

Caractérisation de cinq variétés d'oignons (*Allium cepa*. L) à partir des paramètres physiques de la maturation des bulbes en vue d'optimiser leur production à l'Extrême-Nord Cameroun

Dérik Pierre SAKATAI^{1*}, Ronal CHENDJOU², Jean-Paul OLINA BASSALA¹,
Gonne SOBDA¹, Regine Tchientche KAMGA² et Alhadji Azi HAMIDOU¹

¹ Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Centre Régional de Maroua,
BP 33 Maroua, Cameroun

² World Vegetable Center, West and Central Africa, Liaison Office for Cameroon,
P.O. Box 2008 Messa Yaoundé, Cameroon

* Correspondance, courriel : spierrederik@yahoo.com

Résumé

L'étude porte sur la caractérisation de cinq variétés d'oignons (*Allium cepa*. L) à partir des paramètres physiques de la maturation des bulbes dans le bassin de production de Gazawa. L'essai est un dispositif en bloc complètement randomisé comprenant quatre répétitions. Les données ont été collectées sur chaque unité expérimentale. L'Analyse des Correspondantes Multiples (ACM) et la méthode de la Programmation Linéaire (LP) ont servi pour l'analyse des données en utilisant les logiciels SPSS et GAMS respectivement. Les résultats révèlent qu'il existe une variabilité génétique au sein de cinq (05) variétés d'oignons testées. L'analyse coût-bénéfice a montré que le profit est maximal avec la variété CHAGARI, soit une valeur de 1 078 820,75 FCFA. Par ailleurs, le modèle de la Programmation Linéaire (LP) nous donne une valeur ajoutée de 242 898,18 FCFA par rapport à l'analyse coût-bénéfice (748 352 FCFA) de la même variété. Notre modèle contribue à l'amélioration de l'Itinéraire Technique de production de la variété GOUDAMI car elle procure une productivité marginale (shadow price) relative à la main d'œuvre de 4 865 FCFA/jour de travail pour une unité additionnelle de cette ressource.

Mots-clés : *inputs, productivité marginale, programmation linéaire, oignon, Extrême-Nord Cameroun.*

Abstract

Characterization of five onion (*Allium cepa*. L) varieties based on the morphological maturity of the bulbs to optimize their production in far North Cameroon

The study aims at the characterisation of five onion (*Allium cepa*. L) varieties based on the morphological maturity of the bulbs in the production area of Gazawa. The trial conducted was a randomized complete bloc design with four replications. Data were collected on each experimental unit. The multiple component analysis and the linear program were conducted to analyse the data on SPSS and GAMS software respectively. Results showed that there was genetic variability among the five onion varieties tested. The cost-benefit analysis showed that the profit is maximum when variety CHAGARI is used yielding a value of 1,078, 820.75 FCFA. In the other hand, the linear programme model generated and adding value of 242,898.18 FCFA compared to the

cost-benefit analysis where a value of 748,352 FCFA was obtained on the same variety. Our model contributes to the improvement of the Technical itinerary of production of the GOUDAMI variety because it procures a marginal productivity (shadow price) relative to the manpower of 4,865 FCFA/day of work for an additional unit of this resource.

Keywords : *inputs, marginal productivity, linear programming, onion, far North Cameroon.*

1. Introduction

L'oignon, plante originaire d'Asie centrale, bien adapté dans la zone Soudano-Sahélienne, est largement cultivé dans plus de 134 pays du monde sur une superficie de 3,35 millions d'hectare dont le volume de production est estimé à 742,51 millions des tonnes. L'oignon est le deuxième légume le plus cultivé dans le monde après la tomate [1]. La culture d'oignon se pratique sur toutes les périodes de l'année contribuant ainsi non seulement à la croissance économique de façon générale, mais surtout profite immédiatement à la microéconomie d'un grand nombre de ménage en zone rurale [2]. En Afrique de l'Ouest particulièrement au Niger, l'oignon est la première culture maraîchère dont la production annuelle est estimée à 561 000 tonnes, et procure une valeur monétaire d'environ 19 milliards de FCFA [3]. En République Sénégalaise, le Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement rural [4] avait considéré l'oignon comme culture à intensifier dans les stratégies de lutte contre la pauvreté. Par ailleurs, les études d'inventaire et de catégorisation de quelques écotypes dont 17 écotypes (*Blanc de Galmi, Blanc de Gotheye, El Gamdou, El Nigeria, Violet de Ayorou, Violet de Galmi, Violet de Gotheye, El Agadez, etc.*) sont cultivés au Niger [5]. Mais le *Violet de Galmi*, le *Blanc de Soumarana* et le *Blanc de Galmi*, sont les principales variétés améliorées inscrites au catalogue national des espèces [6]. Parmi ces variétés améliorées, seule le *Violet de Galmi* est incontestablement la plus appréciée des consommateurs à cause de son goût piquant [7]. Au Sénégal, plusieurs variétés sont cultivées, mais celles recommandées pour la production de bulbes sont : le *Violet de Galmi, Noflay, Yaakar, Red Créole, Jaune hâtif de Valence, Early texas Grano, Jaune espagnol tardif, Valencia, Rouge d'Amposta, Rouge Espagnol* [8]. En Côte d'Ivoire, les variétés telles que le *blanc de Galmi*, le *violet de Galmi, Yakouri* sont les plus cultivées [9].

En Afrique Centrale, au Cameroun en particulier, les variétés *Goudami* et *Chagari* sont les plus cultivés, et le Projet d'Appui au Développement des Filières Agricoles (PADFA) [10] n'avait relevé que l'offre d'oignon qui dépassait 120 000 tonnes/an, après 7 ans d'accompagnement des exploitants d'oignon, dont 85 % de la production nationale proviennent du Nord et de l'Extrême-Nord [11]. Parmi les variétés cultivées, le *Goudami* et le *Chagari* sont respectivement produites en contre saison et saison des pluies dans la partie septentrionale du Cameroun [12]. Le volume de production procure annuellement aux 15 000 producteurs, plus de 47 milliards de F CFA sur une superficie de plus de 6 000 Ha. Dans le rapport d'évaluation à mi-parcours, une hausse substantielle de 38,27 % de production d'oignon de quelques producteurs encadrés durant trois années (2014, 2015 et 2016) ont été mentionnées à l'Extrême-Nord [13]. Par ailleurs, le rendement peut atteindre 56 T/Ha avec la méthode de production en système des billons [10]. Par contre en milieu paysan, l'oignon est produit par la méthode traditionnelle avec un faible niveau des rendements qui varie entre 7,9 T/Ha et 11 T/Ha [12]. Compte tenu de cette variabilité de rendement à l'Extrême-Nord, le gouvernement camerounais à travers le projet PADFA-MINADER avait boosté la production des oignons jusqu'à 27 tonnes à l'hectare [10]. Les études similaires [10,14] ont confirmé qu'en zone soudano-sahélienne (Nord et Extrême-Nord), le rendement peut atteindre 38 T/Ha avec la variété locale (*Landraces*). Au vu de ces résultats, nous constatons que les rendements restent encore faibles à l'Extrême-Nord par rapport à celui du Niger, grand producteur d'oignon (32 à 35 T/Ha) [8] dont les caractéristiques édapho-climatiques sont semblables à celui de l'Extrême-Nord. Ce faible rendement pourrait s'attribuer d'une part à la non maîtrise des Itinéraires Techniques et

d'autre part à une mauvaise gestion des inputs de production et au mauvais choix variétal. Bien que plusieurs études aient montré l'intérêt de l'analyse coût-bénéfice (Compte d'Exploitation) et des contraintes de production d'oignon, l'amélioration de l'itinéraire Technique de production reste le problème prioritaire, d'où la baisse du rendement qui persiste et qui interpelle la recherche. Une gestion rationnelle des inputs à l'aide d'une Programmation Linéaire (LP) ne peut-elle pas contribuer à améliorer ce rendement ? Autrement dit, une meilleure utilisation des inputs ne peut-elle pas accroître la valeur ajoutée qui est un manque à gagner des petits producteurs d'oignon ? Quelle est la combinaison et les quantités nécessaires des inputs qui permettent aux producteurs d'oignon d'optimiser leur profit ? Ces interrogations ont motivé le World Vegetable Center (WorldVeg) et l'Institut de Recherche Agronomique pour le Développement (IRAD) à initier cette étude portant sur la caractérisation des paramètres de maturation physique de cinq variétés d'oignon afin d'optimiser sa production dans le bassin de Gazawa.

2. Matériel et méthodes

Cette étude a été conduite sur le site pilote d'essai de GAZAWA dont la pluviométrie moyenne varie entre 350 mm à 705 mm/an sur un sol sablo-argileux et une température variant entre 11°C à 46 °C [15]. Les matériels végétaux utilisés sont constitués des différentes variétés :

- deux variétés locales (GOUDAMI et CHAGARI) ;
- une variété importée de la compagnie semencière SEMAGRI (GANDIOL+) ;
- deux collections (EAUW et PREMA) introduites par le WorldVeg à partir de son bureau du Mali.

Ces variétés ont été utilisées pour constituer cinq traitements : T1 = EAUW ; T2 = PREMA ; T3 = CHAGARI ; T4 = GANDIOL+ ; T5 = GOUDAMI.

2-1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué des blocs de parcelles complètement randomisées avec quatre répétitions. Les unités expérimentales sont constituées de deux lignes d'oignons sur billon (soient 2 m de longueur et 0,25 m de largeur). Le repiquage a eu lieu le 04 Septembre 2017. L'irrigation des oignons sur billon a été faite à la raie selon un calendrier, une fois par semaine pour le premier mois si besoin et 02 fois par semaine à partir du début de la bulbaison jusqu'à la récolte. La fertilisation s'est faite en trois apports, un jour avant la transplantation une fumure de fond à base des engrais minéraux : DAP (18-46-00) à la dose de 20 g/m et le sulfate de potassium (00-00-50) à la dose de 15 g/m ont été enfouis par mètre linéaire. Puis à 20 jours après repiquage, un apport d'engrais composé de NPK (20-10-10) et d'urée (46 % N) aux doses respectives de 400 kg et 100 kg à l'hectare a été fait en creusant un lit d'engrais linéaire le long du milieu de deux lignes de chaque billon. Dans chaque billon, on épand l'engrais via une mesurette en polyéthylène de 30 g suivi de la fermeture systématique de chaque lit juste après le premier sarco-binage, et en fin un deuxième apport un mois après le premier épandage à raison de deux mesurettes par billons. La récolte a eu lieu le 27 Décembre 2017.

2-2. Méthodes de collecte des données

A la maturation physique des plants, les pourcentages des plants couchés ont été évalués sur chaque unité expérimentale afin d'apprécier le cycle de chaque variété. Après la récolte, les bulbes de chaque unité expérimentale ont été pesés et comptés. Les paramètres tels que la hauteur, le diamètre et le poids moyens ont été mesurés sur des bulbes d'oignons choisis au hasard pour la caractérisation. Tous les prix des intrants et des extrants (sacs des bulbes d'oignons) ont été évalués au prix du marché au moment des opérations.

2-3. Traitement et analyse des données

Avant d'être analysés, tous les paramètres mesurés ont été ramenés aux mêmes unités. Toutes nos données ont été analysées à l'aide du tableur Excel 2007, des logiciels SPSS et GAMS. Les Analyses en Correspondances Multiples (ACM) ont été utilisées pour caractériser les cinq variétés d'oignons par rapport aux paramètres retenus selon la méthode d'interprétation qui stipule que, plus les angles du diagramme de la normalisation qui existent entre les paramètres retenus sont aigus, plus ces paramètres retenus peuvent être regroupés [16]. Pour ce qui est de l'évaluation de la quantité des inputs de la production des bulbes d'oignon donnant les meilleures productivités marginales, le logiciel GAMS a permis de ramener le problème sous forme de Programmation Linéaire, afin de faciliter l'introduction des données. Les formulations mathématiques du problème suivantes ont été utilisées pour l'optimisation de tous les inputs disponibles afin d'estimer l'un des profits optimaux de la production des bulbes d'oignons.

➤ *Fonction de l'objectif*

Cette fonction vise à maximiser le profit d'un producteur, en tenant compte des ressources dont il dispose. Le profit est exprimé par la somme des revenus totaux moins la somme des coûts totaux induits dans la production des bulbes d'oignons. Cette équation se matérialise par ***l'Équation (1)***. La fonction de l'objectif à maximiser pour notre problème est :

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n P_i Y_i X_i - \sum_{i=1}^n C_i. \quad (1)$$

avec, P_i = prix de vente d'un sac de 100 kg des bulbes en FCFA de chaque producteur d'ordre i , Y_i = rendement des bulbes d'oignons en Kg de chaque producteur d'ordre i , X_i = superficie allouée de la production des bulbes d'oignons en ha de chaque producteur d'ordre i et C_i = coûts des inputs en FCFA de chaque producteur d'ordre i

Tableau 1 : Récapitulatif des données sur les inputs, les quantités produites et profit en fonction de chaque variété

Variétés	MO (Hj)	Pesticides (FCFA)	Semences (FCFA)	Location de la Parcelle (FCFA)	Carburants (essence et huile) (FCFA)	Éléments fertilisants (FCFA)	Amortissements (FCFA)	Autres charges (emballages, gardiennage, transports, ficelle) (FCFA)	Rendement (T pour 0, 25 Ha)	Profit (FCFA pour 0, 25 Ha)
GANDIOL+	221,75	38250	50000	31 250	53900	97 000	25220	75500	9,31	2542283
GODAMI	221,75	38250	45000	31 250	53900	97 000	25220	85375	12,31	3892283
EAUW	221,75	38250	50000	31 250	53900	97 000	25220	87375	8,81	2317283
CHAGARI	221,75	38250	45000	31 250	53900	97 000	25220	89500	12,62	4481783
PREMA	221,75	38250	45000	31 250	53900	97 000	25220	109000	10	2852783
TOTAUX	203,75	40000	60000	40 000	62 220	100000	30000	95 200		

NB : MO correspond aux différentes opérations de la production en Hj. Les données des totaux du tableau 1 correspondent à la validation du modèle de la Programmation Linéaire (LP), qui est basée sur le Budget partiel à la récolte et le Budget partiel après stockage d'une étude réalisée [10] sur la comparaison des coûts de production entre deux traitements d'une part et d'autre part à des données d'AGRI-STAT N° 17 [17].

A l'aide du *Tableau 1* la définition et la mise en *Équations* des variables sont faites comme suit :

➤ Définition des variables

X_1 = quantité en Kg des bulbes d'oignons produit par la variété GANDIOL +

X_2 = quantité en Kg des bulbes d'oignons produit par la variété GOUDAMI

X_3 = quantité en Kg des bulbes d'oignons produit par la variété EAUW

X_4 = quantité en Kg des bulbes d'oignons produit par la variété CHAGARI

X_5 = quantité en Kg des bulbes d'oignons produit par la variété PREMA

Z = fonction de l'objectif de la maximisation de Z

➤ Mise en **Équation** des variables définies :

Contraintes :

Disponibilité en travail (main d'œuvre) :

$$221,75 (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) \leq 203,75 \quad (2)$$

Disponibilité en capital pour l'achat des pesticides :

$$3825 (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) \leq 5000 \quad (3)$$

Disponibilité en capital pour l'achat des semences

$$50 X_1 + 45X_2 + 50X_3 + 45X_4 + 45X_5 \leq 60 \quad (4)$$

Disponibilité en capital pour la location de la parcelle

$$3125 (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) \leq 4000 \quad (5)$$

Disponibilité en capital pour l'achat des carburants (essence et huile) :

$$539 (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) \leq 62\ 220 \quad (6)$$

Disponibilité en capital pour l'achat des éléments fertilisants (NPK et DAP) :

$$97 (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) \leq 100 \quad (7)$$

Disponibilité en capital pour l'amortissement des matériels et équipements

$$2522 (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5) \leq 3000 \quad (8)$$

Disponibilité en capital pour autres charges

$$72500 X_1 + 82375 X_2 + 84375 X_3 + 87500 X_4 + 106000 X_5 \leq 95\ 200 \quad (11)$$

$$\text{Max } Z = 600695,75 X_1 + 748352 X_2 + 776477 X_3 + 818664,5 X_4 + 1078820,75 X_5 \quad (9)$$

La non négativité des variables $X_1; X_2; X_3; X_4; X_5 \geq 0$

3. Résultats

3-1. Caractérisation de quelques variétés d'oignons du point de vue des paramètres physiques de la maturation des bulbes d'oignons

La catégorisation de 05 variétés d'oignons collectées dans les différentes zones se présente sur la **Figure 1** du diagramme de la normalisation principale de la variable (type de variété).

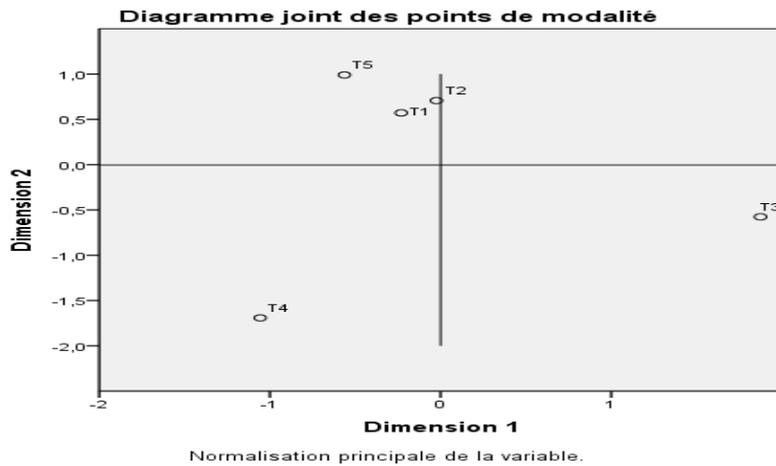


Figure 1 : Diagramme de la normalisation de cinq accessions d'oignons

L'analyse (**Figure 1**) permet de structurer la diversité des variétés d'oignons en trois classes. Les variétés T₅ (Goudami), T₂ (PREMA) et T₁ (EAUW) constituent la classe 1, et présentent des caractères similaires du point de vue des paramètres considérés. La classe 2 est représentée par la variété T₄ (GANDIOL+), et enfin la classe 3 correspond à la variété T₃ (CHAGARI). Par ailleurs, nos résultats montrent que l'axe 1 oppose la variété importée de la SEMAGRI T₄ (GANDIOL+) avec la variété locale (T₃ (CHAGARI)). Alors que l'axe 2 nous montre que les variétés (T₁ (EAUW) et T₂ (PREMA) introduites par Worldveg avec la variété de la SEMAGRI T₄ (GANDIOL+) sont opposées d'une part. D'autre part, les variétés locales sont opposées entre elles (T₃ (CHAGARI)) avec T₅ (Goudami)) selon l'axe de symétrie. Ce regroupement des variétés se concentre sur certains paramètres de la maturation physique qui sont représentés sur la **Figure 2** du diagramme de la normalisation des paramètres pris en compte.

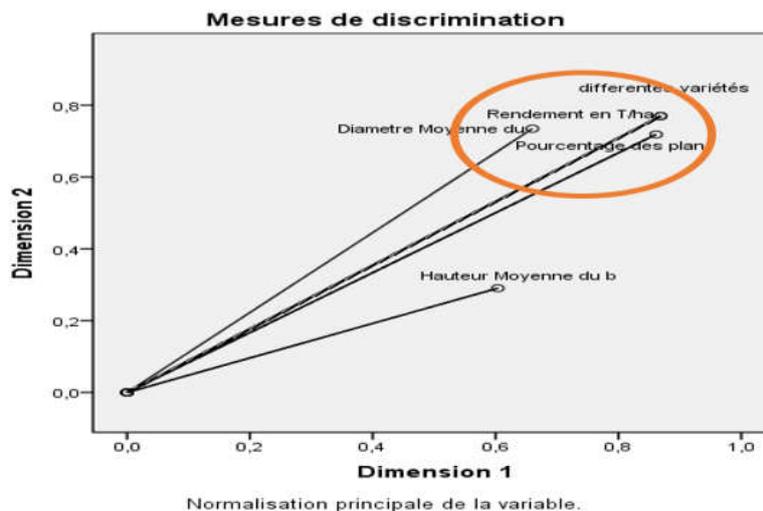


Figure 2 : Diagramme de la normalisation de quelques paramètres physiques de maturation des bulbes d'oignons

Cette normalisation principale (**Figure 2**) montre que les trois paramètres (rendement (T/Ha), pourcentage des plants couchés, et le diamètre moyen des bulbes d'oignons) peuvent être regroupés dans un groupe. Par contre, la hauteur moyenne des bulbes se rapproche de la dimension 1, ce qui justifie sa différenciation par rapport aux autres paramètres. C'est ainsi que pour apprécier davantage cette caractérisation des variétés, l'analyse des résultats par rapport aux poids des observations mesurées des paramètres retenus est représentée sur la **Figure 3** de la normalisation principale.

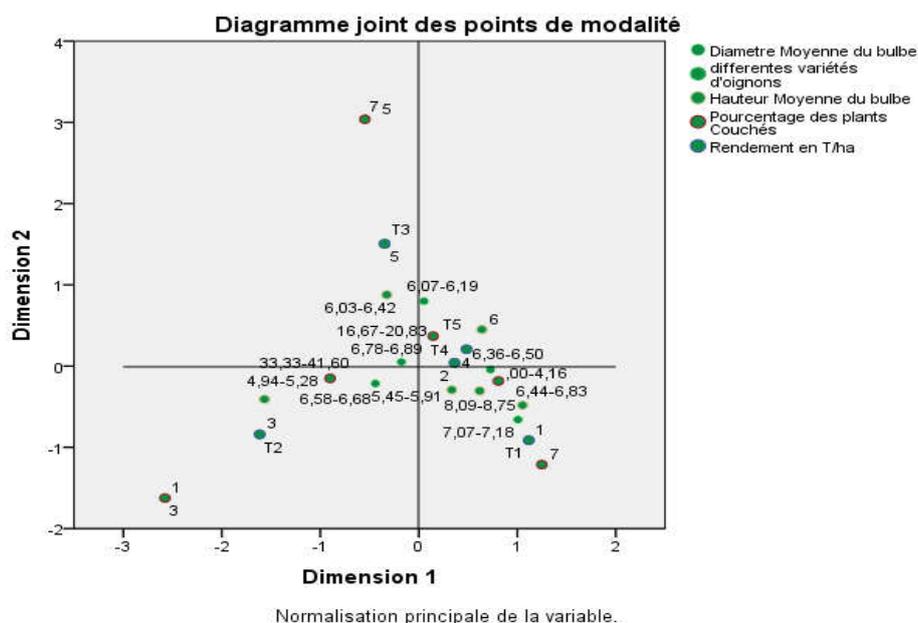


Figure 3 : Diagramme de la normalisation des observations de quelques paramètres physiques de maturation des bulbes d'oignons

Le diagramme (**Figure 3**) de la normalisation par rapport au poids des observations des paramètres mesurés montre que les variétés T_1 (EAUW), T_4 (GANDIOL+), et T_5 (GOUDAMI) exprimeraient significativement les paramètres tels que le diamètre moyen des bulbes, le pourcentage des plants couchés et le rendement en T/Ha au vu de la concentration des observations des paramètres de la maturation physiologique autour des dimensions 1 et 2. Les variétés T_3 (CHAGARI) et T_2 (PREMA) étant très excentrés par rapport aux observations des paramètres autour de l'axe de symétrie du diagramme, seule la variété T_2 (PREMA) exprime moins les caractères des paramètres de la maturation physiologique d'où sa particularité par rapport aux variétés (T_1 (EAUW) et T_5 (GOUDAMI)) de la classe 1. L'appréciation de la caractérisation des variétés à un sens en combinant ces résultats avec l'évaluation des inputs et de l'Output de la production.

3-2. Évaluation des inputs et d'Output de production des bulbes d'oignons donnant les meilleures productivités marginales

3-2-1. Évaluation de la combinaison des inputs nécessaires de production des bulbes d'oignons

Le **Tableau 2** présente l'évaluation des différents niveaux des ressources recommandés pour optimiser la production des bulbes d'oignons des variétés testées.

Tableau 2 : Différents niveaux des ressources de la production des bulbes d'oignon selon le résultat du modèle de GAMS

Ressources	Quantités disponibles	Quantités utilisées	Productivités marginales
mains d'œuvre (Hj)	203,75	203,75	6733,507
capital pour l'achat des pesticides (FCFA)	40 000	35 145,15	0
capital pour l'achat des semences (FCFA)	60 000	41 347,238	0
capital pour la location de la parcelle (FCFA)	40 000	28 713,36	0
capital pour l'achat des carburants (essences et huile) (FCFA)	62 220	49 524,80	0
capital pour les éléments fertilisants (Urée 46 %N, Sulfate de potassium et DAP) (FCFA)	100 000	89 126,268	0
Amortissements des matériels et équipements (FCFA)	30 000	23 172,83	0
capital pour Autres Charges (emballages, transports, ficelle) (FCFA)	95 200	95 200	27,419

L'évaluation des quantités nécessaires des inputs (*Tableau 2*) montre que le modèle de la Programmation Linéaire (LP) nous recommande qu'il faut prévoir pour 0,25 ha les valeurs des inputs correspondant à 203,75 hj pour toutes les opérations (défrichage, labour, confection des casiers, repiquage, binage, traitement, gardiennage et récolte) de la production des bulbes d'oignons, 35 145,15 FCFA pour le capital d'achat des pesticides, 41 347,238 FCFA pour le capital d'achat des semences, 28 713,36 FCFA pour le capital de la location de la parcelle, 49 524,80 FCFA pour le capital d'achat des carburants (essences et huile), 89 126,268 FCFA pour le capital d'achat des éléments fertilisants (engrais et DAP), 23 172,83 FCFA pour l'amortissements des matériels et équipements, et 95 200 FCFA pour capital des autres charges (emballages, transports, ficelle). A l'issu de notre analyse de simulation, seules les productivités marginales « shadow price » relative à la main d'œuvre et les autres Coûts ont des valeurs ajoutées respectivement de 6733,507 FCFA et 27,419 FCFA. Ceci veut dire qu'une unité supplémentaire relative à l'un ou l'autre ressource procurerait respectivement 6733,507 FCFA ou 27,419 FCFA au profit optimal donc cette valeur optimale du profit passera de 3982203,1367 FCFA respectivement à 3988936,6437 FCFA et 3982230,5557 FCFA pour chaque ressource. Quant aux autres ressources (*Tableau 2*), leurs productivités marginales sont nulles. Ceci veut dire que les quantités des inputs disponibles pour produire les bulbes d'oignons relatifs à chaque variété est en excès. Alors, ils ne nous permettraient pas d'obtenir le profit optimal au vu des ressources dont on dispose. En d'autres termes, une unité supplémentaire de ces ressources n'ajouterait rien au profit optimal. La meilleure combinaison nécessaire des inputs permet-elle de déterminer la variété qui présente une valeur de production optimale du point de vue du rendement moyen ?

3-2-2. Évaluation des Outputs de production des bulbes d'oignons des différentes variétés

Le *Tableau 3* présente les différents niveaux de production des bulbes d'oignons des différentes variétés selon le modèle du GAMS.

Tableau 3 : Différents niveaux de production des variétés d'oignons en fonction des quantités (disponible et utilisé) et productivités marginales du modèle du GAMS

Quantités (FCFA) produites par variétés	Quantités disponibles	Quantités nécessaires	Productivités marginales
EAUW	0	0	-1 164 000
GANDIOL+	0	0	-1 209 000
PREMA	0	0	-953 800
CHAGARI	0	0,688	0
GOUDAMI	0	0,230	0

L'évaluation des résultats des profits (**Tableau 3**) par variété nous montre qu'une des solutions optimales peut être déduite quand les coûts réduits (productivités marginales de produits) sont de l'ordre de 1 164 000 FCFA, 953 800 FCFA, et 1 209 000 FCFA, respectivement pour les variétés EAU, PREMA et GANDIOL+. Alors que les variétés CHAGARI et GOUDAMI ont des coûts réduits nuls (0), soient 0,688 et 0,230 des quantités nécessaires respectives pour les mêmes variétés. Il en découle que la comparaison des quantités nécessaires et productivités marginales de la production des bulbes d'oignons par variété nous montre qu'il serait donc plus profitable de produire les bulbes d'oignons à la période intermédiaire de la saison (Septembre à Décembre) avec les variétés CHAGARI et GOUDAMI qui sont des variétés locales de saison pluvieuse et de contre saison. Cependant, si l'on force de produire les bulbes d'oignons en utilisant les variétés telles que EAUW, PREMA, GANDIOL+, le profit optimal (3 982 203,1367 FCFA) serait diminué respectivement de 1 164 000 FCFA; 953 800 FCFA et 1 209 000 FCFA d'où l'un des profits optimaux passera de l'ordre de 2 818 203,1367 FCFA; 3 028 403,1367 FCFA, et 2 773 203,1367 FCFA respectivement.

4. Discussion

4-1. Caractérisation des variétés d'oignons à partir des paramètres physiologiques de la maturation

L'analyse de la caractérisation des variétés d'oignons à partir des paramètres physiologiques de la maturation présente 03 groupes, qui sont constitués de la classe 1 (T_5 (GOUDAMI), T_2 (PREMA) et T_1 (EAUW)) ; la classe 2 (T_4 (GANDIOL+)) et de la classe 3 (T_3 (CHAGARI)). Ces différentes variétés testées se sont différenciées du point de vue des paramètres physiologiques de la maturation des bulbes. Cette subdivision du diagramme de la normalisation oppose les variétés selon deux axes : l'axe 1 oppose T_4 (GANDIOL+) avec T_3 (CHAGARI), Alors que l'axe 2 oppose T_1 (EAUW) et T_2 (PREMA) avec T_4 (GANDIOL+). Par ailleurs, T_3 (CHAGARI) et T_5 (GOUDAMI) sont opposés selon l'axe de symétrie. Des résultats similaires au Niger sur la diversification des variétés ont été également obtenus dont 03 groupes identifiés sur 52 écotypes caractérisés provenant de différentes zones de production [5]. Nos résultats montrent que le groupe génétique des variétés importées s'est différencié entre eux selon la zone de provenance des semences, alors que les variétés locales se sont différenciées selon le caractère de saisonnalité (saison sèche et saison pluvieuse) de la production d'oignon. Cette différenciation observée sur les différents caractères était attribuée pour une large part aux conditions édapho-climatiques et à l'origine d'approvisionnement des semences.

Dans cette même vision, dans les conditions du Niger, la variabilité des écotypes des sorghos est non seulement liée aux aspects botaniques, mais aussi aux groupes ethniques et à la position géographique du site de collecte des semences [18]. C'est le cas du palmier dattier en Mauritanie qui s'adapte aux conditions agro-climatiques des oasis où il est cultivé [19]. Dans la même perspective au Niger, les résultats ont été également obtenus sur la confirmation d'existence de la diversité entre les écotypes d'oignons en fonction des localités [5]. Leurs caractérisations montrent sur l'axe 1, une opposition entre les écotypes *Blanc de Galmi*, *Blanc de Soumarana*, *El Agadez*, *El Gamdou* avec *El Nigeria* d'une part, et *Blanc de Gotheye* ; *Violet d'Ayorou* avec *Violet de Say* d'autre part. Alors que l'axe 2 de la normalisation oppose les écotypes de la zone du lac Tchad avec les écotypes de la zone de Korama. Selon eux, à près de 86 % des écotypes testés à partir de l'analyse de la diversité génétique des caractères morphologiques, il existe la variabilité génétique importante à l'intérieur des écotypes qui ont été observées. Cela pourrait être dû aux flux de gènes provenant de la diffusion de la variété améliorée de *Violet de Galmi* à proximité des parcelles occupées par des écotypes locaux d'une part. D'autre part, la texture du sol, le niveau de dégradation des terres de culture suite à l'utilisation des engrais acides, l'érosion hydrique et éolienne, etc. Allant dans le même sens, la fertilité du

sol varie d'un site à l'autre selon sa position dans les différentes unités géomorphologiques, les corrélations entre la géomorphologie et l'aptitude du sol ($r = 0,628$), entre la couleur du bulbe et la géomorphologie ($r = 0,646$) expliqueraient l'influence de la composition du sol sur la couleur du bulbe. L'influence du milieu, des caractéristiques agro-écologiques ou des techniques de production changent également certains caractères tels que : la couleur, la forme et le goût des bulbes d'oignons [5]. Des résultats similaires [3] au Niger ont montré également la variabilité dans les groupes des écotypes d'oignons et que cette variabilité est plus importante, ce qui explique la présence des écotypes de différentes couleurs dans un même groupe pour chaque zone de provenance. Des études génotypiques [7] de la diversité génétique au Niger de 188 variétés originaires de USA et de 16 écotypes collectés de 6 pays d'Afrique ont montré une importante variabilité entre et à l'intérieur des écotypes d'oignons en Afrique. Par ailleurs, les études [20, 21] utilisant le marqueur (SSR) moléculaire pour caractériser les 32 variétés d'oignons en Inde, a permis de regrouper les écotypes en 5 groupes, et a montré une grande diversification au sein des variétés testées. Avec le même marqueur SSR en Turquie, 96 accessions d'oignons ont été caractérisées en 5 groupes à l'aide d'un dendrogramme [22]. Cependant, au Sénégal les analyses de la diversité phénologique ont montré l'existence d'une grande variabilité entre les accessions du mil pour les caractères qualitatifs comme l'architecture de l'épi et la couleur des grains. Et ces analyses ont permis de classer les variétés du mil en trois groupes selon le cycle végétatif (G1 des variétés extra-précoces, G2 des cycles courts et G3 des cycles longs) [23].

La caractérisation de nos variétés testées, par rapport aux maturités physiologiques en bulbe [6] sont atteintes lorsque que 75 % des plants non fleuris sont couchés. Mais, ceci n'est valable que si les bulbes d'oignons sont destinés à la conservation, c'est ainsi qu'il n'en demeure pas pour les oignons de saison pluvieuse auquel on s'intéresse généralement à la maturité commerciale. Cependant, nos résultats n'ont pas montré cette différence de maturité physique (physiologique) des bulbes au sein des accessions testées car les pourcentages moyens des plants couchés des variétés (T₁ (EAUW); T₃ (CHAGARI); T₄ (GANDIOL+); et T₅ (GOUDAMI)) sont de l'ordre de 14,57 %; 20,81 %; 17,71 %; 10,41 % respectivement. Par contre, la variété T₃ (CHAGARI) a un meilleur rendement (50,48 t/ha) par rapport à d'autres variétés. Cette valeur élevée en rendement de celle-ci s'explique par le fait qu'elle a pris un peu de l'avance de maturation physiologique sur d'autres variétés du point de vue de son pourcentage moyen des plants couchés (29,16 %) légèrement supérieur à d'autres valeurs. En outre, la matrice de corrélation de Pearson montre que le rendement moyen en T/ha et le pourcentage des plants couchés pour la variété T₃ (CHAGARI) est fortement corrélés ($r^2 = 0,997$; $r^2 = 0,992$ respectivement) avec le diamètre moyen des bulbes d'oignon. Il en est de même avec son rendement moyen en T/ha qui est fortement corrélé ($r^2 = 0,984$) avec le pourcentage des plants couchés. Par contre, la variété importée T₂ (PREMA) dont le rendement en T/ha est moyennement corrélé ($r^2 = 0,567$) avec le pourcentage des plants couchés, et le rendement en T/ha est fortement corrélé ($r^2 = 0,977$) avec le diamètre moyen de bulbe d'oignons.

Nos résultats corroborent à celle de la caractérisation des écotypes obtenue au Niger qui montrent qu'il existe une corrélation positive entre le diamètre des bulbes et le rendement ($r^2 = 0,653$); et entre la hauteur et le diamètre des bulbes ($r^2 = 0,618$) [3]. Et ces fortes corrélations qui existent entre ces paramètres nous démontrent que plus le pourcentage des plants couchés est élevé, plus le diamètre moyen des bulbes est élevé, et par conséquent plus le rendement moyen en t/ha n'est grand. Nos résultats confirment cette démonstration qui rapporte que la variété T₃ (CHAGARI) s'est différenciée des autres variétés importées (T₁ (EAUW); T₂ (PREMA); T₄ (GANDIOL+)) d'une part. D'autre part, la variété locale T₅ (GOUDAMI) de contre saison dont le pourcentage des plants couchés est corrélé ($r^2 = 0,885$) avec le diamètre moyen du bulbe d'oignon, mais corrélé ($r^2 = -0,157$) négativement avec le rendement moyen en T/ha. Cette corrélation négative se justifie par le fait que la variété T₅ (GOUDAMI) a besoin d'intense ensoleillement (37 à 45 degrés Celsius) pour sa maturation, ce qui explique sa saisonnalité de contre saison. L'Analyse de Variance (ANOVA) effectuée nous montre qu'il existe de différence significative ($p = 0,000$) en rendement (T/ha) moyen des bulbes au sein des variétés testées. La variété T₃ (CHAGARI) est celle qui a enregistré le rendement moyen le plus élevé (50,48 T/ha). Cette différence est due à la variabilité génétique qui existe au sein de cette espèce. Des

résultats similaires ont été obtenus en Côte d'Ivoire sur l'étude d'évaluation de comportements de quelques variétés d'oignons [9]. Ils ont constaté que la variété *Afrifound Rose* ayant le rendement le plus élevé (12 T/Ha) par rapport à d'autres variétés (1,5 T/Ha à 5 T/Ha) telles que le *Creole Red; Hojem; Torrens white; Yodalef et violet de Galmi, etc.* Par ailleurs, au Burkina-Faso, quelques variétés telles que : le *Violet de Galmi, blanc de Galmi, Garango, Texas Erly* sont des variétés les plus cultivées mais leur choix variétal dépend de la destinée de l'oignon, des conditions climatiques et de la demande [24]. Cependant, au Niger pour conserver ces écotypes locaux, il faut au préalable les identifier, les caractériser et les évaluer. Il convient donc de déterminer la diversité nommée et gérée par les producteurs. La gestion de la diversité des ressources génétiques de l'oignon au Niger est affectée par les modes d'échange, de transmission et de sélection de semences par les producteurs. Le rôle de l'organisation sociale dans la structuration de la diversité génétique ne doit pas être négligé. L'importance de la différenciation linguistique des agriculteurs dans l'organisation de la diversité nommée de plusieurs espèces cultivées a été largement discutée par certains auteurs [25, 26]. Pour le rendement élevé de la variété T₃ (CHAGARI) issu de l'évaluation de la production, est ce qu'il n'est pas nécessaire d'améliorer sa production par le biais d'utilisation efficiente des inputs de production ?

4-2. Évaluation des quantités nécessaires des inputs de production

Suite à l'évaluation des quantités nécessaires des inputs de production avec la méthode d'irrigation à la raie avec les oignons sur billon, notre modèle de la Programmation Linéaire (PL) recommande une meilleure combinaison des ressources donnant l'un des profits optimaux afin de produire les bulbes d'oignon. Des résultats [12] satisfaisants de l'analyse coût-bénéfice avec la même technique culturale (l'irrigation des oignons sur billon et à la raie) ont montré que dans la zone du Nord Cameroun, une combinaison de 11 715 FCFA (amortissements de la motopompe), 62 220 FCFA (carburants et lubrifiants), et 380 800 FCFA (charges liés à l'emballage, au calibrage, et transport) est importante pour obtenir un niveau de profit optimal. Par ailleurs, au Niger (Afrique de l'Ouest), l'apport en fumure de fond serait le plus important, soit une combinaison de 20 T/Ha de matière organique décomposée et 100 kg/Ha d'engrais minéral (15-15-15). Les fractionnements se font après le repiquage de la manière suivante, 100 kg/Ha de 15-15-15 en deux apports soient à 40 jours et à 75 à 80 jours. Quant aux besoins en eau, il se fait par semaine à des différentes intensités : 320 m³, 300 m³, 250 m³ respectivement pour les stages de reprise et bulbaison, de floraison (montée à graine), et de maturation des bulbes, 3 à 5 kg/Ha (soit 0,75 à 1,25 kg pour 0,25 Ha) des semences d'oignon sont nécessaires pour le germe [6].

Par contre à Tahoua du Niger, 369,5 h/j/Ha (soit 93 h/j pour 0,25 Ha) pour un producteur doté d'une motopompe est recommandé. Soient une combinaison de 4 000 FCFA (labour avec la charrue), 5 000 FCFA (préparation des planches/rigoles), 24 750 FCFA (semences), 3 250 FCFA (repiquages), 38 000 FCFA (irrigation), 18 000 FCFA (deux sarclages), 2 250 FCFA (produits phytosanitaires), 2 500 FCFA (engrais chimique), 10 000 FCFA (coût de la récolte), et 19 000 FCFA (autres coûts) est nécessaire pour avoir un niveau de profit considérable [27]. Au Sénégal, une combinaison de 56 250 FCFA (coût des semences), 36 850 FCFA (coût des éléments fertilisants), 30 250 FCFA (coût des pesticides), 34 500 FCFA (coût lié à l'irrigation), 105 625 FCFA (ensemble des coûts de la main d'œuvre), et 80 450 FCFA (autres charges) est nécessaire pour atteindre un rendement de 7,5 T pour 0,25 Ha [28]. Au Burkina-Faso, les besoins en eau pour irrigation est estimée entre 1 250 et 1750 mètres cubes pour tout le cycle de la production sur une superficie de 0,25ha (Momento de l'Agronome cité par [8]). Par ailleurs, dans les oasis tunisiennes, les charges (coûts variables) sont évaluées à 0,6 DT/ m² (soit 130 FCFA/m²) moyenne pour obtenir une production assez rentable [29]. Les études [30] sur la production des bulbes d'oignon dans deux zones (Maharashtra et Karnataka) de l'Inde révèlent qu'une combinaison de 2511,625 FCFA (préparation de la parcelle); 2090,875 FCFA (semences); 2537,5 FCFA (repiquages); 3037,5 FCFA (éléments fertilisants); 1375 FCFA (pesticides); 1987,5 FCFA (désherbages); 1075 FCFA (intensité d'irrigation);

2137,5 FCFA (main d'œuvre récolte); 1162,5 FCFA (main d'œuvre nettoyage); 1700 FCFA (frais pour calibrage; transport et le stockage); et 1112,5 FCFA (autres charges) est importante pour obtenir un niveau de rendement très considérable. Egalement à l'Extrême-Nord, des études [27] menées recommandent la combinaison de 60 000 FCFA pour les semences; 180 000 FCFA pour les engrais; 105 000 FCFA pour les pesticides; 50 000 FCFA pour les amortissements des équipements; 21 600 FCFA pour les transports; et 110 000 FCFA pour les mains d'œuvre pour obtenir un niveau de profit maximal en production des bulbes d'oignon. Pour maximiser son profit, un producteur des bulbes d'oignon doit adopter la meilleure combinaison des inputs afin d'éviter les gaspillages. Pour ce faire, une évaluation des Outputs (valeur de production) par variété est impérative afin d'opérer la meilleure variété par excellence.

4-3. Évaluation des Outputs de production par variété

Pour mieux choisir la variété par excellence avec une meilleure combinaison des inputs, l'évaluation des outputs par variété à travers le modèle de la Programmation Linéaire révèle que les variétés locales (T_3 (CHAGARI)) et T_5 (GOUDAMI)) ont donné les meilleurs rendements moyens en T/ha par rapport à d'autres variétés importées. Ces valeurs élevées des rendements moyens en T/ha relatives à ces variétés s'expliqueraient par le fait qu'elles se sont bien adaptées à leurs milieux pédoclimatiques. Il en découle qu'une de solution optimale peut être déduite quand les coûts réduits (productivités marginales de produits) des variétés CHAGARI et GOUDAMI sont nulles, ce qui ne permettrait pas la réduction du profit optimal avec la meilleure combinaison des ressources. La comparaison des quantités nécessaires (0,688 et 0,230) de la production des bulbes d'oignons pour les deux variétés locales nous montre qu'il serait donc plus profitable de produire les bulbes d'oignons à la période intermédiaire de la saison (Septembre à Décembre) plus précisément avec la T_3 (CHAGARI). Par contre dans la zone du Nord Cameroun, les résultats de [12] avec la variété GOUDAMI a de meilleur rendement moyen en t/ha avec la même méthode d'irrigation des oignons sur billon et à la raie (traitement T_2). Cette méthode de billonnage serait plus avantageuse par traction animale parce qu'il fait baisser les temps de travaux de 104 Jours (confection manuelle) à 10 Jours (confection mécanisée aux bœufs (culture attelée)). Mais paradoxalement, la valeur de la production ne serait profitable si la production de T_2 est vendue après la récolte, d'où l'investissement a été fait en perte.

Par rapport à nos résultats de l'analyse coût bénéfice de deux traitements (T_3 (CHAGARI)) et T_5 (GOUDAMI)), des études de [12] dans le Nord ont montré que pour une vente après le stockage, le bénéfice marginal serait 4 fois supérieur à celui de la vente après la récolte. La valeur passe de 432 925 FCFA pour une vente à la récolte avec l'irrigation par submersion des plants et sur calendrier (traitement T_1 = méthode traditionnelle) à 1 708 325 FCFA avec T_2 (l'irrigation des oignons sur billon et à la raie). Ce résultat est largement supérieur à la nôtre parce que la période de vente serait influencée sur la variabilité des prix (pénurie des bulbes d'où la flambée des prix) des bulbes d'oignons, à cela s'ajoute la confection manuelle qui aurait engendrée une valeur ajoutée sur le coût de production. Allant dans le même sens, l'évaluation de l'analyse coût-bénéfice à l'Extrême-Nord sur 1ha montre que les bulbes d'oignons procuraient un profit d'environ 1 093 400 FCFA [31]. Cette variabilité des profits seraient influencé par la période des ventes et surtout la quantité offerte et demandée sur les marchés. L'évaluation des recettes moyennes de la production d'oignons locaux dans les oasis tunisiens a été également faite, et que son estimation est d'environ 1,12 DT/m² (soit 242,607 FCFA/m²) [30]. Au vu de ces analyses, la méthode d'irrigation en raie avec les oignons sur billon présente des avantages au vu de la description des Itinéraires Techniques de la culture de l'oignon au Nigeria. Le système d'irrigation des oignons sur billon en raie est rentable tant en saison des pluies qu'en saison sèche d'une part, et qu'il produit une bonne qualité des bulbes d'autre part [12].

5. Conclusion

Dans le but d'optimiser la valeur de la production des bulbes d'oignons à l'Extrême-Nord Cameroun, l'étude de la caractérisation de cinq variétés d'oignons a été menée sur le site pilote expérimentale de Gazawa. Les leçons apprises issu de cette étude montrent qu'il existe une diversification (intra et inter) entre les accessions locales et importées du point de vu des paramètres de la maturation physiologique. Les variétés locales T₅ (GOUDAMI) et T₃ (CHAGARI) ont présenté les meilleures valeurs de production par rapport à d'autres variétés importées. Mais, seules les productivités marginales « shadow price » relative à la main d'œuvre et aux Autres Coûts ont des valeurs ajoutées respectivement de 6733,507 FCFA et 27,419 FCFA afin d'obtenir un profit optimal en faveur des variétés locales T₃ (CHAGARI) et T₅ (GOUDAMI). La solution optimale peut être déduite quand les coûts réduits (productivités marginales de produit) sont nuls, et les valeurs des quantités utilisées sont de l'ordre de 0,688 et 0,230 respectivement pour ces deux variétés locales. De manière précise, il serait mieux de produire les bulbes avec la variété T₃(CHAGARI), d'où la confirmation d'adaptabilité de ces deux variétés locales, par conséquent il est impératif d'améliorer leurs rendements en combinant les ressources nécessaires selon la recommandation de la Programmation Linéaire (LP).

Remerciements

Nos remerciements vont à l'endroit de World Vegetable Center (worldveg) et l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) d'avoir initié et mobilisé les fonds pour la mise en œuvre de cette étude.

Références

- [1] - AZUD, La pratique de goutte à goutte dans la culture de l'oignon. (2015), www.azud.com consulté le 03 Avril 2018
- [2] - A. B. RAMEEZ, U. B. SANA, K. B. SHAHBAZ, N. B. HAFEEZ, A. B. SHABEER, B. WASEEM, B. B. ALLAH and B. JEHANGEER, Economic Analysis of Onion (*Allium cepa* L.) Production and Marketing in District Awaran, Balochistan. *Journal of Economics and Sustainable Development*. Vol. 5, N°24 (2014) 2222 - 2855, ISSN 2222-1700 (Online from www.iiste.org consulted May 2018)
- [3] - B. A. HABSATOU, T. ROUMBA, M. ADAM, M. BARRAGE and SAADOU, Interactions entre la variabilité des écotypes de l'oignon (*Allium cepa* L.) et les facteurs agro-climatiques au Niger. *TROPICULTURA*, Vol. 30, N° 4 (2012) 209 - 215
- [4] - S. ABDOULAYE, Techniques de culture intensive de l'oignon dans la zone des Niayes. Fiche technique de production intensive de l'oignon. Programme d'Aménagement et de Développement Economique des Niayes (PADEN). Ministère de l'agriculture et de l'équipement rural. République du Sénégal, (2014)
- [5] - R. ABDOU, M. MALICE, Y. BAKASSO, M. SAADOU, and J. P. BAUDOIN, Taxonomie locale et analyse des critères des paysans pour caractériser les différents écotypes d'oignons (*Allium cepa*L.) du Niger. *Cah Agric23* : 166 - 76 (2014) doi : 10.1684/agr.2014.0700
- [6] - PRODEX, Guide de bonnes pratiques de production, stockage et conservation de l'oignon. 1^{ière} Edition, septembre 2012. PRODEX- Rue KK 89 -Koirra Kano - Niamey-Niger- tél. +227 20 35 00 68- www.prodex-niger.org consulté en Avril-2018
- [7] - R. ABDOU, Y. BAKASSO, T. ADAM, M. SAADOU and J. P. BAUDOIN, Biologie, diversité et outils pour l'analyse de la diversité génétique de l'oignon, *Allium cepa*L. (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, Vol. 19 (2015b) 184 - 196

- [8] - Centre de Gestion et d'Economie Rurale de la Vallée (CGERV), Analyse Économique sur la filière Oignon au Sénégal, Rapport d'étude, (2017), https://www.dakaractu.com/Oignon-au-Senegal-La-production-passe-a-367-000-tonnes-en-2016_a128972.html consulté le 05-04-2018
- [9] - L. FONDIO, C. KOUAME and A. H. DJIDJI, Evaluation du comportement de quelques variétés d'oignon (*Allium cepa* L.) au Champ et en Stockage à Ferkessedougou. Centre National de Recherche Agronomique, Direction Régionale de Bouaké. Côte d'Ivoire, (2001)
- [10] - PADFA, filière oignon dans la région du nord (1) : état des lieux. (2017), <https://padfacameroun.net/index.php/2017/07/27/filiere-oignon-dans-la-region-du-nord-1-etat-des-lieux/>, consulté le 27/02/2018 à 15h50
- [11] - R. T. KAMGA, I. R. TCHOUAMO, R. CHENDJOU, J. C. BIDOGEZA and V. A. SEFA, Gender inequality in smallholder onion (*Allium cepa* L.) production in the far north region of Cameroon. *Journal of Gender, Agriculture and Food Security*, Vol. 1, N°3 (2016) 85 - 103
- [12] - M'BIANDOU and T. ESSANG, Importance économique de l'oignon cultivé sur billons sur terrain plat avec irrigation à la raie. *TROPICULTURA*, Vol. 26, N°2 (2008) 70 - 73
- [13] - Amélioration de la Compétitivité des Exploitations Familiales Agropastorales (ACEFA), Document de suivi-évaluation à mi-parcours, (2017)
- [14] - K. FLEISSNER, T. R. KAMGA and R. CHENDJOU, The Potential of Onion (*Allium cepa*) Local Landraces for Onion Production in sub-Saharan Africa. XVIII International Symposium on Horticultural Economics and Management. May 31-June 3 (2015), Sweden
- [15] - SODECOTON, Rapport annuel, relevées pluviométriques, (2016)
- [16] - G. PHILIPPEAU, Comment interpréter les résultats d'une analyse en composante principale ? *ITCF*, Paris, France, 11 (1992) 63 p.
- [17] - MINADER, Rapport annuel, (2015)
- [18] - M. DEU, F. SAGNARD, J. CHANTEREAU, C. CALATAYUD, D. HERAULT, C. MARIAC, J. L. PHAM, Y. VIGOUROUX, I. KAPRAN, P. S. TRAORÉ, A. MAMADOU, B. GÉRARD, J. NDJEUNGA and G. BESANÇON, Niger-wide assessment of in situ sorghum genetic diversity with microsatellite markers, *heor. Appl. Genet.*, Vol.16, (2008) 903 - 913
- [19] - B. AMY, Analyse de la diversité génétique de six cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) mauritaniens à l'aide des marqueurs microsatellites, Mémoire de fin d'étude Université de Thiès, Sénégal, (2006)
- [20] - J. S. KHOSA, K. S. NEGI, A. S. DHATT, A. KHAR, Utility of Simple Sequence Repeat (SSR) markers to realize worth of germplasm in genus *Allium*. *Indian J. Plant Genet.*, Vol. 27, N°3 (2014) 238 - 45
- [21] - S. DAVINDER, S. D. TARSEM, S. RAJINDER and RAJKUMAR, Present status and future opportunities in onion research : *A review of International Journal of Chemical Studies (IJCS)*, Vol.6, N°1 (2018) 2018 IJCS P-ISSN: 2349—8528, E-ISSN : 2321—4902, 656 - 665
- [22] - F. HANCI and A. F. GÖKÇE, Molecular Characterization of Turkish Onion Germplasm Using SSR Markers, *Czech J. Genet. Plant Breed.* Vol. 52, N°2 (2016) 71 - 76. doi: 10.17221/162/2015-CJGPB
- [23] - S. Y. OUSMANE, F. AMADOU, C. NDIAGA, N. KANDIOURA, D. DIAGA, N. IBRAHIMA, S. DJIBRIL, K. ABOUBACRY, K. A. NDJIDO, H. TOM, H. BETTINA and E. EVA, Étude de la variabilité agro morphologique de la collection nationale de mils locaux du Sénégal, *Journal of Applied Biosciences*, Vol. 87, (2015) 8030 - 8046, ISSN 1997 - 5902
- [24] - D. BOBO, Fiche technique de l'oignon. Direction Régionale de l'Agriculture, Des Ressources Hydrauliques De l'Assainissement Et de la Sécurité Alimentaire. Burkina Faso, (2012)
- [25] - C. LECLERC, and G. COPPENS D'ECKENBRUGGE, Social organization of crop genetic diversity The G x E x S interaction model. *Diversity*, 4 (2012) 1 - 32

- [26] - V. ABEYRIE, B. RONO and C. LECLERC, How social organization shapes crop diversity : an ecological anthropology approach among Tharaka farmers in Kenya. *Agriculture and Human*, Vol. 31, (2013) 97 - 107
- [27] - Collectif Stratégies Alimentaires asbl (CSA), Etude PROINVEST : alimentaire et organisations intermédiaires : évaluation et identification des besoins de renforcement des capacités des organisations paysannes dans six pays de l'UEMOA et de la CEDEAO; Participation des organisations paysannes et de leurs faitières a la sécurité alimentaire et aux flux commerciaux dans les marchés de produit de base, Rapport Niger, (2011)
- [28] - Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la falémé (SAED), Fiche technique de l'oignon, (2009)
- [29] - J. YEHMADI, D. B. MOHANDES, R. JERIDI and M. HADDAD, Itinéraire technique et importance de l'oignon (*Allium cepa* L.) dans l'oasis de Gabès. *Revue des Régions Arides - Numéro Spécial- N°35* (Mars 2014) - Actes du 4^{ème} Meeting International "Aridoculture et Cultures Oasisennes: Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Sahariennes : perspectives pour un développement durable des zones arides, 17-19/12/2013
- [30] - P. G. CHENGAPPA, A. V. MANJUNATHA, D. VIKAS, and S. KHALIL, Competitive Assessment of Onion Markets in India (Report Prepared for Competition Commission of India, Government of India). Agricultural Development and Rural Transformation Centre Institute for Social and Economic Change Nagarabhavi, Bangalore, (2012) 560072
- [31] - J. AKOA and A. MABOU, La production de l'oignon dans la province de l'extrême nord du Cameroun : une activité génératrice de revenus. Rapport d'Etudes de cas, InterDev Agroalimentaire, (2004)

ANNEXES

Annexe 1 : INPUT GAMS

SETS

J CROPS/EAUW, PREMA, CHAGARI, GANDIOL, GOUDAMI/

I RESOURCES /MO, PESTICIDES, SEMENCES, LAND, CARBURANTS, ELEFERTIL, AMORTI, AC/;

PARAMETERS

C (J) GROSS MARGINS OF CROP ACTIVITIES (FCFA PER ACRE) /EAUW 2317283, PREMA 2852783, CHAGARI 4481783, GANDIOL 2542283, GOUDAMI 3892283/

B(I) RESOURCE AVAILABILITY

/MO 203.75, PESTICIDES 40000, SEMENCES 60000, LAND 40000, CARBURANTS 62220, ELEFERTIL 100000, AMORTI 30000, AC 95200/;

TABLE A (I,J) TECHNICAL COEFFICIENTS MATRIX

	EAUW	PREMA	CHAGARI	GANDIOL	GOUDAMI
MO	221.75	221.75	221.75	221.75	221.75
PESTICIDES	38250	38250	38250	38250	38250
SEMENCES	50000	50000	45000	50000	45000
LAND	31250	31250	31250	31250	31250
CARBURANTS	53900	53900	53900	53900	53900
ELEFERTIL	97000	97000	97000	97000	97000
AMORTI	25220	25220	25220	25220	25220
AC	72500	84375	109000	82375	87500;

VARIABLES

Z TOTAL GROSS MARGINS (FCFA)

CROPS LEVELS OF CROP ACTIVITIES (ACRE)
 POSITIVE VARIABLE CROPS;
 EQUATIONS
 OBJFN OBJECTIVE FUNCTION
 CONSTRNT (I) RESOURCE CONSTRAINTS;
 OBJFN.. Z = E = SUM (J,C(J)*CROPS(J));
 CONSTRNT (I).. SUM (J,A(I,J)*CROPS(J)) = L = B(I);
 MODEL ONION /ALL/;
 SOLVE ONION USING LP MAXIMIZING Z;

Annexe 2 : OUTPUT GAMS

General Algebraic Modeling System
 Solution Report SOLVE ONION Using LP From line 28
 SOLVE SUMMARY
 MODEL ONION OBJECTIVE Z
 TYPE LP DIRECTION MAXIMIZE
 SOLVER CPLEX FROM LINE 28
 **** SOLVER STATUS 1 NORMAL COMPLETION
 **** MODEL STATUS 1 OPTIMAL
 **** OBJECTIVE VALUE 3982203.1367
 RESOURCE USAGE, LIMIT 0.212 1000.000
 ITERATION COUNT, LIMIT 2 10000
 ILOG CPLEX Aug 1, 2008 22.8.1 WEX 5924.6015 WEI x86_64/MS Windows
 Cplex 11.1.1, GAMS Link 34
 LP status(1): optimal
 Optimal solution found.
 Objective : 3982203.136651

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU OBJFN	.	.	.	1.000
OBJFN OBJECTIVE FUNCTION				
---- EQU CONSTRNT RESOURCE CONSTRAINTS				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
MO	-INF	203.750	203.750	6733.507
PESTICIDES	-INF	35145.152	40000.000	.
SEMENCES	-INF	41347.238	60000.000	.
LAND	-INF	28713.360	40000.000	.
CARBURANTS	-INF	49524.803	62220.000	.
ELEFERTIL	-INF	89126.268	1.0000E+5	.
AMORTI	-INF	23172.830	30000.000	.
AC	-INF	95200.000	95200.000	27.419
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR Z	-INF	3.9822E+6	+INF	.
Z TOTAL GROSS MARGINS (FCFA)				
---- VAR CROPS LEVELS OF CROP ACTIVITIES (ACRE)				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
EAUW	.	.	+INF	-1.164E+6

```
PREMA      .      .      +INF  -9.538E+5
CHAGARI    .      0.688    +INF  .
GANDIOL    .      .      +INF  -1.209E+6
GOUDAMI    .      0.230    +INF  .
**** REPORT SUMMARY :      0  NONOPT
                           0  INFEASIBLE
                           0  UNBOUNDED
EXECUTION TIME  =      0.000 SECONDS  2 Mb WEX228-228 Jul 26, 2008
USER: GAMS Development Corporation, Washington, DC G871201/0000CA-ANY
      Free Demo, 202-342-0180, sales@gams.com, www.gams.com DC0000
**** FILE SUMMARY
Input  C:\Users\SAKATAY\Documents\gamsdir\projdir\Untitled_3.gms
Output C:\Users\SAKATAY\Documents\gamsdir\projdir\Untitled_3.lst
```