

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES ALIMENTAIRES
BOUMERDES

THESE DE MAGISTER

EN GENIE INDUSTRIEL

OPTION: TECHNOLOGIE DES INDUSTRIES

ALIMENTAIRES

PRESENTEE PAR : *ZAIRI MOHAMED*

THEME : ETUDE DE LA VARIABILITE PHYSICO-CHIMIQUE ET
ELECTROPHORETIQUE DE QUELQUES VARIETES DE BLES DURS
CULTIVEES EN ALGERIE: *RELATION AVEC LA QUALITE COUSCOUSSIERE*

SOUTENUE LE JUIIN 1998 DEVANT LE JURY

Mrs BENAMARA S.	Maitre de conférence	: IN.IA BOUMERDES	Président
Mrs GUEZLANE L.	Maitre de conférence	: IN.A. EL-HARRAC	Directeur de thèse
Mrs MATI A.	Maitre de conférence	: I.S.N. TIZI OUZOU	Membre de jury
Mrs TAGUIDA M.	Chargé de cours	: IN.IA BOUMERDES	Membre de jury
Mme OUNANE GH.	Chargé de cours	: IN.A. EL-HARRACH	Membre de jury

REMERCIEMENTS

En témoignage de ma respectueuse considération, qu'il me soit permis d'exprimer ma reconnaissance à monsieur J.C. AUTRAN pour m'avoir accueilli dans son laboratoire de technologie des céréales de Montpellier .

Mes remerciements à monsieur J. ABECASSIS, Melle M.H. MOREL et Mme B. JOELLE qui m'ont beaucoup aidé dans la réalisation de ce travail au laboratoire de l'I.N.R.A de Montpellier .

Qu'il me soit agréable d'exprimer toute ma considération à monsieur L. GUEZLANE directeur de l'I.N.A pour avoir guidé et accepté d'être le directeur de thèse malgré sa charge .

Mes remerciements aux enseignants B. MADOUN, A. AIDOU, de l'I.N.A et à monsieur A. KHELAF de l'I.N.H.C. de leurs précieuses collaborations .

J'exprime ma profonde gratitude à monsieur B. AZZOUT de son aide .

Je remercie monsieur S. BENAMARA d'avoir accepté la présidence du jury. Aux membres de jury, qui ont l'honneur de participer au jury, j'exprime mes plus vifs remerciements.

Je remercie également monsieur HAMOU de l'I.T.G.C. de Sidi Bel-Abbes de m'avoir fourni des échantillons de blés durs.

Je tiens à exprimer ma profonde sympathie à mes collègues enseignants BENCHAMMA, NOUANI, BOUREGHDA, SMAILLI, BENAKMOUME... auprès desquels j'ai trouvé aide et gentillesse.

Toute ma reconnaissance à M. TAZROUT, N.Hadj SITTOUAH, B.SAMIR et à F. kernou qui m'ont beaucoup aidé à réaliser ce travail.

Que monsieur BOUDISSA directeur de l'I.N.I.A. accepte mes remerciements respectueuses de son aide et de sa compréhension qu'il m'a présenté.

Très nombreux sont les gens qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de cette étude . Tout en m'excusant de ne pas les citer , je leur exprime mes remerciements les plus sincères .

Enfin c'est à mon épouse que je didie cette thèse qu'elle trouve ici toute ma gratitude pour l'aide , les encouragements qu'elle m'a témoigné durant ce travail. Je tiens à lui exprimer ma profonde sympathie d'avoir préparé le couscous.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1: I ORIGINE , PRODUCTION ET UTILISATION DU BLE DUR

I-1: Origine du blé.....	4
I- 2: Production.....	6
I-2-1: Production mondiale	6
I-2-2: Production national.....	7
I-3: Utilisation du du blé dur	8
I-3-1: Fabrication du couscous	9

CHAPITRE 2: BLE DUR :PROTEINES ET GLUTEN

I- LE BLE DUR.....	10
I-1: Définition du blé dur.....	10
I-2: Structure et composition du grain du grain de blé.....	10
I-3: La valeur semoulière.....	13
II- LES PROTEINES.....	13
I-1: Répartitions et localisation dans le grain.....	13
II-2: Les différents groupes de protéines.....	14
II-2-1: Les protéines solubles.....	14
II-2-2: Les protéines de réserve.....	15
II-3 : Compositions en acides aminés des fractions protéiques.....	17
II-4 : Role des fractions protéiques.....	18
II-5 : Facteurs modifiants la composition protéiques du grain de blé.....	18
II-6 : Les propriétés réactionnelles des protéines de blé.....	19
III- GLUTEN DU BLE.....	23
III-1: Définition et composition.....	23
III-2: Structure du gluten.....	23
III-3- : Etudes rhéologiques du gluten	24

CHAPITRE 3 : LE POLYMORPHISME DES PROTEINES DE RESERVE PAR ELECTROPHORESE.

I- LE POLYMORPHISME DES PROTEINES DE RESERVE.....	26
I-1 : Etude des gliadines.....	26
I-1-1: Définition.....	26
I-1-2: Structure et propriétés	26
I-1-3: Composition des gliadines en acides aminés.....	27
I-2 : Etude des gluténines.....	28
I-2-1: Définition.....	28
I-2-2: Structure et propriétés.....	28
II- ETUDES DES PROTEINES PAR ELECTROPHORESE.....	29
II-1 :Généralités.....	29

II-2 :Intérêt de l'électrophorèse pour l'amélioration des plantes et l'identification.....	30
II-3 :Sélection variétale des céréales.....	32
II-3.1 : Cas du blé dur.....	33
II-3-2: Cas du blé tendre.....	33

CHAPITRE 4 :APPLICATION DE L'ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES A LA DISCRIMINDROIN DES CLASSES.

I- Méthodes d'analyses des données et de classifications.....	34
I-1 : Les méthodes de factorielles.....	34
I-2: Les méthodes de classification.....	34
II- Application de l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C).....	35
III- L'analyse discriminante (A.D).....	35

PARTIE EXPERIMENTALE

MATERIELS ET METHODES D'ANALYSES.

I- MATERIELS D'ETUDES.....	38
I-1- Présentation des travaux.....	38
I-1-1-Variétés retenues dans l'étude de l'aptitude technologique.....	38
I-1-2- Blés retenues dans l'identification variétale.....	38
II- METHODES D'ANALYSES.....	39
II-1- Appréciation de la valeur semoulère.....	39
II-1-1- Poids de 1000grains.....	39
II-1-2- Taux de mitadinage.....	39
II-1-3- Uniformité des grains.....	39
II-1-4- Masse a l'hectolitre (PHL).....	39
II-2- Méthodes physicochimiques.....	39
II-2-1- Humidité.....	39
II-2-2- Taux de cendre.....	40
II-2-3- Taux de protéines totales.....	40
II-2-3- Taux des pigments caroténoïdes.....	40
II-2-3- Teneur en amidon.....	40
II-3 Mouture d'essai.....	40
II-4- Détermination des caractéristiques technologiques.....	41
II-4-1- Extraction du gluten.....;	41
II-4-2- Détermination des propriétés élastiques du gluten.....	41
II-5- Appréciation de la valeur couscoussière.....	41
II-5-1- Fabrication du couscous artisanal.....	41
II-5-2- Appréciation de la qualité du couscous.....	43
II-5-2-1- Détermination de la granulométrie du couscous sec.....	43
II-5-2-2- Cuisson du couscous.....	43
II-5-2-3- Appréciations organoleptiques du couscous cuit.....	43

II-5-2-4- Gonflement du couscous.....	43
II-5-2-5- Prise en masse du couscous cuit.....	43
III- TECHNIQUES D'ELECTROPHORESE.....	44
III-1- Principe d'électrophorèse.....	44
III-2- Électrophorèse des gliadines en PAGE-ACIDE.....	44
II-2-1- Appareillages.....	44
II-2-2- Solutions et réactifs.....	44
III-2-3- Mode opératoire.....	45
a)- Extraction des gliadines.....	45
b)- Coulage du gel de polyacrylamide.....	46
c)- Dépot des échantillons et migration.....	46
d)- Coloration et séchage des gels.....	46
e)- Lecture des diagrammes électrophorétiques.....	47
IV- ANALYSES STATISTIQUES.....	47

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

CHAPITRE 1-: APTITUDES TECHNOLOGIQUES DES BLES DURS

I- CARACTERISATIONS AGRONOMIQUES, PHYSICO-CHIMIQUES ET TECHNOLOGIQUES DES VARIETES ETUDIEES.....48

I-1- Les caractéristiques agronomiques des différents blés durs.....	48
I-2- Les caractéristiques physiques des blés durs.....	51
I-3- Bilan de la mouture expérimentale.....	53

II- LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SEMOULE.....56

CHAPITRE 2- CLASSIFICATION DES BLES PAR ANALYSE FACTORIELLE SUR LA BASE DU POLYMORPHISME DES GLIADINES

I- ANALYSE ELECTROPHORETIQUES DES GLIADINES.....60

I-1- Observations préliminaires.....	60
I-2- Utilisation du test pour la pureté variétale.....	62
I-3 : Identification des blés durs par le polymorphisme des gliadines.....	65
I-3-1: Comparaison des méthodes utilisées.....	65
I-3-2: Identification des diagrammes électrophorétiques.....	65
I-3-3: Indice de similitude des diagrammes variétaux.....	69

II- APPLICATION DE L'A.F.C. A LA CLASSIFICATION DES VARIETES DE BLES DURS.....72

II-1: Analyse factorielle des correspondances (A.F.C).....	72
II-2: Analyse discriminante (A.D).....	75
Conclusion.....	78

CHAPITRE 3: APPRECIATION DE LA QUALITE COUSCOUSSIERE

I- APPRECIATION DE LA QUALITE COUSCOUSSIERE.....	79
I-1- La valeur couscoussière.....	79
I-2- Caractérisation physiques des produits secs.....	79
I-2-1- Granulation du couscous sec.....	79
I-2-2- Courbes granulométriques des couscous.....	81
I-3- Evaluations sensorielles de la qualité culinaire du couscous.....	84
I-4- La qualité culinaire du couscous	85
I-4-1- Gonflement des couscous.....	85
I-4-2-Prise en masse du couscous cuit.....	88
II- RELATION ENTRE LES ANALYSES INSTRUMENTALES ET SENSORIELLES DU COUSCOUS ET LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA SEMOULE.....	90
Discussion générale	92
Conclusion générale.....	94
Références bibliographiques.....	98
Annexes	

INTRODUCTION

Le blé est la céréale la plus cultivée dans le monde et ses utilisations industrielles sont très multiples d'où son importance au niveau économique. Sa place dans notre vie quotidienne n'est plus à démontrer. Mais la production nationale est loin de satisfaire les besoins de la société. Les faibles rendements sont dus à la combinaison de plusieurs facteurs qui déterminent les aptitudes technologiques et nutritionnelles des blés.

En dépit des fluctuations résultant des conditions agro-climatiques, le critère variétal, reste donc celui qui offre l'information la plus sûre quant à la valeur d'utilisation des blés et leurs destinations.

La connaissance des caractéristiques protéiques et technologiques des variétés de blé représente un grand intérêt pour l'orientation et l'utilisation de la production. Au niveau mondial, les protéines végétales, et en particulier celles des céréales et légumineuses représentent en moyennes les deux tiers de notre consommation alimentaire. Par exemple, en considérant les seules protéines de céréales, avec une production avoisinant les 1,8 milliard de tonnes et une teneur des grains en protéines de 8 à 15 pourcent, cela représente environ 200 millions de tonnes de protéines produites annuellement (AUTRAN, 1989). La majeure partie est constituée de protéines de réserves. De cela découle l'importance de toutes les études entreprises dans le but de connaître leur composition, leur structure, dans le but de les améliorer. Les protéines de réserves des grains de céréales présentent donc une importance alimentaire considérable.

Les céréales constituent la source de protéines la plus importante dans le monde. Elles fournissent, en effet 57 % des protéines consommées contre 23 % aux tubercules et aux légumineuses et 20 % aux produits animaux (viande, oeufs, produits laitiers), (POPINEAU, 1985).

Pendant longtemps, les efforts ont porté sur l'augmentation de la production du blé grâce à l'évolution des techniques culturales et à la sélection de variétés plus performantes. Aujourd'hui, les utilisations industrielles du blé ont détourné les objectifs vers l'amélioration de la qualité.

Actuellement, en dehors des variétés pures provenant des parcelles expérimentales, les caractéristiques des blés cultivés en Algérie sont insuffisamment ou presque inconnues. Il est bien évident que la teneur en protéines des blés conditionne leurs aptitudes technologiques. A cette notion de quantité se superpose la notion de qualité protéique. Les qualités technologiques (pastière et boulangère) des blés reposent principalement sur la teneur et la qualité des protéines des grains. Les protéines étant les produits directs de la traduction et la transcription des gènes, la qualité technologique d'un blé est donc une caractéristique génotypique.

Compte tenu de l'intérêt et de l'importance économique du blé, l'amélioration de la production pour réduire la part des céréales importées, il était naturel de chercher à mettre au point un ensemble de caractéristiques permettant la détermination exacte des variétés cultivées en Algérie.

Nous avons jugé utile d'apporter notre contribution à ce travail par un éventuel apport supplémentaire d'informations sur les caractéristiques technologiques de quelques variétés de blés durs cultivées à l'ouest du pays dans la région de Sidi Bel-Abbes, prélevées au niveau de l'I.T.G.C.

Les études entreprises ont été réalisées au laboratoire de technologie de céréale de Montpellier et au niveau de l'institut national des industries alimentaires de Boumerdes.

Le travail comporte trois parties :

- La première partie consiste à une synthèse bibliographique et de signaler les différents travaux effectués.

-
- La seconde partie sera réservée aux matériels et à la description des méthodes d'analyses utilisées.
 - La troisième partie a été consacrée à la présentation des résultats obtenus ainsi qu'à leur interprétation.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1: ORIGINE ,PRODUCTION ET
UTILISATION DU BLE DUR

I - ORIGINE , PRODUCTION ET UTILISATION DU BLE DUR

Les céréales fournissent plus ou moins directement près de trois quarts de la nourriture des habitants de la planète. Le blé vient en tête des céréales cultivées. Depuis sa découverte par les premières civilisations, le blé a été toujours au cœur d'enjeux politiques, économiques et sociaux de premier rang. Il occupe une place aussi stratégique parmi les grands produits alimentaires mondiaux. Notre pays importe près de 50% de la production mondiale (premier importateur). Il s'agit du blé tendre destiné à la panification mais aussi du blé dur qui, transformé en semoules, en couscous et pâtes alimentaires se conserve facilement .

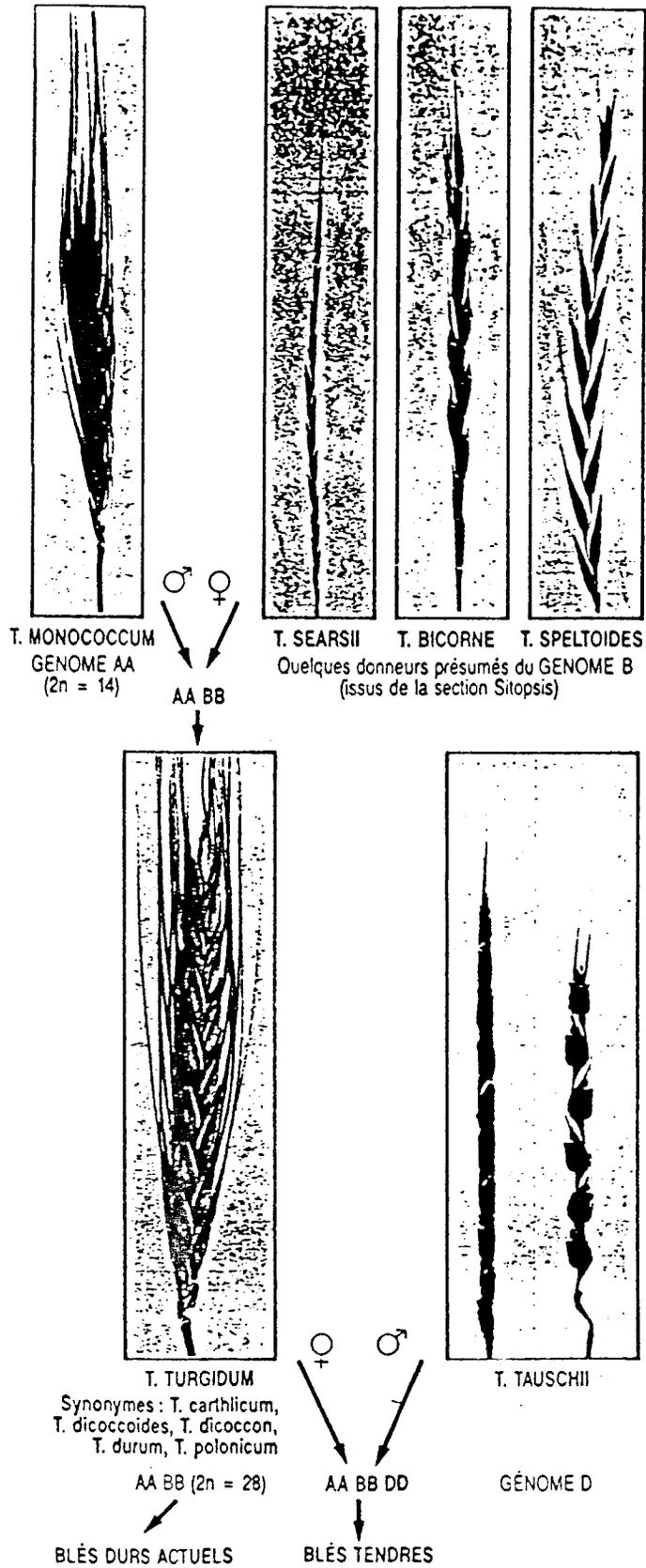
I-1 Origine du blé

Le blé dur serait apparu dans le Sud l'Abyssinie (HABACHA), il y'a environ sept mille ans .(TRENTESAUX ,1979). Il se distingue du blé tendre par le nombre de chromosomes mais, visuellement, il présente une structure cornée et une cassure vitreuse.

Le blé dur (*Triticum durum*)est tétraploïde et possède les génomes A et B (AA BB, $2n=28$), (fig. 1).

Chaque génome provient d'une espèce diploïde ancestrale différente, issue à leur tour d'un ancêtre diploïde commun. Cette origine lui confère sans doute cette souplesse d'adaptation d'où sa culture dans de très nombreuses régions du monde (Picard, 1988). En raison de cette origine, chaque génome comporte des chromosomes et des gènes homéologues des autres génomes (FELIX,1996).

fig.1 : Origine du blé (Picard 1988)



I-2 Production :

Le blé dur est surtout une plante des pays chauds et secs, les principaux pays producteurs de blé dur sont :

- En Europe: l'Italie, le Portugal, l'Espagne, la Russie et la France.
- En Asie : le proche orient (Syrie, Turquie) et les Indes.
- En Amérique : l'Argentine, Canada, USA, le Chili et le Mexique.
- En Afrique du Nord : l'Algérie, le Maroc et la Tunisie.

I-2-1 Production mondiale :

Depuis 1945, la production et la consommation mondiales des blés ont pratiquement quadruplé, passant de 140 à 570 millions de tonnes (tableau 1)(Magdelaine et al., 1993, Ferret 1993). Le marché mondial porte sur 100 millions de tonnes et dominé par cinq pays exportateurs : Les USA, la CEE, le Canada, l'Australie et l'Argentine (tableau. 1).

Tableau 1 : Production et exportation de blé (blé tendre compris et farine) à partir des moyennes de 1988, 1989, 1990 et 1991 exprimées en millions de tonnes (FELIX, 1996).

	Production	Exportation
Chine	92.6	—
Ex-URSS	85.3	—
CEE dont	83.8	20.9
France	32.4	18.7
USA	58.3	33.4
Inde	51.2	—
Canada	26.5	18.7
Australie	13.5	10.4
Argentine	9.6	4.8
Monde	450	98.8

I-2-2 Production nationale

Le blé dur constitue la matière première de base pour la fabrication des pâtes alimentaires, couscous, galettes et gâteaux. L'Algérie est le premier pays importateur mondial de blé dur, soit environ 50% de la production mondiale ; cela malgré l'étendue des superficies emballées et consacrées à la culture du blé dur (35% blé dur et 25% blé tendre). La production est loin de satisfaire la consommation nationale (tableau.2).

Le tableau 2 : Evolution de la production nationale de blé dur :

Année	1989**	1990**	1991**	1992*	1993*
Production, tonnes	554946	1.291.789	1.345.500	796.100	963.300

* Ministère de l'agriculture

** Source : ONS 1991 N°35

En Algérie malgré l'étendue des surfaces cultivables consacrées aux céréales, la production en blé est loin de satisfaire les besoins de la population. Ces faibles rendements enregistrés seraient dûs à une multitude de paramètres dans la plus déterminants sont :

- Les aspects agro-techniques de culture.
- Les conditions phytosanitaires.
- Les conditions climatiques (Pluviométrie, gelée ...).
- La sélection variétale.

L'ensemble de ces paramètres déterminent les aptitudes technologiques et nutritionnelles des blés. Pour le maintien d'une certaine qualité des produits finis, les industries attachent un grand intérêt à l'aspect variétal de la matière première qui doit être adaptée aux nouveaux procédés. Le sélectionneur doit donc répondre à de

nombreuses exigences. Pour cela il est intéressant qu'il puisse disposer de moyens lui permettant d'apprécier la qualité au stade précoce.

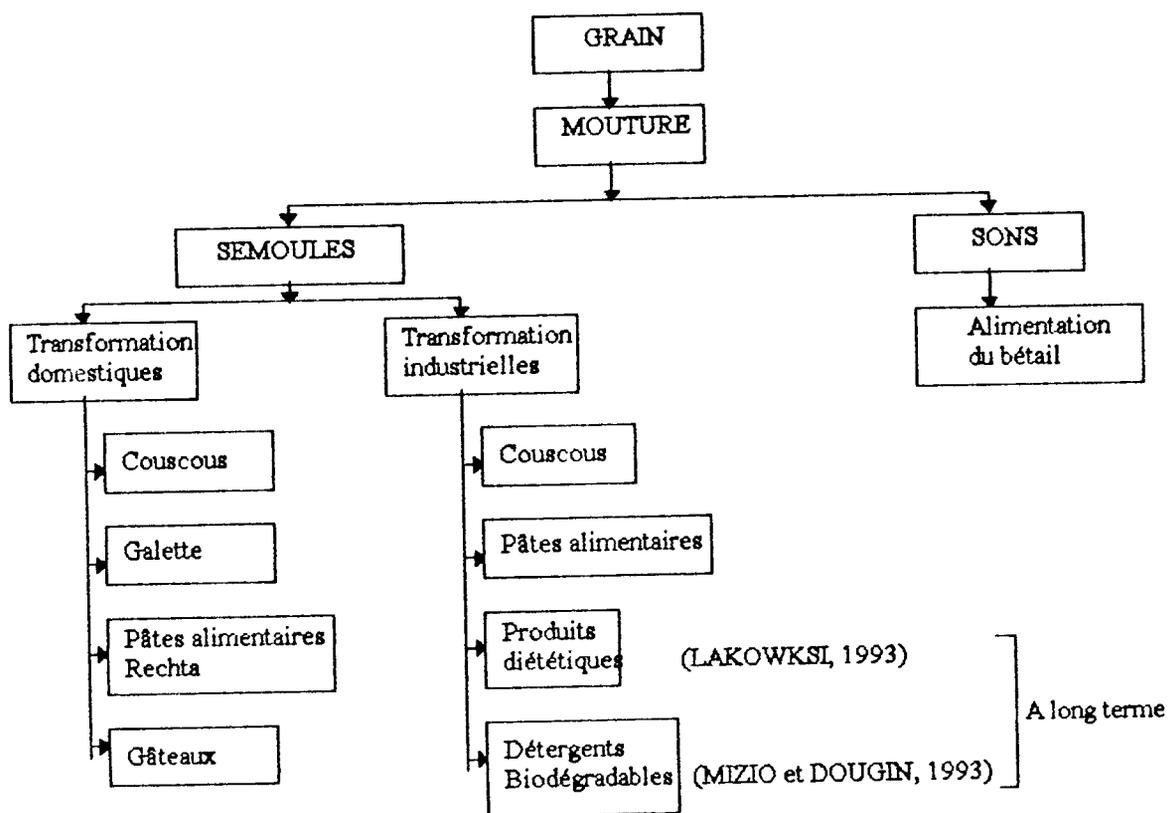
I-3 Utilisation du blé dur

Le blé dur est la céréale dont les débouchés sont les plus diversifiés. L'alimentation humaine reste la plus traditionnelle, l'alimentation animale a pris une place importante depuis dix ans, les débouchés en amidonnerie et industries papeteries (FELIX, 1996).

Cependant à long terme, d'autres secteurs comme la chimie ou la pharmacie, l'alimentation à travers de nouveaux produits diététiques, la fabrication de plastiques (Lakowski 1993) et de détergents biodégradables pourraient conduire à des débouchés importants (MIZIO et al, 1993), comme l'explique le schéma (fig.2).

En Algérie le blé dur transformé en semoule, sert à la confection de galettes, gâteaux, pâtes alimentaires et couscous. A l'échelle industrielle, il est destiné surtout à la fabrication de couscous et pâtes alimentaire

Fig.2 Schéma des débouchés du blé dur



1-3-1-Fabrication du couscous

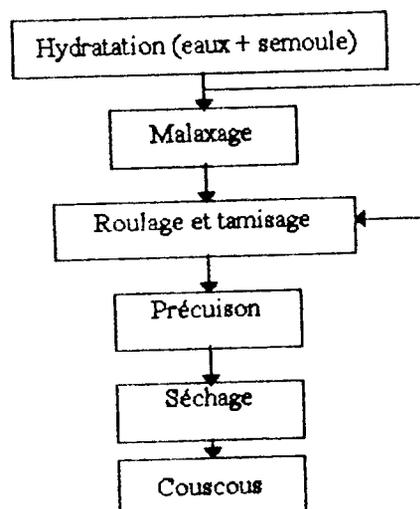
Le blé dur constitue la matière première la plus adaptée pour la fabrication du couscous. Ce dernier est le plat traditionnel préféré de la population. Le couscous, présent dans les fêtes et les occasions, fait partie intégrale dans nos habitudes alimentaires en contribuant ainsi à la ration calorifique et protéique de la population. GUEZLANE et al, (1986) indiquent que sur une consommation de semoule de blé dur de 4500 000 tonnes/an, environ un million de tonnes seraient consommées sous forme de couscous soit près de 40 kg/an /hab.

La fabrication du couscous consiste à agglomérer des grains de semoules de blé dur après hydratation par des traitements physiques (malaxage et roulage) suivis par des traitements thermiques (précuisson et séchage) dans le but de former un produit de granulométrie homogène et régulière (fig.3).

La fabrication industrielle du couscous, inspirée du procédé artisanal, est réalisée sur des lignes de production dont le débit moyen est de 1500 kg/h. L'intégration du couscous industriel serait liée à la forte demande suite à la perte des habitudes des femmes à fabriquer le couscous artisanal.

La consommation est en fonction de la capacité des industries à fournir un produit de bonne qualité.

fig.3 Schéma de fabrication du couscous



CHAPITRE 2: BLE DUR : PROTEINES ET GLUTEN

I- LE BLE DUR

I-1- Définition du blé dur:

Les froments durs: l'amande est plus compacte et plus colorée, d'aspect vitreux, elle est dure, casse sous pression sans s'écraser et donne de semoule sous forme d'éclats d'amande conservant la même structure, la même couleur que l'amande telle qu'elle existait dans le grain.

I-2- Structure et composition du grain de blé :

La coupe longitudinale d'un grain de blé permet de distinguer trois parties essentielles (fig.4).

I-2-1- Les enveloppes :

L'enveloppe est formée de plusieurs couches très fines dont l'épaisseur varie avec la variété du blé, elle représente 14 à 16% de la masse du grain (Calvel, 1978).

I-2-2- L'amande :

Elle représente 70 à 83% du poids du grain de blé. Elle est formée de grandes cellules allongées remplies de grains d'amidon ensachés dans un réseau protéique appelé gluten.

I-2-3- Le Germe :

Riche en matière grasses, il représente 1.5 à 3% du poids du grain de blé. Il contient le patrimoine génétique responsable de la future plante.

fig. 4 : Structure du grain de blé , section longitudinale .

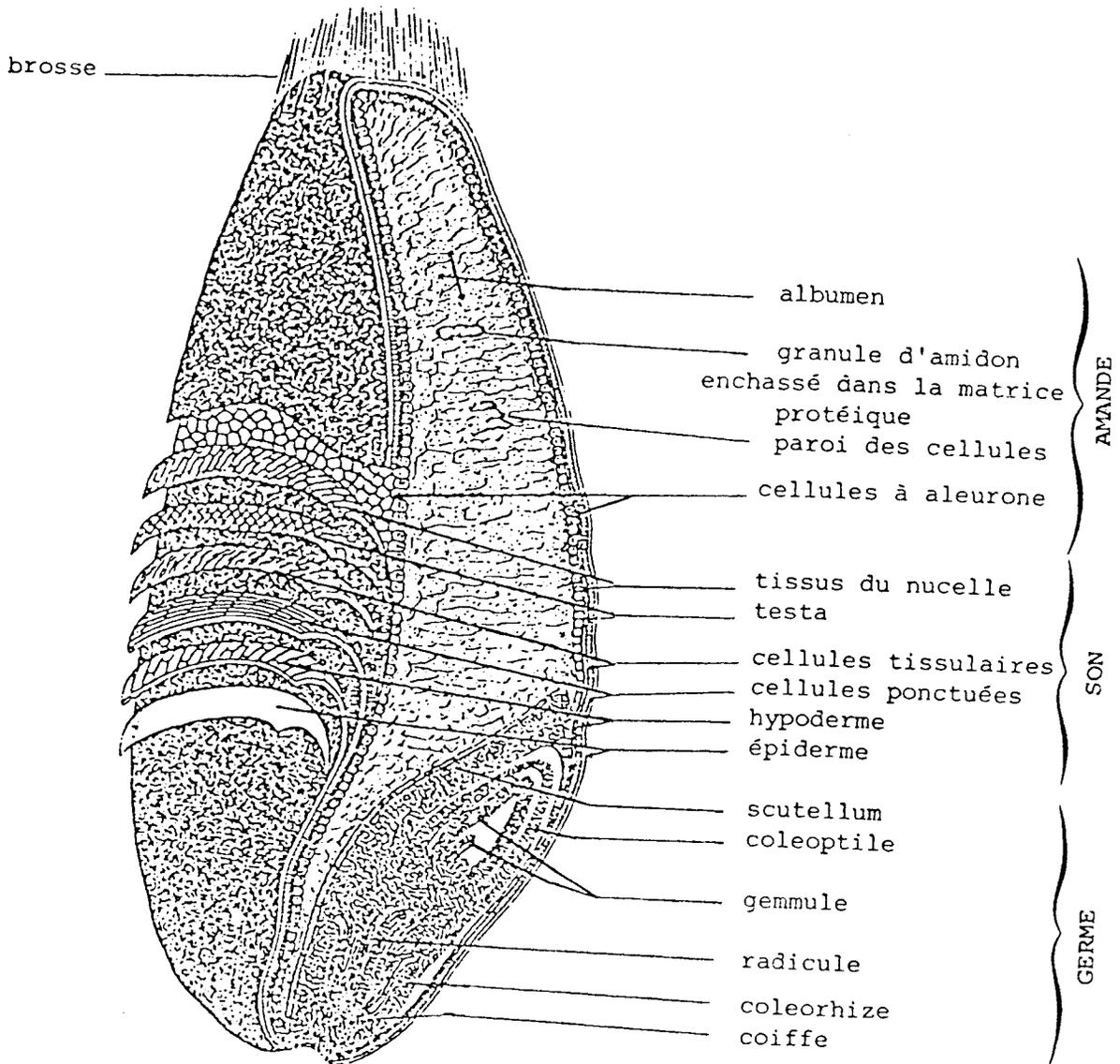
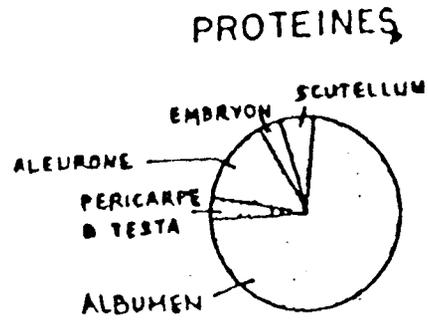


figure N°5: Diagramme des proportions en protéines dans le grain de blé (Konzak, 1977)



Handwritten notes:
Aleurone
Embryon

I-3 La valeur semoulière

La valeur semoulière peut être définie comme l'aptitude d'un blé à donner, dans des conditions industrielles, un taux d'extraction de semoules élevé de bonne qualité. La valeur semoulière d'un blé dure dépend :

- a- Rapport albumen/enveloppes.
- b- Friabilité de l'albumen.
- c- Facilité de séparer l'albumen et les enveloppes.

II- LES PROTEINES

II-1 Répartition et localisation dans le grain :

Les protéines ne sont pas réparties de façon uniforme dans les différentes parties du grain de blé. Il est formé de parties distinctes du point de vue morphologique et fonctionnel. Ainsi, la couche à aleurone est constituée de 30 à 35% de protéines, le germe de 35 à 45% alors que le péricarpe ne contient que 6 à 7% des protéines et le centre de l'albumen amylicé 6 à 9% seulement (POPINEAU, 1985). Globalement et compte tenu de l'importance pondérale relative de ces différents tissus, 87% des protéines se trouvent dans l'albumen et la couches à aleurone (fig.5).

Selon COURVOISIER (1984) les protéines solubles sont essentiellement synthétisées et accumulées au niveau de la couche à aleurone pauvre en protéines insolubles et en grain d'amidon. Les protéines de réserves sont accumulées à l'intérieur des membranes du réticulum endoplasmique granuleux dès leur synthèse.

II-2 Les différents groupes de protéines :

De tout le matériel protéique du grain, les haloprotéines sont quantitativement et qualitativement les plus importants. C'est l'oeuvre considérable d'OSBORNE (1907) qui a permis de dégager les notions fondamentales sur les constituants des protéines végétales en général et des protéines des céréales en particulier. Les caractères de solubilité ont permis de définir et de distinguer quatre groupes de protéines du grain.

Les albumines solubles dans l'eau et les globulines solubles dans les solutions salines souvent regroupées sous le terme protéines solubles.

Les gliadines solubles dans l'éthanol 70%, les gluténines protéines résiduelles solubles dans les acides et les bases diluées, regroupées sous le terme de protéines de réserve.

Les albumines et globulines forment les protéines cytoplasmiques présentes en faible quantité (15 à 20% des protéines de la farine) sont constituées de nombreuses protéines possèdent des propriétés physico-chimiques très diverses, les gliadines et les gluténines, principaux composants du gluten, constituent les protéines de réserve de l'albumen. Elles représentent 80 à 90 % des protéines totales .

II-2-1 Les protéines solubles

II-2-1-1. Les albumines : Elles représentent 5 à 10 % des protéines totales , de poids moléculaire 10000 à 20000 daltons . Elles sont hydrosolubles , caractérisées par leur richesse en tryptophane et en azote amide .

II-2-1-2 . Les globulines : Elles représentent 6 à 10 % des protéines totales , de poids moléculaire compris entre 29 000 et 200 000 daltons . Elles sont solubles dans les solutions salines . Elles se caractérisent par leur pauvreté en tryptophane et en azote amide mais riche en arginine , lysine et acide aspartique .

II-2-2 Les protéines de réserves

II-2-2-1. Les gliadines (40 à 45 % des protéines totales)

Elles sont extraites par l'éthanol aqueux à 70 %, après extraction des protéines solubles. Elles renferment essentiellement des constituants de poids moléculaires compris entre 35 000 et 45 000 daltons (alfa, bêta et gamma) gliadines et des oméga gliadines dont le poids moléculaire est de l'ordre de 64 000 à 73 000 daltons. Elles sont caractérisées par leur richesse en acide glutamique (40 à 45 %) et en proline (10 à 15 %) et par leur pauvreté en acides aminés basiques et soufrés. Les gliadines sont considérées comme responsables des propriétés d'extensibilité de la pâte.

II-2-2-2. Les gluténines (35 à 40 % des protéines totales)

Elles constituent un matériel plus complexe formé par des protéines agrégées et peu solubles. Elles sont riches en acides aminés basiques que les gliadines. Leur teneur en acides glutamique et en prolines est également élevée, de poids moléculaire qui dépasse plusieurs millions (Melas, Morel et Feillet, 1993). Les gluténines sont responsables des propriétés de tenacité et d'élasticité des pâtes.

II-2-2-3 Caractérisation des protéines de réserves

L'évolution des connaissances sur la solubilité des protéines des céréales, leur composition en acides aminés et en polypeptides ont permis d'établir une nouvelle classification, plus conforme aux propriétés biochimiques, biologiques et à leurs caractéristiques structurales (Tableau 3). Cette classification ne recouvre que partiellement celle d'OSBORNE (1907).

Les gliadines et les gluténines sont regroupées au sein de la même famille des prolamines subdivisées en trois groupes en fonction du degré de polymérisation et de la composition en acides aminés soufrés (Michel, 1994).

- Les prolamines de haut poids moléculaire (sous-unités de poids moléculaire supérieur à 90 000 daltons).
- Les prolamines riches en soufre (α , β et γ gliadines).

- Les prolamines pauvres en soufre (w-gliadines).

Ces groupes de prolamines existent aussi chez l'orge, le seigle et dans les espèces sauvages de Triticeae (Shewry et Tatham 1994).

L'étude des protéines de réserve constitue donc un intérêt primordial pour toutes les recherches d'amélioration du blé. L'évolution et la diversification des techniques d'extraction et de séparation des protéines de réserve ont amélioré leur caractérisation. Parallèlement, leur classification a aussi évolué mais aucune n'est vraiment représentative de l'ensemble des caractéristiques des protéines de réserve. (Michel, 1994)

Tableau 3: Classification des protéines du blé

OSBORNE, (1907)		MIFLIN et al., (1983)	
Albumines		Protéines fonctionnelles et de structure	
Globulines			
		Prolamines	
		pauvres en soufre	
Gliadines	Gliadines ω		Monomérique
	Gliadines α		
	Gliadines β	riches en soufre	
	Gliadines γ		
	Gluténines FPM		
Gluténines	Gluténines HPM	haut poids moléculaire	Agrégées

II-3 Composition en acides aminés des fractions protéiques :

Les protéines cytoplasmiques sont plus riches en lysine et en tryptophane que les protéines de réserve (DION et FAUCONNEAU 1969). Les globulines témoignent la présence des lipides et des acides nucléiques.

Les albumines contiennent autant de substances non protéiques que de substances protéiques. Les protéines de réserves et en particulier les gliadines sont les mieux pourvues en acides glutamiques ainsi que les gliadines se distinguent par leur richesse en proline. Leur agrégation est favorisée par le groupe amide de la glutamine (COURVOISIER 1984).

Les gluténines sont associées à un taux appréciables de lipides (Feillet, 1965).

Les gliadines constituent la fraction la plus pure avec seulement quelques pourcentages de pigments caroténoïdes et flavoïdes (LANDRY, 1965).

La cystéine offre par l'intermédiaire de son groupement thiol des possibilités de liaisons covalentes intra et intermoléculaire.

Les acides aminés ayant un résidu acide (acide glutamique et aspartique) leur amide et les acides aminés basiques (lysine, arginine, histidine), confèrent aux molécules protéiques des charges électriques locales en réponse du PH du milieu.

La leucine, isoleucine et la proline favorisent les liaisons hydrophobes.

La séquence des acides aminés d'une protéine nous renseigne sur la structure stérique qui détermine les propriétés des protéines du gluten responsable du comportement des farines en technologie (COURVOISIER, 1984).

La composition biochimique d'un grain de blé est sous la dépendance d'un certain nombre de paramètres (climat, variété...). Les protéines occupent une place importante dans la composition chimique du blé dur. De nombreux études ont montré que les protéines conditionnent la qualité technologique de la semoule. On admet que les propriétés fonctionnelles des protéines sont déterminées par leur capacité de

former des agrégats , des complexes et de réseaux au cours des processus technologiques.

II-4 Rôle des fractions protéiques :

Leur présence pour la formation de la pâte est indispensable. Morley (1938) précise qu'en dessous de 7.5% de protéines dans les mélanges de farine et d'amidon, on ne peut pas obtenir de développement de la pâte.(Bure , 1980)

L'hydratation de la farine provoque la formation instantanée d'un réseau de fibrilles protéiques (BERNARDIN et KASADRA, 1973 a).

Les albumines et les globulines ont des effets sur la rétention gazeuse et le volume du pain. Cette fraction soluble à l'eau semble importante pour maximiser les performances du gluten au cours de la cuisson du pain, tandis que les protéines du gluten participent à la formation de la pâte (ROUSSET et BRANLARD , 1977).

Les gliadines expriment leur qualité par leurs effets sur le volume du pain.

Les glutenines ont une influence sur la capacité d'hydratation des farines et sur la ténacité de la pâte.

II-5 Facteurs modifiant la composition protéique du grain de blé :

Plusieurs facteurs sont susceptibles de modifier les proportions respectives des protéines, les facteurs génétiques et agronomiques peuvent exercer une action sensible sur la composition en acide aminés des grain de blé (BOURDET ,1954).

Ainsi la détermination quantitative de certains acides aminés dans les blés a permis de constater que la nature du sol, la fumure et le climat modifient les teneurs en acides amines soufrés (cystéine-méthionine) sans affecter les teneurs en lysine et acide glutamique (MILLER et al 1950).

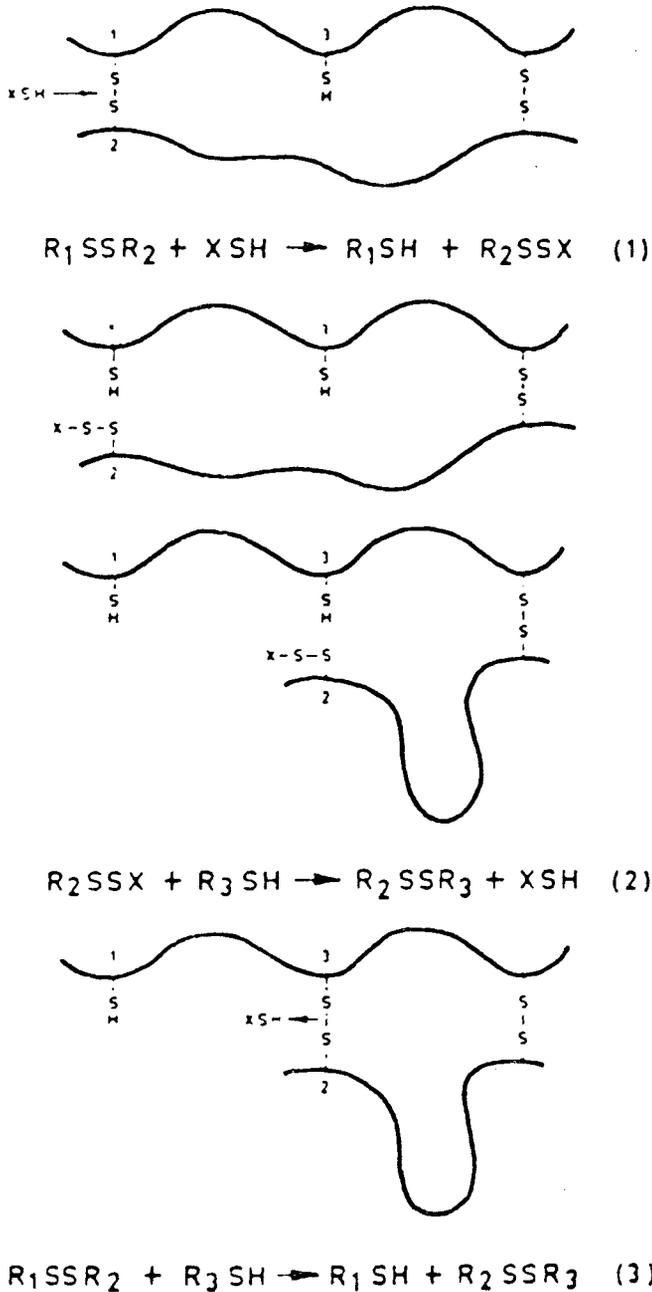
Guyonnet (1982) constate que la fumure azotée exagérée augmente la teneur globale de la protéine. Cette augmentation porte surtout sur la gliadine et les protéines solubles et pratiquement pas sur la glutenine, ce qui fait perdre à la pâte sa ténacité par suite de l'augmentation unilatérale de la l'élasticité . (Briston et al. , 1985).

Dans ces conditions la pâte supportera moins le pétrissage intensif et aura tendance à coller.

II-6 Les propriétés réactionnelles des protéines de blé :

Plusieurs travaux ont montré que les protéines participent à la qualité technologique de la semoule ou de la farine au cours de leurs interactions dans la pâte par des réactions d'oxydoréduction (BLOKSMA, 1972) (fig.6). WALL (1971) attribue aux ponts dissulfure la propriété de cohésion élastique des pâtes de la farine. Les groupements thiol (S-H) conduisent par oxydation la formation de pont dissulfure (S-S), ce qui durcit la pâte. Les propriétés rhéologiques des pâtes dépendent en grande partie des réactions d'échange entre les groupements thiols et les ponts S-S. (Courvoisier , 1984) .

FIG. 6 : Réactions d'oxudo-réduction dans la pâte (BLOKSMA, 1972)



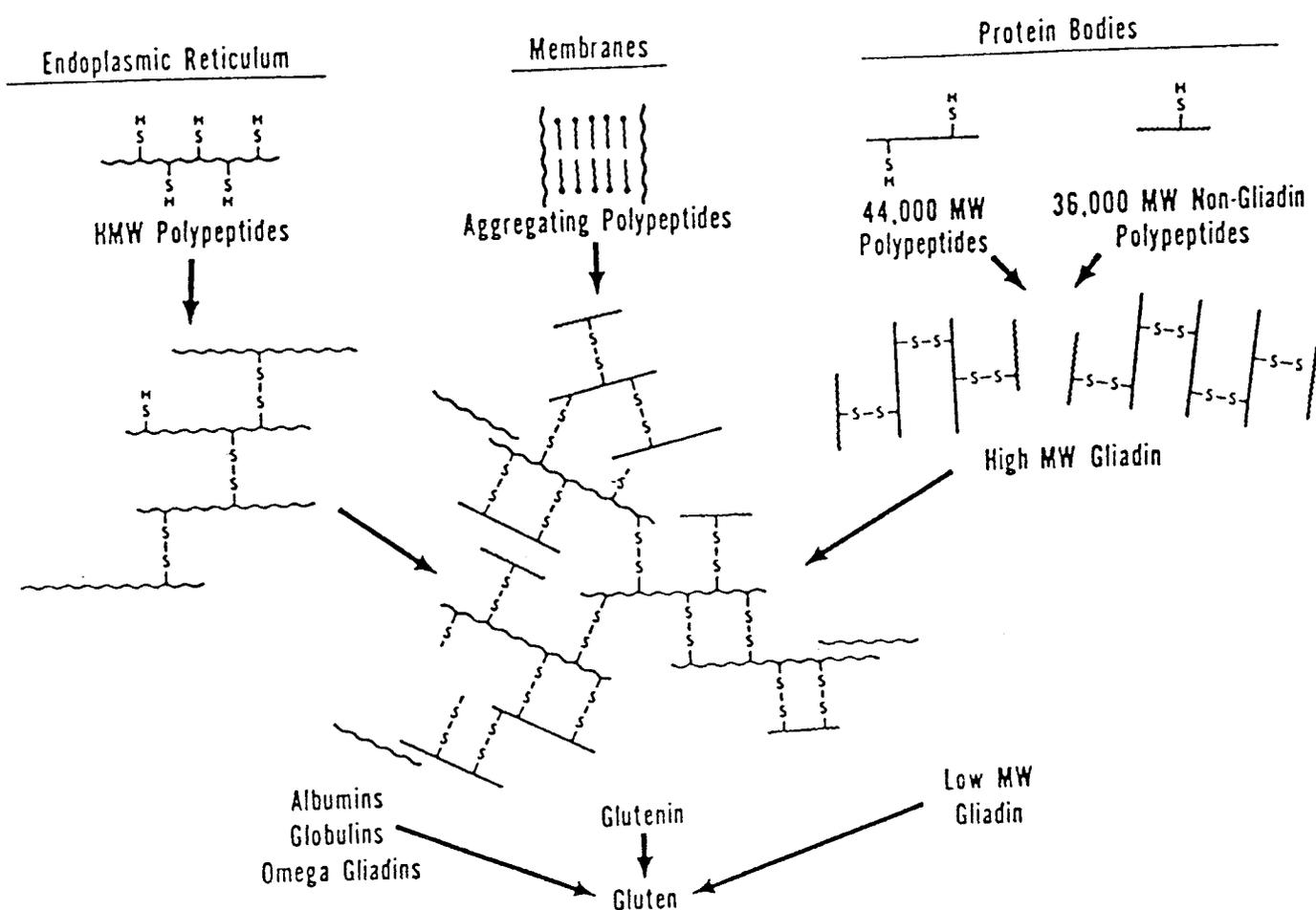
- Entre les réactions 1 et 2, la conformation des protéines de faible poids moléculaire change sous l'effet de la tension et du cisaillement de la pâte.
- La réaction 3 résulte des 2 premières, le composé thiol "X-SH" est libéré pour entraîner à son tour un nouveau cycle de réactions.

Durant le pétrissage de la pâte les protéines sont étirées et comprimées les réactions réversibles d'oxydoréduction ($S-H \leftrightarrow S-S$) participent à ce travail. JONES et CALL(1974) constatent que seulement 3% des groupements (S-S) et (S-H) influencent les propriétés rhéologiques de la pâte. Ce faible pourcentage serait le fait de faible molécule (cysteine, Glutathion) libérées durant le pétrissage qui participe aux réactions d'échange entre (S-S) et (S-H).

Les liaisons non covalentes (liaisons hydrogène, hydrophobe et hydrophiles) participent à la cohésion du gluten.

Bietz et wall, (1980) ont proposé une hypothèse sur la formation de la gluténine à laquelle contribuent au moins six types de polypeptides qui diffèrent par leurs caractéristiques physico-chimiques (fig. 7)

Fig.7 : Interaction possibles entres les différentes protéines du blé (BIETZ et WALL, 1980).



- Des polypeptides de haut poids moléculaires (HMW).
- Des polypeptides agrégatifs.
- Des polypeptides de poids moléculaires 44 000 daltons assez voisins des gliadines
- Des polypeptides non gliadines de poids moléculaire 36 000 daltons.
- Une partie des albumines, globulines et w-gliadines.
- Une partie des gliadines de faible poids moléculaire LMW.

L'association entre polypeptides HMW et gliadines LMW se ferait essentiellement par des ponts disulfures intermoléculaire, cet ensemble pouvant s'associer avec les polypeptides agrégatifs par des liaisons non covalentes. De même pour les gliadines, bien que les α , β , γ puissent se lier de façon covalente par un mécanisme d'échange de ponts disulfurés.

III- GLUTEN DU BLE

III-1 *Définition et composition :*

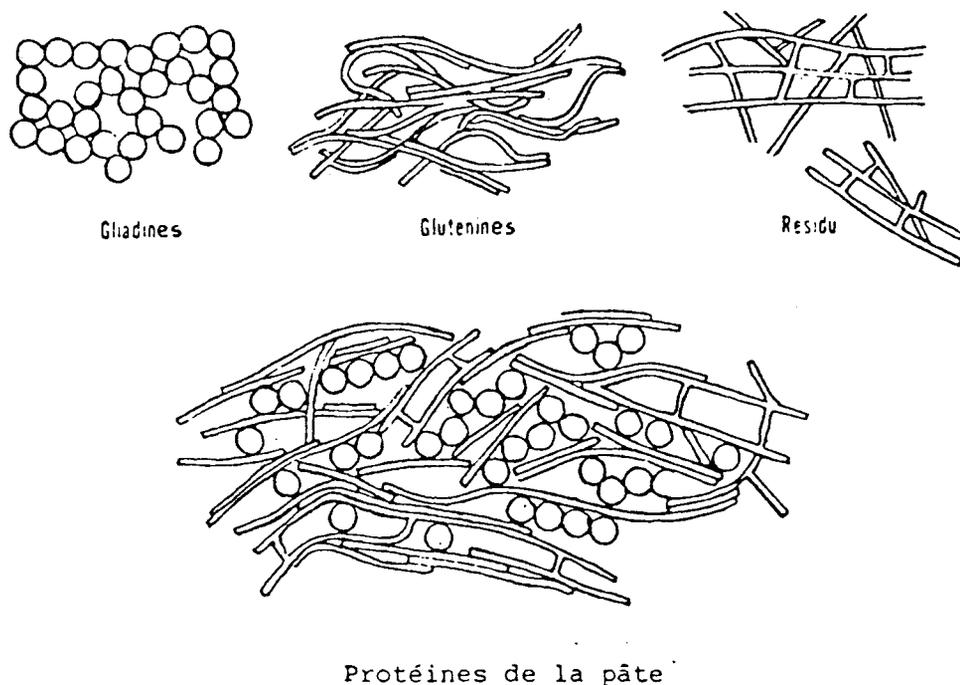
Le gluten est un complexe protéique visco-élastique constitué d'un mélange hétérogène de gliadines et de glutenine associées par des liaisons covalentes (S-S) et non covalentes (hydrogène, hydrophobes et ioniques). Obtenu par lixivation sous un mince filet d'eau d'un paton de pâte, il contient des protéines (75-85%), des lipides (5-7%), de l'amidon (5-1%) et de l'eau (5-8%) (MELAS et al., 1993), mais aussi des sucres réducteurs, la cellulose et des matières minérales en proportions faible. (DAMINDAUX, 1979).

III-2 *Structure du gluten*

Du point de vue physique, le gluten se caractérise à l'état hydraté par ses propriétés de cohésion, d'élasticité et d'extensibilité. Sa structure joue un rôle important dans la fabrication de la pâte puisque la surface de contact de 1 gramme de gluten est estimée à 100m² environ (Bure, 1980).

Le gluten se forme au cours du pétrissage (fig.8) par l'établissement de divers liaisons (hydrogène, dissulfures et interactions hydrophobes) entre les gliadines et les glutenines pour donner naissance à une masse visco-élastique.

Selon Wall et Huebner, (1981) la cohésion et l'élasticité du gluten sont dues à la tendance qu'ont les différentes protéines constitutives du gluten à s'associer. Les glutenines très fortement agrégées, contribuent à la résistance du gluten alors que les gliadines, moins fortement associées facilitent la déformation. D'autres auteurs ont mis en évidence l'intervention des lipides dans les propriétés technologiques des pâtes.

fig. 8 : Interaction entre les protéines (WALL, 1979)

III-3 Etudes rhéologiques du gluten :

Le rôle des protéines de réserve sur la qualité technologique a été démontré depuis longtemps, ce qui a entraîné à l'élaboration de nombreuses méthodes destinées à apprécier les propriétés du gluten.

De nombreuses méthodes ont été proposées pour apprécier les propriétés du gluten. Depuis plus de cinquante ans, les technologies des industries des céréales utilisent des méthodes empiriques pour caractériser les propriétés rhéologiques des pâte de farine à l'aide d'appareils tels que l'Alvéographe chopin, le Farinographe et l'Extensiographe Brabender.

Les études rhéologiques visent à expliquer les relations entre les caractéristiques rhéologiques, la structure et la composition d'une part et les aptitudes technologiques, d'autre part, de la matière première et du produit fini.

Plusieurs chercheurs avaient mis au point des appareils spécifiques tels que l'extensimètre à bain de mercure (Shofield et Scot Blair), le rhéomètre à plan parallèle (Hibbert et Proker). Ces appareils étaient conçus pour l'application d'un seul type d'essai rhéologique. Ce fût le cas de l'appareils UDK-1 (russe) mis au point pour mesurer la résistance du gluten à la compression suite à l'application d'une charge par relais temporisé.

Le développement de l'instrumentation rhéologiques à permis de disposer d'appareils commerciaux polyvalents et performants appropriés à de telles études.

Le viscoélastographe (Feillet et al., 1977) mis au point au laboratoire de Montpellier permet d'apprécier les propriétés visco-élastique du gluten et des pâtes alimentaires.

Le rôle des différentes liaisons chimiques sur les propriétés rhéologiques du gluten a été étudié grâce à l'utilisation d'agents dénaturants. L'action des agents oxydants et réducteurs ont un effet important sur la rigidité des pâtes.

Les agents oxydants bloquent les groupements thiol, en renforçant le gluten. La réduction des ponts dissulfures, au contraire provoque une diminution du poids moléculaire des glutenines (Meredith et Wern, 1969) et entraînent un effondrement de la rigidité du gluten.

La connaissance des propriétés rhéologiques du gluten repose sur un certain nombre de travaux et reste fragmentaire. Le progrès dans la compréhension des relations structure-propriétés du gluten nécessite une analyse aussi complète que possible de son comportement visco-élastique associant des méthodes rhéologiques complémentaires.

**CHAPITRE 3:LE POLYMORPHISME DES
PROTEINES DE RESERVE PAR ELECTROPHORESE**

I- LE POLYMORPHISME DES PROTEINES DE RESERVES

I-1 Etude des gliadines

I-1-1 *Définition*

Les gliadines sont des protéines monomériques dans lesquelles les liaisons dissulfure, quand elle existent (comme dans les alpha, bêta et gamma-gliadines), sont intramoléculaire. On dénombre une centaine de ces protéines. Elles contribuent à la viscosité et à l'extensibilité du gluten (Valerie et al., 1993).

I-1-2 *Structure et propriétés*

MONNEVEUX et al. (1981) montrent que les gliadines se présentent, lorsqu'elles sont isolées à l'état hydraté, comme une masse visqueuse, extensible de faible élasticité. BIETZ et WALL (1972) déterminèrent les poids moléculaires de 7 fractions dont 4 représentent la quasi totalité des gliadines. (Rousset et al., 1977). BUSHUK et al., 1978 définissent les mobilités des sous fractions gliadines sur gel polyacrylamide comme suite :

α : gliadines mobilité supérieur à la bande 69

β : gliadines mobilité entre la bande 57 et 69

γ : gliadines mobilité entre la bande 41 et 56

ω : gliadines mobilité entre la bande 19 et 40

Les gliadines se distinguent entre elle par leur toxicité vis à vis du sujet intolérant au gluten. Les β -gliadines sont plus nocives que les γ -gliadines, seules les w-gliadines ne le sont pas (Courvoisier, 1984).

Les gliadines sont constituées d'unité de poids moléculaire réduit, présentant une structure repliée et stabilisée par les ponts(S-S) intramoléculaire.

Le tableau.4 énumère quelques résultats concernant le poids moléculaire des gliadines.

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des quelques résultats d'études concernant le poids moléculaire des gliadines. (COURVOISIER , 1984)

Auteurs Sous- fractions	BIETZ et WALL(1972)	SEXON et WU(1972)	EWART (1973)	CHARB- ONNIER (1974)	HAMAUZU et COLL (1974-75)	WALL (1979)	BABONN- EAU (1983)
α gliadines	36 000		32 000		27 000	30 900	25 000
			à			34 500	
β gliadines	à		36 000		à	37 500	
			37 000			38 100	
γ gliadines	44 000	30 800 34 000	38 200		28 000	33 000	21 400
			à			38 000	38 000
w gliadines	69 300 78 100		44 100	64 500 73 000	54 000 64 000	30 300	21 600
						73 300	36 000
						44 000	39 000
						73 300	39 800
						78 000	64 500

I-1-3 Composition des gliadines en acides aminés

La composition des gliadines en acides aminés montre leur richesse en glutamine (40.6 %) , en proline (17.7%) et leur déficience en méthionine (0.9%), lysine (0.4%) et tryptophane (0.4%). Par rapport aux alpha, bêta et gamma-gliadine, qui ont des caractéristiques commune, les gamma-gliadines se distinguent par la teneur élevée en acide glutamique (49.5%) , en proline (24.9 %) et une absence d'acide aminés soufrés: (cysteine et méthionine).

La conformation des alpha, bêta et gamma-gliadines est stabilisée par des ponts disulfures intramoléculaires et par des liaisons hydrogènes. En solution leur structure secondaire est formée de 30 à 35 % d'hélice de 10 à 20% de feuillets β et un pourcentage indéterminé de coude β . Les oméga-gliadines sont caractérisées par l'absence de ponts disulfures intramoléculaires, car elles ne possèdent pas de cystéine; elles sont stabilisées par de fortes liaisons hydrophobes (Godon et al., 1992).

Les points iso-électriques des alpha, bêta et gamma-gliadines se situent entre pH 6.5 et 8.2 et entre pH 5.5 et 7 pour les oméga-gliadines.

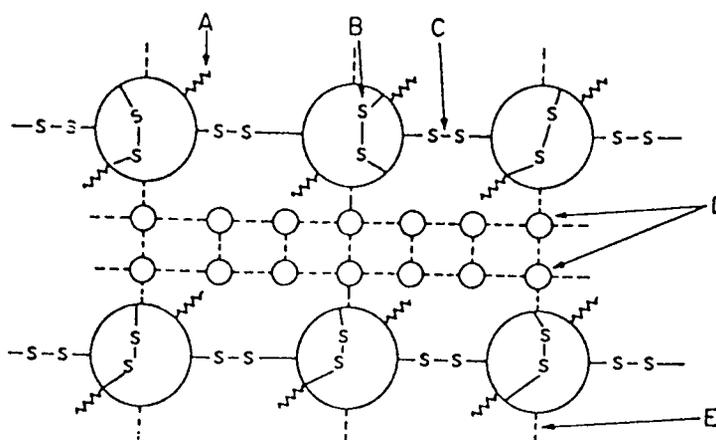
I-2 Etude des gluténines

I-2-1 Définition

Les glutenines sont des protéines polymériques dont les chaînes polypeptidiques élémentaires, qualifiées de sous-unités gluténines, sont réunies par des liaisons intramoléculaires. Elles forment une famille hétérogène de poids moléculaire (VALERIE et al., 1993).

I-2-2 Structure et propriétés

La figure 9 représente le schéma d'un modèle de la gluténine fonctionnelle proposée par (Bushuk et al., 1980). REDALLI et al. (1995) montrent que les gluténines représentent 45% des protéines de l'endosperme du grain de blé. Les sous unités des gluténines peuvent être fractionnées après leur réductions par SDS-PAGE. Elles se subdivisent en deux familles sur la base de leur poids moléculaire :



- A : sous-unité gluténine II (PM \approx 68 000)
 B : pont disulfure intrapolypeptidique
 C : pont disulfure interpolypeptidique
 D : sous-unité gluténine I (PM < 68 000)
 E : liaisons secondaires : hydrophobes, ioniques, hydrogènes.

Fig. 9 : Représentation schématique d'un modèle de la gluténine fonctionnelle (BUSHUK et coll., 1980).

- Sous unités gluténines de haut poids moléculaire (SG-HPM) dont le poids moléculaire apparent est compris entre 95 000 et 130 000 daltons.
- Sous unités gluténines de faible poids moléculaire (SG-FPM) dont le poids moléculaire apparent est compris entre 30 000 et 50 000 daltons.

Les gluténines contribuent à la ténacité du gluten et de la pâte. BITEZ et WALL (1975) ont observé que la gluténine est essentielle pour la formation correcte de la pâte.

II-ETUDE DES PROTEINES PAR ELECTROPHORESE

II-1 Généralités

Les protéines du blé ont fait l'objet d'études biochimiques approfondies. De nombreuses recherches ont tenté de préciser le lien existant entre la valeur protéique des grain et la valeur technologique, appréciée par des tests d'approche. Plusieurs travaux montrent le rôle direct des fractions protéiques d'OSBORNE dans le

procéssus de panification . Les protéines du gluten sont essentiellement responsables de la formation de la pate . Les gliadines contribuent à l'extensibilité de la pate , tandis que les gluténines contribuent à la fermeté et à la stabilité au cours du pétrissage (DOUADI et BRANLARD , 1988) .

Certaines propriétés spécifiques du gluten peuvent être relativement plus importantes que d'autres dans l'explication de la qualité . La plus part des travaux sur les gliadines montrent le caractère constant de sa constitution et lui attribue un rôle au niveau des propriétés visco-élastiques du gluten . (DAMIDAUX , 1979) . La fraction gliadine est constituée d'un assez grand nombre de composants qui peuvent être caractérisés par différents facteurs physico-chimiques (mobilité électrophorétiques , charge électrique , encombrement moléculaire , composition en acides aminés , séquence des acides aminés) . Ces composants peuvent être fractionnés par plusieurs techniques (électrophorèse , chromatographie et filtration moléculaire) .

la principale technique actuellement utilisée est l'électrophorèse des gliadines en PAGE-ACIDE (AUTRAN, 1994). L'étude de la composition fine des protéines est susceptible de fournir des informations sur l'identité et l'histoire du blé. Les propriétés des protéines, constituants biochimiques du grain sont génétiquement stables.

II-2 Intérêt de l'électrophorèse pour l'amélioration des plantes et l'identification

Il semble actuellement très important de faire appel à des propriétés biochimiques et physico-chimiques des protéines dont leurs structure apparaît étroitement associée au patrimoine héréditaire des blés. Les protéines sont donc des produits directs de la traduction et de la transcription des gènes et peuvent être utilisées comme des marqueurs de ces gènes (marqueurs biochimiques).

AUTRAN (1975) a constaté que l'hétérogénéité des gliadines constitue un caractère variétal et n'apparaît jamais influencée par les facteurs du milieu.

Ainsi l'analyse étant réalisable à partir d'un seul grain pour le contrôle qualitatif et quantitatif des lots commerciaux. Le tableau 5 résume quelques tests d'appréciation de la qualité technologique du blé.

Les techniques électrophorétiques, donnent des « empreintes digitales protéiques » suffisamment précises et sont reproductibles pour être de précieux outils dans l'identification et la distinction des variétés et espèces cultivées, en particulier sur le plan de leur qualité d'utilisation technologique et de leur valeur agronomique (AUTRAN, 1986).

Tableau 5: Comparaison de quelque tests d'appréciation de la valeur technologique du blé, du point de vue poids de l'échantillon nécessaire (AUTRAN, 1994)

Tests considérés	Poids de l'échantillon	Auteurs
Essai de panification test CNERNA	2 ou 3kg	GODON et SARAZIN, 1973
Essai de panification à échelle réduite	350 g	
Alvéographe CHOPIN	100 à 1kg	
Temps de chute de HAGBERG	300 g	
Farinographe Brabender	300 à 50 g	
Test de ZELENY	100 à 200 g	
Essai de micro-cuisson	40 g	
Test de PELSSENKE	20 g	FINNE ET SHOGREN, 1972
Mixographe à échelle réduite	10 g	
Gel protéique	5 à 10 g	JEANJEAN et FEILLET, 1978
Mouture expérimentale	5 g	HEYNE et al., 1976
Résidu protéique (insoluble dans l'acide acétique dilué)	2 g	ORTH, 1976
Micro méthode de test du gel protéique	1 grain	DEMIDKIN et al., 1977
Chromatographie en phase liquide (H.P.L.C)	1 grain	BIETZ et al., 1982
Electrophorèse de protéines de réserve	1/2 grain	

II-3 Sélection variétale des céréales

Dans la filière agro-alimentaire, il est très important de pouvoir identifier et distinguer les variétés et les espèces, ne possédant pas le même niveau de qualité d'utilisation et sont négociées à des prix différents. L'électrophorèse des protéines est largement utilisée par les généticiens et les sélectionneurs pour répondre aux préoccupations de l'utilisateur .

La caractérisation des protéines de réserve a été améliorée par l'évolution des techniques de leurs extraction et de séparation. Bien que les premières techniques d'extraction, comme celle d'Osborne (1907), soient suffisantes pour séparer les gluténines des gliadines. La mise au point des techniques d'électrophorèse au cours des années 70 (Laemmli, 1970) rend possible la caractérisation biochimique et génétiques de ces protéines et confirme leur implication dans la qualité (Payne et al 1979, Payne, 1987).

De nombreuses études entreprises sur la connaissance biochimique des gluténines de haut poids moléculaire ont mis en évidence l'existence de certaines sous-unités favorables à la qualité tandis que d'autres sont défavorables. L'étude des gliadines a été menée en parallèle à celle des gluténines de haut poids moléculaire, leur effet sur la qualité reste controversée. Malgré un polymorphisme beaucoup plus important que les gluténines, leur influence sur certains paramètres (extensibilité) est faible. De plus l'analyse récente des gluténines de faible poids moléculaire a remis en question le rôle des gliadines sur la qualité. Pogna et al. (1988 et 1990) ont mis en évidence, chez le blé dur, que seules les gluténines de faibles poids moléculaires ont un rôle fonctionnel dans la qualité tandis que les gliadines ne sont que des marqueurs génétiques.

L'étude de la composition fine de ces protéines est donc susceptible de fournir des informations sur l'identité d'un produit. Ces informations peuvent être déterminées par de techniques de séparation telles que l'électrophorèse. Les diagrammes électrophoretiques constituent des cartes d'identité des échantillons analysés à partir

des variétés et constituent un caractère variétal génétiquement stable indépendant des facteurs agro-climatiques.

II-3-1 Cas du blé dur

Le diagramme gliadine renferme toujours une vingtaine de composants et constitue un caractère variétale génétiquement stable indépendant des facteurs agro-climatiques.

L'électrophorèse des gliadines en PAGE acide a permis de distinguer deux type de variétés: d'une part, des variétés possédant le constituant γ gliadines 45 et d'autre part, des variétés possédant le constituant γ gliadine 42.

Aucune variété, dite fixée, ne possède un électrophorégramme où les bandes 42 et 45 sont associées.

II-3-2 Cas du blé tendre

Chez le blé tendre, les corrélations existant entre la présence de certaines gliadines analysées en PAGE acide et la qualité boulangère des variétés se sont révélées moins significatives que chez le blé dur par contre l'étude de polymorphisme des sous-unités gluténines de haut poids moléculaires (HMW) en SDS-PAGE et la force boulangère est apparue plus prometteuse.

CHAPITRE 4: APPLICATION DE L'ANALYSE

FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES A LA

DISCRIMINATION DES CLASSES

I METHODES D'ANALYSES DES DONNEES ET DE CLASSIFICATIONS

L'analyse des données est une technique relativement récente, qui s'est établie, pour l'essentiel, dans la décennie 1960-1970.

Les techniques d'analyse des données (méthode de statistique descriptive multidimensionnelle) peuvent être rangées en deux grandes familles : méthodes factorielle et les méthodes de classification.

I-1 Les méthodes factorielles

Elles utilisent des calculs d'ajustement qui font essentiellement appel à l'algèbre linéaire et produisent des représentations graphiques où l'objets à décrire deviennent des point sur un axe ou dans un plan.

I-2 Les méthodes de classification

Elles sont plus récentes. Elles mettent en jeu une formulation et des calculs algorithmiques et produisent des classes, permettant de grouper et de ranger les objets à décrire.

Ces deux méthodes sont complémentaires et peuvent être utilisées conjointement sur un même jeu de données. Elles donnent chacune un point de vue sur les matériaux statistiques qui leur sont soumis. Le plus souvent, lors des approches exploratoires, les partitions ou les arbres de classification viendront compléter et nuancer les analyses factorielles préalables.

II- APPLICATION DE L'ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES (A.F.C)

Cette méthode d'analyse a été choisie car elle s'applique bien à un tableau de fréquence. L'une des dimensions du tableau est formé d'unités à caractère répétitif. Lorsque les lignes ont ce caractère répétitif, on les désigne sous le nom d'individus ou observation, les colonnes étant désignées sous le nom des variables, les lignes et les colonnes du tableau sont représentées géométriquement par des points d'un espace à p pour n dimensions, points dont les coordonnées seront précisément les éléments du tableau. Les n lignes peuvent être considérées comme n points d'un espace à p dimensions, les p colonnes seront des points d'un espace à n dimensions. Le souci d'observer une certaine invariance des résultats, lors de la représentation géométrique des nuages de points, conduit à adopter une distance dite χ^2 (prononcez KHI 2) de Pearson.

L'A.F.C a pour objectif de trouver la représentation plane comportant le maximum d'information.

Pour interpréter les résultats de l'A.F.C, les étapes suivantes sont nécessaires :

- Etude de l'histogramme des valeurs propres.
- Etude des contributions absolues.
- Etude des cosinus carré.
- Etude des plans factorielle.

III- L'ANALYSE DISCRIMINANTE (AD)

L'analyse discriminante vise, en simplifiant sans trop déformer, à donner d'une réalité complexe une image aisément saisissable pour notre esprit devant des motivations décisionnelles.

Le meilleur axe discriminant c'est celui sur lequel on obtient la meilleure séparation de deux catégories lorsqu'on projette le nuage de points sur le plan factoriel. Cette qualité peut se mesurer au moyen d'un critère qu'on appelle pouvoir discriminant.

Le pouvoir discriminant sera d'autant plus grand que les points seront éloignés l'un de l'autre en comparaisant avec la dispersion générale des points sur l'axe.

PARTIE EXPERIMENTALE

MATERIELS ET METHODES D'ANALYSES

I. MATERIELS D'ETUDE :

Notre étude a porté sur onze (09) variétés de blé dur cultivé dans la région de Sidi Bel Abbès, les échantillons ont été prélevés au niveau de L'I.T.G.C de Sidi Bel Abbès. La plus-part des variétés retenues ont fait l'objet de plusieurs travaux et constituent la fraction importante de la production. Nous avons utilisés trois (3) variétés de blé dur Français comme témoins pour le repérage des mobilités électrophoretiques (Mondur, Agathe, Tomclair), prélevées au niveau de L'I.N.R.A de Montpellier.

I-1.Présentation des travaux

I-1-1 Variétés retenues dans l'étude de l'aptitude technologique.

En fonction de la disponibilité des échantillons prélevés, nous avons étudiées l'aptitude technologique des variétés suivantes: Waha, Kébir, Vitron, Chen « s », Mexicalli, Sham « 3 », O/Zenati, ACSAD 65 Polinicum; leurs caractéristiques sont résumées dans le Tableau 6 .

I-1-2 Variétés retenues dans l'identification variétale

En plus des variétés retenues pour l'aptitude technologiques, notre étude a été réalisée sur deux autres variétés BD14 et BD21 prélevées à L'I.N.R.A de Lamtar (Sidi Bel Abbès), et trois variétés de blé dur Français témoins (deux variétés de type γ 45, Mondur et Agathé , et une variété type γ 42 Tomclair) respectivement .

II. METHODES D'ANALYSES

II.1 Appréciation de valeur semoulière.

La valeur semoulière a été appréciée par la détermination des caractéristiques physiques des grains de blé.

II-1.1 Poids de mille (1000) grains.

On détermine la masse en gramme de mille (1000) grains entiers par comptage de grains contenus dans trente (30) grammes de blé. (NF V. 03 702 Descembre 1981) .

II-1-2 Taux de mitadinage.

Le taux de mitadinage exprime le pourcentage de grains de blé non entièrement vitreux. Ce taux est déterminé sur cent (100) grains par comptage des grains mitadinés et vérification de l'état des autres grains en les coupant au scalpel. (NF V.03 705 Descembre 1981) .

II-1-3 Uniformité des grains - calibrage.

On détermine l'uniformité des grains par tamisage sur un ensemble de jeu de tamis de différents numéros (2,5 ; 2,0 ; 1,8 mm). (GUEZLANE 1979) .

II-1-4 Masse à l'hectolitre - PHL.

Le PHL est déterminé par la mesure de la masse d'un certain volume de grains de blé débarrassé d'impuretés. Le dispositif utilisé permet de mesurer le volume d'un litre de grains. (Methode de pese-grains de un litre . NA.1613/1990).

II-2 Methodes physico-chimiques d'analyses

II-2-1 Humidité.

La détermination de la teneur en eau est basée sur le séchage du produit broyé à une température de 130°C et à pression atmosphérique. (NF V. 03 707 Mars 1976) .

II-2-2 Taux de cendres.

La teneur en cendre est déterminée par l'incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante à une température de 900°C jusqu'à combustion complète de la matière organique et la pesée du résidu obtenu. (NF V. 03 720 Décembre 1981)

II-2-3 Taux des protéines totales

La teneur en protéine est déterminée par la méthode de KJELDHAL. (NF V. 03 050 Septembre 1970).

II-2-4 Taux des pigments caroténoïdes.

Elle est fondée sur l'extraction des pigments par le butanol saturé d'eau, après filtration on mesure l'absorbance à 440nm. Le taux des pigments est exprimé par rapport au β carotène, à partir d'une courbe d'étalonnage établie.

II-2-5 Teneur en amidon

Le principe de la méthode comprend une double détermination. Dans la première, l'échantillon est traité à chaud par l'acide chlorhydrique dilué. Après défécation et filtration, on mesure par polarimétrie le pouvoir rotatoire de la solution. Dans la seconde méthode l'échantillon est extrait par l'alcool à 40°, après acidification par l'acide chlorhydrique, défécation et filtration, on mesure le pouvoir rotatoire dans les mêmes conditions que lors de la première détermination. La différence entre les deux multipliée par un facteur connu donne la teneur en amidon de l'échantillon. (journal officiel des communautés européennes N°1.123/7 29. 5.72).

II-3 Mouture d'essai

Après avoir nettoyé et conditionné le blé, on effectue la mouture d'essai dans un moulin de laboratoire (CD 2 blé dur) pour la production de semoules.

Les semoules bises obtenues sont classées dans le sasseur de laboratoire CHOPIN. Les trois extractions de semoules (tamis 450, 500, 560 μ m), sont rassemblées et destinées pour l'analyse.

II-4 Détermination des caractéristiques technologiques

II-4-1 Extraction du gluten.

Le dosage du gluten repose sur son insolubilité dans l'eau et sur la propriété de s'agglomérer lorsqu'il est malaxé sous un filet d'eau. Le gluten est extrait dans les conditions décrites par MATVEEF(1967). La prise de 10 g. de semoule reçoit 5 ml d'eau salée à 2% de chlorure de sodium.

Le pétrissage à la main est suivi d'un repos du paton de 20 minutes sous un couvercle. L'extraction se fait par lixiviation manuelle sous un mince filet d'eau par élimination de l'amidon.

II-4-2 Détermination des propriétés élastiques du gluten.

La mesure de l'élasticité du gluten est effectuée sur 4 grammes par l'IDK-1 avec l'application d'un relais temporaire selon la méthode classique (H-H ZOTOBA et al 82). Dans cet appareil la charge de déformation du gluten est obtenue à l'aide d'un poids qui tombe librement et presse le gluten pendant 30 secondes. Le résultat de mesure de l'élasticité est marqué à l'échelle de l'appareil en unités conventionnelles. L'élasticité du gluten est d'autant plus grande que la grandeur est moins fixée par l'appareil (le gluten se serre moins). (voir annexe 1)

II-5 Appréciation de la valeur couscoussière

II-5-1 Fabrication du couscous artisanal.

Le processus de fabrication du couscous manuel (roulé à la main) est basé sur l'agglomération des particules de semoule - eau, précuisson et séchage à l'air libre pendant quatre (4) jours jusqu'à 11,5 à 12% d'humidité. Les différentes étapes de la fabrication du couscous sont :

A- Roulage

Le roulage est l'étape la plus importante pour la fabrication du couscous dont dépend les caractéristiques du produit . Dans une (jatte) en aluminium on introduit une quantité de semoules qu'on hémecte progressivement avec de l'eau salée . Avec les mains ouvertes , on fait des mouvements de va et vient pour assurer un bon mélange et favoriser l'absorption de l'eau par les particules de semoules . Ces dernières commencent à gonfler et s'adhérer les uns aux autres . On continue à ajouter de la semoule fine et de l'eau salée jusqu'à l'obtention de la granulation voulue du couscous .

B-Tamissage

Pour assurer l'homogénéité du produit un double tamissage est nécessaire (tamis en fonction de la granulation désirée).

- Le premier tamissage vise à éliminer les gros grumeaux .
- Le seconde tamissage assure l'élimination des particules fines de semoules .

C- Précuisson

On met le produit , ainsi préparé , dans un couscoussier disposé sur une marmite contenant de l'eau porté à ébullition . On arrête la cuisson quand la vapeur d'eau traverse suffisamment le couscoussier .

D- Démottage

Après la précuisson ,on obtient certains grains de couscous qui sont collés entre eux . Pour avoir un couscous régulier on frotte les mottes formés contre un tamis pour détacher les grains de couscous

E- Séchage

On étale le couscous sur un linge propre à la température ambiante et à l'abri de la poussière . On le laisse se déshydrater progressivement , en remuant de temps à autre , jusqu'à l'obtention d'un couscous sec d'une teneur en eau de 11,5 à 12 %

II-5-2 Appréciation de la qualité du couscous.

II-5-2-1 Détermination de la granulométrie du couscous sec.

Pour caractériser la granulation du couscous, une prise d'essai de 100 grammes à 0,1 près est déposée sur le tamis supérieur d'une série de tamis d'ouverture (630, 800, 1250, 1600, 2000, 2500 μ m). On met en marche le tamiseur pendant cinq (5) minutes. Après tamisage, on pèse le refus de chaque tamis et on l'exprime en pourcent de la prise d'essai.

II-5-2-2 Cuisson du couscous.

La cuisson du couscous consiste à préparer le produit en vue de sa consommation. La cuisson ménagère traditionnelle est réalisée dans les conditions décrites par GUEZLANE et ABECASSIS (1991).

II-5-2-3 Appréciations organoleptiques du couscous cuit

Les couscous préparés selon la méthode ménagère sont appréciés suivant les conditions arrêtées par la norme AFNOR -V.09 001 Juillet 1983. Pour chaque paramètre on calcule la moyenne (fermeté, collant et démottage).

II-5-2-4 Gonflement du couscous.

Le gonflement du couscous cuit est réalisé dans les mêmes conditions décrites par GUEZLANE et ABECASSIS (1991)

II-5-2-5 Prise en masse du couscous cuit

Dix grammes de couscous cuit préparé selon la méthode traditionnelle sont mis dans des capsules en grilles métalliques; l'ensemble est introduit dans étuve ventilée pendant trois (3) heures trente (30) minutes à 60°C. Le produit obtenu est déposé sur un tamis de 3150 microns d'ouverture pendant cinq (5) minutes. On exprime le refus en pour-cent par rapport à la prise d'essai.

III . TECHNIQUE D'ELECTROPHORESE

III-1 Principe de l'électrophorèse.

Les techniques électrophorétiques sont basées sur le principe de la mobilité différentielles des molécules protéiques dans un support, sous l'action d'un champs électrique. (CLEMENT et al. , 1988)

III-2 Electrophorèse des gliadines sur gel de polyacrylamide acide (Page - Acide)

III-2-1 Appareillages.

- Cuve d'électrophorèse verticales du type LKB -2031.
- Plaques de verre (10x10) traitées au repelsilane.
- Générateur de courant continu LKB - BROMMA (U = 500v).
- Pompe à vide HAAKE G pour le refroidissement (18°).
- Centrifugeuse SIGMA 3K10 BIOBLOCK.
- Vibrolax 1400tr/mn.
- Blocs typperware pour la coloration des gel.
- Papier de cellophane.

III-2-2 Solution et réactifs.

* Solution d'extraction.

- Chloro 2 ethanol.....25 ml.
- Saccharose.....30 g.
- Violet cristal.....20 g.

*Solution de gel de séparation (quantité pour deux gels).

- Acide ascorbique.....80 mg.
- Acrylamide.....9,3 g.
- Bis -acrylamide.....0,3 g.
- Solution de sulfate de fer.....3,5 ml.
- Solution Fe: 80 mg de FeSO₄ pour 250 ml d'eau.

- Eau distillé q.s.p.....80 ml.
- Eau oxygénée.....55 μ l.

***Tampon d'électrophorèse.**

- Bloc supérieur 0,7 l d'eau distillée + 1 ml d'acide acétique.
- Bloc inférieur 4 l d'eau distillée + 10 ml d'acide acétique.

***Solution de coloration.**

- Acide trichloro acétique(TCA) à 60%.....104 ml.
- Bleu de Coomassie R-200 à 1%.....10 ml.
- Eau distillée q.s.p.....500 ml.

***Solution de conservation et de séchage des gels.**

- Glycérol.....10 g.
- Ethanol.....250 ml.
- Eau distillée q.s.p.....500 ml.
- Papier Cellophane.

III-2-3 Mode opératoire.

a) Extraction des protéines (gliadines).

L'extraction protéique est réalisée à partir du broyat de grains (50 mg) additionné à 400 μ l de solution d'extraction dans un tube eppendorf. On agite pendant une (1) heure au vibrolax, on centrifuge à 13000 tr/mn pendant dix (10) minutes à 20°C. L'extrait contenu dans le surnageant est récupéré pour le dépôt tandis que le culot est éliminé.

b) Coulage de gel de polyacrylamide.

Le gel de séparation est coulé entre deux plaques de verre séparées de 1,5 mm, préalablement nettoyées à l'alcool et montées sur un support de façon hermétique tout en évitant soigneusement la formation des bulles d'air. La réaction de

polymérisation du gel est catalysé par l'acide ascorbique et la solution de sulfate de fer (initiateur). A un volume de 40 ml de gel de séparation, dégagé pendant cinq (5) minutes, on ajoute 55 μ l d'eau oxygénée (accélérateur de la réaction de polymérisation). Cette solution doit être immédiatement coulée. Un peigne est alors mis en place pour réaliser des puits de dépôt (slot formers) dans le gel en nombre de dix (10). Lorsque la polymérisation du gel est terminée (20 mm), on retire avec précaution les peignes, en évitant la rupture ou la déformation des parois de gels.

c) Dépôt des échantillons et migration.

On commence à remplir les puits du gel par le tampon du bac supérieur. On prélève 5 μ l de chaque échantillon au moyen d'une seringue et les déposer le plus près du fond de chaque puit. On raccorde les moules à gels à la cuve supérieure et on place l'ensemble dans le bac inférieur.

Mettre en route la circulation d'eau à une température de 18°C, les électrodes sont connectées au générateur du courant qui délivre une intensité de 34 mA à une tension constante de 500V. La migration s'effectue à une intensité constante durant environ trois (3) heures et demie.

d) Coloration et séchage des gels.

La fixation des protéines est réalisée en immergeant les gels dans la solution de coloration durant une nuit. Les gels sont ensuite rincés sous l'eau et trempés dans la solution de conservation, les diagrammes sont cependant photographiés, puis séchés à température ambiante entre deux feuilles de cellophane.

e) Lecture des diagrammes électrophorétiques

Elle consiste à caractériser chaque variété par rapport à des témoins des blés Français (AGATHE, MONDUR et TOMCLAIR) en premier, ensuite l'identification des variétés par observation de leurs diagramme électrophorétique en second lieu.

IV ANALYSES STATISTIQUES

L'étude des variations des caractéristiques technologiques (analyses sensorielles du couscous) et les caractéristiques physico-chimiques de la semoule (teneur en protéines , teneur en gluten sec et l'élasticité du gluten) des différentes variétés a fait l'objet d'une analyse statistique. Les corrélations entre les différentes variables ont été testés.

Une classification des variétés de blés sur la base des propriétés électrophorétiques utilisant le polymorphisme des gliadines a été réalisée par une analyse factorielle des correspondances (A.F.C). L'ensemble des traitements ont été effectués grâce au logiciel STATITCF.

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

CHAPITRE 1:

APTITUDES TECHNOLOGIQUES DES BLES DURS

I-CARACTERISATIONS AGRONOMIQUE , PHYSICO-CHIMIQUE ET TECHNOLOGIQUE DE TRANSFORMATION DES VARIETES ETUDIEES

Les études ont porté sur neuf variétés de blés durs, prélevées au niveau de l'I.T.G.C. de Sidi Bel-Abbès . Ces variétés retenues ont fait l'objet d'une sélection locale et constituent actuellement une fraction importante de la production de la région .

Les études représentent un grand intérêt pour l'orientation et l'utilisation de la production. Elles permettent en outre, de sélectionner les variétés les plus intéressantes par leurs productions et pour leurs aptitudes technologiques

I-1 Les caractéristiques agronomiques des différents blés durs

Malgré l'étendue des surfaces cultivables consacrées aux céréales (3 à 3,5 millions d'hectares), la production nationale en blé est loin de satisfaire les besoins de la population . Depuis plusieurs années on enregistre des rendements plus bas . Ces derniers seraient dus à une combinaison de plusieurs facteurs . Ainsi la plus-part des variétés étudiées ont un cycle végétatif précoce et demandent une pluviométrie supérieure à 300 mm / an . Les principales caractéristiques relatives aux neuf variétés sont représentés dans le tableau 6 . Mais malheureusement la quasi-totalité de la superficie emblavée en céréales d'hiver est conduite en conditions pluviométriques dont les deux tiers sont localisées dans les zones à faible potentialité agroclimatique , (ITGC) .

La zone agroclimatique de Sidi Bel-Abbes est caractérisée par une insuffisance et une mauvaise répartition interannuelle et saisonnière des précipitations se traduisant souvent par un déficit hydrique important coïncidant avec les phases critiques (gélées) de développement des céréales .

Toute fois une bonne pluviométrie est conditionnée par l'optimisation des autres facteurs de productions pour s'attendre aux rendements élevés tels que :

- La préparation du sol
- La fertilisation
- Le choix des semences (sélection variétale)
- La densité optimale
- Le désherbage chimique

Le respect de ces recommandations techniques permettra l'augmentation de la production et l'amélioration de la qualité .

Tableau 6 : Les caractéristiques agro-climatiques des différentes variétés de blés durs étudiées (I. T. G. C.)

CARACTÉRISTIQUES. VARIÉTÉS	ORIGINE	SELECTION	PRODUCTION	PRECOCITE	CARACTÈRES CULTURAUX
OUED ZENATI, 368	O/ZENATI Algérie	A partir de Bidi	Moyenne	tardive	Plus résistante à la rouille noire, sensible à la verve. Recommandée dans les bonnes terres du Tessalah zone à pluviosité 400-600mm
POLINICUM	C.N.R.A Algérie	Hybridation tribi-cann polynésien et Zenati dentelle	Bonne	Tardive	Bien adaptée à la région de Tessalah, sensible à la moisissure et à la rouille noire à pluvio- météris 400 - 600 mm.
MEXICALI	CIMMYT Mexique	CIMMYT	Moyenne	Précoce	Moyennement résistante à la rouille noire; zone à pluviosité 400 - 600 mm
WAHA	Algérie	Populaire, Local	très bonne	Précoce	Haute plaine tellienne à pluviosité 400 - 600 mm, assez gros.
ACSAD 65	Syrie	Centre ACSAD	Bonne	Précoce	Tolérante la sécheresse, conseillée pour les zones semi-arides à pluviosité moche de 300 mm.
SHAM 4 3 *	Syrie	Centre ACSAD	Bonne	Précoce	Tolérante la sécheresse, préfère des régions à pluviosité 300 - 400 mm.
VITRON	I.N.R.A, France	Montpellier	Bonne en zone humide déconseillée en S-arides	Moyenne	Sélectionnée en France, introduite en Algérie, Pluviosité de 300 à 400 mm.
CHEN 4 3 *	CIMMYT, Mexique	Centre CIMMYT	Productive	Précoce	Variété tolérante la sécheresse, non encore lancée, peut s'adapter dans les régions à pluviosité modérée.
KEBIR	ICARDA, Syrie	Centre ICARDA	Bonne en zone à pluvio. moyenne	Moyenne	Non conseillée pour les zones semi-arides à pluviosité de 300 mm.

I-2 les caractéristiques physiques des différents blés durs

La valeur semoulière correspond à l'aptitude d'un blé à donner un rendement élevé en semoule de pureté déterminée . Cette valeur semoulière peut être appréciée par des tests indirects suivant les caractéristiques physiques des blés durs .

Nous avons rassemblés dans le tableau 7, les différentes caractéristiques physiques des blés durs déterminées par les tests d'appréciation indirectes .

Tableau 7 : Appréciations des Caractéristiques physiques des blés durs .

ANALYSES VARIETES	PHL Kg/Hl	Taux de Cendre,%	Poids de 1000 grains	Taux(%) de Mitadinage	Calibrage*,%		
					Gros	Moyen	Petit
WAHA	78,86	1,660	49,00	0,16	98,18	1,68	0,14
KEBIR	77,00	1,600	50,53	1,35	98,55	1,30	0,15
VITRON	80,20	1,680	51,28	0,55	97,46	2,26	0,28
SHEN «3»	80,60	1,410	46,49	0,60	98,04	1,78	0,18
MEXICALLI	76,21	1,160	47,17	0,50	98,26	1,67	0,07
SHAM «3»	77,01	1,800	51,76	1,70	97,83	2,17	-
O/ZENATI	77,95	1,165	50,34	0,20	94,21	0,76	0,02
ACSAD 65	78,40	1,730	48,53	1,15	98,29	1,58	0,13
POLINICUM	80,80	1,733	56,77	0,75	99,87	0,13	-

* Gros : Refus au tamis 2,5 µm

Moyen : Refus au tamis 2,0 µm

Petit : Refus au tamis 1,8 µm

Les caractéristiques physiques des blés durs sont assez satisfaisantes . L'ensemble des variétés présentent des taux de mitadinage très faible, varie entre 0,16 à 1,75 % . Ces taux de mitadinage exceptionnellement faibles seraient liés à l'utilisation de la fumure azotée dans les parcelles expérimentales lors de culture des blés . Il est bien connu qu'un déficit d'azote entraîne une plus grande sensibilité des blés au mitadinage . Les variétés étudiées présentent un poids de 1000 grains moyen compris entre 46,49 et 56, 97 grammes . La détermination du poids de 1000 grains, permet de juger le degré d'échaudage et de pronostiquer un rendement élevé en semoule . Le poids de 1000 grains est directement lié à l'homogénéité des différentes variétés, ce qui facilitera leurs traitements aux niveaux des équipements industriels (tamisage et broyage B1), sans exercer trop de réglage.

A travers les résultats obtenus, nous constatons que l'ensemble de variétés présente le plus grand pourcentage de gros grains (valeur comprise entre 99,87 et 97,46 %); les pourcentages de moyens et petits grains sont faibles .

Le poids à l'hectolitre (PHL), des blés durs varie de 75 à 85 Kg/hl, avec 80 Kg/hl, comme limite inférieure pour un blé destiné à la production de semoule . En Algérie, L'ERAD, utilise le PHL, comme référence pour établir la législation en matière de taux d'extraction (semoules et farines) . Le PHL, des variétés étudiées présente des valeurs comprises entre 76,21 Kg/hl (Mexicalli), et 80,80 Kg/hl (polinicum) . Elles atteignent la limite d'un blé semoulier .

L'influence de la teneur en matières minérales des grains de blé sur le taux de cendres des semoules est particulièrement importante . En effet, l'albumen du blé dur contient environ 50 % de la totalité des matières minérales du grain alors que celui du blé tendre n'en contient que 25 % (Abecassis, 1993) . Les taux de cendres enregistrés des variétés étudiées varient de 1,165 % pour O/ZENATI à 1,8 % pour SHAM (3), comme limite supérieure . La valeur moyenne de taux de cendre se situe à environ 1,55 % . Ceci va se répercuter sur la qualité des semoules par une forte contamination en piqures de son . Nous remarquons que l'ensemble des blés durs

analysés sont bien appréciés du fait du faible taux de mitadinage, un poids de 1000 grains moyen et une taille homogène des grains.

I-3 Bilan de la mouture expérimentale

La valeur semoulière peut être définie comme étant l'aptitude d'un blé à donner, dans des conditions industrielles, un rendement élevé en semoule de pureté déterminée. La seule mesure correcte de la valeur semoulière est celle qui fait appel à un essai de mouture. L'opération de mouture réalisée sur un moulin de laboratoire (chopin CD-2), suivie d'une purification de semoules sur leasseur, a permis de produire le maximum de semoules. Le bilan de mouture quantitatif et qualitatif est représenté dans le tableau 8. Cette technique est d'application très malaisée par suite, d'une part, de la nécessité d'utiliser un moulin de laboratoire dont les caractéristiques seraient analogues à celui utilisé en meunerie et d'autre part, par suite de durée de cette opération. On apprécie la valeur semoulière de façon empirique par la détermination du poids à l'hectolitre. En effet, un certain parallélisme existe entre ce caractère et la valeur semoulière. Toutefois, il faut remarquer que cette méthode reste courante aussi bien dans la négociation des prix de cession lors des transactions commerciales, que dans les unités de production de semoules. Pour l'ensemble des variétés, on observe des différences dans le taux d'extraction des semoules (taux compris entre 50,12 % et 60,32 %) , en farine (compris entre 6,91 % et 10,81 %) . Les rendements en semoule sont influencés par le taux de mitadinage; ainsi la variété ACSAD 65, présente le taux d'extraction de semoule le plus bas (50,12 %), par suite de l'augmentation des rendements en farine (le plus élevé 10,81 %) . Ce faible taux d'extraction par rapport aux autres blés est dû au taux de mitadinage qui est élevé. Enfin, nous signalons que la plus part des taux d'extraction sont moyens et tendent vers une valeur moyenne de 54,76 %.

La teneur en cendre est une caractéristique de pureté de semoule. Elle varie suivant le taux de cendre des blés et les facteurs intrinsèques de la valeur semoulière.

MATVEEF considère que la valeur en matières minérales n'avait que peu de signification et que la pureté d'une semoule ne pouvait être correctement appréciée que par la détermination du rapport R ($R = \text{taux de cendres des semoules} / \text{taux de cendre des blés}$), qui doit être inférieur à 0,50 % . (Guezlane ,1979) .

Dans notre cas, seules les variétés WAHA et KEBIR, qui ont un rapport ($R=0,57$), légèrement supérieur à 0,50 . La variété O/ZENATI, et MEXICALLI, présentent le plus grand rapport ($R=0,80$), et ce malgré que les teneurs en cendre des semoules sont légèrement faible par rapport aux autres variétés . Il est communément admis qu'il est possible de déterminer la pureté des semoules en mesurant la teneur en matières minérales . ABECASSIS (1993), précise que la seule connaissance des taux de cendre ne permet pas de définir de manière très précise la pureté d'un produit de mouture . Pour que le taux de cendre puisse être un marqueur absolu de pureté, il faut aussi que la répartition des matières minérales à l'intérieur du grain soit la même pour tous les grains . Plusieurs méthodes ont été proposées pour remplacer le taux de cendres . La détermination de teneur en cellulose pourrait être un excellent marqueur de pureté mais malheureusement les teneurs mesurées sont très faibles et les méthodes utilisées sont moins précises .

Au cours de ces dernières années, les travaux scientifiques se sont surtout orientés vers l'utilisation de trois méthodes:

la teneur en composés pariétaux, la spectroscopie infrarouge et la microscopie à fluorescence .

Tableau 8 : Bilan de la mouture expérimentale

VARIETES Pdts DE MOUTURE	WAHA	KEBIR	VITRON	SHEN 3	MEXICALLI	SHAM 3	O/ZENATI	ACSAD 65	POLINICUM
<u>BROYAGE</u>									
-Refus Tamis :	24,84	24,45	27,09	25,62	27,92	30,48	25,41	25,23	24,67
-Grosses Semoules :									
- Intermédiaire :	75,16	75,55	72,91	74,38	72,08	69,52	75,59	74,77	75,33
<u>REDUCTION</u>									
-Grosses Semoules :	56,20	59,49	56,65	58,58	57,41	52,61	60,77	54,15	58,74
-Fines Semoules :	9,10	8,59	8,38	8,23	7,83	8,38	7,91	9,80	7,79
-Farine :	9,84	7,47	7,86	7,56	6,82	8,52	6,91	10,81	7,79
-Taux d'Extraction des Semoules (G+F)	65,30	67,98	65,03	66,81	64,24	60,99	68,68	63,95	66,53
<u>SASSAGE</u>									
-Extraction des tamis Métallique N° 48, 42, 38 :	55,20	51,10	55,03	57,31	58,06	52,50	60,32	50,12	53,23
TAUX DE CENDRE DES SEMOULES	0,950	0,920	1,200	0,880	0,935	1,050	0,940	1,110	1,240
R *	0,57	0,57	0,71	0,62	0,80	0,58	0,80	0,64	0,71

*R=Taux de cendres des semoules / Taux de cendres des blés

II-LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SEMOULES

Cette appréciation indirecte par analogie aux pâtes alimentaires, est liée à la qualité de la semoule utilisée pour la préparation du couscous . La qualité de la semoule est déterminée par le dosage des différentes caractéristiques physico-chimiques et biochimiques . On pense généralement que les protéines ont une position prééminente dans la détermination de la qualité technologique des blés durs (pâtes alimentaires et couscous) .

MATVEEF (1966), précisait que les blés ayant 13 % de gluten, pouvaient fournir un excellent produit, tandis que ceux se situant au dessous de 11 % leur qualité résultante était inférieure .

Par la multiplication des expériences, on constate que la teneur protéique d'une semoule n'est pas nécessairement en corrélation avec la qualité de la pâte et l'on a pu observé que le type de protéine pouvait déployer un rôle important (Matsuo et al. 1970) . FEILLET et ABECASSIS (1976), pensent que la qualité des pâtes dépend au moins pour un tiers du type de protéine . Les résultats déterminés dans cette étude, tableau 9, ont été réalisés dans le but de préciser le rôle déployé par les protéines totales, la qualité et la quantité du gluten sur la quantité des couscous préparés à partir des différentes variétés de blé .

A travers les résultats, on remarque que les teneurs en protéines de nos variétés sont relativement élevées et se situent entre 17,95 % et 12,92 % . les variétés KEBIR et ACSAD 65, renferment les taux les plus élevés, la variété polinicum, présente la valeur la plus basse avec 12,92 % et les autres variétés présentent des teneurs intermédiaires . La teneur moyenne en protéine est de l'ordre de 15,55 % . La teneur en protéine d'une même variété est susceptible de changer d'une récolte à l'autre et d'un lieu à l'autre . Il est important de signaler que la plus part de ces variétés étudiées sont destinées à l'expérimentation et sont cultivées sur des parcelles riche en fumure azotée, ce qui explique des valeurs relativement élevés en protéines totales .

Tableau 9 : Les caractéristiques physico-chimiques des semoules:

ANALYSES SEMOULES	Teneur. en Protéines, en % ms	Teneur en Amidon , % ms	Teneur en pigment Caroténoïdes, ppm	Teneur en Gluten Sec, %	Teneur en Gluten Humide %	Résist. à la compression du Gluten(élast.) unités conventionnelles
WAHA	16,15	62,50	8,25	14,50	41,10	79
KEBIR	17,95	67,50	8,50	14,30	42,50	70
VITRON	15,28	56,50	6,66	12,50	35,90	77
SHEN «S»	13,87	57,60	11,02	11,95	34,30	70
MEXICALLI	15,12	67,60	10,66	13,40	37,50	67
SHAM «3»	16,27	61,50	11,41	14,80	45,50	75
O/ZENATI	15,06	66,10	9,16	13,20	40,50	72
ACSAD 65	17,39	59,90	7,75	14,50	43,50	62
POLNICUM	12,92	58,20	8,16	10,20	31,50	82

Les propriétés fonctionnelles (élasticité, extensibilité, viscosité), de la plus part des produits de la filière blé, sont largement déterminées par le comportement viscoélastique des protéines du blé (Michel, 1994).

En effet, les protéines de réserve ont la propriété unique de pouvoir former, après hydratation, un réseau viscoélastique appelé gluten, jouant ainsi un rôle prédominant en contribuant à la structure désirée par le consommateur et l'industriel . Les résultats du tableau 9, permettent d'apprécier d'une part le taux du gluten et d'autre part sa qualité en mesurant l'élasticité. Sur le plan quantitatif, la variété SHAM 3, présente la valeur la plus élevée en gluten sec 14,80 % et la variété POLNICUM, renferme la teneur la plus basse avec 10,20 % alors que les autres variétés présentent des teneurs intermédiaires (11,95 % et 14,50 %) . L'ensemble des variétés conviennent bien à la

fabrication du couscous . DEBOUZ (1994) a montré que la fabrication du couscous demande des teneurs en protéines et gluten qui varient de 11 et 15 % .

En se basant sur l'échelle de répartition, tenant compte de la qualité du gluten proposé par Matveef (1966), toutes les semoules présentent une bonne valeur positive sauf la variété Polinicum . On remarque bien que la teneur en gluten sec des différentes semoules, suit sensiblement celle de la teneur en protéines totales. Sur le plan qualitatif la mesure de l'élasticité, qui définit l'aptitude du gluten à la rupture, a été déterminée par l'appareil U.D.K 1, (made in URSS), dont on apprécie le gluten en unités conventionnelles d'après l'indice d'échelle de l'appareil .

Le principe de la mesure consiste à mesurer la résistance du gluten cru, soumis à l'action d'une charge temporisée pendant 30 Scs, l'appareil U.D.K 1, est utilisé grâce à sa simplicité et à sa rapidité de détermination . L'élasticité du gluten sera autant plus grande qu'il se serre moins et que la grandeur marquée sur l'échelle de l'appareil (de 0 à 120), sera moins fixée (les plus petites valeurs) .(annexe,1)

Les résultats exprimant l'élasticité sont représentés au tableau 9 . D'après ces valeurs, on peut classer les variétés en deux groupes sur la base de l'échelle proposé par (H.H. ZOTAVA et al. 1982) :

a)- Elasticité Faible :

Indices d'échelle compris entre 80 et 100, c'est le cas de la variété Polinicum

b)- Elasticité Bonne :

Indices compris entre 45 et 80, c'est le cas des autres variétés. Dans ce groupe on note que la variété ACSAD 65, présente la meilleure caractéristique du gluten. Les mesures effectuées n'ont pas permis de différencier nettement l'ensemble des variétés . Il ressort que la qualité du gluten exprimée par l'élasticité apparaît comme un caractère variétal peu dépendant de la teneur en protéines .

Il est admis qu'une semoule de blé dur doit présenter une teneur en pigments caroténoïdes comprise entre 4 et 8 PPM . Les résultats du tableau 9, nous permettent

de dire que l'ensemble des semoules analysées présentent des teneurs élevées en pigments caroténoïdes.

En ce qui concerne la teneur en amidon, quantitativement le composé le plus important, les résultats montrent que les teneurs varient de 56,5 % à 67,6 % L'amidon est insoluble dans l'eau; endommagé au cours des traitements mécaniques et hydrothermiques, les granules d'amidon éclatent, ce qui conduit à la gélatinisation par conséquent, le caractère hydrophile se développe et le produit se gonfle par fixation d'eau au cours de la cuisson du couscous .

CHAPITRE 2:

CLASSIFICATION DES BLES DURS PAR ANALYSE

FACTORIELLE SUR LA BASE DU

POLYMORPHISME DES GLIADINES

I- ANALYSE ELECTROPHORETIQUE DES GLIADINES

I-1- OBSERVATIONS PRELIMINAIRES

L'un des principaux problèmes qui se pose depuis la production jusqu'à l'utilisation des céréales est celui de l'appréciation de la qualité technologique des lots. Les méthodes utilisées à ce niveau doivent évidemment donner les informations les plus représentatives possible de la qualité du produit fini.

Plusieurs travaux ont tentés de contribuer à la reconnaissance des variétés. On sait, par exemple, qu'une détermination est possible d'après certains caractères botaniques de la plante (Jonard, 1951), ou de la plantule (Rebischung et KASARDA, 1952), ainsi que d'après le comportement de la plante à des traitements par l'acide gibbérelle (DHESI, DESORMEAUX et PAUKSENS, 1971), ou par certains fongicides (FOUCHARD et CHESNEAUX, 1974). AUTRAN, (1975).

Mais ces caractères sont à exclure dans le cas de production qui, comme les céréales, sont commercialisées sous forme de grain. Des méthodes simples ont été décrites : couleur et morphologie du grain, coloration à l'acide phénique, poids de 1000 grains et caractéristiques de l'alvéographe chopin. Mais il s'agit de tests peu discriminants car ils permettent de distinguer des classes et non des variétés uniques. Par conséquent, pour palier aux inconvénients signalés ci-dessus, il semble actuellement inévitable de faire appel à des propriétés biochimiques et physico-chimiques de certains constituants du grain et tout particulièrement les protéines. On sait par ailleurs, que les protéines sont des produits directs de la traduction et de la transcription des gènes et peuvent être considérés comme des marqueurs de ces gènes.

L'étude fine des protéines est donc susceptible de fournir des informations sur l'identité d'un produit. Ces informations peuvent être déterminées par des techniques de séparation telles que l'électrophorèse. Les diagrammes électrophorétiques constituent des cartes d'identité des échantillons analysés à partir des variétés.

Cependant, la catégorie de protéines dont les diagrammes électrophorétiques présentent, chez les céréales, le polymorphisme variétale le plus élevé, demeure à l'heure actuelle celle des prolamines (ou gliadines, chez le blé dur), (AUTRAN, 1975).

Des systèmes d'identification variétale de céréales à partir des électrophorogrammes (de fraction gliadines, pour la plus part), ont été développés dans plusieurs pays. Ainsi, en Australie, WRIGLEY et Mc Cousland (1975), ont établi un système de classification en utilisant les diagrammes en gel d'amidon ainsi que certaines caractéristiques morphologiques du grain, puis les diagrammes en gel de polyacrylamide à gradient (Du Cros et WRIGLEY, 1978).

Au Canada, Bushuk et Zillman (1978), et aux USA Jones et al., (1982); Lookhart et al., (1983), ont exploité des diagrammes en gel de polyacrylamide, après représentation schématisée des bandes par des couples de valeurs (mobilité + intensité). En Angleterre, (Ellis et Beminster, 1977; Draper et Croig, 1981), des systèmes de schématisation des diagrammes (+, + +, + + +), comparables au système français, ont été utilisées, tandis qu'en Italie, des schémas uniquement qualitatifs ont été proposés (Sol Belin Peruffo et Al., 1980, 1981).

En URSS, les variétés ont été caractérisées, davantage dans un but de recherche génétique que d'application ou commerce, par des formules exprimant l'origine chromosomique des différents constituants du diagramme (Podgoetskaya, 1975; Konorev et al., 1981).

En France, enfin, une étude systématique des diagrammes électrophorétiques en gel d'amidon des gliadines, permis de construire, pour la première fois, une clé biochimique de détermination des variétés de blés (Autran et Bourdet, 1975; Autran, 1975), cité par Autran, (1986).

Tous ces systèmes, quels qu'ils soient, reposent toutefois, sur une lecture visuelle des électrophorogrammes. La quantification des bandes électrophorétiques est habituellement réalisée par densitométrie des gels après coloration, ou des photographies des gels.

Nous essayons dans notre étude de vérifier la pureté variétale de toutes les variétés, ensuite nous poursuivrons cette étude par l'identification variétale proprement dite par rapport à des variétés françaises témoins .

I-2- UTILISATION DU TEST POUR LA PURETE VARIETALE

L'électrophorèse des gliadines est utilisée pour l'identification variétale à partir de l'observation du diagramme électrophorétique pour caractériser la qualité de chaque variété, nous avons utilisé le polymorphisme électrophorétique des gliadines .

Cette analyse variétale a été réalisée en PAGE Acide, selon la méthode Morel (1994), pour chaque variété avec 4 à 8 µl de dépôt pour obtenir des gels représentatif.

Pour une variété donnée, nous avons essayé d'interpréter successivement les diagrammes électrophorétiques pour chaque dépôt . Pour la plus part des blés analysés, nous n'avons pas rencontré une différence sensible entre les différents diagrammes (figure,12) .

Il n'en est pas de même pour les trois variétés (Vitron, BD₁₄ et BD₂₁), notées successivement dans les diagrammes A₃, A₁₀ et A₁₁, où nous avons observés des bandes confondues présentant ainsi, deux types de diagrammes différents (présence de la bande 42 et 45), les diagrammes électrophorétiques de trois variétés sont représentés à la figure 13 .

Les causes sont multiples et sont dues principalement soit :

- Au mélange au battage ;
- Au mélange lors du conditionnement ;
- A l'allogamie liée au fait qu'elle est généralement plus élevée dans les pays relativement chaud .

FIGURE 12 : Diagrammes électrophorétiques des blés durs cultivés en Algérie

A1:waha ; A1:kebir ; A3:vitron ;A4: shen's' ; A5: mexicali
A6:sham'3' ; A7 : o/zenati ; A8: acsad 69 ; A9polinicum ; A10 : BD14 ; A11; BD21

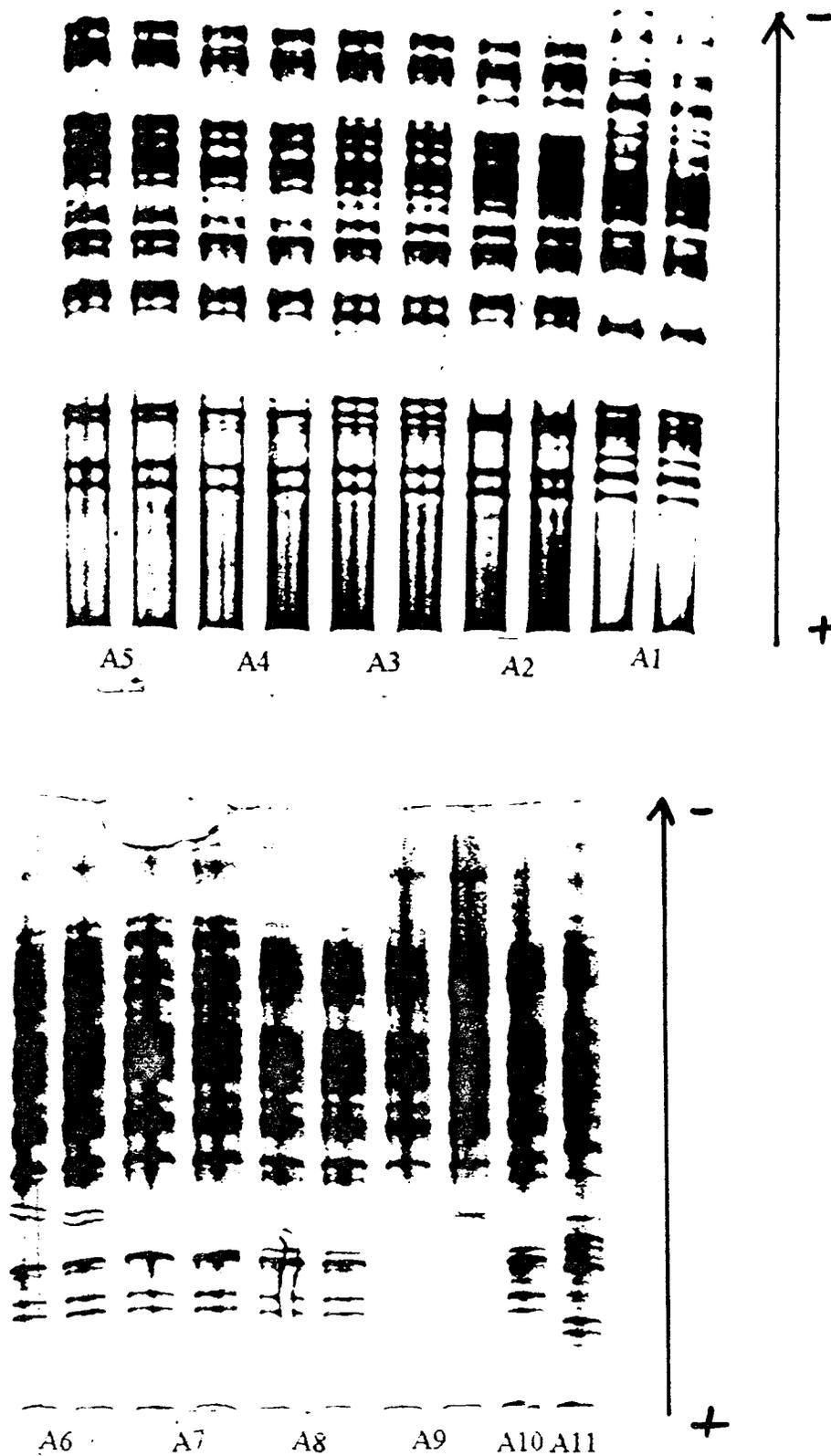
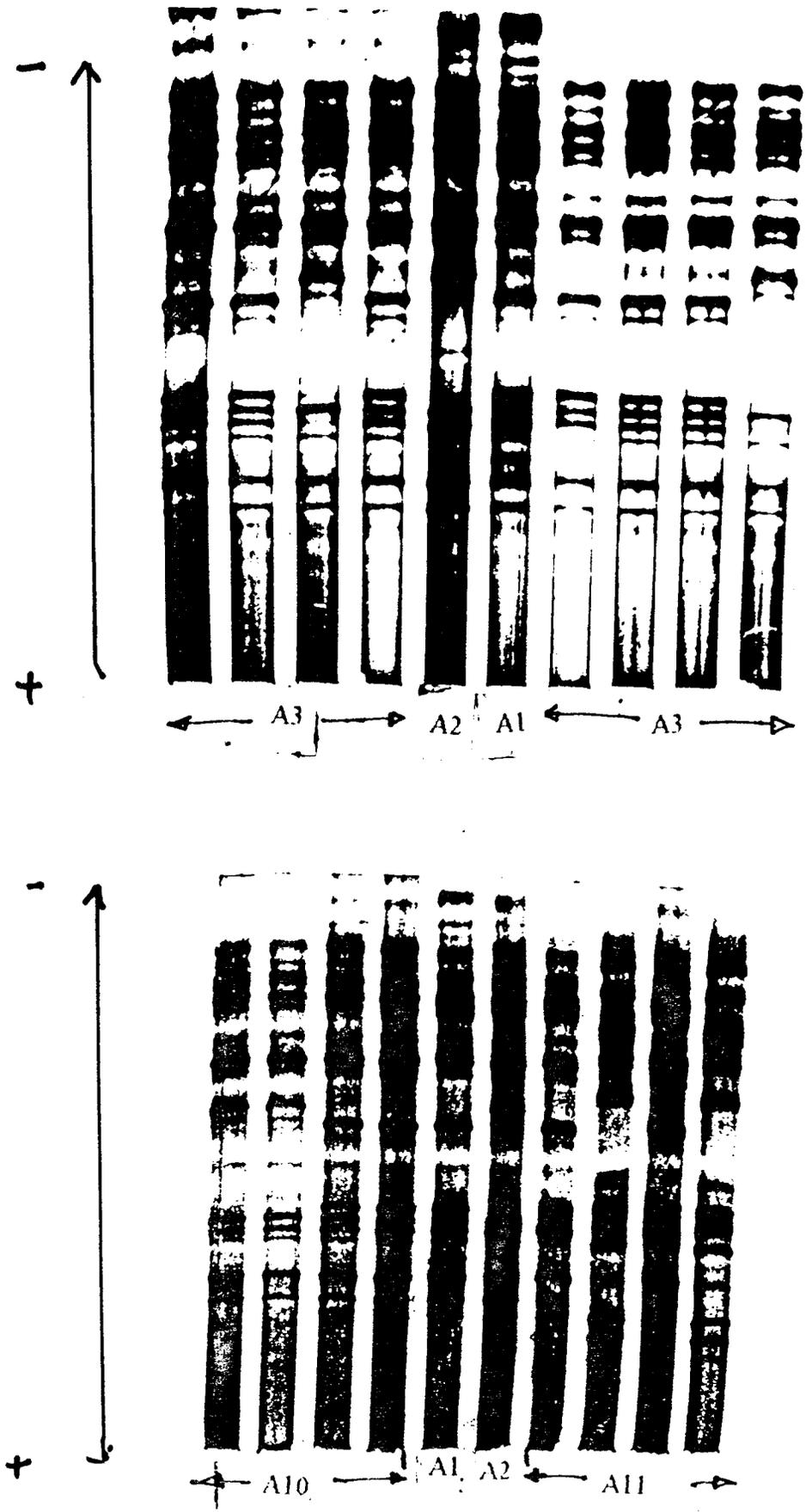


FIGURE 13 : Diagrammes électrophorétiques des variétés suivantes :

A3: vitron ; A10 : BD14 ; A11: BD21



I-3- IDENTIFICATION DES BLES DURS PAR LE POLYMORPHISME DES GLIADINES

I-3-1- Comparaison des Méthodes Utilisées

La réalisation de l'électrophorèse en PAGE Acide, selon (Morel, 1994), ne nous a pas fournies de diagrammes reproductibles . Si le polymorphisme des gliadines demeure, qualitativement inchangé; en revanche, l'analyse des bandes électrophorétiques semble varier de concentration relatives pour de nombreuses bandes. Ainsi nous avons testé la méthode de Robert L. Clément (1988), modifiée en milieu tampon acide acétique, au cours de laquelle nous avons utilisé une solution acrylamide plus bis-acrylamide, préparée selon R.L. Clément, mais stockée pendant 16 heures au réfrigérateur (4°C), ce qui nous a ramené à employer 55 µl d'eau oxygénée au lieu de 200 µl . Cette méthode nous a permis d'obtenir un meilleur gel avec une bonne résolution au niveau des gamma gliadines .

La figure 14 représente les diagrammes électrophorétiques des différentes variétés de blés testés .

I-3-2- Identification des diagrammes électrophorétiques

On constate que les diagrammes électrophorétiques des gliadines, des différentes variétés présentent des nettes différences, à la fois qualitatives et quantitatives . Ce type d'observation nous a servi comme base pour la caractérisation de nos variétés de blés durs .

Les diagrammes obtenus sont complexes, car ils renferment plusieurs bandes attribuables à des composantes . Ils renferment, selon les variétés 13 à 21 bandes électrophorétiques décelables, identiques (bandes en groupe), non différenciables ce qui entraîne une simplification des diagrammes et par conséquent permet une exploitation des données initialement complexes

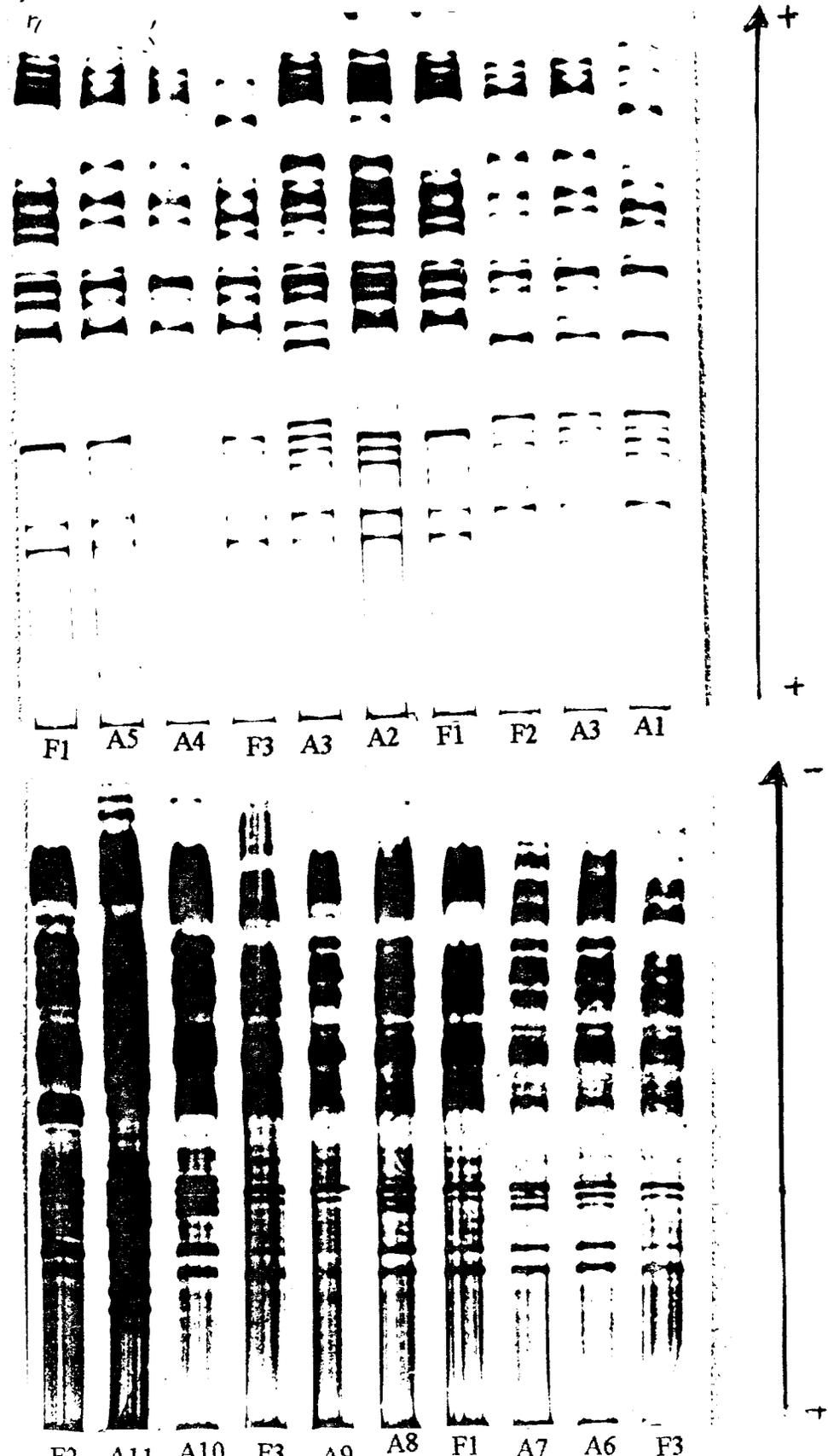
FIGURE 14: diagrammes électrophorétiques en PAGE-Acide des blés durs

-Témoins français = F1: Agathé ; F3: Mondur ; F2: Tomclair

-Variétés Algériennes = A1: waha ; A2: kebir ; A3: vitron ;

A4:shen's' ; A5:mexicalll ; A6:sham'3' ; A7:o/zenatl ; A8:acsad 65;

A9:polinicum ; A10:BD14 ; A11: BD21



Les méthodes relatives sont calculées à l'aide de bandes témoins de trois variétés de blés durs français, dans le catalogue français (tableau 16).

Il s'agit d'un composant majeur appartenant au groupe des gamma gliadines, auquel on a attribué la mobilité 45 pour les variétés AGATHE et MONDUR et 42 pour Tomclair. Nous avons effectués la détermination des mobilités électrophorétiques par comparaison avec des variétés de blés témoins dont les diagrammes ont été déjà établis auparavant. L'ensemble des composants du diagrammes se situe dans une zone de mobilité comprise entre 17 et 82.

Tableau 16 : schéma type des diagrammes électrophorétiques des blés durs cultivés en Algérie (1.00 absence, 2.00 présence de bandes)

Bandes		WAHA	KEBIR	VITRO	SHEN	MEXIC	SHAM	ZENAT	ASCAD	POLIN	BD14	BD21
17	A1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
20	A2	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00
22	A3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
23	A4	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00
25	A5	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
27	A6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
28	A7	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00
29	A8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00
30	A9	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00
31	A10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00
33	A11	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00
40	A12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
42	A13	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
43	A14	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00
44	A15	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
45	A16	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00
46	A17	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
47	A18	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
48	A19	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
49	A20	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
50	A21	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00	1.00
51	A22	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00
52	A23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00
53	A24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00
54	A25	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00
55	A26	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
56	A27	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
57	A28	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
58	A29	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00
59	A30	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00
60	A31	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00
61	A32	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00
62	A33	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00
63	A34	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00
64	A35	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00
65	A36	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
67	A37	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00
68	A38	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00
69	A39	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
70	A40	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
71	A41	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
72	A42	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
73	A43	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00
74	A44	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
76	A45	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
77	A46	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00
79	A47	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00
81	A48	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00
82	A49	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00

I-3-3- Indice de similarité des diagrammes variétaux (électrophorétiques)

Pour une meilleure discrimination des différentes variétés de blé dur, nous avons déterminés l'indice de similarité des électrophorogrammes des gliadines, par un simple calcul (Autran, 1975) .

L'indice relatif de similarité (IRS), se calcule en rapportant l'indice absolu de similarité (IAS), au nombre total (N), des composants présents dans l'un au moins des diagrammes des variétés comparés .

$$\text{IRS} = \frac{\text{IAS}}{N} \cdot 100, \%$$

Le total des points attribués au niveau de chaque composant présent (dans l'un au moins de deux diagrammes), constitue l'IAS, lequel correspond au nombre de composants communs aux deux diagrammes . L'IAS, représente donc l'ensemble des bandes qui ne sont pas significativement différentes entre les deux diagrammes; on considère qu'un composant (bande), n'est pas significativement différente d'une autre lorsqu'elles sont de même mobilité. Les valeurs des indices de similarité sont rassemblés dans le tableau 17. On remarque que les IRS, varient de 11 à 80 % les valeurs faibles signifient que les diagrammes présentent de nombreuses dissemblances, c'est le cas de Polinicum, Acsad 65 et BD21 (11% de similarité), Vitron, Polinicum (26 %), ou Shen «3», Waha (30 %) .

Par contre lorsque les valeurs de l'indice de similarité sont élevées, les diagrammes apparaissent très voisins et, en pratique les variétés sont plus difficilement reconnaissables, Vitron, Waha (70%), ou Sham «3», O/Zenati (80 %) .

Les variétés dont les diagrammes sont différents ont le plus souvent des origines plus éloignées .Selon Autran, (1975), il existe une relation entre l'hétérogénéité électrophorétique des gliadines et l'origine génétique des blés .

Le calcul des moyenne des indices de similarité de chaque blé avec les autres (tableau 17), montre que les variétés BD14, BD21 et Polinicum, ont une origine

génétique éloignées des autres variétés . Par contre les variétés O/Zenati, à une nette proche parenté génétique avec les autres variétés .

En conclusion, on peut dire que l'hétérogénéité électrophorétique des gliadines pourrait être comme une sorte de marqueur génétique et les indices relatifs de similarité des diagrammes sembleraient ainsi exprimer indirectement une certaine forme de parenté entre les variétés de blé . Les différentes variétés de blé dur étudiées présentent, en général, des différences plus importantes comme le montre le tableau 18 .

L'analyse des diagrammes électrophorétiques et le calcul des indices de similarité mettent en évidence des différences variétales . Il convient cependant de bien souligner que la plus part des blés utilisés en Algérie, et qui font l'objet de cette étude ont des origines étrangères différentes (Mexicali et Chen «3»; Cimmy, Mexique, Vitron; France, Sham «3», Acsad 65, et Kebir, Syrie, Waha, Polinicum et O/Zenati; Algérie) .

Tableau 17 : Indices Relatifs de Similarité entre les Diagrammes Gliadines des Blés Durs

WAH	KEB	VIT	SHE	MEX	SHA	O/Z	ACS	POL	BD14	BD21	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
100	50	70	30	45	42	50	45	25	40	30	1
	100	60	55	55	57	55	30	25	45	40	2
		100	36	63	42	42	31	26	47	31	3
			100	58	42	36	33	29	33	35	4
				100	47	47	27	23	27	29	5
					100	80	57	42	33	28	6
						100	57	47	26	36	7
							100	55	27	11	8
								100	16	11	9
									100	66	10
										100	11

Tableau 18 : Moyennes des Similarités des Différents Blés Durs avec L'ensemble des Blés

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
43	47	45	39	42	47	48	37	30	36	32

II- APPLICATION DE L'ANALYSE FACTOIELLE DES CORRESPONDANCES POUR LA CLASSIFICATION DES VARIETES DE BLES DURS

Nous avons tentés d'utiliser l'A.F.C. pour regrouper les différentes variétés de blé en classes sur la base des diagrammes électrophorétiques déjà établis .

II-1 . Analyse factorielle des correspondances (A.F.C)

Les techniques de classification automatique sont destinées à produire des groupements d'objets ou d'individus décrits par un certain nombre de variables ou de caractères. Il s'agit d'une branche de l'analyse des données en pleine effervescence donnent lieu à des publications nombreuses et diversifiées. Notre étude consiste à réaliser , à partir des diagrammes électrophorétiques l'analyse en A.F.C. des différentes variétés. Cette méthode est voisine de l'analyse en composantes principales. (A.C.P).

Un tableau de donnée (tableau 14) à 11 lignes(variétés) et à 49 colonnes représentant l'ensemble des bandes électrophorétiques (variables notées de A1 àA49). Chaque ligne correspond à une variété de blé et 49 colonnes correspondent à un caractère de présence ou d'absence de bandes électrophorétiques (valeur 1,00 ou 2,00 selon que la variété possède cette bande ou non). Ce tableau (14) de résultats a été traité en A.F.C. par un logiciel STATITCF . Pour interpréter les résultats de l'analyse factorielle des correspondances, les étapes suivantes sont nécessaires(voir en annexe 2):

II-1-1. Etude de l'histogrammes des valeurs propres.

Il représente le pourcentage d'inertie apporté par chaque axe de l'espace factoriel. le tableau de fréquences ne comportant que 3 colonnes, l'espace factoriel a pour dimension 2(3-1). Toute l'information initiale (100%) est contenue dans ce plan ou chaque axe contribue à l'information à partir des bandes électrophorétiques. l'axe factoriel 1 apporte 20,5 % de cette information ,l'axe factoriel 2 apporte 14,4% et l'axe factoriel 3 (13,3%).

II-1-2. Etude des contributions absolues de chaque bande.

Les contribution absolues expriment la part prise par une bande donnée dans la variance expliquée par un facteur (coefficients des variables dans l'équation linéaire des axes principaux).

La contribution absolue d'une bande (caractère) à un axe représente le taux de participation de cette dernière à la construction de cet axe. Si une bande a une forte contribution absolue pour un axe, la signification de cette bande est grande pour sa définition et elle tend à donner au nuage une direction d'allongement.

II-1-3. Etude des contributions relatives (cosinus carré).

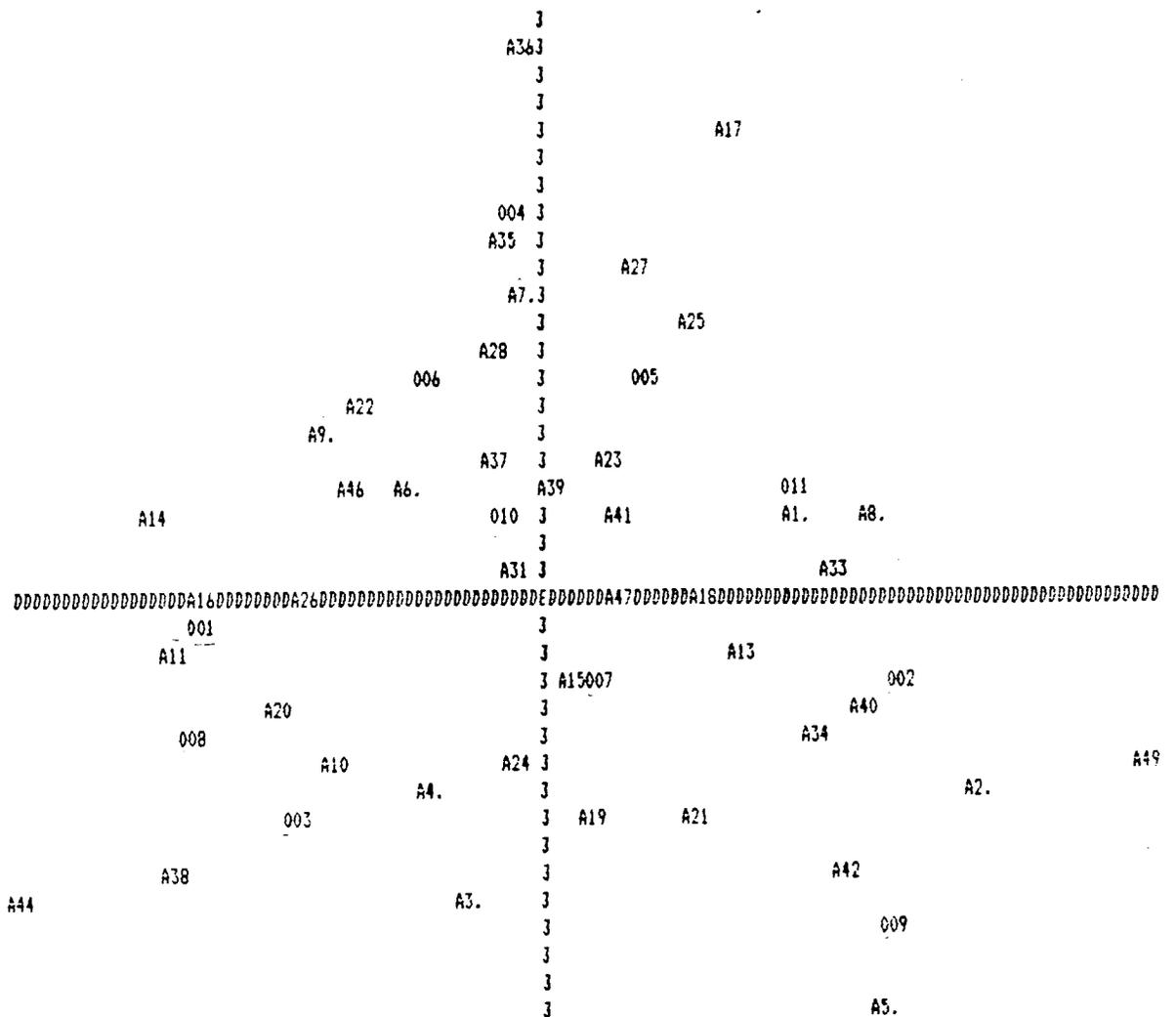
Les contributions relatives expriment la part prise par une bande dans l'explication de la dispersion d'une variété. Deux bandes (points) qui sont en réalité éloignées peuvent être proches lorsqu'elles sont projetées, ce qui peut conduire à une fausse interprétation des résultats. Pour éviter ce problème, des taux de représentativité de chaque bande (point) sur chaque axe, sont calculés on les appelle cosinus carré ou contribution relatives. Un axe explique bien un point lorsque son cosinus carré est proche de 1. Dans notre exemple, toutes les variétés sont bien représentées soit par l'axe1, l'axe 2 ou par le plan (1-2)

II-1-4. Etude du plan factoriel (1-2)

L'interprétation du plan (1-2) se fait en tenant compte des étapes précédantes et en observant la périphérie du nuage projeté (point représentant les variétés et les bandes électrophorétiques). La figure 15 montre la projection des variétés et des bandes sur le plan factoriel (1-2), (34,9% de la dispersion totale sur l'axe 1 et 2) en fonction de leurs contributions. L'étude a pour objectif de trouver la représentation plane comportant le maximum d'informations. On commence à positionner les variétés par rapport aux autres. A l'aide de cette projection spatiale continue, on cherche ensuite à les regrouper en classe par l'analyse discriminante. Le recours aux méthodes factorielles est donc souvent un préalable indispensable. L'électrophorèse à elle seule constitue un très bon outil de discrimination de classe.

FIGURE 15: Plan factoriel défini par le premier et le deuxième axe des contributions des bandes électrophorétiques et les variétés de blés . (Désignation des bandes de A1 à A49)

001:waha 002:kebir 003:vitron 004:shen's' , 005:mexicalli ,006:sham'3' ,007: o/zenati
008:acsad65 , 009: polnlcum , 010 :BD14 , 011: BD21



POINTS CACHES

Points vus	Points caches	ABSCISSE	ORDONNEE
A6.	A12	-.371767	.2330477
A2.	A29	1.095039	-.5094964
A18	A30	.4239683	7.239682E-03
A25	A32	.3800453	.6745749
A11	A43	-.9213423	-.1504529
A5.	A45	.8680898	-1.062562
A20	A48	-.6554278	-.3210472

II-2. Analyse discriminante:

Nous cherchons à rendre compte "au mieux" du phénomène de classification à étudier des variétés au moyen du plus petit nombre possible de variables (bandes électrophorétiques) non corrélées des différents blés. Ce regroupement en classes peut se mesurer au moyen d'un critère qu'on appelle le pouvoir discriminant. Ce dernier sera plus élevé lorsque les points (bandes) seront éloignés l'un de l'autre dans le plan factoriel (1-2) (figure 15). Pour des raisons de clarté, seuls ont été représentés les points du nuage les plus caractéristiques et qui sont ceux les plus éloignés de l'origine. Chaque point, muni d'une masse proportionnelle à sa contribution, est représenté par des coordonnées. Cette méthode d'analyse a été choisie car elle s'applique bien à un tableau de fréquence. Elle a pour objectif de trouver la représentation plane comportant le maximum d'information.

L'analyse a été faite sur les bandes (tableau 19) et les variétés de blé dur (tableau 20) de la façon suivante:

- Sur les 49 caractères représentant les bandes électrophorétiques seuls 25 ont été représentés du fait de leur discrimination (les plus éloignées du centre du plan factoriel (1-2)).

- 9 variétés de blé des 11 ont été retenues (contributions). La figure 16 représente le nouveau plan factoriel (1-2) suite à l'analyse discriminante. Sur le plan ainsi défini les variétés se répartissent en trois zones principales. Cette méthode traitée par le logiciel STATTCF a pour but de regrouper l'ensemble des variétés de blé en un nombre restreint de classes homogènes à partir des bandes électrophorétiques. La démarche adoptée est la classification des blés par regroupement selon leur position dans le plan factoriel (1-2) (fig 16).

Il ressort que les variétés de blé sont réparties en trois classes distinctes. Cette répartition est d'autant meilleure que ses classes sont mieux séparées.

- La zone 1 représente la première classe qui regroupe les variétés suivantes: WAHA, VITRON et ACSAD 65

- La zone 2 recouvre la deuxième classe regroupant les variétés, CHEN(s), SHAM (3) et MEXICALI

- La zone 3 comprend la troisième classe de variétés KEBIR, POLINICUM et le blé dur N°21

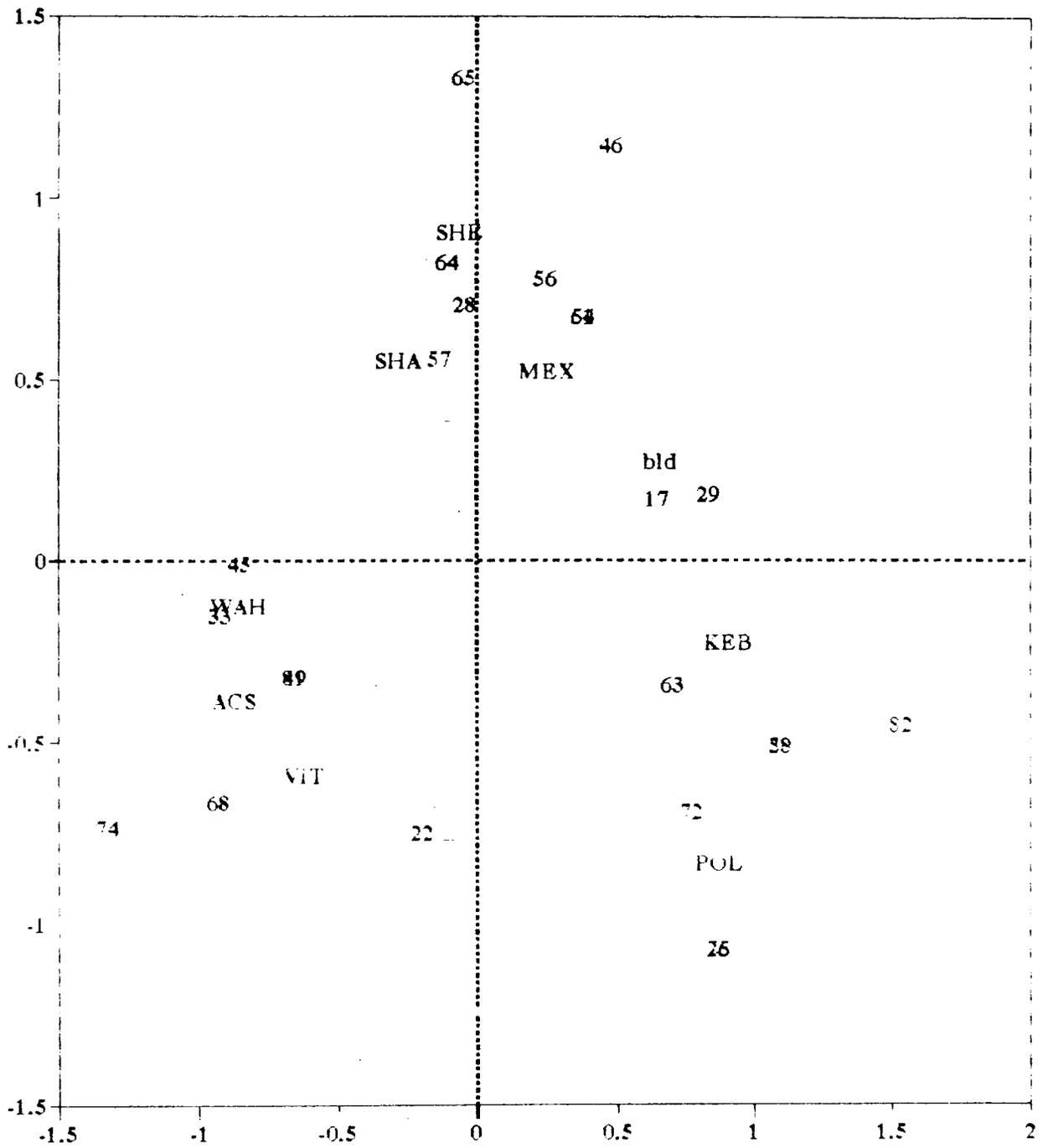
Tableau 19: contributions relatives des bandes à l'inertie expliquée par les axes 1 et 2

N°Bandes discri	AXE1	AXE2	AXE1-MO	AXE2-MO	CO-A1	CO-A2	BANDES
A1	4.2	4.0	2.16	-1.64	0.648	0.169	17
A2	6.9	2.1	4.86	0.06	1.095	-0.059	20
A3	0.3	5.8	-1.74	3.76	-0.191	-0.751	22
A5	2.2	4.7	0.16	2.66	0.868	-1.068	25
A7	0	5.1	-2.04	3.06	-0.037	0.706	28
A8	4	0.3	1.96	-1.74	0.836	0.186	29
A11	6.1	0.2	4.06	-1.84	-0.921	-0.15	33
A16	5.2	0	3.16	-2.04	-0.848	-0.009	45
A17	1	8	-1.04	5.96	0.479	1.143	46
A20	3.1	1.1	1.06	-0.94	-0.655	-0.321	49
A25	1	4.6	-1.04	2.56	0.38	0.675	54
A27	0.4	6.1	-1.64	4.06	0.244	0.776	56
A28	0.1	3.2	-1.94	1.16	-0.13	0.556	57
A29	6.9	2.1	4.86	0.06	1.095	-0.509	58
A32	1	4.6	-1.04	2.56	0.38	0.675	61
A34	3.5	1.2	1.46	-0.84	0.701	-0.342	63
A35	0	4.2	-2.04	2.16	-0.104	0.824	64
A36	0	10.8	-2.04	8.76	-0.047	1.328	65
A38	4.9	3.6	2.86	1.56	-0.926	-0.666	68
A42	3,4	3.9	1.36	1.86	0.769	-0.692	72
A43	6,1	0.2	4.06	-1.84	-0.921	-0.16	73
A44	7.5	3.3	5.46	1.26	-1.321	-0.736	74
A45	2.2	4.7	0.16	2.66	0.868	-1.069	76
A48	3.1	1.1	1.06	-0.94	-0.655	-0.321	81
A49	3.4	0.4	1.36	-1.64	1.536	-0.452	82

TABEAU 20: contribution relatives des blés à l'inertie expliquée par les axes 1 et 2

waha	17.9	0.5	8.8	-8.58	-0.855	-0.121
kebir	20.2	1.7	11.1	-7.38	0.909	-0.225
vitron	9.9	12.7	0.8	3.62	-0.619	-0.588
shen's'	0.1	31.6	-9	22.52	-0.059	0.903
mexicalli	1.6	9.5	-7.5	0.42	0.253	0.254
sham'3'	1.7	9.3	-7.4	0.22	-0.277	0.55
acsad 65	19.5	5.5	10.4	-3.58	-0.869	-0.386
polinicum	17.6	22.7	8.5	13.62	0.874	-0.834
BD 21	10.5	2.6	1.4	66.48	0.655	0.274

figure 16 Nouveau plan factoriel defini par l'axe 1 et 2 suite à l'analyse discriminante.



Conclusion

Les résultats obtenus sur cette expérience permettent de montrer que l'analyse factorielle des correspondances, et en particulier la projection des variétés et des caractères (bandes électrophorétiques) dans le plans factoriel, permet de visualiser différentes classe de blé. Il est alors possible, à partir de cette représentation, de choisir les axes discriminants des classes. Le choix des paramètres de ce type d'analyse est primordial. Il n'y 'a pas de méthode générale, il doit se faire en tenant compte de la nature des caractères variétaux.

L'analyse des données a vu au cours des dernières années son domaine d'application s'étendre considérablement, cet essai de classification des variétés par l'A.F.C sur la base des protéines mérite d'être développé puisque les résultats trouvés sont prometteuses.

L'usage de l'ordinateur a permis de mettre à la disposition des statisticiens de nouveaux et puissants instruments d'observation de la réalité multidimensionnelle, et a ainsi suscité de nombreuses recherches

CHAPITRE 3:

APPRECIATION DE LA QUALITE COUSCOUSSIERE

I- APPRECIATION DE LA QUALITE COUSCOUSSIÈRE

I-1 La valeur couscoussière

Elle traduit l'aptitude d'une semoule à donner un couscous de bonne qualité. On peut définir une bonne valeur couscoussière comme la possibilité pour une semoule de donner un couscous de granulométrie régulière et homogène, à l'état sec, il doit être de couleur jaune ambrée, possédant une capacité d'absorption d'eau suffisante et qui après cuisson ses grains doivent rester bien individualiser sans se déliter ni coller entre eux (Guezlane et Abecassis, 1991).

Le simple énoncé de cette définition donne déjà une idée sur la multiplication et de la complexité des facteurs qui interviennent. Il faut également signaler qu'il s'agit d'une notion qui est susceptible de varier, d'une part d'une région à l'autre et d'autre part du mode de fabrication (préparation), qu'il soit artisanal ou industriel

I-2- Caractérisations physiques des produits secs

I-2-1 Granulation du couscous sec

Le processus de fabrication du couscous est basé sur l'agglomération des particules de semoules avec de l'eau afin d'obtenir un produit homogène. Le couscous représente un plat traditionnel très demandé en Algérie, puisqu'il contribue non seulement à l'apport énergétique, mais aussi il fait parti intégrante de nos habitudes alimentaires.

La granulation du couscous est un paramètre très important pour apprécier le processus de fabrication et satisfaire le consommateur. Elle doit être uniforme car le consommateur apprécie la régularité et l'homogénéité de la taille des granules du couscous.

La granulation du couscous est influencée par le choix des tamis de fabrication lors du roulage et tamisage et par la granulation de la semoule utilisée.

Les résultats de la granulation des couscous sont exprimés en pourcentage, pour chaque refus de tamis et sont représentés dans le tableau 10 .

L'étude comparative de la granulation des couscous secs des différentes variétés de blé dur montre qu'il y'a une large différence entre les échantillons. Les conditions de fabrication et la granulation des semoules utilisées sont presque identiques . La granulation de la fraction la plus importante se situe entre (1600/800 μm). Nous constatons que les couscous des variétés WAHA , MEXICALLI et SHAM (3) se caractérisent par une fraction grosse plus importante par rapport aux autres couscous (refus tamis 1600 μm et 2000 μm) . L'uniformité des granules de couscous est très importante pour une bonne hydratation (homogène) .

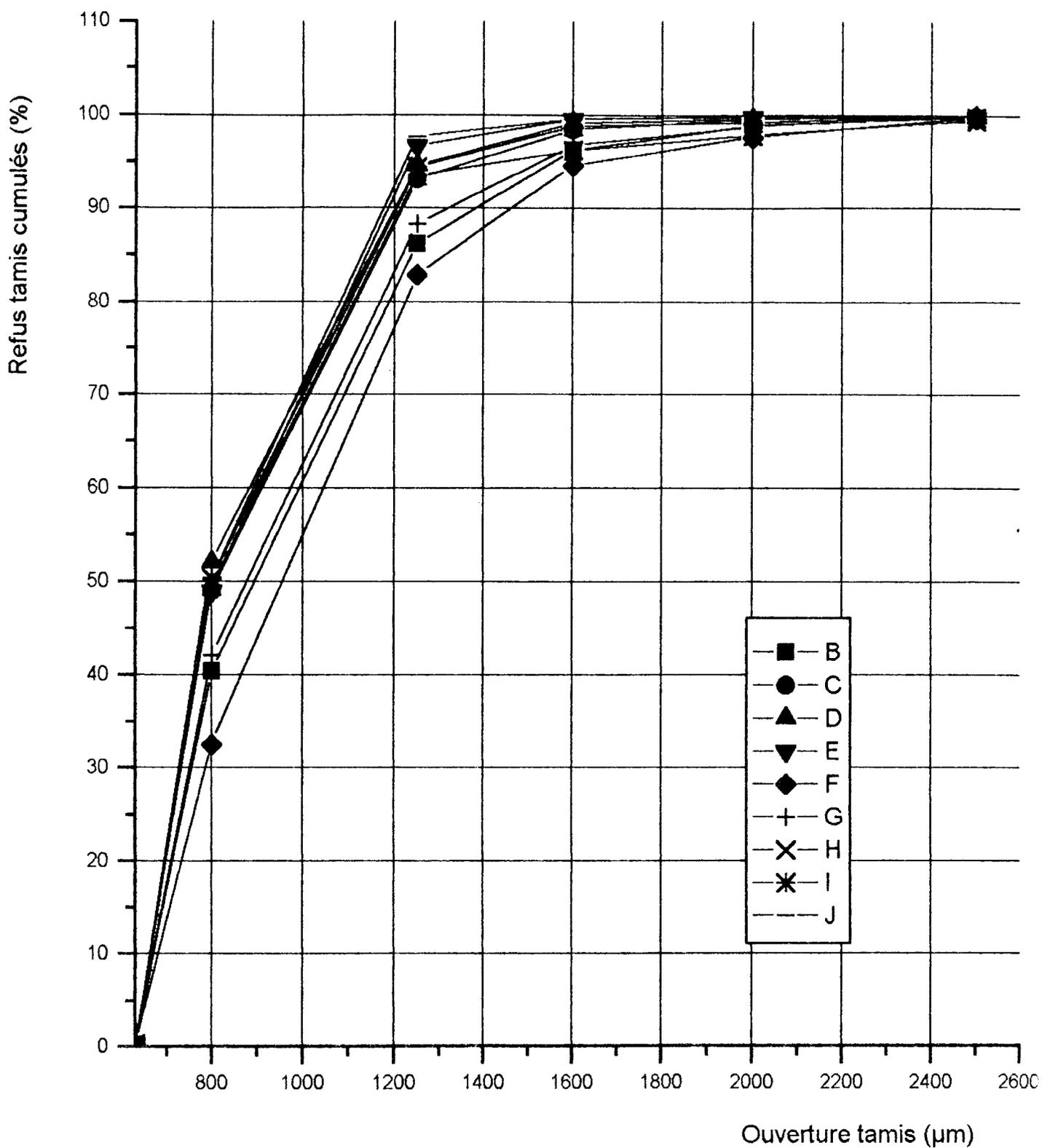
Tableau 10 : Granulation du Couscous des Différentes Variétés du Blé Dur :
(en pourcentage de refus des tamis).

TAMIS μm	630	800	1250	1600	2000	2500	%,cu mulé
COUSCOUS							
WAHA	0,24	40,13	45,87	9,97	2,65	0,93	0,15
KEBIR	0,27	48,63	44,26	5,32	1,09	0,27	0,13
VITKON	0,27	51,77	42,55	4,49	0,47	0,23	0,20
SHEN « S »	0,32	48,68	47,63	2,89	0,26	-	0,20
MEXICALLI	0,36	32,24	50,36	11,71	3,01	2,05	0,24
SHAM « 3 »	0,15	41,98	46,19	8,42	2,03	1,09	0,12
O/ZENATI	0,35	49,19	43,90	2,80	1,60	1,61	0,55
ACSAD 65	0,17	50,23	43,99	4,36	0,46	0,62	0,14
POLNICUM	0,21	50,15	47,30	1,90	0,31	-	0,10

I-2-2 Courbes granulométriques des couscous

Les courbes granulométriques des différents couscous présentées sur la figure 10 permettent de distinguer deux groupes de couscous . Le premier groupe de couscous représenté par MEXICALLI , SHAM(3) et WAHA ont une étendue granulométrique plus large comprise entre (800 et 2000 μm). La D50 moyenne du premier groupe dépasse (877 μm). Le second groupe de couscous des variétés KEBIR , VITRON, SHEN(S) , O/ZENATI , ACSAD 65 et POLINICUM présente une fraction fine plus importante que le premier groupe . Leur étendue granulométrique est comprise entre (800 et 1600 μm) avec une D50 moyenne inférieure à (811 μm). L'évaluation de l'écart type géométrique (Sg) des couscous (tableau 11) montre que les couscous du second groupe sont plus homogènes (Sg supérieure à 1,40) que ceux du premier groupe (Sg inférieure à 1,40). La variation de la dispersion granulométrique des couscous est due généralement à l'opération de roulage durant la fabrication et à la granulation des semoules utilisées . Pour l'analyse de la qualité culinaire et sensorielles des couscous nous avons utilisés une plage granulométrique (1600/800 μm). Cela correspond à un rendement en couscous supérieur à 82 % .

Fig 10. Courbes granulométriques du couscous.



B: WAHA; C: KEBIR; D: VITRON; SHEN(S); F: MEXICALI;
 G: SHAM(3); H: O/ZENATI; I: ACSAD 65; J: POLINICUM.

Tableau 11 : Evaluation de l'écart type géométrique des couscous

cousco us	630 µm	800 µm	1250 µm	1600 µm	2000 µm	2500 µm	D50 µm	D84 µm	Sg
waha	0.24	40.37	86.24	96.21	98.86	99.79	894	1228	1.37
kebir	0.27	48.90	93.16	98.48	99.57	99.84	811	1157	1.42
vitron	0.27	52.04	94.54	99.08	99.55	99.78	793	1138	1.43
shen(s)	0.32	49.00	96.63	99.52	99.78	99.78	809	1131	1.40
mexica	0.36	32.60	82.96	94.67	97.68	99.73	955	1259	1.31
sham(3)	0.15	42.13	88.32	96.74	98.77	99.86	877	1208	1.37
o/zenat	0.35	49.54	93.44	96.24	97.84	99.45	805	1153	1.43
acsad	0.17	50.40	94.39	98.75	99.21	99.83	799	1144	1.43
polinic	0.21	50.31	97.66	99.56	99.87	99.87	799	1145	1.43

D50 : Moyenne géométrique = Diamètre des particules à 50% de probabilité.

D84 : Diamètre des particules à 84% .

Sg : Ecart type géométrique ($D84/D50 = D50/D16$) .

I-3-Evaluations sensorielles de la qualité culinaire du couscous

Par analogie aux pâtes alimentaires, les propriétés culinaires du couscous cuit sont évaluées par analyse sensorielle . Une fois cuit, les particules du couscous doivent être bien individualisées sans se déliter ni se coller entre elles . Les résultats de cette évaluation des couscous des différentes variétés sont donnés en moyenne dans le tableau 11. Les notes sont attribuées de 1 à 9, et croissent avec la meilleur qualité par un ensemble de jury de 06 personnes. Il ressort que si la plus part des couscous présentent une bonne tenue à la cuisson et sont de bonne qualité; la variété Polinicum présente une faible qualité. Suivant le paramètre collant on peut regrouper les différentes variétés en deux groupes O/Zenati , Polinicum et Mexicalli d'une part et le reste des variétés présentent une note collant supérieure à 6,45 . Les trois paramètres sont fortements liés entre eux . Un couscous ferme est moins collant et plus facile à démotter (L; Guezlane et al, 1991) .Le collant se traduit par un éclatement des granules d'amidon au cours de la cuisson des couscous et par diffusion de ses constituants à leurs surfaces . Cet aspect est directement lié à la teneur en protéines des semoules d'une part et à leurs qualités d'autre part (Feillet et abecassis , 1976)

Tableau 12 : Evaluation Sensorielle des Couscous cuits

NOTES COUSCOUS	FERMETE *	COLLANT *	DEMOTTAGE *
WAHA	6,50	6,45	7,40
KEBIR	6,60	7,40	6,20
VITRON	7,66	8,33	8,66
SHEN « S »	8,60	8,80	8,40
MEXICALLI	6,25	6,25	6,50
SHAM « 3 »	7,40	7,40	8,20
O/ZENATI	6,00	5,25	6,25
ACSAD 65	7,88	6,88	7,44
POLINICUM	5,75	5,00	5,50

* La note 1=pas ferme= très collant =difficile à démotter

9= ferme= pas collant = très facile à démotter

I-4 La qualité culinaire du couscous

I- 4-1Gonflement des couscous

Le gonflement du couscous à l'eau est un paramètre très important pour le contrôle de la qualité des produits aussi bien au niveau industriel que durant les transactions commerciales . La capacité du gonflement du couscous à l'eau est liée en grande partie à la richesse de la matière première en protéines ainsi que leurs qualités. Le gonflement du couscous (1600/1800µm) a été mesuré sur un produit cuit car ce dernier sera d'autant plus apprécié que son hydratation est plus élevée durant la consommation . Cet essai de gonflement du couscous a été réalisé avec de l'eau distillée à 100°C dans les conditions décrites par GUEZLANE (1991).

L'évolution des valeurs moyennes du gonflement du couscous cuit pour chaque variété en fonction du temps est présenté dans le tableau 13.

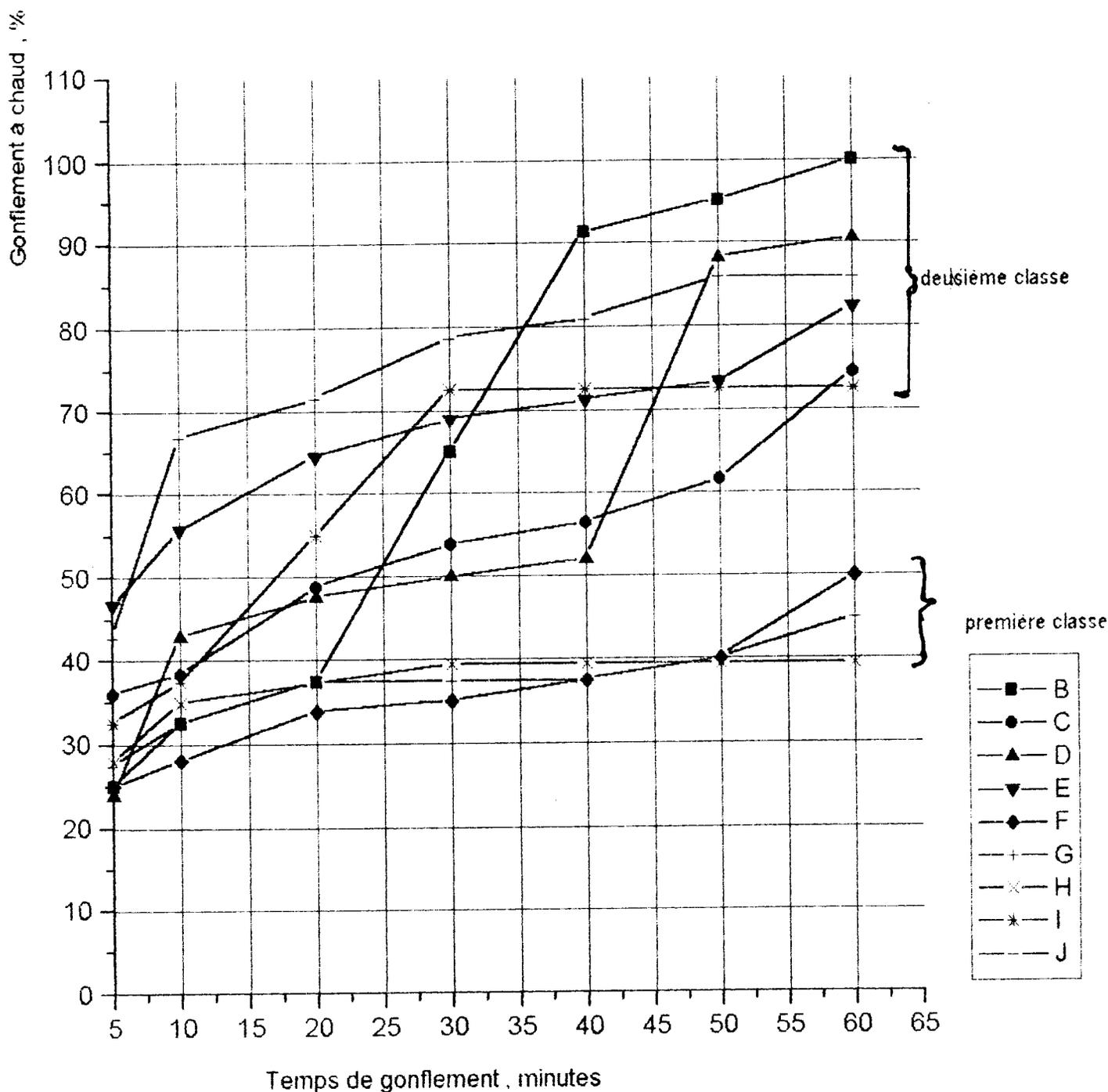
L'analyse des résultats montre que la capacité d'absorption d'eau par les granules de couscous cuits traités par l'eau distillé à 100 °C diffère d'une variété à l'autre . Cette différence observée est liée à la qualité de la matière première ainsi que la granulation du couscous .

L'évolution de la valeur du gonflement des couscous en fonction du temps est représentée sur la figure 11 . On remarque que la vitesse de gonflement des couscous est différente . L'analyse des courbes permet, d'une part de constater que certaine variétés atteignent leur maximum après 40 minutes ,d'autre part on peut distinguer deux groupes des couscous . Le premier groupe représenté par les variétés (polinicum , o/zenati et mexicalli) dont le gonflement moyen après 60 minutes de traitement ne dépasse pas 50 % d'augmentation . Le second groupe composé du reste des variétés ayant un gonflement à l'eau dépassant 50 %.

Tableau 13 : Gonflement du Couscous cuit en % et en Fonction du Temps à 100 °C

Temps.(mn) couscous	5	10	20	30	40	50	60
Waha	25	32	37	65	91	95	100
Kebir	36	38	49	54	56	61	74
Vitron	24	43	48	50	52	88	90
Shen « s »	47	55	64	69	71	73	82
Mexicalli	25	28	34	35	37	40	50
Sham« 3 »	43	67	71	78	81	86	86
O/Zenati	28	35	37	39	39	39	39
Acsad 65	32	37	55	72	72	72	72
Polinicum	27	32	37	37	37	40	45

Fig. 12 : Gonflement du couscous en % et en fonction du temps



B: waha , C: kebir ,D: vitron , E: shen(S) ,
 F: mexicalli , G : sham(3) ,H: o/zenati , I: acsad65 ,J: polinicum

I-4-2 Prise en masse du couscous cuit

La prise en masse du couscous cuit représente l'un des critères d'évaluation de la qualité organoléptique du couscous . Il rend compte de l'état physique d'agglomération des granules de couscous au cours du traitement à la vapeur . La prise en masse du couscous cuit a été appréciée par l'évaluation de la taille des particules (I.P.M.T.). Le tableau 14 regroupe l'ensemble des résultats

Tableau 14 : Indices de prises en masse des couscous cuits

couscous	I. P.M.T , %
WAHA	1,5
KEBIR	5,1
VITRON	1,6
SHEN(S)	1,2
MEXICALLI	11,2
SHAM(3)	2,2
O/ZENATI	12,1
ACSAD 65	2,2
POLINICUM	14,3

La comparaison des indices de prise en masse obtenus (% de produit refusé sur un tamis de 3150 μm) permet de classer les couscous en deux groupes . Le premier groupe est représenté par les couscous des variétés (polinicum , o/zenati et mexicalli) , le deuxième groupe comprend le reste des variétés .

L'indice de prise en masse du premier groupe est important par rapport à celui du second et dépasse 10% . La formation des agglomérats du couscous cuits est due essentiellement à la diffusion de l'amylose dans la masse du grain de couscous jusqu'à la surface (sous l'action de la chaleur) ce qui entraîne une augmentation du collant . Ces résultats concordent avec celles déterminés par analyses sensorielles .

II- RELATION ENTRE LES ANALYSES INSTRUMENTALES ET SENSORIELLES DU COUSCOUS ET LES CARACTERISTIQUES DE LA SEMOULE

Nous avons essayer d'étudier la relation entre les appréciations instrumentales et sensorielles du couscous et certains paramètres physico-chimiques de la semoule des différentes variétés du blé soumises à l'essai .

On peut distinguer trois types de variables :

- Les variables représentant les analyses sensorielles :

Fermeté : Fer.

Collant : Col.

Démottage : Dém.

- Les variables représentant les analyses instrumentales

gonflement du couscous à 100 °C

Indices de prise en masse du couscous cuit (I.P.M.T. / 3150 µm)

- Les variables représentant certaines caractéristiques physico-chimiques de la semoule :

* Teneur en protéines totales : Pro.

* Teneur en gluten sec : Glu.

* Elasticité du gluten (I.D.K) : Ela.

La matrice de corrélation entre ces variables est représentée dans le tableau 13 (calcul sur neuf variétés) . Les données ont été traitées par le logiciel STATITCF, afin d'établir une meilleure relation entre les différentes variables . Il ressort que le degré de la liaison entre les paramètres évalués par les analyses sensorielles est significatif, puisque un couscous ferme est moins collant et plus facile à démotter (Guezlane et Abecassis ,1991).

Le gonflement à chaud est mieux corrélé au collant et au démottage ainsi qu'à la prise en masse du couscous cuit (I.P.M.T.) . Ce dernier est lié d'une manière significatif aux analyses

sensorielles . Ces corrélations observées en fait assez comparables à ceux rencontrés dans la littérature (Guezlane , 1993) .

La teneur en gluten est bien corrélée à la teneur en protéines . Ces résultats confirment les données théoriques puisque la teneur en gluten suit celle des protéines .

Les mesures des caractéristiques physico-chimiques de la semouline sont que faiblement corrélées aux paramètres évalués par analyses sensorielles et instrumentales . Le degré de liaison des teneurs en protéines avec les analyses sur le couscous n'est pas significatif . Cela paraît étonnant puisque le rendement en couscous et sa qualité culinaire s'améliorent avec l'augmentation de la qualité et quantité des protéines (DEBOUZ , 1994) . On peut penser que c'est la qualité des protéines qui intervient d'une importance capitale pour prédire la qualité culinaire du couscous .

Tableau15: Matrice des Corrélations entre les analyses sensorielles et instrumentales du couscous et les caractéristiques physico-chimiques de la semoule

	<i>Pro.</i>	<i>Glu.</i>	<i>Ela.</i>	<i>Fer.</i>	<i>Col.</i>	<i>Dem.</i>	<i>Gon.</i>	<i>IPMT</i>
<i>Pro.</i>	1,00							
<i>Glu.</i>	0,88**	1,00						
<i>Ela.</i>	-0,49	-0,45	1,00					
<i>Fer.</i>	0,15	-0,16	-0,39	1,00				
<i>Col.</i>	0,23	0,19	-0,23	0,88**	1,00			
<i>Dem.</i>	0,12	0,26	-0,08	0,86**	0,83**	1,00		
<i>Gon.</i>	0,39	0,43	0,14	0,61	0,73*	0,77*	1,00	
<i>IPMT</i>	-0,48	-0,51	0,17	-0,81**	-0,83**	-0,87**	-0,93**	1,00

** :Hautement significatif au seuil de 1%

* : Significatif au seuil de 5%

Discussion générale

La qualité du couscous comme produit fini est influencée par deux groupes de paramètres :

- Le premier groupe comprend l'ensemble des facteurs conditionnant la fabrication du couscous depuis la matière première à savoir la mouture du blé et la manière de fabriquer le couscous (roulage, cuisson etc...);

- Le second groupe comprend les caractéristiques des matières premières; qualité et quantité des protéines, teneur en amidon, propriétés du gluten .

Dans le domaine des pâtes alimentaires, de nombreux travaux ont été effectués pour expliquer l'effet de chaque groupe sur la qualité . En ce qui concerne le couscous, aucune étude n'a été faite pour expliquer les bases biochimiques (diagramme électrophorétique), de la qualité pour chaque variété propre de blé . La qualité des aliments résulte à la fois des procédés de fabrication mis en oeuvre et des caractéristiques des matières premières fournies par l'agriculture (Feillet, 1989) . La teneur et la composition protéique des blés durs constituent les facteurs les plus déterminants de la qualité des produits cuits (Abecassis et al., 1990) .

Ainsi, les protéines de réserve (gliadines et gluténines), représentent les outils biochimiques d'appréciation de la qualité des produits . En effet, elles constituent non seulement des marqueurs biochimiques mais ce sont des agents fonctionnels de la qualité . Les gliadines présentent un polymorphisme caractérisé par un ensemble de composants. Damidaux (1979), montrait qu'il existe une liaison étroite entre les propriétés viscoélastiques du gluten et la présence de la bande type gamma 42 ou gamma45, sur l'électrophorégramme des gliadines .

Cette relation est de type fonctionnel . La présence du composant gamma45 (environ 2 à 3 % des protéines totales), conditionne de bonnes propriétés du gluten ou inversement avec le composant gliadine type gamma42 .

L'étude des propriétés physico-chimiques des gliadines gamma42 et gamma45, complétée par des études génétiques ont permis de considérer que les gliadines n'étaient pas «fonctionnellement» différentes mais agissent comme des marqueurs d'autre familles protéiques : les sous unités gluténines de faible poids moléculaire SG-LMW (Feillet, 1994) .

Des travaux récents (Autran et al., 1987; Pogna et al., 1988, 1990) ont montrés que les fortes teneurs en SG-LMW (type électrophorétique LMW2), se retrouvent précisément chez les variétés de blé dur type gamma45, dont le gluten est de bonne qualité. Tandis que la présence de faible teneur en SG-LMW (type LMW1) caractérise les blés durs d'un groupe gamma42, dont le gluten est de qualité médiocre ou mauvaise (ABECASSIS, 1990). Les travaux entrepris sur les couscous préparés d'une manière artisanale des différentes variétés de blés durs cultivées en Algérie n'ont pas fait apparaitre le rôle direct des gliadines sur la qualité culinaire appréciée par analyses sensorielles et instrumentales. Cependant les gamma gliadines ne semblent pas expliquer la qualité culinaire du couscous . Ainsi les couscous des variétés O/Zenati, Polinicum et Mexicalli présentent une faible qualité culinaire. Au cours des traitements hydrothermiques les gluténines de haut et de faible moléculaires interviennent en formant des agglomérats très élevés. A l'inverse les gamma gliadines ne sont pas affectées par ces traitements. La diffusion de l'amylose hors des grains de couscous est à l'origine du collant. GUEZLANE (1993) a mis en évidence le rôle prépondérant de l'amylose dans le phénomène du collant. Les gliadines peuvent être utilisées comme des marqueurs lors des traitements hydrothermiques du couscous. La littérature contient peu d'information relative à l'évolution des gliadines au cours de la cuisson du couscous . Pour la poursuite de cette étude , sur le plan fondamental, il serait particulièrement intéressant de préciser les modifications de la structure des protéines de réserve durant le traitement du couscous. Cette question permettra de faire progresser la compréhension du rôle des gliadines sur la qualité culinaire du couscous .

CONCLUSION GENERALE

Le travail que nous avons entrepris a permis d'apporter certaines précisions sur les aspects physico-chimiques et biochimiques de la qualité technologique de quelques variétés de blés durs algériens cultivées dans la région de sidi bel-abbes .

Les aptitudes technologiques des différents variétés de blé dur ont été appréciés par la détermination d'un certain nombre de paramètres :

- Détermination de la valeur semoulière .
- Détermination de la valeur couscoussière .

Nous avons remarqué que les résultats obtenus étaient fluctuants . Néanmoins les caractéristiques physiques des blés sont assez satisfaisantes . L'ensemble des blés présentent un taux de mitadinage très faible, avec un poids de 1000 grains moyen . Selon la législation en matière de taux d'extraction (farines et semoules), les pHL des blés atteignent la limite d'un blé semoulier . La mesure de la valeur semoulière par l'essai de mouture montre que la plus part des taux d'extraction sont moyen et tendent vers une valeur moyenne de 54.76 %.

Par analogie aux pâtes alimentaires , l'appréciation de la valeur couscoussière est liée d'une part à la qualité de la semoule utilisée pour la préparation du couscous et d'autre part aux conditions de fabrication . La qualité de la semoule a été évaluée par la détermination des caractéristiques physico-chimiques . Les teneurs en protéines de la plus part de nos variétés sont relativement élevées , présentant une teneur moyenne de 15.5 % . La variété polinicum présente la valeur la plus basse avec 12.92 % . La teneur en gluten sec suit sensiblement celle des protéines totales . La mesure de la qualité du gluten (élasticité) par l' I. D. K. n'a pas permis de différencier nettement l'ensemble des variétés . Cependant selon l'indice d'échelle de mesure de l'appareil , la variété polinicum présente une faible élasticité du gluten . La qualité culinaire du couscous a été appréciée par des analyses sensorielles et instrumentales. L'évaluation sensorielle et instrumentales du couscous traditionnel a permis de classer les couscous en deux groupes.

Les données théoriques confirment bien que le milieu de culture peut modifier les quantités de protéines présentes dans les fractions d'OSBORNE , mais les diagrammes électrophorétiques des gliadines sont apparus qualitativement inchangés. L'identification des variétés de blé par PAGE -Acide a été effectuée grâce aux diagrammes électrophorétiques des gliadines . Ce travail nous a permis de contrôler la pureté des lots de blé destinés soit à l'industrie transformatrice soit utilisés comme semences . En plus nous avons essayer de contribuer à une meilleure connaissance des bases biochimiques de la qualité culinaire du couscous des blés durs par l'exploitation des diagrammes électrophorétiques au niveau des gamma gliadines (types 42 et 45). DAMIDAUX (1979) montre qu'il existait une relation entre les propriétés visco-élastiques du gluten et la présence de la bande gamma 42 ou 45 sur l'électrophorégramme des gliadines . Les travaux récents(AUTRAN et al., 1987 , Pogna et al. ,1988,1990) ont montrés que les fortes teneurs en SG-LMW (type électrophorétique LMW-2) se retrouvent précisément chez les variétés de blé dur du type gamma 45 (dont le gluten est de bonne qualité) , tandis que la présence de faible teneur en SG-LMW (type LMW-1) caractérisent les blés du groupe gamma-gliadine 42 (gluten de qualité médiocre ou mauvaise)(ABECASSIS, 1990) . Ainsi les couscous des variétés o/zenati , mexicalli et polinicum présentent une faible qualité culinaire malgré que le polymorphisme des gliadines est du type gamma-45 -42). Notre travail constitue une tentative pour résoudre les difficultés liées à la qualité du couscous . Ce sujet reste d'actualité , des essais complémentaires peuvent expliquer le comportement du couscous durant la cuisson et le gonflement .

L'analyse des diagrammes électrophorétiques et le calcul des indices de similarité mettent en évidence les différences variétales .

Par ailleurs, nous avons classés les différentes variétés en groupe sur la base des diagrammes électrophorétiques (présence ou absence des bandes) à l'aide du logiciel STATITCF par l'analyse factoriel des correspondances (A.F.C.) . Cette technique de classification automatique mérite d'être exploitée dans la filière céréale pour le regroupement des variétés .

Au terme de cette étude préliminaire , on ne peut pas donner des conclusions définitives. Il est donc nécessaire qu'une étude approfondie ,soit réalisée sur chaque variété, et qui s'étend sur plusieurs années pour une meilleure appréciation de la qualité technologique des blés Algériens .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

1. AFNOR V09-001, Juillet 1983 . Analyse Sensorielle -Méthodologie- , Directives générales.
2. AUTRAN J.C, 1975 . Nouvelles possibilités d'identification des gliadines du grain . I.A.A, N° 9-10, p. 1074-1092 .
3. AUTRAN J.C, 1975 . Identification des principales variétés communautaires de blé tendre par électrophorèse . ENSMIC, N° 270, P. 316-324 .
4. AUTRAN J.C, 1981 . Contribution à la recherche de bases biochimiques de la qualité culinaire des variétés de blé dur . 4° symposium franco-soviétique; 34-47 . Biochimie et génétique des protéines de blé . Clément Feront .
5. AUTRAN J.C, 1986 . Identification des céréales et autres plantes par électrophorèse . Biofutur, P. 121-126 .
6. AUTRAN J.C, 1989 . Electrophorèse bidimensionnelle des protéines de réserve des céréales et légumineuse . Application particulière aux protéines basiques . Conférence présentée au 7° symposium de la société française d'électrophorèse . Bordeaux, 14-16.12.89 .
7. AUTRAN J.C, 1991 . H.P.L.C, Caractérisation des protéines et autres constituants . Séminaire de formation C.P.C.I.A, « Blé et Farine » . Caractéristiques physico-chimiques et moléculaires, Montpellier .
8. AUTRAN J.C, 1994 . Cours d'électrophorèse. D.E.A de science des aliments, université de Montpellier .
9. AUTRAN J.C, 1995 . Wheat identification in Europe . Identification of good grain variétés . Ed. by Colin W. A.A.C.C, Minnesota, USA P. 175-199 .
10. AUTRAN J.C, R. BERRIER, M.F. Jean, P. JOUDRIER et K. KOBREHL, 1981 . Emplois de l'électrophorèse dans la filière « céréales », possibilités et limites actuelles ind. des céréales, 8, P. 13-19 .
11. AUTRAN J.C, R. BERRIER, C. CANTIN, 1985 . Etude exploratoire des différentes méthodes de fractionnement des protéines des blés en vue d'apprécier leur potentialité à discriminer les variétés . Rapport final des travaux réalisés dans le cadre du groupe électrophorèse de l'I.R.T.A.C, Montpellier .
12. AUTRAN J.C, P. ABBAL, 1986 . Informatisation de l'identification variétale des céréales par électrophorèse : une première étape . I.A.A, Juin .
13. AUTRAN J.C, B. LAIGNET, M.H. MOREL, 1987. Caractérisation and quantification of low-molecular weight glutenins in durum wheats . Gluten proteins . P. 266-283 .
14. AUTAN J.C, G. GALTERIO, 1989 . Associations between électrophoretic composition of proteins quality characteristics and agronomic attributes of durum wheats I. protein-protein associations J. of cereal science . 9: 179-184 .
15. AUTRAN J.C, M.H. MOREL, 1990 . Les applications de l'électrophorèse dans le domaine agro-alimentaire. Exposé présenté au stage « principes et applications des techniques électropho- rétiques », à l'I.C.P.I, de Lyon .
16. BOURDET A., 1954 . Nos connaissances actuelles dans le domaine des protides des céréales . Conférence présentée à la société de Zymologie pure et appliquée à Bruxelles, 26.11.1954.
17. BIETZ J.A., WALL J.S., 1972 . Wheat gluten subunits molecular weight determined by SDS page cereal chem. 49: 4165-430 .
18. BIETZ J.A., WALL J.S., 1975 . The effects of various extractants on the subunit composition and associations of wheat glutenins cereal chem. 57, 145-155 .
19. BERNARDIN J.E., KASADRA D.D., 1973 . Hydrated protein fibrils from wheat endosperm, cereal chem. 50: 529-536 .

20. BUSHUK WET, ZILMAN R.R., 1978 . Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams . I. apparatus method and nomenclature . *can. J. plant sci.* 58, 505 P.
21. Bure J., 1980 . La chimie du blé, la pâte de farine de froment. ed. SEPIAC 147 P.
22. B.L. Jones, G.L. LOOKHART, S.B. HALL, K.F. FINNEY, 1982 . Identification of wheat cultivars by gliadine électrophoresis . *Electrophoregrams of the 88 wheat most commonly grain in USA in 1979, cereal chem.* 59(3): 181-188 .
23. BULEON A., COLONN P., LELOUP V.; juin 1990 . Les amidons et leurs dérivés dans les industries des céréales, I.A.A. p. 515-532 .
24. BERNARD L., 1980 . Recherche française sur les interactions entre les lipides et les protéines dans la farine et le gluten de blé tendre . *Ind. des céréales*, p. 13-17 .
25. C.H. RENAUDIN, 1951 . La fabrication industrielle des pâtes alimentaires. Ed. DUNOD, Paris.
26. CALVEL R., 1975 . La boulangerie moderne . Ed. EYROLLES, Paris 461 P.
27. CALVEL R., 1995 . Du monde de l'emploi de certaines farines de succédonés en panification . *Ind. des céréales* 91 P. 15-16 .
28. CHRISTIANE MERLIER, 1982 . L'amidon et les enzymes en sucrochimie . *I.A.A.*, 99, 10 P. 787-796 .
29. C.W. WRIGLEY, J.C. AUTRAN, W. BUSHUK, 1982 . Identification of cereals varieties by gel electrophoresis of the grain proteins advances in cereals science and technology, vol V, chapter 5, P. 211-259 .
30. Cl. Audigie, G. Dupont, F. ZONZAIN, 1983 . Principes des méthodes d'analyses biochimiques; tome 1, p. 25-27, ed. DOIN .
31. CHRISTIAN COURVOISIER, 1984 . Polymorphisme des protéines de réserve de blé tendre . Aspects génétique, biochimiques, technologiques et agronomiques de critères électrophorétiques de la valeur intrinsèque . Thèse docteur d'état, université Paris sud centre d'Orsay .
32. C.W. MITTELSTEADT, R.G. TEETER, 1989 . Evaluation of the wheat varieties for TMEN crude proteins and amino-acid content . *Animal science research report* P. 168-173
33. DOUADI KHELIFI, BRANLARD GERARD, 1988 . Relation between high molecular weight glutenin subunits and bread wheat quality . *RACHIS* vol. 7 N° 1 et 2 p. 32-34 .
34. DOUADI K., BRANLARD G., 1987 . Identification by electrophoresis of bread and durum wheat varieties grown in Algeria . *RACHIS*, V. 6(1), p. 26-30 .
35. DEBOUZ A. Dick J.W., Donnelly B.J., 1994 . Influence of row material on couscous quality . *Cer. Foods wld.* 39(4) p. 231-232, 234-236 .
36. E. TRENTESAUX, 1979 . Nouveaux problèmes des industries semoulières et pâtières . *I.A.A.*, 96(4), p. 559-568 .
37. FEILLET P., 1970 . Méthode de contrôle de la qualité industrielle des blés durs appliqués à la sélection . *I.A.A.*, 11, p. 1399-1405 .
38. FEILLET P., 1984 . Les bases biochimiques de la qualité culinaire des pâtes alimentaires . *Rev. science des aliments* 4, p. 551-556 .
39. FEILLET P., 1986 . L'industrie des pâtes alimentaires : technologie de fabrication, qualité des produits finis et des matières premières . *I.A.A.*
40. FEILLET P., 1994 . Structure et propriétés des protéines du blé dur . PECEAA -Séminaire Européen COMETT, Montpellier- .
41. FEILLET P., ABECASIS J., ALARY R., 1977 . Description d'un nouveau appareil pour mesurer les propriétés visco-élastiques des produits céréaliers . *ENSMIC*, 278, p. 97-101 .
42. F. PERCHERON, R. PERLES, M.J. FOGLIETTI, 1980 . Abrégé de biochimie générale . Tome 1, ed. MASSON p. 15-78 .
43. F.R. NUBNER, D.D. CHRISTIANSON, T.C. NELSEN, J.A. BIETZ, 1990 . Gliadin and glutenin analysis by SE-HPLC, for wheat classification . *Cereal chem.* p. 145-152 .

44. GUEZLANE L., 1979 . Etude comparative de la qualité technologique de cinq variétés de blé dur cultivés en Algérie . Thèse de magister I.N.A El-Harrach .
45. GUEZLANE L., 1988 . Détermination des caractéristiques viscoélastiques du couscous cuit à l'aide du viscoélastographe . Vol. 61, fasc. 7, I.N.R.A.T Ariana - Tunisie .
46. GUEZLANE L., 1993 . Mise au point de méthodes de caractérisation et étude des modifications physico-chimiques sous l'effet des traitements hydrothermiques en vue d'optimiser la qualité du couscous de blé dur . Thèse de doctorat d'état , I.N.A El-Harrach .
47. GUEZLANE L., G. SELSELET-ATTOU, 1983 . Qualité des semoules et des pâtes alimentaires issues des principales variétés de blé dur cultivés en Algérie . Vol. (57), fasc. 3, I.N.R.A.T, Ariana - Tunisie .
48. GUEZLANE L., SENATOR A., 19854 . Etude physico-chimique et technologique de deux types de couscous (artisanal et industriel), ann. 9(1), p. 47-62, I.N.A El-Harrach .
49. GUEZLANE L., SELSELET-ATTOU G., SENATOR A., 1986 . Etude comparée du couscous de fabrication industrielle et artisanale . Ind. des cer., p. 25-29 .
50. GUEZLANE L., ABECASIS J., 1991 . Méthodes d'appréciations de la qualité culinaire du couscous de blé dur . I.A.A, 11 p. 966-971 .
51. G. LINDON, 1981 . Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires . Tome 2 p. 96-100; ed. APRIA .
52. G. L. LOOKHART, B. L. TONES, S. B. HALL, K. F. FINNEY, 1981 . An improved method for standardizing polyacrylamide gel electrophoresis of wheat gliadin proteins . Cer. chem. 59(3): 178-181 .
53. GERARD B., A. LE BLANC, 1985 . Les sous-unités gluténines de haut poids moléculaires des blés tendres et des blés durs cultivés en France . Agron. 5(6), 467-477 .
54. GERARD B., PICARD B., CHRISTIAN C., 1990 . Electrophoresis of gliadins in long acrylamide gels : methods and nomenclature . Electrophoresis, 11: 310-314 .
55. GODON B., M. HY, de la METTRIE, F. NICOLAS, Y. POPINEAU, 1992 . Le gluten . Modifications technologiques, nouveaux produits, nouveaux débouchés . Economie et sociologie rurales . I.N.R.A , Nantes .
56. H. H. ZOTOVA, E. D. KAZAKOV, I. A. CAKHAROV, 1982 . Travaux pratiques de chimie des céréales . Moscou - Russie .
57. ISABELLE FELLIX, 1996 . Etude de la diversité allylique des protéines de réserve (glutenines et gliadines), en relation avec des tests de technologie appréciant la valeur d'utilisation du blé tendre . Thèse docteur d'université . Univ. BLAISE PASCAL .
58. J. ABECASIS, U. CAKMAKALI, P. FEILLET, 1974 . La qualité culinaire des pâtes alimentaires, méthode universelle et objective d'appréciation de la fermeté des pâtes cuites . Bul. E.F.M, 23: 303-310 .
59. J. ABECASIS, M.F. GAUTHIER, J.C. AUTRAN, juin 1990 . La filière blé dur - pâtes alimentaires : apports complémentaires de la technologie et de la génétique dans l'amélioration de la qualité . I.A.A, p. 475-482 .
60. J. ABECASIS, 1993 . Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés . Ind. des cer. 81: 25-37 .
61. J. M. BENGONE, 1972 . Etude des modifications de certaines propriétés physico-chimiques des protéines des pâtes alimentaires sous l'action des traitements hydrothermiques . D.E.A, INRA, Montpellier .
62. J. NICOLAS, R. DRADON, 1977 . Méthodes modernes d'analyse en chimie céréalière . Lab. de tech. alim. I.N.R.A, Massy .
63. JEAN DE LAGARDE, 1983 . Initiation à l'analyse des données . Ed. DUNOD .
64. J.P. BENZEKRI et Collaborateurs, 1984 . L'analyse des données . Taxonomie . Ed. DUNOD .
65. KAUP S., WALKER C., 1986 . Couscous in north Africa . Cer. foods wld., 31(2): 179-182 .

66. K. KOBREHEL, C. REYMOND, R. ALARY, 1988 . Low molecular weight durum wheat glutenin fractions rich in sulfhydryl plus disulfide groups . *Cer. chem.* 65(1): 65-69 .
67. KAZOU OZEKI, TETSUICHI ASAKA, 1992 . Les outils de la qualité traduit de l'américain par Monique SPERRY . AFNOR GESTION .
68. MATVEEF M., 1969 . Influence du gluten de blé dur sur la valeur des pâtes alimentaires, *bul. E.F.M.*, N° 213 .
69. M. G. D'EGIDIO, S. FORTINI, G. GALTRIO, B.M. MARIANI, D. SGRULLETA, M. VOLPI, 1979 . Protéines totales et composition protéique de semoules de blés durs Italien; corrélation avec la qualité des pâtes alimentaires . *Qual. plant-P1* . Eds. hum. nutr. XIV; 333-345 .
70. MONEVEUX P., GRIGNAC P., 1981 . Etude des caractéristiques des gliodines et leur relation avec certaines caractéristiques technologiques chez le blé dur . 4° symposium Franco- Soviétique 48-73 .
71. M. BERGER, J. LE BRUN, 1985 . Nouvelle clé d'identification des variétés du blé dur . *Ind. des cer.* 37:17-25 .
72. M. BERGER, J. LE BRUN, 1986 . Nouvelles méthodes d'identification variétale . *Ind. des cer.* 40: 11-17 .
73. M. BERGER, J. LE BRUN, 1987 . Identification des variétés de blé tendre par l'électrophorèse des gliadines de polyacrylamide . Manuel d'instruction N° 41, IRTAC - Paris .
74. MARIE-HELENE MOREL, 1988 . Les applications de l'électrophorèse dans le domaine agro-alimentaire . Exposé présenté au stage « principes et applications des techniques électrophorétiques », à l'LC.P.I, Lyon .
75. M.H. MOREL, 1994 . ACID-PAGE of wheat glutenins : a new tool for the separation of high and low molecular weight subunits . *Cer. chem.* 71(3): 238-242 .
76. MICHEL CORNEC, 1994 . Comportement rhéologique du gluten; influence de la composition en prolamines et de leur état d'association . Thèse de doctorat d'université de Nantes, U.F.R de sciences .
77. OUALI A., 1983 . Séparation des protéines par électrophorèse en gel de polyacrylamide . Cahier des techniques de l'IN.R.A, Montpellier . Bulletin de liaison interne N° 1 .
78. PIERRE DAGNELIE, 1984 . Théorie et méthodes statistiques . Applications agronomiques . Volume II, p. 265-321 .
79. P. BOISSON, 1985 . Les blés hybrides . *Ind. des cer.* p. 27-29 .
80. PHILIPPE MASSON, 1988 . Contribution à la valorisation des protéines de réserve du blé tendre . Isolement et caractérisation partielle de peptides issus de l'hydrolyse enzymatique ménagée de gliadines totales et purifiées . Thèse de docteur d'université, Nantes . Tome 1:135 P.
81. P. C. DREESE, R. C. HOSENEY, 1990 . The effect of water . Extracted solubles from gluten on its baking and rheological properties . *Cer. chem.* 67(4): 400-404 .
82. RENE DAMIDAUX, 1972 . Mise au point d'un test d'appréciation de la qualité physique du gluten de blé dur . D.E.A, de sciences alimentaires . Lab. de tech. des blés durs et du riz . Montpellier .
83. R. R. DAMIDAUX, 1979 . Nouveaux critères de sélection pour l'amélioration de la qualité culinaire du blé dur . Thèse de docteur ingénieur . Université de LANGUEDOC .
84. R. GRIGNAC, 1975 . Relation entre la fumure azotée du blé tendre : le rendement et la qualité du grain . *Ind. cer.* 268: 189-195 .
85. ROUSSET M., BRANLARD G., 1977 . L'électrophorèse des gliadines appliqué à la sélection des blés tendres de haute valeur en panification : travaux préliminaires . Symposium Franco-Soviétique, ODESSA, nov. 1977 .
86. R. SCRIBAN, 1982 . Les applications de l'analyse électrophorétique des protéines de réserve de large et du malt . *I.A.A.*, 99(6): 391-399 .

87. REGINOLD LAVOIE, 1983 . Statistique appliquée . Auto-apprentissage par objectifs . 2^o ed. presse de l'université du Québec . M. 31-32 .
88. R. BISTON et Col., 1986 . Qualité et teneur en protéines des blés : actualisation 1985, note technique, centre de recherche agronomique de l'état Gemblaux, N° 6, 42p. .
89. ROBERT CLEMENTS, 1988 . A continuous acetic-acid system for PAGE of gliadins and other prolamines . Electrophoresis, 9: 90-93 .
90. SELSELET - ATTOU G., GUEZLANE L., 1983 . Caractéristiques physico-chimiques des principales variétés du blé dur cultivé en Algérie . Vol. (56), fasc. 5, I.N.R.A.T, ARIANA, Tunisie .
91. Mme SAFAR Malika, 1993 . Contribution à l'étude des modifications physico-chimiques des protéines des pâtes alimentaires supplémentées et non supplémentées par la farine de pois chiche, sous l'influence de la température de séchage . Thèse de magister E.N.S, Kouba - Alger.
92. VALERIE M., M. H. MOREL, FEILLET P., 1993 . Les sous-unités gluténines du blé de faible poids moléculaire des protéines d'avenir . Ind. des cer. 84: 3-14 .
93. W. NIERLE, 1984 . Solubility and fractionation of wheat proteins . Gluten proteins proceeding of 2end international workshop an gluten proteins . Ed. A. Graveland, J.H.E, MOONEN .
94. YOUSFI L., 1984 . Etude de la stabilité du couscous industriel . Thèse d'ingénieur agronome, I.N.A, El-Harrach .
95. ZILLMAN R. R., BUSHUK W., 1979 . Wheat cultivar identification by gliadin electrophore-grams . II effects of environmental and esperimental factors an the gliadin electrophoregrams . Can. J. plant. scien. 2: 281-286 .
96. ZILLMAN R. R., BUSHUK W., 1979 . Wheat cultivar identification by gliodin electrophoregrams . III catalogue electrophoregram formulas of Canadian wheat cultivars . Con. plan. 54-59 .

ANNEXES

Annexes 1

DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES

DU GLUTEN CRU

L'extraction du gluten est réalisée manuellement

Methode de détermination

Pour la détermination de l'élasticité, on pèse sur la balance technique 4g de gluten humide, on l'essore 3 à 4 fois à l'aide des doigts; le gluten sous forme de boulettes est placé dans un becher d'eau à la température de 16°--20° c pendant 15 minutes. L'appareil utilisé pour la détermination de l'élasticité du gluten est l'U.D.K. (URSS). La déformation du gluten est obtenue à l'aide d'une charge qui presse le gluten pendant 30 seconde, avec l'application d'un relais temporisé.

On place le morceau de gluten sous forme de boule sur la platine inférieure de l'appareil on presse le bouton du relais. Le résultat de mesure de l'élasticité est marqué sur l'échelle de l'appareil en unités conventionnelles. Autant l'élasticité du gluten est plus grande, autant il se serre moins et la grandeur est moins fixée sur l'appareil.

GROUPES QUALITATIFS DES GLUTENS D'APRES LES UNITES CONVENTIONNELLES

Unités conventionnelles de l'appareil	Caractéristiques des glutens
0 - 10	très fort
20 - 40	fort (satisfaisant)
45 - 75	bon
80 - 100	faible
105 - 120	très faible (insufisant)

Annexes 2

***** ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES SIMPLES *****

TITRE DE L'ANALYSE :

UTILISATEUR :

DATE :

CARACTERISTIQUES DU FICHIER : boom1
TITRE :

NOMBRE D'OBSERVATIONS (Lignes) : 11 - NOMBRE DE VARIABLES (Colonnes) : 49

***** NO ET NOMS DES VARIABLES *****

1.	A1 / 2.	A2 / 3.	A3 / 4.	A4 / 5.	A5 / 6.	A6 / 7.	A7 / 8.	A8 / 9.	A9 / 10.	A10
11.	A11 / 12.	A12 / 13.	A13 / 14.	A14 / 15.	A15 / 16.	A16 / 17.	A17 / 18.	A18 / 19.	A19 / 20.	A20
21.	A21 / 22.	A22 / 23.	A23 / 24.	A24 / 25.	A25 / 26.	A26 / 27.	A27 / 28.	A28 / 29.	A29 / 30.	A30
31.	A31 / 32.	A32 / 33.	A33 / 34.	A34 / 35.	A35 / 36.	A36 / 37.	A37 / 38.	A38 / 39.	A39 / 40.	A40
41.	A41 / 42.	A42 / 43.	A43 / 44.	A44 / 45.	A45 / 46.	A46 / 47.	A47 / 48.	A48 / 49.	A49 /	

NOMBRE DE VARIABLES (Colonnes) ACTIVES DU TABLEAU : 49

NOMBRE D'AXES DEMANDES : 3

VALEURS PROPRES ET VECTEURS PROPRES

1RE LIGNE : VALEURS PROPRES (VARIANCES SUR LES AXES PRINCIPAUX)
2E LIGNE : CONTRIBUTION A L'INERTIE TOTALE (POURCENTAGES EXPLIQUES PAR LES AXES PRINCIPAUX)

Axe 1	Axe 2	Axe 3
0.3498	0.2461	0.2264
20.5 %	14.4 %	13.3 %

VECTEURS PROPRES (COEFFICIENTS DES VARIABLES DANS L'EQUATION LINEAIRE DES AXES PRINCIPAUX)

A1	1.0948	0.3411	-0.3774
A2	1.8515	-1.0269	0.0323
A3	-0.3232	-1.5133	0.1948
A4	-0.4885	-1.0428	0.5314
A5	1.4678	-2.1538	0.2527
A6	-0.5619	0.5189	-0.9625
A7	-0.0631	1.4228	-1.3349
A8	1.4132	0.3741	-0.2450
A9	-0.9155	0.7292	-1.6641
A10	-0.8816	-0.8177	0.8157
A11	-1.5578	-0.3033	0.8162
A12	-0.6286	0.4697	0.3104
A13	0.8407	-0.3699	-0.5035
A14	-1.6382	0.3340	3.3045
A15	0.1399	-0.4662	-0.0812
A16	-1.4333	-0.0172	-0.3313
A17	0.8092	2.3035	-1.8269
A18	0.6749	-0.0976	-0.7486
A19	0.1830	-1.1324	0.8245
A20	-1.1083	-0.6471	-1.1169
A21	0.6338	-1.1138	1.6544
A22	-0.7524	0.8543	1.5116
A23	0.2876	0.6367	-0.9425
A24	-0.1247	-0.8253	1.4415
A25	0.6426	1.3597	1.1065
A26	-0.9874	-0.0327	-0.9422
A27	0.4128	1.5638	0.8733
A28	-0.2197	1.1207	0.2037
A29	1.8515	-1.0269	0.0329
A30	0.7168	0.0146	0.6977
A31	-0.1083	0.0996	-0.8832
A32	0.6426	1.3597	1.1065
A33	1.2524	0.1004	-0.6164
A34	1.1845	-0.6896	-0.8187
A35	-0.1750	1.6616	1.6401
A36	-0.0791	2.6776	0.6775
A37	-0.2175	0.6718	1.9505
A38	-1.5663	-1.3416	-0.5972
A39	0.0370	0.5580	-1.3671
A40	1.3587	-0.5270	-0.1796
A41	0.3260	0.3464	0.1445
A42	1.2998	-1.3947	-0.2239
A43	-1.5578	-0.3033	0.8160
A44	-2.2336	-1.4829	-0.6933
A45	1.4678	-2.1538	0.2521
A46	-0.7879	0.5640	-0.9609
A47	0.3150	-0.0158	-1.7176
A48	-1.1082	-0.6471	-1.1171
A49	2.5979	-0.9119	1.6562

ETUDE DES VARIABLES (Colonnes) DU TABLEAU

POUR CHAQUE AXE :

1RE COLONNE : COORDONNEE

2E COLONNE : COSINUS CARRES (QUALITE DE LA REPRESENTATION)

3E COLONNE : CONTRIBUTION RELATIVE A L'INERTIE EXPLIQUEE PAR L'AXE

COLONNES

AXES PRINCIPAUX

	POIDS (en %)	AXE 1		AXE 2		AXE 3				
		↘	↙	↘	↙	↘	↙			
A1	3.52	0.648	0.763	4.2	0.169	0.052	0.4	-0.180	0.059	0.5
A2	2.01	1.095	0.690	6.9	-0.509	0.149	2.1	0.015	0.000	0.0
A3	2.51	-0.191	0.033	0.3	-0.751	0.513	5.8	0.093	0.008	0.1
A4	2.01	-0.289	0.048	0.5	-0.517	0.154	2.2	0.253	0.037	0.6
A5	1.01	0.868	0.184	2.2	-1.069	0.279	4.7	0.120	0.004	0.1
A6	2.51	-0.332	0.092	0.8	0.257	0.055	0.7	-0.458	0.175	2.3
A7	2.51	-0.037	0.001	0.0	0.706	0.408	5.1	-0.635	0.330	4.5
A8	2.01	0.836	0.369	4.0	0.186	0.018	0.3	-0.117	0.007	0.1
A9	2.01	-0.541	0.162	1.7	0.362	0.072	1.1	-0.792	0.347	5.6
A10	3.02	-0.521	0.292	2.3	-0.406	0.177	2.0	0.388	0.162	2.0
A11	2.51	-0.921	0.663	6.1	-0.150	0.018	0.2	0.388	0.118	1.7
A12	2.01	-0.372	0.094	0.8	0.233	0.037	0.4	0.148	0.015	0.2
A13	2.01	0.497	0.152	1.4	-0.184	0.021	0.3	-0.240	0.035	0.5
A14	1.01	-0.969	0.185	2.7	0.166	0.005	0.1	1.572	0.486	11.0
A15	2.51	0.083	0.006	0.0	-0.231	0.050	0.5	-0.039	0.001	0.0
A16	2.51	-0.848	0.614	5.2	-0.009	0.000	0.0	-0.158	0.021	0.3
A17	1.51	0.479	0.083	1.0	1.143	0.472	8.0	-0.869	0.273	5.0
A18	1.51	0.399	0.055	0.7	-0.048	0.001	0.0	-0.356	0.044	0.8
A19	1.51	0.108	0.005	0.1	-0.562	0.131	1.9	0.392	0.064	1.0
A20	2.51	-0.655	0.377	3.1	-0.321	0.090	1.1	-0.531	0.248	3.1
A21	2.01	0.375	0.069	0.8	-0.553	0.150	2.5	0.787	0.305	5.5
A22	2.01	-0.445	0.118	1.1	0.424	0.107	1.5	0.719	0.309	4.6
A23	1.51	0.170	0.013	0.1	0.316	0.044	0.6	-0.448	0.088	1.3
A24	2.51	-0.074	0.004	0.0	-0.409	0.119	1.7	0.686	0.334	5.2
A25	2.51	0.380	0.112	1.0	0.675	0.354	4.6	0.526	0.216	3.1
A26	2.01	-0.584	0.217	2.0	-0.016	0.000	0.0	-0.448	0.128	1.8
A27	2.51	0.244	0.046	0.4	0.776	0.469	6.1	0.416	0.134	1.9
A28	2.51	-0.130	0.014	0.1	0.556	0.257	3.2	0.097	0.008	0.1
A29	2.01	1.095	0.690	6.9	-0.509	0.149	2.1	0.016	0.000	0.0
A30	2.01	0.424	0.098	1.0	0.007	0.000	0.0	0.332	0.060	1.0
A31	2.01	-0.064	0.003	0.0	0.049	0.002	0.0	-0.420	0.112	1.6
A32	2.51	0.380	0.112	1.0	0.675	0.354	4.6	0.526	0.216	3.1
A33	1.51	0.741	0.221	2.4	0.050	0.001	0.0	-0.293	0.035	0.6
A34	2.51	0.701	0.365	3.5	-0.342	0.087	1.2	-0.390	0.113	1.7
A35	1.51	-0.104	0.004	0.0	0.824	0.269	4.2	0.780	0.241	4.1
A36	1.51	-0.047	0.001	0.0	1.328	0.601	10.8	0.322	0.035	0.7
A37	1.51	-0.129	0.007	0.1	0.333	0.045	0.7	0.928	0.349	5.7
A38	2.01	-0.926	0.533	4.9	-0.666	0.275	3.6	-0.284	0.050	0.7
A39	1.51	0.022	0.000	0.0	0.277	0.027	0.5	-0.650	0.150	2.8
A40	1.51	0.804	0.232	2.8	-0.261	0.025	0.4	-0.085	0.003	0.0
A41	3.02	0.193	0.050	0.3	0.172	0.040	0.4	0.069	0.006	0.1
A42	2.01	0.769	0.306	3.4	-0.692	0.248	3.9	-0.107	0.006	0.1
A43	2.51	-0.921	0.663	6.1	-0.150	0.018	0.2	0.388	0.118	1.7
A44	1.51	-1.321	0.633	7.5	-0.736	0.196	3.3	-0.330	0.039	0.7
A45	1.01	0.868	0.184	2.2	-1.069	0.279	4.7	0.120	0.004	0.1
A46	2.51	-0.466	0.195	1.6	0.280	0.070	0.8	-0.429	0.165	2.0
A47	2.01	0.186	0.021	0.2	-0.008	0.000	0.0	-0.817	0.404	5.9
A48	2.51	-0.655	0.377	3.1	-0.321	0.090	1.1	-0.531	0.248	3.1
A49	0.50	1.536	0.221	3.4	-0.452	0.019	0.4	0.788	0.058	1.4

ETUDE DES LIGNES (Observations) DU TABLEAU

POUR CHAQUE AXE :

1RE COLONNE : COORDONNEE

2E COLONNE : COSINUS CARRES (QUALITE DE LA REPRESENTATION)

3E COLONNE : CONTRIBUTION RELATIVE A L'INERTIE EXPLIQUEE PAR L'AXE

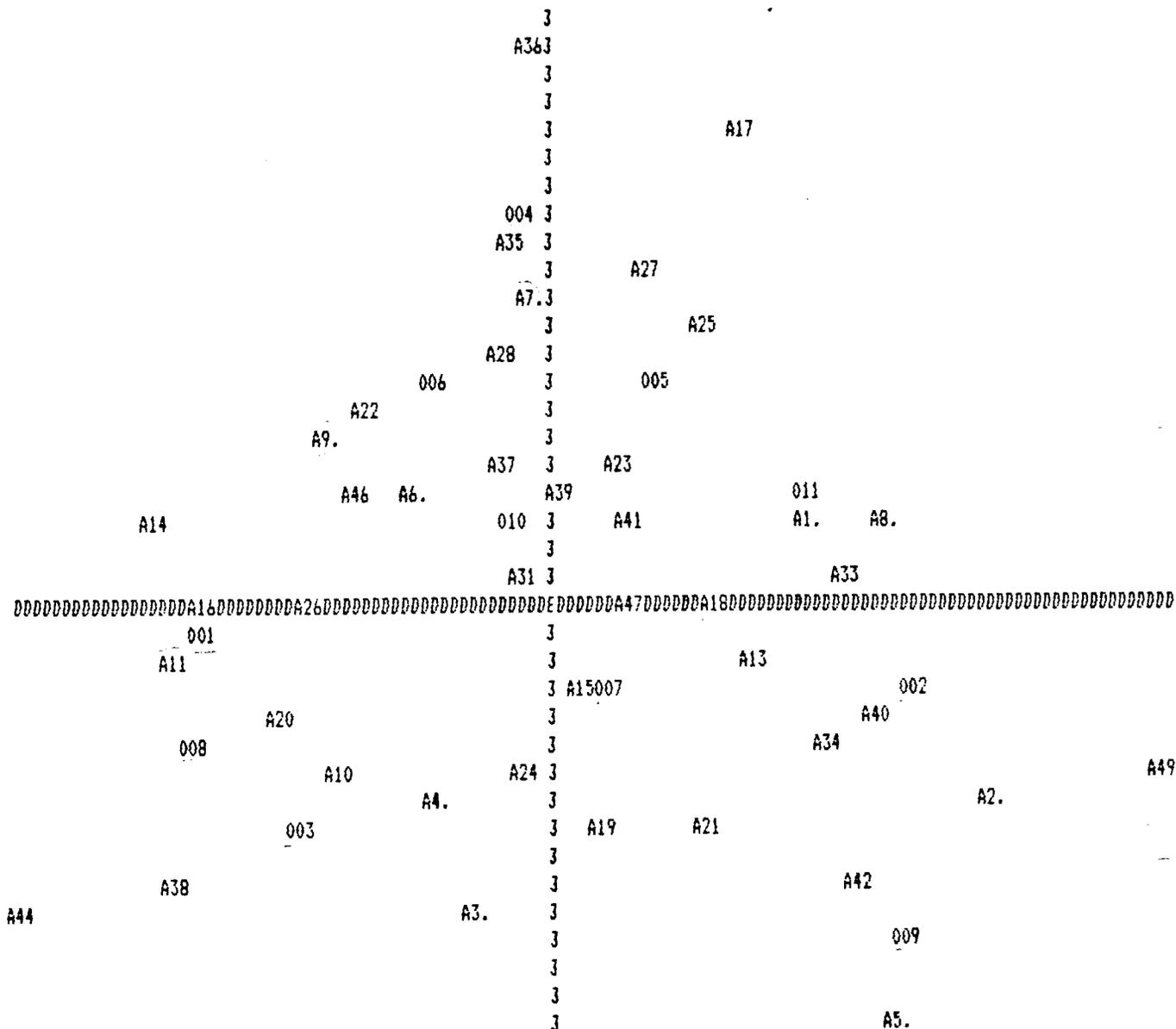
LIGNES

AXES PRINCIPAUX

	POIDS (en %)		AXE 1		AXE 2		AXE 3				
001	8.54	-0.855	0.446	17.9	-0.121	0.009	0.5	-0.423	0.109	6.8	
002	8.54	0.909	0.357	20.2	-0.225	0.022	1.7	0.375	0.061	5.3	
003	9.05	-0.619	0.258	9.9	-0.588	0.232	12.7	-0.302	0.061	3.6	
004	9.55	-0.059	0.002	0.1	0.903	0.581	31.6	-0.057	0.002	0.1	
005	8.54	0.253	0.033	1.6	0.524	0.142	9.5	-0.724	0.271	19.8	
006	7.54	-0.277	0.032	1.7	0.550	0.127	9.3	1.241	0.648	51.3	
007	12.56	0.152	0.021	0.8	-0.226	0.045	2.6	-0.070	0.004	0.3	
008	9.05	-0.869	0.438	19.5	-0.386	0.086	5.5	0.255	0.038	2.6	
009	8.04	0.874	0.338	17.6	-0.834	0.308	22.7	0.184	0.015	1.2	
010	10.05	-0.104	0.009	0.3	0.171	0.024	1.2	0.153	0.019	1.0	
011	8.54	0.655	0.236	10.5	0.274	0.041	2.6	-0.460	0.116	8.0	

ATTENTION : Toute représentation plane est une image déformée et contractée du nuage des points représentant les observations. Les contributions vous permettront d'en juger.

REPRESENTATION SIMULTANEE DES LIGNES (Observations) ET COLONNES (Variables) ***
 PLAN 1 2 AXE 1 HORIZONTAL AXE 2 VERTICAL



POINTS CACHES

Points vus	Points caches	ABSCISSE	ORDONNEE
A6.	A12	-.371767	.2330477
A2.	A29	1.095039	-.5094964
A18	A30	.4239683	7.239682E-03
A25	A32	.3800453	.6745749
A11	A43	-.9213423	-.1504529
A5.	A45	.8680898	-1.068562
A20	A48	-.6554278	-.3210472

RESUME

La connaissance des caractéristiques technologiques des variétés de blé dur représente un intérêt primordial pour l'orientation et l'utilisation de la production .

D'où l'objet de ma présente étude qui porte sur les bases physico-chimiques et électrophorétiques de la qualité technologique de quelques variétés de blé dur cultivées en Algérie.

La qualité technologique, but de notre recherche, a été vue sous deux aspects: la détermination de la valeur semoulière et la qualité culinaire des couscous . Les caractéristiques physiques des différents blés retenus sont assez satisfaisants. Les variétés atteignent la limite d'un blé semoulier . La mouture d'essai révèle que le rendement en semoule est moyen .

L'interprétation d'ordre biochimique montre à quel point, les propriétés fonctionnelles des protéines de réserve décident de la qualité technologique du blé. Nous avons étudié l'intérêt que peut présenter l'électrophorèse des protéines de réserve des grains (gliadines).

Notre première préoccupation a été de vérifier la pureté variétale par le polymorphisme des gliadines. Ensuite nous avons poursuivi cette étude pour l'identification variétale proprement dite par rapport à des variétés témoins de blé dur français dont les diagrammes des gliadines ont été déjà établis auparavant et en s'aidant de la liste des composants de la fraction gliadine susceptible d'être rencontrée dans les blés français. On constate que les diagrammes électrophorétiques des gliadines des différentes variétés présentent de nettes différences . Pour une meilleure discrimination des variétés, nous avons déterminés l'indice relatif de similarité des diagrammes électrophorétiques. A partir des schémas types des diagrammes électrophorétiques des gliadines nous avons réalisés un regroupement des différentes variétés en classes par analyse factorielle des correspondances (A.F.C.).

La valeur culinaire du couscous a été évaluée par des méthodes instrumentales et par des analyses sensorielles. L'étude a permis de classer les variétés en deux groupes sur la base de la qualité couscoussière. L'étude des relations entre les tests technologiques et certaines caractéristiques physico-chimiques sont présentées.

Nous avons aussi essayer de rechercher le lien susceptible d'exister entre le polymorphisme des gliadines et la qualité du couscous. Cependant les gamma gliadines ne semblent pas expliquer la qualité culinaire