

Les problèmes de qualité du blé dur après stockage en Tunisie

[Durum Wheat Storage Problems Quality in Tunisia]

Fatima BOUSLAH¹, Khaled El MOUEDDEB², and Mohamed Elyes HAMZA³

¹Département de Génie rural Eaux et Forêts, Institut National Agronomique de Tunisie, Tunis-Mahrajène, Tunisia

²Ecole Supérieure des Ingénieurs de l'Équipement Rural de Medjez El Bab, Bèja, Université de Jendouba, Tunisia

³Département de Génie rural Eaux et Forêts, Institut National Agronomique de Tunisie, Tunis-Mahrajène, Tunisia

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Tunisia, like many countries, human consumption based on the consumption of cereals. Despite the importance of these products, there is the remarkable losses during the medium and long-term storage. Reducing the deficit of these grains lives by reducing losses in quantity, quality before and after harvest. Identification of losses through an experimental study and statistical analysis to know the end, and the time of occurrence of qualitative loss of hard wheat during the period of storage under control and experimental cells. In this local durum wheat storage monitoring study during 06 months. The temperature influences and harmful shriveled grains of around 18% of total quality losses the first two months of storage. While the Moisture affects all that dirt, dust and broken grains sprouted favoring the appearance of live and dead insects from the third month storage represents 64% of total losses.

KEYWORDS: Durum wheat quality; loss of storage grain, Tunisia.

RESUME: En Tunisie comme beaucoup de pays, l'alimentation humaine est basée sur la consommation des céréales. Malgré l'importance de ces produits, il y'a des pertes remarquables aux cours du stockage à moyen et long terme. L'allègement du déficit de ces produits céréaliers, réside par la réduction des pertes en quantité, avant et après la récolte. L'identification des pertes à travers une étude expérimentale et analyse statistique à fin de les connaître, ainsi que le temps d'apparition de pertes qualitative des blés dur durant la période de stockage dans des cellules témoin et expérimental. Dans cette étude de suivi de stockage de blé dur locale durant 06 mois on à constater que la température influe sur les grains échaudés et nuisibles de l'ordre de 18% des pertes de qualité totale les deux premières mois de stockage, alors que l'humidité influe sur tous les impuretés, poussière grains germés et cassés favorisant l'apparition des insectes vivant et morts à partir du 3 ème mois de stockage qui représente 64% des pertes totales.

MOTS-CLEFS: qualité des céréales ; perte de stockage, la Tunisie.

1 INTRODUCTION

Le premier problème de stockage des céréales posé est les pertes de quantités et de qualités, dans la plupart des pays à climat chaudes. Une partie non négligeable environ 30 % des grains disparaît à la suite de diverses dégradations. En Afrique, la cause majeure des pertes des céréales dans les stocks est attribuée aux insectes (44%), aux rongeurs (30%) et aux moisissures et autres (26%) [1].

Pour pouvoir étudier valablement les pertes du blé dur local, il faut bien savoir le système de stockage existant et son état de fonctionnement. L'évaluation des pertes des céréales (blé dur) après stockage à long termes en Tunisie est notre objective dans cette étude.

L'identification des pertes des céréales dans les pays à climat chaude à travers certains pays, Côte d'Ivoire ou les pertes de maïs et riz (1989) [2] sont de l'ordre de 11,7 %, alors qu'au Mali (2004) [3] les pertes de stockage de blé et riz sont de l'ordre 11,7%. Le processus d'identification et d'évaluation de différentes pertes de blé dur stocké pendant six mois à fin d'identifier les variables dominantes, leurs interactions et leurs périodes d'apparitions [4] reste un sujet de débat surtout dans les pays à climat chaud telle que la Tunisie.

Dans ce contexte, le recours aux traitements statistiques multi-variés révèle comme étant un moyen efficace, d'une part, la définition des interactions déterminantes entre les différents facteurs climatiques (humidité et température) et les autres facteurs qualitatifs d'autre part. C'est dans cette perspective que cette étude vise à identifier les différentes pertes qualitatives des grains de blé dur stocké et leurs périodes d'apparition dans deux cellules témoin et expérimentales à Tunis. En utilisant l'analyse en composantes principales et une caractérisation basée sur la classification hiérarchique ascendante.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRÉSENTATION DU PROCÉDE DES ESSAIS

L'évaluation des pertes de blé dur après stockage en Tunisie, c'est l'étude des pertes sur le plan quantitatif que qualitatif. La connaissance du système de stockage existant et son état de fonctionnement. Cette évaluation a été réalisée au site de stockage durant une période de six mois. La présentation de la méthodologie de travail utilisée pour le blé dur se limite à la recherche et classement des impuretés. Ces quantités ont été stockées dans deux cellules d'environ 500 tonnes chacune, une cellule a été utilisée en tant que cellule témoin et la deuxième en tant que cellule expérimentale.

Cellule témoin 500 tonnes de blé dur a été stockée dans une cellule témoin (en béton) ou le blé et à l'exception de la désinsectisation, n'a subi aucune opération technique durant toute la période du stockage. L'analyse et l'évaluation de la quantité ont été effectuées qu'à la fin de la période de stockage pour être comparées avec les résultats obtenus au niveau de la cellule expérimentale.

Cellule expérimentale Chaque deux mois, le contenu de la cellule expérimentale est déversé dans une autre cellule en béton mise en réserve après nettoyage et désinsectisation et destinée à l'expérimentation. Des échantillons ont été prélevés après chaque opération technique.

2.2 MÉTHODOLOGIE ET APPROCHE D'ANALYSE

Les impuretés sont l'ensemble des éléments considérés conventionnellement comme indésirables dans l'échantillon. Elles sont constituées de grains cassés, altérés ou attaqués par des déprédateurs, de graines étrangères à l'espèce analysée d'éléments d'origine organique et non organique. Division de l'échantillon global est bien mélangé puis divisé à l'aide d'un diviseur jusqu'à l'obtention d'une quantité d'environ 50g pour le blé dur.

La recherche des impuretés est l'opération qui a pour but de séparer, classer et peser les différentes impuretés contenues dans un échantillon. Des différentes opérations sont nécessaires pour la recherche des impuretés après tamisage. Cette opération est effectuée avec beaucoup de rigueur en respectant les conditions suivantes. Temps d'agitation de 30 à 45 secondes, position du tamis : le tamisage est effectué par un mouvement où les fentes étant orientées dans le sens du mouvement. Les tamis utilisés pour la recherche des impuretés sont de deux types ; le tamis à fente de 2mm et le tamis à fente de 1mm. Le mode de l'opération de tamisage est comme suit :

- Emboîter les tamis de 2mm et 1mm ainsi que le réceptacle
- Placer la prise d'essai sur le tamis de 2mm et mettre le couvercle.
- Agiter manuellement pendant 45 secondes avec un mouvement de va-et-vient suivant le sens des fentes des tamis dans un plan horizontal

La présentation de la méthodologie de travail utilisée pour le blé dur se limite uniquement à la méthode de recherche et classement des impuretés qui concerne les opérations suivantes :

B1 - Refus du tamis 2 mm : séparer les impuretés grains, les impuretés diverses, les grains germés, les grains cassés, les grains de blé tendre et les placer dans les coupelles.

B2- Refus du tamis 1mm : séparer les grains de blé dur, quel que soit leur état, les placer dans la coupelle des grains échaudés. Classer les éléments restants dans les coupelles grains cassés, autres céréales, graines étrangères, impuretés proprement dites et blé tendre.

B3- Tamisât du tamis 1mm : placer la totalité du tamisât dans la coupelle des impuretés proprement dites.

B4- Peser le contenu de chaque coupelle à 0.01 g près. Calculer le pourcentage de chaque catégorie par rapport à la masse de la prise d'essai. L'expression des résultats pour le blé dur se fait au moyen des mêmes formules de calcul des pourcentages de chaque catégorie.

Une autre caractéristique du blé dur qui est le mitadinage. Ce dernier est un accident physiologique fréquent sur les grains de blé dur. Il provoque un changement de texture de l'albumen qui devient, en partie ou en totalité, opaque et farineux, alors qu'il est normalement translucide et vitreux

Méthode de détermination du mitadinage .On sépare les grains mitadinés en 3 catégories :

Les grains mitadinés à 100 %

Les grains mitadinés à 50 %

Les grains mitadinés à 10 %

Expression des résultats :

n1 : masse des grains mitadinés à 100 %

n2 : masse des grains mitadinés à 50 %

n3 : masse des grains mitadinés à 10 %, et M3 .Masse de la réduction qui est égale à peu près à 50 g

Le calcul du mitadinage se fait de la façon suivante :

- Pourcentage des grains mitadinés à 100 %: $n1 \times 100 / M3$

- Pourcentage des grains mitadinés à 50 % : $n2 \times 100 / 2M3$

- Pourcentage des grains mitadinés à 10 %: $n3 \times 100 / 10 M3$

Le mode opératoire pour la détermination de cette humidité se résume comme suit :

Première étape ; broyer sans conditionnement préalable un échantillon propre ; les capsules sont préalablement nettoyées, séchées à l'étuve puis laissées au dessiccateur durant 30 mn ; pour un échantillon donné, on utilise 3 capsules tarées. Dans chacune d'elle, on met 5g de l'échantillon deuxième-étape Les capsules sont mises dans l'étuve à 130°C pendant 2 heures ; Aussitôt, le temps écoulé, on retire les capsules de l'étuve, on les ferme et on les passe au dessiccateur pour un repos de 30 mn.

Le taux d'humidité est déterminé par la formule suivante :

$$H\% = (p_i - p_f) \times 100 / P$$

p_i : poids initial (tare de capsule + poids de prise d'essai avant étuvage) ;

p_f : poids final (tare de capsule + poids de prise d'essai après étuvage et dessiccation) ;

P: masse de l'échantillon soit 5g.

Afin d'identifier les principaux facteurs qui conditionnent la variabilité de l'effet de l'humidité et la température du grain de blé dur ainsi que les autres variables qualitatives, une analyse multi-variée des variables synthétisées dans le tableau 2 est réalisée moyennant une analyse en composantes principales (ACP) et une caractérisation basée sur la classification hiérarchique (CH). L'étude a été appréhendée par le biais du logiciel statistique XLSTAT (2015) pour 24 observations issues de 02 individus et 13 variables.

Tableau 1. Statistique des paramètres de qualité de blé dur stocké

Statistique	Minimum	Maximum	Moyenne	Cv	Cs	Ck
Humidité	9,200	10,300	10,032	0,023	-1,509	1,835
Température des grains	17,700	27,800	21,125	0,143	0,534	-0,837
Cassées	3,110	4,800	4,113	0,117	0,430	-1,342
Attaqués	0,000	1,000	0,524	0,511	0,332	-0,458
impureté	1,230	2,630	2,238	0,140	-1,146	1,441
Poussière	0,000	10,800	3,995	1,157	0,760	-1,417
insectes vivants	0,000	13,000	5,521	0,786	0,732	-1,098
insectes morts	0,000	35,000	13,524	0,998	0,777	-1,211
G autre céréales	0,280	1,000	0,670	0,275	-0,066	-0,992
grain échaudés	15,540	19,900	17,022	0,108	0,632	-1,485
G nuisible	0,000	0,130	0,015	1,845	2,167	4,818
G b tendre	8,040	9,740	8,861	0,060	0,496	-0,920
G maigre	0,560	0,930	0,773	0,140	0,274	-1,345

* C_v : coefficient de variation, C_s : coefficient d'asymétrie, C_k : coefficient d'aplatissement.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans ce travail, on va se baser sur les analyses statistiques de type multi-variées pour gérer l'information fournis par les paramètres utilisées. Donc, après avoir interpréter visuellement les corrélations entre les différents variables, à l'aide du tableau de corrélation, on va utiliser deux méthodes d'analyse. L'Analyse en composantes principales (ACP) une méthode d'analyse descriptive permettant de synthétiser l'information la plus pertinente des données utilisées et la Classification Hiérarchique (CH), permettra, quant à elle, de quantifier l'effet de ces facteurs en hiérarchisant les différents types de pertes de qualité du blé dur.

3.1 ANALYSE ET INTERPRETATION DE LA MATRICE DE CORRELATION

Ce type d'analyse permet d'identifier simultanément les relations qui existent entre les variables, par une visualisation globale de ces corrélations en même temps. Ceci représente une bonne approche permettant d'affiner l'analyse du problème de pertes des grains de blé dur stocké.

Les paramètres, humidité et température des grains, sous l'effet de climat environnement du site de stockage de blé dur stocké interviennent dans la variabilité de l'autre type de pertes. Elles sont susceptibles d'expliquer l'effet des paramètres climatique sur les différents individus étudiés. Toutefois, le nombre élevé de ces variables peut rendre l'étude approfondie et importante. Dans ce contexte, la matrice de corrélation, étant une étape primordiale dans la prise de connaissance des données, mettra en évidence les couples de variables explicatives les plus structurées et pourra soutenir, par la suite, le choix des différents paramètres pertinents qui vont être utilisés lors de la construction ultérieure des composantes principales.

Cette matrice de corrélation peut maintenir le choix des différents paramètres que nous allons utiliser pour savoir les relations entre les différentes variables explicatives.

Le choix définitif des paramètres s'est reposé sur les relations existantes entre les variables explicatives et le variable expliqué (Humidité et température des grains) montrant des corrélations très varié. En plus, de chaque catégorie de paramètres, on choisit au plus deux paramètres qui présentent les plus forts seuils de signification avec le variable expliqué.

Un total de 13 variables (11 indépendants (variables explicatives) et deux variables dépendants (variable expliqué humidité et température des grains) a été sélectionné pour construire la matrice de la corrélation de base pour la présente étude (tableau 2).

D'après le test statistique de Pearson pour une erreur de première espèce égale à 5%, le seuil significatif est égal à 0,1. Cela cède alors à la matrice de corrélation une distribution considérablement modérée ayant 234 liens considérables sur un total de 312 ; ce qui correspond à 75% de la taille de la matrice totale.

Le tableau 2 résume les valeurs de corrélation existantes entre ces couples de variables. Il est à remarquer que les facteurs explicatifs influençant l'humidité et la température des grains ne sont pas tous positifs par leurs effets.

Tableau 2. Matrice de corrélation de toutes les variables explicatives retenues

Variables	Humidité	Température des grains	Grains cassés	Grains attaqués	impureté	Poussière	insectes vivants	insectes morts	Grains autre céréales	Grains échaudés	Grains nuisible	Grains de blé tendre	Grains aigre
Humidité	1												
Température des grains	-0,705	1											
Grains cassés	0,374*	-0,224	1										
Grains attaqués	0,739**	-0,594	0,605**	1									
impureté	0,905**	-0,631	0,166*	0,682**	1								
Poussière	0,573**	-0,720	0,119*	0,199*	0,387*	1							
insectes vivants	0,609**	-0,478	0,674**	0,955**	0,526**	0,070*	1						
insectes morts	0,572**	-0,559	0,726**	0,872**	0,473*	0,121*	0,940**	1					
Grains d'autres céréales	0,521**	-0,320	-0,255	0,283*	0,706**	0,257*	0,041*	-0,126	1				
Grains échaudés	-0,176	0,593**	-0,433	-0,307	0,088*	-0,515	-0,388	-0,535	0,493*	1			
Grains nuisibles	-0,426	0,596**	0,113*	-0,562**	-0,388	-0,348	-0,520	-0,413	-0,225	0,406*	1		
Grains de Blé tendres	0,621**	-0,433	-0,135	0,366*	0,782**	0,251*	0,139*	0,021*	0,854**	0,293*	-0,203	1	
Grains maigres	0,033*	0,098*	0,760**	0,377*	0,012*	-0,246	0,433*	0,464*	-0,091	0,006*	0,410*	-0,153	1

Niveau de signification ; $p < 0.01ns$; $0.05 < p < 0.01$ * et $p > 0.05$ **

L'humidité et la température des grains de blé dur sont inversement corrélés avec un coefficient (-0,705) ce qui explique la relation entre la température et l'humidité de grains de céréales Burges et Burel (1964). En effet, plus la température augmente plus l'humidité des grains de blé dur diminue. L'humidité est inversement corrélée aussi avec les grains échaudés, nuisibles, avec des coefficients respectifs (-0,176), (-0,426). L'humidité semble être associée positivement à un accroissement des coefficients de corrélations des taux des grains cassés, des grains attaqués et des impuretés respectivement (0,374), (0,739) et (0,905). Ce sont des qualités de transformations physiques des grains des blés.

La température des grains de blé tendre est positivement corrélée avec les grains échaudés, nuisibles par les coefficients respectifs (0,593) et (0,596). Ce qui explique que la température influe sur les grains qui ont subi des maladies cryptogamiques [5]. L'ensemble des variables grains attaqués, maigres, insectes morts et vivants ont une forte corrélation positive avec les grains cassés avec les coefficients respectifs (0,605), (0,760), (0,726) et (0,674), ce qui explique la dégradation physique des grains de blé dur stocké et ses conséquences.

Les grains attaqués de blé dur stocké sont en corrélation avec les impuretés, les insectes vivants et morts en présence d'humidité, influent sur les grains de blé dur. On remarque de plus l'absence de corrélation entre les grains nuisibles et les autres variables.

3.2 CARACTERISATION DES DIFFERENTS TYPES DE PERTE DE BLE DUR BASE SUR L'ACP

On applique l'analyse en composantes principales (ACP), à ce stade, sur les variables adoptées dans le tableau 2 pour reconnaître les principaux facteurs qui conditionnent la variabilité de processus de perte des grains de blé dur ainsi que les effets de l'humidité et la température des grains de blé tendre. L'analyse a été appliquée par le biais du logiciel statistique XLSTAT (2015).

Le tableau 3 donne le pourcentage de variance expliquée ainsi que celui de la variance cumulée par chaque axe factoriel responsable de la distribution du taux de pertes, l'humidité et la température des grains.

On a obtenu 13 axes en global représentons la distribution des variables et des individus par rapport à eux. Les quatre premiers axes représentent ensemble un poids de 93% de la variance totale. Les contributions de la première, deuxième et troisième composante (CP) à la variance totale sont 45%, 24% et 16%, respectivement. Cependant, celle de la quatrième composante est relativement basse. Par conséquent, seuls les trois premiers sont considérés pour expliquer les aspects ainsi que les caractéristiques de la variabilité de pertes des grains de blé dur stocké.

Tableau 3. Les valeurs propres des axes de l'analyse en composantes principale

Composante	CP1	CP2	CP3	CP4
Valeur propre	5,813	3,167	2,050	1,058
Variabilité (%)	44,717	24,365	15,770	8,142
% cumulé	44,717	69,082	84,852	92,994

Il est judicieux de souligner le fait que les grains attaqués, les grains cassés, les insectes vivants et morts représenté dans l'ACP figure(1) montre bien que la dégradation physique des grains de blé dur sous l'effet de l'humidité. En outre tous ces interactions induit l'apparition de la poussière et les impuretés. Ces variables sont corrélés avec l'humidité pour initier ce processus d'attaque des grains de blé dur par les insectes, tableau (2)

A la lumière de cette étude descriptive visuelle, il est assez difficile de séparer les effets des facteurs gouvernant, les variabilités l'humidité et la température des grains de blé dur stocké. De plus, il se dégage que les variabilités de qualités des grains de blé dur est un phénomène aussi complexe qui ne peut être décrit moyennant la combinaison de plusieurs variables qualitatives. Néanmoins, cette caractérisation reste encore grossière. Pour mieux raffiner l'étude de l'effet de l'humidité et la température des grains de blé dur et la dégradation de qualité de blé dur stocké, le recours à une statistique paramétrique complémentaire s'avère alors une nécessité.

3.2.1 REPRESENTATION DES VARIABLES SUR LES AXES DE L'A.C.P

3.2.1.1 REPRESENTATION DES VARIABLES SUR LE PLAN (F1*F2)

La figure 1, illustre la distribution des variables sur le premier plan factoriel formé par les axes F1 et F2. Cette figure montre que le premier axe F1, qui présente 45% de la variance totale. La mise en évidence d'une opposition entre les variables relatives aux détériorations des grains de blé dur (grains cassés, grains attaqués, insectes vivants, insectes morts) et l'impureté d'une part, la température des grains de blé dur d'autre part.

En effet, les grains cassés sont la cause la plus importante qui engendre les différents types de dégradations des grains de blé dur en présence d'humidité.

Cette représentation, montre aussi que les paramètres liés aux (grains d'autres céréales, grains de blé tendre) sont bien corrélés avec la température des grains de blé dur tableau 4.

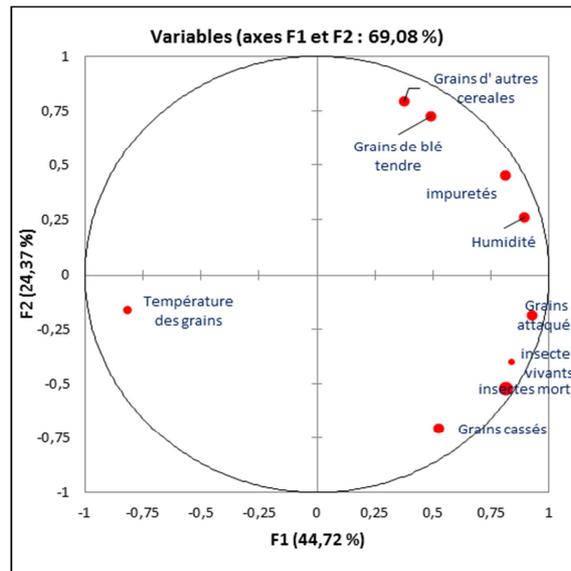


Fig. 1. Représentation des variables sur les axes 1 et 2 de l'ACP

L'axe F2 individualise également les grains d'autres céréales, les grains de blé tendre et à la température des grains de blé dur. De plus, l'axe F2 individualise l'effet de la température sur les grains de blé dur. Les changements dus aux grains d'autres céréales et de blé tendre qui sont sensibles à la température, tableau 04 et 05.

3.2.1.2 REPRESENTATION DES VARIABLES SUR LE PLAN (F1*F3)

L'axe F3 est principalement associé à caractéristiques liées la température des grains et ses effet sur les autres variables. Alors que les grains échaudés et grains nuisibles qui représentent respectivement 25% et 20% des variables sur l'axe 3 sont corrélés à la température des grains de blé dur (tableau2). De ces types de pertes sont sensibles à la température. Par contre Les grains maigres ne sont pas liés à aucun variable.

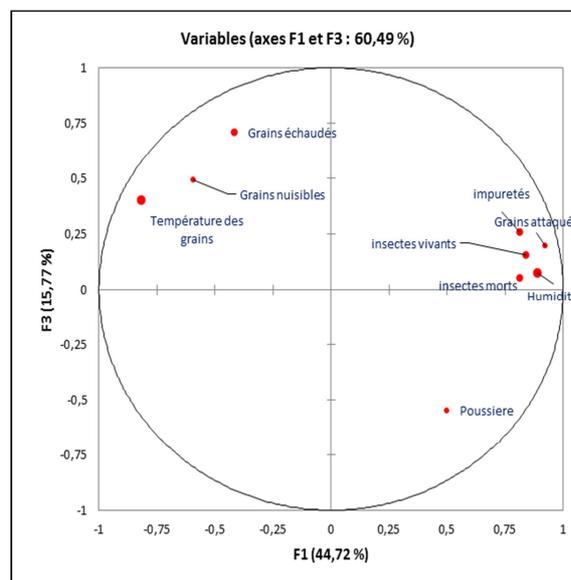


Fig. 2. Représentation des variables sur les axes 1 et 3 de l'ACP

Les répartitions des variables sur les axes de l'ACP à savoir l'humidité des grains de blé dur et les impuretés. Leurs effets sur les variables (grains attaqués, grains cassés, insecte vivants et morts) sont corrélés positivement, évoluent dans le même sens. Ces résultats montrent qu'il serait donc judicieux de tenir compte de ces paramètres de stockage des blés dur pour l'estimation des pertes qualitatives stockés.

Tableau 4. Corrélations entre les variables et les facteurs

	F1	F2	F3
Humidité	0,890	0,264	0,075
Température des grains	-0,818	-0,166	0,401
Grains cassés	0,526	-0,706	0,259
Grains attaqués	0,924	-0,186	0,195
impuretés	0,811	0,453	0,260
Poussière	0,500	0,268	-0,549
insectes vivants	0,839	-0,405	0,158
insectes morts	0,813	-0,520	0,052
Grains d'autres céréales	0,377	0,793	0,372
Grains échaudés	-0,417	0,497	0,710
Grains nuisibles	-0,594	-0,189	0,490
Grains de blé tendre	0,490	0,726	0,311
Grains maigres	0,201	-0,623	0,634

Tableau 5. Contributions des variables retenues pour la construction des axes de l'ACP

	F1	F2	F3
Humidité	13,638	2,195	0,278
Température des grains	11,506	0,867	7,839
Grains cassés	4,754	15,739	3,275
Grains attaqués	14,691	1,092	1,858
impuretés	11,311	6,468	3,295
Poussière	4,303	2,276	14,692
insectes vivants	12,102	5,168	1,215
insectes morts	11,363	8,534	0,134
Grains d'autres céréales	2,443	19,852	6,749
Grains échaudés	2,998	7,811	24,594
Grains nuisibles	6,068	1,124	11,709
Grains de blé tendre	4,126	16,632	4,727
Grains maigres	0,697	12,243	19,635

3.2.2 REPRESENTATION DES INDIVIDUS SUR LES AXES DE L'ACP (F1*F2)

3.2.2.1 REPRESENTATION DES INDIVIDUS SUR LE PLAN (F1*F2)

La figure 3 montre la représentation des individus sur le plan factoriel formé par les deux axes F1 et F2 de l'ACP. Cette figure nous permet de distinguer entre 3 principaux groupes. La différenciation entre ces trois groupes est basée sur l'effet de la durée de stockage de blé dur en jours sur la nature de perte qu'individualise l'axe F2.

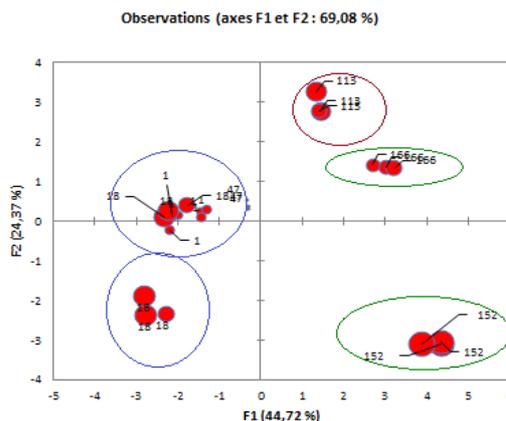


Fig. 3. Représentation des individus sur les axes de l'ACP (F1*F2)

Groupe I : Le premier groupe montrant que l'augmentation de plusieurs type de pertes très importante (de 152 à 166 jours), surtout les grains cassés, les grains attaquées, les poussières, les insectes morts et vivants. A partir du 5ème mois plusieurs types de pertes apparaissent importantes en présence d'humidité cela favorise l'augmentation des pertes des grains de blé dur stocké.

Groupe II : ce groupe défini par les durées de stockage (de 47 à 113 jours) dans cette période l'effet de la température apparait sur les grains (grains d'autre céréales et grains de blé tendre) est très remarquable. Vu les caractéristiques physiologiques d'autre céréale autre que le blé dur sont plus sensible à la température.

Groupe III : Le troisième groupe, définie par la durée de stockage de blé tendre de 1^{er} jusqu'aux 47 jours. Dans cette période les grains de blé dur n'a subi aucun changement de son état de qualité

3.2.2.2 REPRESENTATION DES INDIVIDUS SUR LE PLAN (F1*F3)

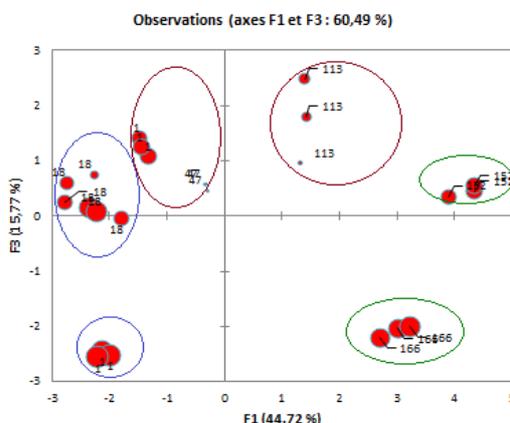


Fig. 4. Représentation des individus sur les axes de l'ACP (F1*F3)

La comparaison entre les deux représentations, visualisant la projection des valeurs propres des individus sur les axes de l'ACP (F1*F2) et (F1*F3), qu'ils prennent en fonction de la variable type de pertes. Ces derniers mettent en relief l'apparition de certains types de pertes basées sur deux périodes essentielles. La première est que les pertes liées à la température apparait sur les grains qui sont infesté par les maladies causées par les champignons (maladie cryptogamique) apparaissent les deux premiers mois de stockage de blé dur. Les autres types de pertes sont liés à l'humidité et présence des grains cassés et poussière. Pendant les deux premières semaines de stockage des grains de blé dur, la présence de pertes de qualité est très faible.

3.3 CARACTERISATION DES PERTES DE GRAINS DE BLE TENDRE BASE SUR L'ARBRE HIERARCHIQUE

La procédure de l'arbre hiérarchique (dendrogramme de la figure 5) est un outil approprié pour montrer les résultats obtenus par une classification ascendante hiérarchique [6]. Ce dendrogramme permet de décrire de façon explicite la structure finale de la classification obtenue: «plus les individus se regroupent dans l'arbre, plus ils se sont en interaction ». L'objectif fondamental consiste à définir des groupements qui influent sur la qualité des blés durs stockés suivis tout en associant les variables en interaction.

Chaque niveau de hiérarchie représente une classe. Il s'agit, en fait, d'un arbre dont les éléments terminaux sont les éléments classifiés. Chaque intersection de cet arbre est un nœud. Ce nœud représente une classe qui se décompose elle-même en 2 sous classes, l'aînée et l'ascendant, d'après les distances euclidiennes qui les séparent.

La classification hiérarchique est appliquée sur 13 variables dont 11 variables indiquant la qualité de blé dur après stockage : grains échaudés, grains nuisibles, insectes morts, grains attaqués, insectes vivants, grains cassés et grain maigre poussière, impuretés, grains d'autres céréales, grains de blé tendre) ainsi l'humidité et la température des grains de blé dur en tant que variables dépendantes

De première vue, il ressort de la figure ci-après que la taxinomie développée est pratiquement compatible avec celle éditée par l'analyse des différentes méthodes (matrice de corrélation et ACP) [11].

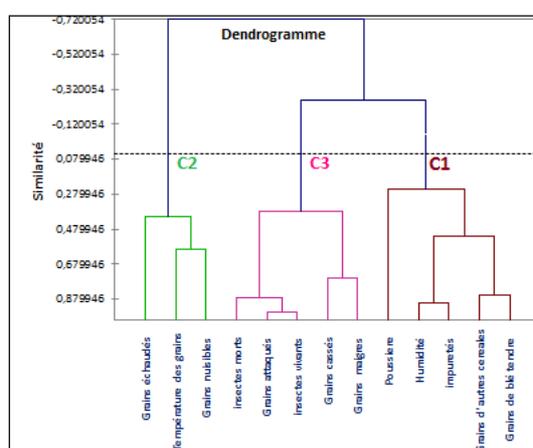


Fig. 5 Dendrogramme résultant de la classification hiérarchique des différents types pertes de grains de blé tendre

- La classe I, qui englobe les pertes suivantes (poussière, humidité des grains, impuretés, grains d'autres céréales, grains de blé tendre) se caractérise par l'effet de dégradation des grains de blés dur en présence d'humidité.
- La classe II, comporte les variables suivantes (grains échaudés, température des grains, grains nuisibles) dont les pertes qualitatives sont générés par l'effet de la température.
- La classe III réunissant les variables insectes morts, grains attaqués, insectes vivants, grains cassés et grain maigre dont favorise la dégradation de qualité des grains de blé dur stocke.

4 CONCLUSION

La superposition des résultats issus de la CHA et de l'ACP a dévoilé la possibilité de classer et identifier les différents types de pertes et leurs causes de blé dur stocké durant 06 mois.

Durant les deux premiers mois, la température influe sur les grains échaudés et nuisibles qui sont des grains qui ont subi des maladies cryptogamiques [5]. Représente environ 18 % des pertes total. A partir du troisième mois de stockage, l'humidité est un facteur déterminant pour générer certains types des pertes, surtout (insectes vivants, grains attaqués, insectes morts, impuretés, poussière, grains germées, grains cassées), ces pertes représentent 64% de pertes totales.

Les pertes restantes qui sont les grains fusariens et les grains d'autres céréales représente 18 % se sont des pertes existante dès le début de stockage des blés tendre. Ces types de pertes sont sensibles à la température et l'humidité.

Ces analyses nous ont permis de déterminer les causes et le temps d'apparition de ces pertes, reste à savoir les réduire.

RÉFÉRENCES

- [1] Chasseray, P, " Caractéristiques physiques des grains et leurs dérivés ", Lavoisier Paris, 1991.
- [2] A. Ratnadass, B. Sauphanor " Les pertes dues aux insectes sur les stocks paysans de céréales en Côte d'ivoire " AUPELF-UREF, Eds
John Libbey Eurotext, Paris 0, pp. 47-56 .1989
- [3] Unpublished, Typewritten." The assessment of losses during handling and storage of millet in Mali" pp. 74. 2011
- [4] Scotti' G' " Analyse physique des grains ", Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales", Lavoisier, paris . 1984
- [5] Samir Zahri.Ali Farhi.et Allal Douira, " Statut des principales maladies cryptogamiques foliaires du blé au Maroc en 2013 "journal of Applied Biosciences 77: 6543-6549.2014
- [6] Ward J.H. "Hierarchical grouping to optimize an objective function". Journal of the American Statistical. Association, 58, 238-244.1963
- [7] "Analyse des données et Statistique ", Editions TECHNIP. SPSS for Windows, Ref. 11.0.1. SPSS Inc 1989-2001. LEAD Technologies,
Inc, LEADTOOLS, 2001.
- [8] Arabie P., Hubert L.J. and De Soete G "Clustering and Classification". Wold Scientific, Singapore. 1996
- [9] Jobson J.D"Applied Multivariate Data Analysis". Volume II: Categorical and Multivariate Methods. Springer-Verlag, New York, 483-568. 1992.
- [10] Saporta G.Probabilités," Analyse des Données et Statistique" .Technique, Paris, 251-260. (1990).
- [11] XLSTAT .New York NY Addinsoft c2015.Available at <http://www.xlstat.com> 2015.