × Aramir) 163-7-5	
40	(CF 113 × Aramir) 221-4-4	+ orge nue
41	(CF 113 × Hiproly) 46-4-6	+ orge nue
42	(CF 113 × Hiproly) 46-9-2	orge nue
43	(CF 106 × Mamie) 17-1-2-2-5	+
44	(CF 106 × Mamie) 17-1-2-4-3	
45	(CF 106 × Mamie) 41-2-3-3-4	
46	(CF 106 × Mamie) 41-2-3-3-5	+
47	(CF 106 × Mamie) 41-2-3-3-6	
48	(CF 106 × Mamie) 41-2-3-4-4	
49	(CF 33 × CF 113) 13-3-1	
50	(CF 33 × CF 113) 13-3-3	+
51	(CF 33 × CF 113) 13-3-4	
52	(632 × CF 30) CF 93 174-3	+
53	(632 × CF 30) CF 93 174-6	
54	(632 × CF 30) CF 93 216-4	+
55	(CF 33 × CF 113) CF 93 22-5	+
56	(Omer × CF 113) CF 93 30-7	+

a) Trempe

33 h sous eau et 21 h à découvert à 15 °C en salle climatisée selon le diagramme :

découvert	2	2	4	4	4	5	21
sous eau	3	3	11	5	5	4	33

avec 5 changements d'eau de ville préalablement mise à température. Contrôle du piquage de l'embryon.

b) Germination

5 jours à 15 °C en atmosphère saturée et 2 retournes par jour du lot.

c) Touraillage (électrique)

total 22 h soit :
 3 h de montée à 60 °C
 14 h de stationnement à 60 °C

1 h de montée à 80 °C

4 h de stationnement à 80 °C.

Dégérmage et analyse après 5 jours de repos.

2. Dosages enzymatiques

La détermination de l'activité α -amylasique et β -glucanasique a été réalisée sur l'échantillon d'orge maltée puisque ces enzymes sont synthétisées « de novo » à la germination.

a) Activité α -amylasique du malt

Une haute activité α -amylasique est souvent liée à une bonne maltabilité.

Nous utilisons une méthode automatique mise au point à l'E.N.S.I.A. et décrite précédemment (CUVELLIER, SCRIBAN & BENARD, 1979).

Le principe de la méthode est le suivant : l'extrait est préparé à partir d'une solution 0,5 p. 100 NaCl et de 1 g de mouture fine de malt. On le fait agir sur un substrat d'amidon réticulé avec un chromophore (Cibachron bleu). Ce substrat est résistant à la β -amylase. Le colorant bleu est libéré durant l'hydrolyse et l'intensité de la couleur mesurée à 620 nm est proportionnelle à l'activité α -amylasique.

Il y a une parfaite corrélation entre cette méthode donnant l'activité α -amylasique en unités internationales (U.I.) et celle commune de l'European Brewery Convention (E.B.C.) et de l'A.S.B.C. (Analytica E.B.C., 3^e éd., 1975, F 35-37).

b) Activité β -glucanasique du malt

Nous utilisons une méthode viscosimétrique mise au point par l'E.B.C. : un extrait chloruré de malt agit sur un substrat β -glucane orge (Biocon). Cette méthode n'est pas encore publiée.

L'activité β -glucanasique se définit comme étant l'accroissement de l'inverse de la viscosité à 30 °C par heure pour 100 g de malt sec.

L'inconvénient de ce type de dosage est qu'il est long et coûteux.

c) Activité β -amylasique de l'orge et pouvoir diastatique

Le pouvoir diastatique est déterminé au moyen de la méthode E.B.C. (Analytica, 3^e éd., 1975, F 33-34) ; il est en étroite corrélation avec l'activité β -amylasique.

Il est également possible d'utiliser une méthode automatique.

Il est maintenant nécessaire de préciser, dans les grandes lignes, certains points de la question β -amylase ; ce problème a fait l'objet de nombreux travaux de recherche.

Dans l'orge, il y a 2 types de β -amylase, l'une libre (soluble) et l'autre latente (insoluble) mais extractible en milieu réducteur (thiols) ou en présence de papaine et surtout présente dans l'albumen. Il existe plusieurs isoenzymes.

Nous avons mesuré l'activité β -amylasique libre dans l'orge, à travers le pouvoir diastatique, sans avoir donc recours au micromaltage, et cela à titre d'expérimentation à la suite de plusieurs travaux antérieurs (HEJGAARD, 1979).

La proportion de β -amylase libre de l'orge par rapport à l'activité totale (libre + latente) est une caractéristique variétale. La quantité de β -amylase libre de l'orge semble héritée indépendamment de l'activité latente (ALLISON et SWANSTON, 1974).

La β -amylase de l'orge germée est pratiquement sous la seule forme libre et c'est une enzyme thermolabile. Dans le

malt classique pour brasserie, l'activité β -amylasique est sensiblement comparable à celle de l'activité « totale » sur l'orge. D'où l'intérêt de cette mesure en sélection.

L'activité α -amylasique du malt n'est pas nécessairement corrélée à l'activité β -amylasique ou au pouvoir enzymatique.

B. Techniques statistiques

On aurait pu être tenté, du fait de la présence de 7 caractères, d'utiliser des techniques multivariées telles que l'analyse en composantes principales ou, mieux encore, l'analyse discriminante (CAILLEZ et PAGES, 1976). En fait, ce sont surtout les 7 caractères mesurés, pris un à un, qui nous intéressent et non pas des combinaisons linéaires de ces caractères. Aussi, nous sommes-nous limités, dans une première approche, aux calculs univariés de l'analyse de la variance du plan d'expérience et aux calculs de corrélations pour les différents effets. Le modèle utilisé est celui d'analyse de la variance à effets fixes :

$$C_{ijl}^k = \mu^k + \alpha_i^k + \beta_j^k + (\alpha\beta)_{ij}^k + \gamma_{jl}^k + E_{ijl}^k$$

k est le numéro du caractère, il varie de 1 à 7.

i est le numéro de la variété, il varie de 1 à 56 (34).

j est le numéro de l'essai, il varie de 1 à 4.

l est le numéro du bloc (hiérarchique par rapport à l'essai), il varie de 1 à 2.

Les conditions supplémentaires habituelles sont posées sur les paramètres. La signification des différents termes est la suivante, pour le caractère k :

C_{ijl}^k est le résultat pour la variété i expérimentée dans le bloc l de l'essai j.

μ^k est la moyenne générale.

α_i^k est l'effet moyen de la variété i avec 55 (33) degrés de liberté.

β_j^k est l'effet moyen du lieu j avec 3 degrés de liberté.

$(\alpha\beta)_{ij}^k$ est l'effet d'interaction variété-lieu avec 165 (99) degrés de liberté.

γ_{jl}^k est l'effet du bloc l dans l'essai j avec 4 degrés de liberté.

E_{ijl}^k est la variation résiduelle qui sert de référence pour décider des significations (par l'intermédiaire des F calculés) {220 (132) degrés de liberté}.

Les degrés de liberté sont assimilables à la taille d'un « échantillon » sur lequel serait calculé l'effet. Cela explique, en particulier, qu'il aurait été illusoire de s'intéresser aux corrélations inter-lieux.

IV. RÉSULTATS

Ils figurent dans les tableaux 2 à 8, qui seront commentés au paragraphe « Discussion ».

Tableau 2 : valeur moyenne de chaque caractère observé, pour chaque variété, en p. 100 de la moyenne générale du caractère.

Tableau 3 : valeurs extrêmes et moyenne de chaque caractère et écarts-types dans l'échantillon variétal en essai.

Tableau 4 : valeur moyenne de chaque caractère, dans chaque lieu, en p. 100 de la moyenne générale du caractère.

Tableau 5 : carrés moyens et F calculés de l'analyse de la variance (échantillon de 34 variétés).

Tableau 6 : carrés moyens et F calculés de l'analyse de la variance (échantillon de 56 variétés).

TABLEAU 2

Valeur moyenne de chaque caractère observé, pour chaque variété, en p. 100 de la moyenne générale du caractère
Average value of each variety for each character observed, as a percentage of the overall mean for the character

Numéros de code des variétés	Rendement	Poids de 1 000 grains	Taux de protéines	α -amylase UI	α -amylase UD	β -amylase	β -glucanase
1	96	106	106	120	132	168	117
2	107	99	102	105	100	56	105
3	115	103	99	115	120	114	91
4	110	96	98	104	103	113	88
5	98	94	99	90	87	52	108
6	91	86	107	112	115	58	82
7	105	94	107	108	110	41	102
8	91	84	108	102	104	50	100
9	90	96	107	89	85	138	105
10	102	109	103	88	84	61	143
11	91	94	102	121	127	41	117
12	103	100	97	92	89	133	93
13	98	100	96	82	76	114	86
14	95	107	99	103	104	97	94
15	105	98	100	102	101	81	127
16	103	96	104	98	92	79	124
17	95	104	98	131	140	70	110
18	100	109	99	150	164	66	138
19	98	97	107	102	102	59	85
20	107	98	103	104	105	56	73
21	102	98	104	100	99	57	84
22	113	106	103	100	99	108	82
23	104	98	103	95	93	111	98
24	104	103	97	100	100	113	120
25	105	101	92	103	103	101	105
26	103	98	95	109	111	83	87
27	104	103	98	109	111	146	76
28	105	105	99	98	97	145	68
29	113	105	93	100	99	133	77
30	114	100	92	117	121	36	74
31	111	102	101	94	91	65	70
32	110	104	99	101	102	55	62
33	100	114	101	99	99	161	75
34	99	110	101	97	96	162	84
35	106	110	99	81	76	145	75
36	94	94	102	93	91	153	117
37	112	91	95	108	110	101	87
38	109	93	94	104	104	51	90
39	97	88	96	116	121	83	109
40	85	95	105	62	51	176	88
41	69	96	115	59	47	189	97
42	71	98	107	61	49	188	99
43	101	104	95	77	71	85	85
44	96	104	95	81	75	151	93
45	94	100	99	121	127	65	149
46	95	102	98	117	122	62	122
47	95	101	96	107	108	65	126
48	92	98	102	98	95	68	114
49	96	98	98	74	67	130	82
50	96	95	95	75	68	124	71
51	97	97	96	78	72	122	92
52	107	101	97	130	140	55	125
53	103	101	100	145	158	63	149
54	96	104	102	83	77	115	125
55	94	100	93	94	92	151	126
56	97	107	93	85	81	112	119
Moyennes	100 = 40,4 (1)	100 = 44,2 (2)	100 = 10,8 (3)	100 = 389,0 (4)	100 = 29,5 (5)	100 = 208,3 (6)	100 = 291,5 (7)

(1) en quintaux par hectare

(2) en grammes

(3) taux de protéines brutes en p. 100 de la matière sèche du grain

(4) en unités internationales

(5) en unités de dextrinisation

(6) en unités Windisch-Kolbach

(7) l'activité β -glucanasique est définie comme étant l'augmentation de l'inverse de la viscosité par heure pour 100 g de malt.

Tableau 7 : coefficients de corrélation dans les matrices « inter-variétés », « d'interaction » et « résiduelle » (échantillons de 34 et 56 variétés). Seuls les coefficients de corrélation qui sont significatifs dans l'une au moins de ces matrices ont été retenus.

Tableau 8 : Coefficients de corrélation partielle entre les activités α -amylasique et β -amylasique, à rendement constant, dans la matrice « inter-variétés ».

V. DISCUSSION

A. Valeurs moyennes variétales des caractères étudiés (tabl. 2)

Rappelons tout d'abord que les témoins « Bérénice » et « Aramir » ont respectivement les numéros de code 1 et 2.

On peut être surpris de trouver, dans notre échantillon, des génotypes à faible rendement alors que ces lignées ont été sélectionnées à Clermont sur la base des rendements relatifs vis-à-vis des témoins « Bérénice » et « Aramir ». Ceci illustre bien l'importance des interactions « génotype \times milieu » et la nécessité d'expérimenter dans une gamme de milieux.

Le témoin « Bérénice », en particulier, donne à Clermont des résultats équivalents à ceux d'« Aramir ». Ce n'est pas le cas dans la présente expérience. « Bérénice » est une variété qui donne d'excellents résultats en bonnes terres mais qui est moins « souple » qu'« Aramir » du fait d'une capacité de tallage plus faible.

Le manque de souplesse d'adaptation des Orges nues (nos 40, 41, 42) mérite d'être souligné. A Clermont, ces orges avaient donné des rendements proches de ceux des témoins. Mais ces orges, pour germer de façon satisfaisante, doivent bénéficier de conditions de milieu très favorables. D'autre part, elles sont beaucoup plus attractives pour les prédateurs, les moineaux en particulier, que les orges vêtues.

Le cas des orges nues étant réservé, il est intéressant d'examiner les valeurs extrêmes des différents caractères.

Ces valeurs extrêmes et les écarts types figurent dans le tableau 3.

On note la variation relativement modérée de caractères tels que le rendement, le poids de 1 000 grains, le taux de protéines et la variation très forte des activités enzymatiques. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'une sélection pour l'activité de ces enzymes n'a jamais été pratiquée dans notre matériel.

La valeur maximum de l'activité β -amylasique est donnée par le témoin Bérénice. On connaît la correspondance étroite qui existe entre l'activité β -amylasique et le pouvoir diastasique. Dans un matériel comportant 102 lignées F₄ du croisement « Atlas \times Kindred », RUTGER, SCHALLER & DICKSON ont trouvé, en 1967, un coefficient de corrélation de + 0,97 entre le pouvoir diastasique et l'activité β -amylasique. Les variétés à pouvoir diastasique élevé ont un intérêt technologique (la connaissance de l'activité α -amylasique serait encore plus intéressante). Une forte activité des amylases permet une transformation rapide de l'amidon des grains « crus » ou matières amylacées (maïs, riz) non maltées.

On remarquera que les orges nues de notre expérience sont caractérisées par une activité α -amylasique faible, une activité β -amylasique très élevée. Il serait peut-être imprudent d'en déduire que toutes les orges nues ont un profil enzymatique analogue. Dans une expérience de DAY, DOWN et FREY (1955), l'orge « O.A.C. 21 », à pouvoir diastasique élevé, a été croisée avec des orges à faible pouvoir diastasique. Les auteurs ont étudié, dans les descendances, les liaisons entre le pouvoir diastasique et un certain nombre de caractères à déterminisme monofactoriel. Ils n'ont pas trouvé de liaison entre le pouvoir diastasique et le caractère nu ou vêtu du grain.

B. Valeurs moyennes par lieu des caractères étudiés (tabl. 4)

En opposition à la variation des moyennes variétales, on observe ici une relation stabilité de l'activité α -amylasique

TABLEAU 3

Valeurs extrêmes et moyenne de chaque caractère et écarts-types (coefficients de variation) dans l'échantillonnage de 56 variétés (moins les 3 variétés à grain nu). Les nombres sont des pourcentages sauf en ce qui concerne les valeurs moyennes
Extreme values, mean and standard deviation — here as a variation coefficient — in the 56 varieties sample — 3 varieties with naked caryopsis excluded. The data are percentages except for means.

	Rendement en grain	Poids de 1 000 grains	p. 100 protéines	α -amylase UI	α -amylase UD	β -amylase	β -glucanase
Valeur maximum	115	114	108	150	164	168	149
Valeur minimum	90	84	92	74	67	36	62
Ecart-type	6,7	6,0	4,2	16,1	21,1	38,3	22,2
Valeur moyenne 100	40,4	44,2	10,8	389,0	29,5	208,3	291,5

TABLEAU 4

Valeur moyenne de chaque caractère, dans chaque lieu, en p. 100 de la moyenne générale du caractère
Mean value of each character in each location as a per cent of the overall mean for the character

Lieux	Rendement	Poids de 1 000 grains	Taux de protéines	α -amylase UI	α -amylase UD	β -amylase	β -glucanase
Le Rheu	126	99	85	93	90	77	91
Peronne	104	95	115	106	108	113	78
La Minière	70	92	113	103	104	111	83
Dijon	100	114	87	98	98	99	149
Valeur moyenne 100	40,4	44,2	10,8	389,0	29,5	208,3	291,5

et une variation très importante des rendements selon les lieux. On notera aussi la valeur élevée de l'activité β -glucanasique à Dijon.

C. Analyse de la variance et valeurs des F (tabl. 5 et 6)

L'examen de ces tableaux montre que les caractères étudiés peuvent être rangés dans 2 catégories :

- les caractères pour lesquels l'effet « lieu » est très important par rapport à l'effet « variété » ;
- les caractères pour lesquels l'effet « lieu » est du même ordre de grandeur que l'effet « variété ».

1. Caractères pour lesquels l'effet « lieu » est très important par rapport à l'effet « variété »

Il s'agit du rendement, du poids de 1 000 grains, du taux de protéines, de l'activité β -glucanasique.

On remarquera que le F « blocs » est hautement significatif dans le cas du taux de protéines, dans les deux échantillons (34 et 56 variétés).

Il est significatif pour le poids de 1 000 grains et l'activité β -glucanasique dans l'échantillon de 34 variétés.

Il est hautement significatif pour le rendement dans l'échantillon de 56 variétés.

Il s'agit donc de caractères très fluctuants, à déterminisme vraisemblablement très polygénique ; la sélection concernant ces caractères, pour être efficace, doit être

poursuivie assidûment au cours de plusieurs générations (nous envisageons chaque caractère séparément ; si on veut sélectionner en même temps plusieurs d'entre eux, il faut prendre en compte la possibilité de l'existence de liaisons négatives).

La sélection pour ces caractères doit également être faite dans des milieux différents ainsi qu'en font foi les valeurs très significatives des F d'interaction « lieu \times variété ».

Si ces observations sont relativement triviales en ce qui concerne le rendement, le poids de 1 000 grains, le taux de protéines, elles sont plus intéressantes en ce qui concerne l'activité β -glucanasique. Au plan du déterminisme génétique, la β -glucanase semble se différencier nettement des α et β -amylases.

EVARISTO (1974) a utilisé 49 lignées F_3 du croisement « Bonanza \times Keystone » et 49 lignées F_4 du croisement « Dickson \times Bonanza ». Il a déterminé la viscosité des moûts (index de l'activité β -glucanasique) et a calculé des valeurs d'héritabilité.

L'identification des lignées donnant des moûts à faible viscosité s'est avérée difficile à la F_3 mais possible à la F_4 .

2. Caractères pour lesquels l'effet « lieu » est du même ordre de grandeur que l'effet « variété »

Il s'agit de l'activité α -amylasique et de l'activité β -amylasique.

On notera que les F « blocs » ne sont jamais significatifs.

TABLEAU 5

Carrés moyens et F calculés de l'analyse de la variance (échantillon de 34 variétés). Comme il s'agit d'analyse de variance à effets fixes, les carrés moyens ont été comparés au carré moyen de l'erreur. Dans chaque case, le premier nombre est le carré moyen, le deuxième nombre le F calculé

Mean squares and calculated F from analysis of variance (34 varieties). Treatments mean squares are compared with the error mean square, as the model of variance analysis with fixed effects is considered. In each case, the first number is the mean square and the second the calculated F

Caractères	Lieux	Variétés	Interaction « Lieu-Variété »	Blocs	Erreur
1) Rendement	5 713,19 480,50	104,70 8,81	32,33 2,72	15,94 1,34	11,89
2) Poids de 1 000 grains	1 181,83 360,31	54,77 16,70	6,62 2,02	9,05 2,76	3,28
3) Taux de protéines	204,02 971,52	2,36 11,24	0,42 2,00	1,98 9,43	0,21
4) α -amylase UI	2,02 33,67	3,46 57,67	0,49 8,17	0,05 0,83	0,06
5) α -amylase UD	0,02 33,33	0,03 50,00	0,0043 7,17	0,000 25 0,42	0,000 6
6) β -amylase	8,70 870,00	6,14 614,00	0,09 9,00	0,01 1,00	0,01
7) β -glucanase	69,73 211,30	2,56 7,76	1,87 5,67	1,08 3,27	0,33
Valeur limite de F au seuil 0,01	3,94	1,85	1,54	3,47	
Degrés de liberté	3	33	99	4	132

Remarque : l'effet « blocs » est significatif au seuil 0,05 pour le poids de 1 000 grains et l'activité β -glucanasique (valeur limite de F au seuil 0,05 = 2,44).

TABLEAU 6

Carrés moyens et F calculés de l'analyse de la variance (échantillon de 56 variétés). Comme il s'agit d'analyse de variance à effets fixes, les carrés moyens ont été comparés au carré moyen de l'erreur. Dans chaque case, le premier nombre est le carré moyen, le deuxième nombre le F calculé

Mean squares and calculated F of variance analysis (56 varieties)

Caractères	Lieux	Variétés	Interaction « Lieu-Variété »	Blocs	Erreur
1) Rendement	9 888,48 732,48	102,99 7,63	30,42 2,25	48,27 3,58	13,50
2) Poids de 1 000 grains	2 003,99 691,03	54,11 18,66	5,97 2,06	6,77 2,33	2,90
3) Taux de protéines	344,62 1 914,56	2,04 11,33	0,37 2,06	3,37 18,72	0,18
4) α -amylase UI	5,74 95,67	4,01 66,83	0,47 7,83	0,14 2,33	0,06
5) α -amylase UD	0,06 109,09	0,04 72,73	0,004 25 7,73	0,000 75 1,36	0,000 55
6) β -amylase	12,97 2 161,67	6,10 1 016,67	0,10 16,67	0,01 1,67	0,006
7) β -glucanase	102,90 331,94	2,84 9,16	1,65 5,32	0,74 2,39	0,31
Valeur limite de F au seuil 0,01	3,88	1,62	1,40	3,41	
Degrés de liberté	3	55	165	4	220

La participation du génotype à la variation totale est donc très importante. On pourrait invoquer le fait que la variation génotypique, dans notre échantillon, est beaucoup plus étendue pour les activités α et β -amylasiques que pour le rendement par exemple. Mais si on se reporte aux résultats concernant la β -glucanase, on voit que cette explication ne tient pas.

Les activités α et β -amylasiques sont probablement des caractères à hérédité élevée, à déterminisme sinon monogénique du moins oligogénique, qu'on doit pouvoir sélectionner de manière efficace dès les générations précoces (F_3 par exemple).

Ceci ne dispense pas de l'obligation de sélectionner (ou tout au moins de vérifier la sélection) dans un ensemble de lieux, particulièrement en ce qui concerne l'activité α -amylasique. Les effets d'interaction « lieu \times variété » sont très significatifs bien qu'ils soient très inférieurs aux effets « variété », particulièrement en ce qui concerne l'activité β -amylasique.

Les activités α et β -amylasique de l'orge ont fait l'objet de nombreuses études.

La variation de l'activité α -amylasique et du pouvoir diastasique a été étudiée, en Allemagne, à partir d'essais de variétés réalisés de 1971 à 1974.

Les influences du génotype, de l'année, du milieu (année et station) ont été respectivement responsables de 11,5, 15,7 et 62,8 p. 100 de la variation de l'activité α -amylasique. Les effets du cultivar et du milieu (année et station) ont été responsables, respectivement, de 28,5 et 50,8 p. 100 de la variation du pouvoir diastasique (SCHILDBACH, 1976).

La part de la variation due au milieu est, dans ce cas, nettement plus élevée que la part due au génotype. Cette

expérience comportait en effet une gamme de milieux beaucoup plus étendue que dans notre expérience. Mais, en ce qui concerne les caractères que nous avons étudiés, les résultats de SCHILDBACH ne permettent nullement d'argumenter contre notre classification.

A propos de l'activité α -amylasique, on peut citer les études de HAYTER & GILES (1975); HAYTER & RIGGS (1978). Une activité α -amylasique élevée paraît être dominante. Les effets additifs concernant ce caractère seraient importants.

Nos résultats n'infirmant pas l'hypothèse de la dominance d'une activité α -amylasique élevée. En effet, si on considère certaines lignées sœurs de notre échantillon de 56 variétés, on constate l'existence d'une disjonction pour l'activité α -amylasique, disjonction qui se produit parfois assez tardivement au cours de la sélection.

Les numéros 45 à 48 sont significatifs à cet égard. En unités de dextrinisation (U.D.), les valeurs de l'activité α -amylasique varient de 95 à 127 p. 100 de la moyenne générale. On observe un phénomène analogue (bien que la disjonction soit plus précoce) chez les lignées sœurs portant les n^{os} 3 et 4 et 26 à 30 par exemple.

Par contre, lorsque l'activité α -amylasique est faible, il n'apparaît pas de disjonction chez les lignées sœurs de notre échantillon (cas des lignées sœurs portant les numéros 41 et 42, 43 et 44, 49 à 51 par exemple).

De nombreux auteurs ont signalé l'hérédité élevée du pouvoir diastasique ou de l'activité β -amylasique et la possibilité de sélectionner précocement pour ces caractères. Citons par exemple : HSI & LAMBERT (1954); DAY, *et al.* (1955); RASMUSSEN & GLASS (1965); RUTGER *et al.* (1966)

(ces auteurs trouvent également une valeur d'héritabilité élevée pour l'activité α -amylasique) ; FOSTER *et al.* (1967) ; BAKER *et al.* (1968) ; AUFHAMMER *et al.* (1968).

Nos résultats n'infirment pas l'hypothèse de la dominance d'une activité β -amylasique élevée.

On n'observe pas de disjonction chez les lignées sœurs de notre échantillon lorsque l'activité β -amylasique est faible.

Exemple : lignées sœurs portant les numéros 19 à 21, 45 à 48.

Il y a possibilité de disjonction dans le cas contraire.

TABLEAU 7

Coefficients de corrélation dans les matrices.
Dans chaque case, le premier nombre concerne l'échantillon de 34 variétés,
le second nombre concerne l'échantillon de 56 variétés
Correlation coefficients. In each case the first number corresponds
to the sample of 34 varieties, the second to 56 varieties

Couples de caractères	Matrice « inter-variétés »	Matrice « d'interaction variété-lieu »	Matrice « résiduelle »
Rendement α -amylase UI	0,390 * 0,408 **	0,004 - 0,050	- 0,023 0,051
Rendement α -amylase UD	0,361 * 0,389**	- 0,005 - 0,054	- 0,014 0,050
α -amylase UI β -amylase	- 0,609 ** - 0,580 **	- 0,195 * - 0,130	0,109 0,099
α -amylase UD β -amylase	- 0,576 ** - 0,560 **	- 0,181 - 0,122	0,105 0,093
p. 100 protéines α -amylase UI	- 0,144 - 0,171	- 0,089 - 0,077	0,266 ** 0,142 *
p. 100 protéines α -amylase UD	- 0,136 - 0,163	- 0,121 - 0,095	0,264 ** 0,148 *
α -amylase UI β -glucanase	0,207 0,343 **	0,461 ** 0,486 **	0,333 ** 0,307 **
α -amylase UD β -glucanase	0,206 0,344 **	0,443 ** 0,479 **	0,302 ** 0,285 **
Rendement Poids de 1 000 grains	0,274 0,270 *	0,390 ** 0,305 **	0,220 * 0,196 **
Poids de 1 000 grains p. 100 protéines	- 0,348 * - 0,239	- 0,268 ** - 0,209 **	- 0,344 ** - 0,360 **
p. 100 protéines β -amylase	0,132 0,093	0,356 ** 0,323 **	0,432 ** 0,461 **
Poids de 1 000 grains β -amylase	0,180 0,274 *	- 0,285 ** - 0,191 *	- 0,361 ** - 0,297 **
Rendement β -amylase	- 0,423 * - 0,357 **	- 0,264 ** - 0,259 **	- 0,212 * - 0,154 *
Rendement p. 100 protéines	- 0,503 ** - 0,506 **	- 0,315 ** - 0,303 **	- 0,129 - 0,160 *
α -amylase UI α -amylase UD	0,996 ** 0,998 **	0,976 ** 0,983 **	0,962 ** 0,961 **
Degrés de liberté	32 54	98 164	131 219

* : significatif au seuil 0,05. ** : significatif au seuil 0,01.

Exemple : lignées sœurs portant les numéros 26 à 30 (valeurs extrêmes de l'activité β -amylasique : 36 et 146 p. 100 de la moyenne générale); lignées sœurs portant les numéros 43 et 44 (valeurs respectives de l'activité β -amylasique : 85 et 151 p. 100 de la moyenne générale).

Le travail de DAY *et al.* (1955) déjà cité est intéressant à un autre point de vue. A partir de croisements entre l'orge « OAC 21 » à haut pouvoir diastasique et des cultivars à faible pouvoir diastasique, ces auteurs ont trouvé une liaison entre le pouvoir diastasique et le nombre de rangs de l'épi mais elle ne jouait pas dans le sens prévu; les descendances « deux rangs » avaient un pouvoir diastasique significativement plus élevé que les descendances « 6 rangs ».

Nous citerons également, à propos du pouvoir diastasique de l'orge, le travail de SPARROW (1971). SPARROW constate que, plus le pouvoir diastasique d'un cultivar est élevé, plus sa réaction à l'environnement est forte en ce qui concerne ce caractère. Cependant, le classement des variétés ne diffère pas selon les milieux. Ainsi, la performance relative d'un cultivar dans un milieu permet de prévoir sa performance relative dans d'autres milieux.

Ces résultats sont à rapprocher de nos résultats concernant l'activité β -amylasique. Bien que l'effet d'interaction « lieu \times variété » soit très significatif, la valeur du F « d'interaction » n'est que $1/60^e$ à $1/68^e$, selon l'échantillon, de la valeur du F « variétés ».

D. Corrélations « inter-variétés », « interaction variété-lieu » et « résiduelle » (tabl. 7)

Les corrélations qui figurent dans ce tableau peuvent être rangées dans 3 catégories :

- les corrélations qui apparaissent seulement dans la matrice « inter-variétés »,
- les corrélations qui peuvent être « effacées » par l'échantillon variétal,
- les corrélations qui apparaissent dans les 3 matrices.

1. Corrélations qui n'apparaissent que dans la matrice « inter-variétés »

Elles concernent les couples de caractères ci-après :

Rendement- α -amylase (+),
 α -amylase- β -amylase (-).

Ces corrélations n'apparaissent pas dans la matrice « résiduelle », indicatrice de liaisons de nature phénotypique. L'effet génotypique, apprécié par les corrélations « inter-variétés », n'est pas suffisamment fort pour les faire apparaître dans la matrice « d'interaction ».

Dans notre expérience, les variétés à rendement élevé tendent à avoir une activité α -amylasique élevée.

Par contre, il y a un certain antagonisme entre les activités α -amylasique et β -amylasique.

En serait-il de même avec d'autres échantillons variétaux ?

Quoi qu'il en soit, bon rendement et bonne activité α -amylasique peuvent être associés. On peut citer les variétés portant les numéros 3 et 30 à ce propos. Leur productivité a été confirmée par d'autres expériences.

En ce qui concerne la liaison génotypique négative entre les activités α et β -amylasiques, on peut se demander si elle n'est pas due à leurs liaisons respectives avec le rendement. Les coefficients de corrélation partielle du tableau 8 montrent qu'il n'en est rien.

TABLEAU 8

Coefficients de corrélation partielle entre les activités α -amylasique et β -amylasique, à rendement constant, dans la matrice « inter-variétés » (dans chaque case le premier nombre concerne l'échantillon de 34 variétés, le second nombre concerne l'échantillon de 56 variétés)

Partial correlation coefficients between α -amylase and β -amylase activities, at a constant yield in "between-varieties" matrix (1st number : in the 34 varieties sample, 2nd number : in the 56 varieties sample)

Coefficients de corrélation partielle	
α -amylase U1 β -amylase	- 0,532 ** - 0,509 **
α -amylase UD β -amylase	- 0,501 ** - 0,489 **

** significatif au seuil 0,01.

A propos de ces corrélations, on doit citer le travail de RUTGER *et al.* (1967). Ces auteurs ont utilisé, comme matériel d'étude, 102 lignées F_4 issues du croisement « Atlas \times Kindred ». Ce matériel a été semé à 2 dates, décembre et janvier, selon un dispositif « blocs de Fisher » à 2 répétitions. Les valeurs des coefficients de corrélation figurent dans le tableau 9.

TABLEAU 9

Coefficients de corrélation
 (RUTGER *et al.*, 1967)
 Correlation coefficients

	Rendement	Pouvoir diastasique	β -amylase	α -amylase
Rendement		- 0,28	- 0,26	- 0,11
Pouvoir diastasique			+ 0,97	+ 0,34
β -amylase				+ 0,09
α -amylase				

Les coefficients supérieurs à 0,25 sont significatifs au seuil 0,01.

Ce tableau donne une idée des participations relatives de l'activité α -amylasique et de l'activité β -amylasique au pouvoir diastasique.

Les activités α -amylasique et β -amylasique sont indépendantes l'une de l'autre.

Il y a une liaison négative entre le rendement et l'activité β -amylasique, pas de liaison entre le rendement et l'activité α -amylasique.

2. Corrélations qui peuvent être « effacées » par l'échantillon variétal

L'effet génotypique est parfois suffisant pour que ces corrélations disparaissent de la matrice « d'interaction ». C'est le cas pour le couple de caractères p. 100 protéines- α -amylase (+).

Parfois ces corrélations subsistent dans la matrice « d'interaction » et même dans la matrice « inter-variétés »

dans un échantillon sur deux. Il s'agit des corrélations entre les caractères ci-après :

- α-amylase-β-glucanase (+)
- Rendement-poids de 1 000 grains (+)
- Poids de 1 000 grains — p. 100 de protéines (-)
- p. 100 protéines-β-amylase (+)
- Poids de 1 000 grains-β-amylase (-).

Ces corrélations qui peuvent être « effacées » par l'échantillonnage variétal ne constituent pas, en principe, un obstacle à la sélection simultanée des caractères en cause.

La possibilité d'associer des valeurs élevées des activités α-amylasique et β-glucanasique est évidente puisqu'on constate une liaison positive entre ces 2 caractères. Mais il doit être également possible, dans ce cas, d'associer des valeurs élevées de 2 caractères lorsqu'il existe entre eux une liaison négative. Une démonstration semble en être fournie, dans le cas du couple de caractères poids de 1 000 grains - activité β-amylasique, par les lignées-sœurs qui portent les numéros 33, 34, 35.

On peut se demander pourquoi ces corrélations sont susceptibles d'être « effacées » par l'échantillonnage variétal. Nous n'avons pas d'explication à proposer dans tous les cas mais on peut envisager, à titre d'exemple, 2 couples de caractères :

- Poids de 1 000 grains - taux de protéines
- Rendement - poids de 1 000 grains.

Quand les phénomènes de migration et d'accumulation des substances de réserve dans le grain sont affectés pour une raison ou pour une autre (une cause brutale est l'échaudage mais il existe des causes plus fines, la position du grain sur l'épi par exemple) on constate une augmentation relative du taux de protéines. Ainsi, dans une optique « intra-variétale », les petits grains sont-ils relativement plus riches en azote que les gros grains. Il est naturel que cette relation puisse disparaître lorsqu'intervient le facteur variétal car, en fait, seul le facteur milieu crée cette relation puisque les restrictions à l'alimentation du grain en hydrates de carbone que nous avons évoquées n'ont pas une origine génétique.

De même, il existe une relation phénotypique entre le rendement et le poids de 1 000 grains puisque le rendement au mètre carré, par exemple, est le produit du poids moyen d'un grain par le nombre de grains au mètre carré. Mais, là encore, cette liaison peut disparaître quand intervient le facteur variétal. De bons rendements peuvent être assurés par différents équilibres entre le poids moyen d'un grain et le nombre de grains au mètre carré.

En ce qui concerne la liaison entre le taux de protéines et l'activité β-amylasique, nos résultats ne concordent pas toujours avec ceux d'autres auteurs. Nous citerons par exemple HAYTER & GILES (1975) :

« La corrélation bien connue entre le pouvoir diastasique et le taux de protéines est génotypique aussi bien que phénotypique. Les variétés qui donnent les rendements les plus élevés ont usuellement des taux de protéines faibles. Il est à prévoir qu'il faudra consentir quelques sacrifices au plan du rendement pour obtenir de hauts pouvoirs diastasiques. »

HAYTER & RIGGS (1973) trouvent, au plan intervariétal, une corrélation positive très significative entre le pouvoir diastasique et le taux de protéines. Ces auteurs pensent que l'activité β-amylasique est liée au taux de protéines et reflète les conditions de l'environnement au moment de la formation du grain (par exemple le niveau de la fumure

azotée). Il n'en va pas de même, pensent-ils, pour l'activité α-amylasique car l'α-amylase est synthétisée « de novo » au moment de la germination.

HSI & LAMBERT (1954) ont étudié un matériel constitué par 50 lignées F₅ et 50 lignées F₆ apparentées provenant de 10 croisements ayant « Mars » comme parent commun. Les coefficients de corrélation simple et partielle entre taux de protéines et pouvoir diastasique ont été très significatifs.

ANDERSON *et al.* (1941) ont mis en essai 12 variétés d'orge dans 12 milieux. Les corrélations intra et inter-variétales entre 18 caractères (11 caractères du grain, 7 du malt) ont été calculées en utilisant respectivement les moyennes par station et les moyennes par variété.

En ce qui concerne le couple de caractères taux de protéines-pouvoir diastasique, le coefficient de corrélation inter-variétal n'était pas significatif. Ces résultats sont analogues aux nôtres.

3. Corrélations qui apparaissent dans les 3 matrices

Il s'agit des corrélations entre les caractères ci-après :

- Rendement - activité β-amylasique (-)
- Rendement - taux de protéines (-).

L'existence d'une liaison négative entre le rendement et le taux de protéines a été signalée par de nombreux auteurs.

L'un d'entre nous (L. JESTIN, 1974) a étudié la liaison entre le rendement et le taux de protéines dans 7 séries d'essais réalisés en vue de l'inscription au Catalogue en 1971 et 1972.

Au niveau global (tous lieux et variétés confondus), 3 séries d'essais sur 7 présentaient des coefficients de corrélation simple négatifs, significatifs au seuil 0,01 ou même 0,001.

Dans un matériel créé en vue d'améliorer le taux de protéines de l'orge (croisement entre la lignée de Dijon « Fida » (Triple Awn Lemma × Aurore) déjà citée et l'orge éthiopienne « Hipoly » le coefficient de corrélation entre le rendement et le taux de protéines était négatif et très élevé, de l'ordre de 0,80. Les variations du rendement et du taux de protéines selon le génotype étaient très importantes dans ce matériel.

On notera d'autre part, en se référant aux tableaux 5 et 6, que l'héritabilité au sens large du taux de protéines est faible et l'effet d'interaction « lieu × variété » très significatif et important par rapport à l'effet « variété ».

L'amélioration du taux de protéines est donc difficile ; elle semble devoir donner des résultats limités en raison de la covariation de ce caractère et du rendement dans le matériel de sélection.

En est-il de même en ce qui concerne l'activité β-amylasique ?

Nous avons déjà cité l'opinion de HAYTER & GILES (1967) à ce sujet (« il est à prévoir qu'il faudra consentir quelques sacrifices au plan du rendement pour obtenir de hauts pouvoirs diastasiques »). Mais les données expérimentales sont parfois contradictoires.

Nous avons vu que RUTGER *et al.* (1967) ont trouvé une liaison négative entre le rendement et l'activité β-amylasique (voir tabl. 9).

DEN HARTOG & LAMBERT (1953) ont observé 7 caractères agronomiques et technologiques dans les descendance de 10 croisements ayant la variété Mars comme parent commun. Seul le coefficient de corrélation simple entre le rendement et le pouvoir diastasique était significatif. Le coefficient de corrélation partiel n'était pas significatif.

HAYTER & RIGGS (1973) trouvent une liaison négative

TABLEAU 10

Évolution du rendement, du pouvoir diastasic, de l'activité α -amylasique dans les essais EBC entre 1951 et 1968 (REINER, 1975)
Change of grain yield, diastasic power and α -amylase activity in EBC trials between 1951 and 1968

		1951	1968	Différence 1951-1968	Différences qu'on aurait obtenues si la variation du groupe « autres variétés » avait été identique à celle de Kenia
Rendement (quintaux/hectare)	Kenia	36,7	41,6	+ 4,9	
	Autres variétés	38,0	44,4	+ 6,4	+ 5,11
Pouvoir diastasic (W.K.)	Kenia	227	213	- 14	
	Autres variétés	271	240	- 31	- 17
Activité α -amylasique (U. D.)	Kenia	51	58	+ 7	
	Autres variétés	46	58	+ 12	+ 6,3

entre le rendement et l'activité β -amylasique au niveau inter-variétal. Cette liaison n'existe plus au niveau intra-variétal dans leur expérience.

REINER (1975) a étudié l'évolution de différents caractères dans les essais de variétés d'orge réalisés dans 15 pays européens membres du Barley Committee de European Brewery Convention (E.B.C.) au cours de plusieurs années. On trouvera, dans le tableau 10, des résultats concernant le rendement, le pouvoir diastasic, l'activité α -amylasique.

Précisons que le groupe « autres variétés » du tableau 10 n'est pas stable ; il y a un apport constant de variétés nouvelles au cours des années. On constate une augmentation des rendements ; une cause est l'amélioration des techniques (voir « Kenia ») ; il doit y avoir une seconde cause de nature génétique (apparition de variétés plus productives).

On note, parallèlement, une diminution du pouvoir diastasic ; il semble que cette diminution soit de nature « intra-variétale » (voir « Kenia ») mais aussi de nature « inter-variétale » (liée à la sélection de variétés plus productives ?).

On note enfin une augmentation de l'activité α -amylasique ; elle semble avoir, comme la diminution du pouvoir diastasic, une double origine.

Il existe au moins une variété dans notre échantillon (n° 29) qui associe un bon rendement et une bonne activité β -amylasique dans cette expérience.

Enfin, nous avons vu que, à l'inverse du taux de protéines, l'activité β -amylasique est un caractère à hérédité élevée.

VI. CONCLUSION

Il semble qu'il soit possible d'associer, dans un même génotype, des valeurs élevées des caractères ci-après :

- rendement
- activité α -amylasique
- activité β -glucanasique.

Il y a incertitude en ce qui concerne l'activité β -amylasique. De nouvelles expériences, concernant en particulier les

descendances de croisements appropriés, seraient utiles.

S'il fallait en définitive consentir quelques sacrifices au plan de l'activité β -amylasique, on pourrait trouver une compensation du côté de l'activité α -amylasique. Rappelons que l' α -amylase est plus thermostable que la β -amylase.

On peut déduire, des tableaux 5 et 6, que l'activité β -glucanasique est difficile à sélectionner. Cependant on sélectionne bien pour le rendement. L'activité α -amylasique, par contre, a une hérédité élevée. Toutefois, l'effet d'interaction « lieu-variété » est relativement plus important pour l'activité α -amylasique que pour l'activité β -amylasique.

On doit tenir compte de ces informations pour établir une méthodologie de sélection. Il ne faut pas oublier non plus l'existence de tests peu coûteux qui donnent des informations concernant la dormance, la sensibilité à l'eau, la facilité de désagrégation.

L'étude sur des bases génétiques de la valeur des orges en malterie-brasserie offre la matière à de nombreuses recherches concernant les enzymes (protéase, carboxypeptidases...) mais aussi les substrats (amidon, β -glucanes...).

Nous évoquons, en terminant, la possibilité d'une intervention du cytoplasme dans l'activité α -amylasique. Dans une expérience de MIFLIN & ATANDA (1970), les hybrides provenant de croisements dans lesquels le parent femelle avait l'activité α -amylasique la plus élevée tendaient à avoir une activité α -amylasique plus élevée que les hybrides réciproques.

Reçu le 13 mai 1980.

Accepté le 26 novembre 1980.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos remerciements aux Stations citées au paragraphe II qui ont bien voulu se charger des essais multiloaux, ainsi que du recueil et de l'envoi d'échantillons pour analyses. Nous remercions également M. Gérard CUVELLIER, chercheur à la Chaire de l'ENSIAA, qui a surveillé le travail d'analyse.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allison M. J., Swanston J. S., 1974. Relationships between β -amylase polymorphisms in developing, mature and germinating grains of barley. *J. Inst. Brewing*, **80**, 285-291.
- Anderson J. A., Sallans H. R., Meredith W. O. S., 1941. Varietal differences in barleys and malts. Summary of correlations between 18 major barley, malt and malting properties. *Can. J. Res.*, C **19**, 278-291.
- Aufhammer G., Fischbeck G., Reiner L., 1968. Der Erblichkeitsanteil wichtiger Qualitätseigenschaften bei Braugerste. *Brauwissenschaft*, Jahrgang **21**, Heft **5**, 177-182.
- Baker R. J., Bendelow V. M., Buchannon K. W., 1968. Early generation inheritance of malting quality characters in a barley cross. *Crop. Sci.*, **8**, 446-447.
- Bewley J. D., Black M., 1978. *Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination*. T. 1, Springer Verlag Ed.
- Caillez F., Pages J. P., 1976. *Introduction à l'analyse des données*. Société de Mathématiques appliquées et de Sciences Humaines, 9 rue Duban, 75016, Paris, 616 pages.
- Cuvellier G., Scriban R., Benard M., 1979. A method for automatic alpha-amylase measurement applicable to barley genetics and to malting and brewing. *Brewers digest*, **54**, **3**, 42-43.
- Day A. D., Down E. E., Frey K. J., 1955. Association between diastatic power and certain visible characteristics and heritability of diastatic power in barley. *Agron. J.*, **47**, 163-165.
- Den Hartog G. T., Lambert J. W., 1953. The relationships between certain agronomic and malting quality characters of barley. *Agron. J.*, **45**, 208-212.
- Duthoy J. P., 1978. *Le problème de la filtrabilité du moût et de la bière : liaisons avec les glucanes et les glucanases du malt ou d'autres substrats*. Thèse CNAM, Lille, 252 pages.
- Evaristo A. A. I., 1974. Relationship among β -glucan content of barley and malt, β -glucanase activity of malt and eleven quality factors and their heritability. *Diss. Abstr. int. sect. b*, **34** (7) 3044 B-3045 B (En, Order n° 73-31, 189). North Dakota State Univ., Fargo, U.S.A.
- Foster A. E., Peterson G. A., Banasik O. J., 1967. Heritability of factors affecting malting quality of barley. *Crop. Sci.*, **7**, 611-613.
- Hayter A. M., Giles R. J., 1975. *Report to the annual general meeting of the Scottish Society for research in plant breeding*, A.R.C. Project 1 : Barley genetic Scottish Plant Breeding Station, Pentlandsfield, Roslin, Midlothian, EH25 9RF, G.B.
- Hayter A. M., Riggs T. J., 1973. Environmental and varietal differences in diastatic power and four associated characteristics of Spring barley. *J. agric. Sci.*, Camb. **80**, 297-302.
- Hayter A. M., Riggs T. J., 1978. The inheritance of diastatic power and alpha-amylase contents in spring barley. *Theor. appl. Genet.*, **52** (6), 251-256.
- Hejgaard J., Koie B., Karlsson K. E., Tallberg A., 1979. β -amylase activity. A simple screening test in Hiproly barley breeding. *Hereditas*, **90**, **1**, 145-147.
- Hsi C. H., Lambert J. W., 1954. Inter and intra-annual relationships of some agronomic and malting quality characters of barley. *Agron. J.*, **46**, 470-474.
- Jestin L., 1974. Les variations de la teneur en protéines brutes chez l'Orge selon la variété et le milieu : étude préliminaire à partir d'essais culturaux. *Ann. Amélior. Plantes*, **24** (4), 377-388.
- MacLeod A. M., 1979. The physiology of malting, in *Brewing Science*, T1, Academic Press, 146-232.
- Mifflin B. J., Atanda O. A., 1970. Properties of α -amylase produced by different barley lines and their hybrids during germination. *J. Sci. Fd. Agric.*, **21**, 529-534.
- Palmer G. H., Bathgate G. N., 1976. Malting and Brewing, in *Adv. in Cereal. Sci. Technol.* AACC, Ed. 237-324.
- Rasmusson D. C., Glass R. L., 1965. Effectiveness of early generation selection for four quality characters in barley. *Crop. Sci.*, **5**, 389-391.
- Reiner L., 1975. Probleme der Braugerstenzüchtung in Europa. Fortschritte der Pflanzenzüchtung. *Beihefte zur Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*. Heft **5**. 127 pages.
- Rutger J. N., Schaller C. W., Dickson A. D., Williams J. C., 1966. Variation and covariation in agronomic and malting quality characters in barley. I. Heritability estimates. *Crop. Sci.*, **6**, 231-234.
- Rutger J. N., Schaller C. W., Dickson A. D., 1967. Variation and covariation in agronomic and malting quality characters in barley. II. Interrelationships of characters. *Crop. Sci.*, **7**, 325, 326.
- Schildbach R., 1976. Amylases. Causes of the differences between their activities and effects upon malt quality. *Monatschrift für Brauerei*, **29** (9), 362, 375.
- Scriban R., 1976. Génétique, environnement des orges de brasserie et propriétés des malts. *Bios.*, **2**, 4-19.
- Scriban R., 1980. Génétique, environnement et qualité de l'orge, du malt et de la bière. Journée d'étude A.C.I.A. *Ind. agric. alim.* **97**, n° 11, 1215.
- Scriban R., Nicolaidis M., Khattabi M., 1979. *Qualité du malt et filtrabilité*. Rapport interne U.G.B.F., 107 pages.
- Sparrow D. H. B., 1971. Some genetical aspects of malting quality, *Barley Genetics II*, Washington State University Press, 559-574.
- Swanston J. S., 1980. The use of electrophoresis in testing for high diastatic power in barley. *J. Inst. Brewing*, **86**, **2**, 81-83.
- Tomos A. D., Laidman D. L., 1979. The control of mobilization and metabolism in the aleurone tissue during germination, in *Recent Adv. Biochem. Cereals*. Academic Press.