

REPUBLIQUE DU SENEGAL

Un Peuple-Un But-Une Foi

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Université de THIES

Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale



Département Productions Forestières

THEME : Etude de la levée de dormance et de germination des graines de *Jatropha curcas L.* en fonction de la durée et du mode de conservation



Mémoire présenté et soutenu publiquement le 29 Novembre 2016

Pour l'obtention du **DIPLOME D'INGENIEUR DES TRAVAUX**

Spécialité : **Productions Forestières**

Par

M. MOUSSA NDIAYE

49^e Promotion

JURY

Président : Dr Serigne Modou SARR, Enseignant-chercheur UT/ISFAR

Membres : -M. Massamba THIAM, Enseignant-chercheur UT/ENSA

-Capitaine Malik JOHN, Inspecteur adjoint IREF/THIES

Maîtres de stage : Dr Amsatou THIAM, Enseignant-chercheur UT/ISFAR

Pr Samba Arona Ndiaye SAMBA Enseignant-chercheur, UT/ENSA

Tuteur de stage : M. Cheikh Omar SAMB, Ingénieur des Eaux et Forêts ISRA/CNRF

Dédicaces

A ma très chère grand-mère **Khady SECK**.

Vous avez participé longuement à mon éducation en m'inculpant les bonnes valeurs de la vie qui m'ont aujourd'hui servi, je n'ai pas regretté d'avoir grandi à vos côtés. Vous avez quitté ce bas monde en restant éternelle dans mon cœur. Que la terre de Touba vous soit légère ;

A mon père **Ibrahima NDIAYE** et à ma mère **Bomba FALL**

Qui se sont donné corps et âmes pour m'inculper un modèle de labeur et de persévérance. Qu'ils trouvent dans ce travail l'expression de ma plus haute affection et qu'Allah vous laisse à nos côtés jusqu'à ce que vous assistiez à ma réussite;

A tous mes **frères et sœurs**

Avec qui j'ai eu à partager une partie de cette modeste vie. Merci de votre amour que vous m'avez montré durant toute ma vie;

A mes ami(e)s de cœur et d'enfance **Fallou TOURE, Niassa MBOUP et Amadou SY**, DIEU m'a fait coïncider avec vous sur la trajectoire du bien aimé. Je ne trouve même pas les mots pour vous notifier toute ma gratitude. Qu'Allah nous préserve du Satan et nous protège des ennemis

A ma belle-sœur **Salimata DIOP**

A tous mes oncles et tantes

A tous mes ami(e)s

Je vous dédie ce travail

Avant propos

Suite aux trois années de formation, les étudiant(e)s en troisième année du cycle d'ingénieur des travaux de l'Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR ex ENCR de Bambey) sont dans l'obligation d'aller effectuer un stage de mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux. Ce présent mémoire s'inscrit dans le but de contribuer à l'approfondissement de la connaissance de la biologie d'espèces à vocation biocarburant et capables de jouer un rôle important dans la lutte contre les érosions qui frappent beaucoup de pays d'Afrique affectant ainsi leur sécurité alimentaire. C'est dans ce contexte que durant ma deuxième année de formation Dr Amsatou THIAM, Enseignant chercheur à l'ISFAR et Pr Samba Arona NDIAYE SAMBA, Enseignant-chercheur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA) de Thiès m'ont proposé cette thématique.

Ainsi ce document est le fruit d'un travail scientifique effectué au niveau du Centre National des Recherches Forestières (CNRF) de Dakar sous la supervision de M. Cheikh Oumar SAMB. Le stage a duré 6 mois. Les activités ont été scindées principalement en trois phases: le travail de laboratoire, la mise en place et le suivi de l'essai et la rédaction du rapport.

Remerciements

Nous remercions sincèrement :

Dr El Hadji FAYE, Directeur de l'Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR ex ENCR de Bambey);

Dr Diaminatou SANOGO, Directrice du CNRF pour m'avoir donné l'autorisation de conduire l'essai dans les locaux du CNRF ;

M. Birahim FALL, Directeur des études de l'Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR) ainsi que l'ensemble du personnel administratif;

Dr. Serigne Modou SARR, chef de département Productions Forestières ainsi que l'ensemble des enseignants de nous avoir offert une formation de très haute qualité basée sur la rigueur ;

Dr. Amsatou THIAM mon maître de stage d'avoir consacré beaucoup de temps depuis la conception du sujet jusqu'à la réalisation de ce document ;

Pr. Samba Arona Ndiaye SAMBA co-maître de stage pour vos conseils et votre aide dans l'interprétation des résultats ;

M. Cheikh Oumar SAMB mon tuteur de stage. Un homme de rigueur, talentueux et plein d'expérience. Il m'a inculqué rigueur et efficacité dans le travail, jamais je ne saurais oublier ce que vous avez fait à l'endroit de ma personnalité ;

L'ensemble des docteurs et techniciens du CNRF, mention spéciale aux Dr Adja Madjiguène DIALLO, Marième FALL BA, Oulymata DIATTA et Bakary DIEDHIOU ;

M. Thérance MANGA, M. Ibou COLY et M. Younouss DIAKHATE, pépiniéristes au CNRF pour leur aide dans le rempotage et la mise en place des gaines mais aussi les expériences techniques que j'ai eues à bénéficier d'eux;

Ainsi que tout le personnel du CNRF pour leur chaleureux accueil qui a facilité mon intégration.

Tous nos collègues et ami(e)s de la 48^e, 50^e, 51^e et plus particulièrement la 49^e promotion, pour m'avoir témoigné leur sympathie, soutien, conseil et encouragement. Je vous serai toujours reconnaissant ;

Les étudiants de la 49^e promotion Département Productions Forestières, avec qui j'ai eu à partager d'excellents moments, mention spéciale aux doyens Mar, Diankha, Gadio et Ndong, vos conseils m'ont toujours servi. Je ne saurais trouver les mots pour vous garantir ma plus grande reconnaissance ;

Mlle Awa FALL de la 49^e promotion département Productions Forestières. Mention spéciale à cette demoiselle avec d'énormes qualités socioprofessionnelles, pour ses conseils, son attachement, son apport intellectuel, sa présence physique et moral à l'endroit de ma personnalité. Jamais je n'oublierai toute cette peine que vous avez consacrée pour moi durant toute la formation.

Amy Kollé DIOP, Fatou Bintou DEMBELE et Mame Mor KASSE pour leur amitié et les beaux moments de bonheur vécus avec eux, jamais je ne saurai oublier vos présences;

Nos condisciples des dahiras MASSALIKOUL DJINANE ainsi que FATHOUL WAHAB Touba ISFAR pour vos prières, encouragements et pour votre confiance ; sachez que où que le soleil me situera, mes pensées s'orienteront toujours vers vous ;

Et à tous ceux qui trouveront ici leurs sources d'inspirations.

Résumé

Depuis un certain moment, le monde plus particulièrement l'Afrique est confronté à une crise énergétique marquée par la rareté du carburant fossile. Pour pallier à cet amalgame, des solutions alternatives ont fait recours à la production de biocarburant. C'est ainsi que *Jatropha curcas L.* fut choisie comme étant la meilleure espèce à explorer. L'objectif général de cette présente étude est de contribuer à la connaissance de la biologie de *Jatropha curcas L.* pour une meilleure utilisation en étudiant la levée de dormance et de germination de l'espèce en fonction de la durée et du mode de conservation des graines. Toutefois pour atteindre notre objectif, une approche méthodologique a été adoptée. Il s'agit après la récolte et le décorticage des fruits, de classer les graines en fonction de leur diamètre. Pour lever la dormance liée à l'inhibition tégumentaire, une partie des graines a été trempée dans l'eau de robinet pendant 24h avant d'être semées. Ensuite les graines restantes ont été séparées et conservées à 4°C et 25°C avec des intervalles de temps réguliers de 15-30-45-60 jours. Une expérience en Split split split plot dans un plan entièrement randomisé a été utilisée. Les paramètres de germination et de croissance ont été suivis. Les résultats montrent que la conservation à 4°C donne les meilleurs résultats sur le taux de germination (88,66%) et la hauteur (22,38 cm) alors que celle à l'air ambiant (25,14°C) agit sur le délai de germination (4,33 jours), le diamètre (7,60 mm) et le nombre de feuilles (4,91 feuilles). Les graines de diamètre $\leq 8,50$ mm présentent d'excellents résultats sur la germination (93,66%) et la croissance des plants (8,21 mm de diamètre ; 21,81 cm de hauteur et 4,48 feuilles). Cependant le trempage à l'eau et la durée de conservation des graines améliorent la vitesse de germination en réduisant le temps de latence. Les informations dont révèle l'étude sont d'une grande importance tant pour la recherche scientifique mais aussi utile pour les entreprises agroindustrielles œuvrant dans la production du biocarburant.

Mots clés : *Jatropha curcas L.* ; levée de dormance ; conservation ; inhibition tégumentaire.

Abstract

Since a certain moment, the world more especially Africa is confronted to an energizing crisis marked by the oil rarity in the productive countries. To palliate to this amalgam some alternative solutions made resort to the production of biofuel. This is how *Jatropha curcas L.* was chosen like being the best species to explore. The general objective of this present study is to contribute to the knowledge of the biology of *Jatropha curcas L.* for a better use by studying dormancy lift of the species according to the length and the type of seed conservation. However to reach our objective a methodological approach has been adopted. It is about after the harvest and the shelling of fruits, to classify seeds according to their diameter. To raise the dormancy linked to the tegumentary inhibition a part of seeds has been soaked in tap water 24 h before seedling. Then the remaining seeds has been separated and preserved to 4°C and 25°C with time regular scale of 15-30-45-60 days. A Split split split plot experience entirely randomized has been used. The parameters of germination and growth have been followed. The results show that the conservation to 4°C gives the best results on the rate of germination (88,66%) and the height (22,38 cm) whereas the one to the ambient air (25,14°C) acts on the delay of germination (4,33 days), the diameter (7,60 mm) and the number of leaf (4,91 leaves). Diameter seeds lower or equal to 8,50 mm presents excellent results on germination (93,66%) and plant growth (8,21 mm of diameter; 21,81 cm of height and 4,48 leaves). However the soaking to water and the length of seed conservation improves the speed of germination by reducing time latency. Informations of which reveal the study are so much very important for the scientific research but as useful for future agroindustrials acting biofuel production.

Key words: *Jatropha curcas L.*; dormancy lift; conservation; tegumentary inhibition.

Liste des sigles et acronymes

AL : Air Libre

ANOVA : Analyse de Variance

CF : Chambre Froide

CNRF : Centre National des Recherches Forestières

D : Diamètre des graines

ENSA : Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture

H : Hypothèses

INP : Institut National de Pédologie

ISFAR : Institut Supérieur de Formation agricole et Rural

ISRA/BAME : Institut Sénégalais des Recherches Agricoles/ Bureau d'Analyse Macro Economique

JAS : Jour Après Semis

LSD : Least Significant difference

NP : Non prétraitée

OS : Objectifs Spécifiques

P : Prétraitée

UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africain

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des facteurs et interactions significatifs sur les variables étudiées (nombre de feuilles, hauteur, diamètre des plants, taux de germination, délai de germination au seuil de $P < 0.05$..	14
Tableau 2 : Corrélations de Pearson entre les variables étudiées	15

Liste des figures

Figure 1: Aire de distribution naturelle de <i>Jatropha curcas</i> L. (Source : Diop, 2015)	3
Figure 2 : Carte du site d'emplacement de l'essai (Source : Google Earth NDIAYE., 2016)	8
Figure 3: Dispositif expérimental en Split split split plot (NDIAYE., 2016).....	12
Figure 4 : Influence du prétraitement sur la germination	16
Figure 5: Influence du diamètre des graines sur la germination.....	16
Figure 6: Influence de l'interaction diamètre des graines*temps de conservation sur le taux de germination.....	17
Figure 7: Effet de la durée de conservation des graines sur le délai de germination	18
Figure 8: Effet de la durée de conservation des graines sur le délai de germination	18
Figure 9 : Effet du diamètre des graines sur le délai de germination	19
Figure 10: Influence de l'interaction prétraitement*mode de conservation sur le délai de germination	20
Figure 11: Cinétique de germination en fonction de la conservation.....	21
Figure 12: Cinétique de germination en fonction de la durée de conservation	22
Figure 13 : Effet du diamètre des graines sur la cinétique de germination	22
Figure 14: Influence du prétraitement des graines sur la cinétique de germination.....	23
Figure 15: Effet de la conservation des graines sur le nombre de feuilles	24
Figure 16 : Effet du temps de conservation des graines de <i>Jatropha</i> sur le nombre de feuilles	24
Figure 17: Effet du temps de conservation des graines sur le diamètre des plants	25
Figure 18: Effet du prétraitement sur le diamètre des plants.....	26
Figure 19: Influence du diamètre des graines sur le diamètre des plants	26
Figure 20: Diamètre des plants en fonction de l'interaction temps*mode de conservation des graines	27
Figure 21: Diamètre des plants en fonction de l'interaction diamètre des graines*mode de conservation	28
Figure 22 : Effet de la conservation sur la hauteur des plants.....	29
Figure 23: Effet de la durée de conservation des graines sur la hauteur des plants	29
Figure 24: Hauteur des plants en fonction de l'interaction temps*mode de conservation des graines de <i>Jatropha</i>	30
Figure 25: Hauteur des plants en fonction de l'interaction diamètre des graines*temps de conservation	31
Figure 26: Hauteur des plants en fonction de l'interaction diamètre des graines*prétraitement	32

Liste des Photos

Photo 1: Calibrage des graines (NDIAYE., 2016)	10
Photo 2: Chambre froide pour la conservation des semences (NDIAYE., 2016)	10
Photo 3: Prétraitement des graines à l'eau du robinet (NDIAYE., 2016)	11

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Généralités.....	3
I.1 Origine géographique.....	3
I.2 Taxonomie et diversité génétique	3
I.3. Caractéristiques botaniques.....	4
I.4. Caractéristiques agronomiques de <i>Jatropha curcas L.</i>	5
I.5 Utilisation de <i>Jatropha</i>	6
I.6 Dormance des graines	7
Chapitre II : Matériel et méthodes.....	8
II.1. Présentation du site	8
II.2. Méthodologie :.....	9
II.2.1 La recherche documentaire.....	9
II.2.2 Collecte des fruits de <i>Jatropha curcas L.</i>	9
II.2.3 Calibrage des graines de <i>Jatropha curcas L.</i>	9
II.2.4 Mode de conservation des graines de <i>Jatropha curcas L.</i>	10
II.2.5. Prétraitement des graines	10
II.2.6 Protocole expérimental	11
II.2.7 Analyse des données :.....	13
Chapitre III : Résultats et Discussion	14
III 1. Résultats	14
III.1.1 Analyse de variance des facteurs et interactions sur les variables étudiées	14
III.1.2 Corrélations entre les variables	14
III.1.3 Germination.....	15
III.1.4 Croissance	23
III 2. Discussion	33
Conclusion et Perspectives.....	38
Bibliographie.....	40

Introduction

La crise pétrolière à laquelle le monde est actuellement confronté associée au coût de plus en plus élevé des hydrocarbures fossiles et la perspective d'un épuisement de cette ressource énergétique non renouvelable a poussé de nombreux chercheurs et gouvernements à se lancer dans la recherche de nouvelles sources d'énergie écologiquement propres et économiquement rentables (Gandonou, 2012) pour soutenir leur développement économique.

C'est dans ce contexte que, depuis 2004, beaucoup de pays africains ont inscrit la promotion des biocarburants dans leur agenda politique selon Wahl *et al.* (2009). Cette dynamique a conduit à la tenue en 2007 à Addis Abeba (Éthiopie), du premier séminaire sur les biocarburants en Afrique qui a abouti à l'adoption de la déclaration d'Addis Abeba et d'un plan d'action pour le développement durable des biocarburants en Afrique (Conliffe et Kulovesi, 2008).

Les pays de l'Afrique de l'Ouest ne sont pas restés en marge de ces initiatives. En 2005, beaucoup de pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest-Africaine (UEMOA) ont fait de la promotion des biocarburants un enjeu majeur de leur politique environnementale, économique, agricole et énergétique. C'est dans ce cadre que *Jatropha curcas L.* a été choisie comme espèce prioritaire pour produire du biocarburant. Ce choix se justifie par le fait que les graines contiennent une huile de haute valeur énergétique dont les propriétés sont comparables à celles du diesel. Les graines de *Jatropha curcas* contiennent 30 à 40% d'huile qui peut être une alternative au carburant diesel (Heller, 1996). Le rendement en huile de *J. curcas* est de 1900 litre/hectare, contre 572 litre/hectare pour le colza, 662 litre/hectare pour le tournesol et 446 litre/hectare pour le soja (Latapie, 2007). Son huile riche en acides gras peut se mélanger avec du gasoil pour faire tourner le moteur diesel ou transformer par le procédé de transestérification en ester biodégradable appelé biodiesel (Gubitz *et al.*, 1999).

Au Sénégal, l'option politique concernant les biocarburants repose essentiellement sur le développement de cette dite filière. Elle s'est traduite par la mise en place d'un programme national « biocarburants », orienté prioritairement vers la promotion de la culture de *Jatropha* et l'adoption en 2010 d'une loi d'orientation sur cette filière. Les objectifs du programme national « biocarburants » sont de contribuer à l'autosuffisance énergétique nationale par la production de bioénergie, de diversifier la production agricole en créant une nouvelle filière, d'améliorer la balance commerciale et des paiements et de réduire la pauvreté en milieu rural. Il projetait de planter 1 000 ha de *Jatropha* dans chaque communauté rurale

du pays, soit 321 000 ha à l'échelle du pays (ISRA/BAME, 2012). Sa mise en œuvre se fait en partenariat avec les collectivités locales, les organisations paysannes et le secteur privé. En outre, cette plante peu exigeante en eau et éléments fertilisants, fournit divers produits et avantages qui favorisent un développement rural intégré.

Toutes ces potentialités de *Jatropha*, combinées au contexte favorable pour sa culture nous ont poussé à nous lancer sur l'étude de la biologie de l'espèce dont certaines connaissances sont jusqu'ici peu connues par la recherche.

L'objectif global de cette étude est de contribuer à la connaissance de la biologie de *Jatropha curcas L.* pour une meilleure utilisation de l'espèce.

Plus spécifiquement, il s'agit d' :

OS1 : Etudier et déterminer le meilleur mode et la durée optimale de conservation des graines de *Jatropha curcas L.* ;

OS2 : Etudier et déterminer l'influence de la taille des graines et le meilleur prétraitement pour lever la dormance des graines de *Jatropha curcas L.* ;

OS5 : Evaluer les paramètres de croissance en fonction du mode de conservation;

Afin d'atteindre les objectifs cités plus haut, les hypothèses de recherches sont les suivantes:

H1 : Le mode de conservation influe sur la germination des graines de *Jatropha curcas L.*

H2 : La durée de conservation réduit la capacité germinative de *Jatropha curcas L.*

H3 : La taille de la graine influe sur la capacité germinative des graines de *Jatropha curcas L.*

H4 : Le prétraitement influe sur la levée de dormance des graines de *Jatropha curcas L.*

H5 : Le mode conservation influe sur la croissance des plantules.

Hormis l'introduction et la conclusion, le travail s'articule autour de trois chapitres :

Le premier chapitre traite des généralités (la revue bibliographique de *Jatropha*.....) ;

Le deuxième chapitre expose le matériel et les méthodes (présentation du site, méthodologie) ;

Le troisième chapitre est consacré à l'exposé des résultats et à leur discussion.

Chapitre I : Généralités

Dans ce chapitre, il s'agit de faire la synthèse des travaux menés sur *Jatropha curcas L.*

I.1 Origine géographique

Jatropha curcas L. est une plante ancienne. Des formes fossiles datant de l'ère tertiaire auraient été découvertes au Pérou. Son origine est néanmoins controversée puisque certains auteurs la situent dans les régions sèches du Brésil (Caatinga, Etat de Ceara) alors que pour d'autres, ce serait plutôt l'Amérique centrale ou le Mexique (Wilbur, 1954 ; Aponte, 1978). Il est confirmé que ce soit cette dernière origine qui soit officiellement retenue. Cependant, son existence très ancienne établie par les traces fossiles remonte à la période où les continents n'étaient pas encore individualisés.

La plante fut introduite au 16^e siècle aux îles du Cap Vert par les marins portugais, puis en Guinée Bissau pour se répandre ensuite en Afrique et en Asie. On la trouve actuellement dans toutes les régions tropicales et intertropicales ainsi que sur les îles tropicales. Son introduction au Sénégal date de l'époque coloniale (PEED, 2010 ; Diop, 2015).

Son aire de distribution naturelle se situe principalement dans les zones arides et semi-arides mais on la rencontre également dans les régions tropicales humides comme le Guatemala (> 4000 mm/an), ou le Nord du Vietnam et de la Thaïlande. Ainsi, on estime son aire de culture entre les latitudes 30°N et 35°S.

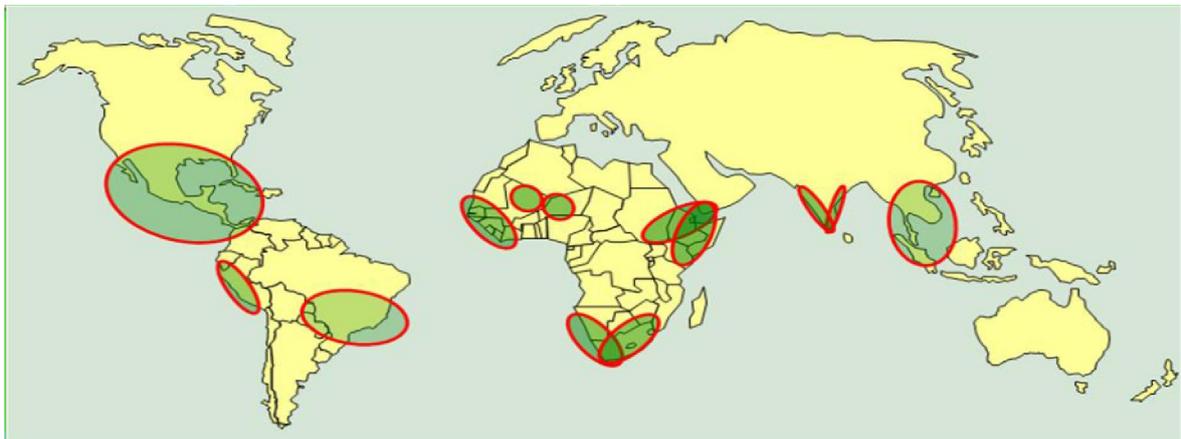


Figure 1: Aire de distribution naturelle de *Jatropha curcas L.* (Source : Diop, 2015)

I.2 Taxonomie et diversité génétique

Jatropha curcas L. ou Pourghère en français, Physicnut en anglais, Tabanani en wolof, est un arbuste non comestible qui appartient à la famille des Euphorbiacées. Le nom *Jatropha* provient des mots grecs « jatrós » qui signifie docteur et « trophé » qui signifie nourriture (Maouna, 2013). Cette étymologie souligne ses propriétés médicinales (Heller, 1996). Le

genre *Jatropha* contient approximativement 170 espèces connues (Heller, 1996 ; Maouna, 2013). *J. curcas* est la forme la plus primitive de ce genre.

Dans le monde, on retrouve plusieurs variétés de *Jatropha curcas* L., dont par exemple (Henning, 2004) :

- La variété du Cap-Vert : c'est la plus répandue dans le monde et au Sénégal, ses graines sont toxiques, du fait de la présence d'esters de phorbol et de lectines.
- La variété du Nicaragua : elle produit moins de graines, mais en revanche celles-ci sont plus grosses, ses feuilles sont plus grandes et plus rondes.
- La variété du Mexique : elle ne contient pas d'esters de phorbol, ce qui la rend faiblement toxique, elle est similaire à la variété du Cap-Vert du point de vue de la morphologie.

I.3. Caractéristiques botaniques

Jatropha curcas L. est un arbuste pérenne, dont la taille varie entre 3 et 5 mètres. Le tronc principal est assez court et donne naissance à de nombreuses ramifications. L'écorce est lisse et fine, de couleur grisâtre à rougeâtre, marquée de taches blanches. Le tronc, comme l'ensemble des éléments qui composent la plante, contient du latex blanc. Les feuilles de *Jatropha* sont simples, alternes et présentent une phyllotaxie spiralée. Un pétiole, renflé à sa base, se termine par un limbe lobé à marge lisse. La nervation du limbe est palmée. À chaque nœud, on retrouve des stipules de petite taille, caduques et qui tombent rapidement (Henning, 2007).

L'inflorescence en cyme est terminale avec des fleurs de petite taille jaunâtres à verdâtres. La plante est monoïque dicline à fleurs unisexuées. En général, une fleur femelle est entourée de fleurs mâles, ce qui se caractérise par un rapport mâle/femelle de 29/1 (OPDAD et ADG, 2012). La maturation des anthères se fait avant celle des stigmates (protandrie) (Solomon Raju et Ezradanam, 2002).

Le fruit est une capsule qui passe du vert au jaune puis au brun lors de sa maturation et il contient 1 à 4 graines, généralement 3 (Sirisomboon, 2007). Les graines mûres sont de couleur brun foncé à noire. Elles présentent quelques analogies avec les graines de ricin. De forme ovale allongée, elles sont enveloppées d'un tégument extérieur très dur à cassure nette, appelé coque. Sous ce tégument, une pellicule blanche (tégument intérieur) recouvre l'amande. Cette dernière est formée d'un albumen huileux blanchâtre contenant l'embryon pourvu de deux larges cotylédons aplatis. Les graines représentent 53 à 62 % du poids du fruit sec et 15 % du poids du fruit frais (Cuhna Da Silveira, 1934 ; Sucher, 1999 ; Domergue et Pirot, 2008).

Le système racinaire principal de *Jatropha* est composé d'une racine pivotante et de 4 racines latérales, pour les plantes qui sont générées à partir de graine. Pour celles qui proviennent de boutures, seules les racines latérales se développent (Achten et *al.*, 2008).

I.4. Caractéristiques agronomiques de *Jatropha curcas L.*

I.4.1. Modes de propagation de *Jatropha*

Jatropha peut être reproduit de trois façons différentes : semis direct, repiquage de plants élevés en pépinière, bouturage. Au Sénégal on constate que la plantation par jeunes plants est le mode de multiplication de *Jatropha* le plus répandu, à côté du bouturage (Diallo, 2013).

Semis directs

-Le semis direct requiert un investissement moindre par rapport à la plantation de jeunes plants. La réussite de la plantation dépend du pouvoir germinatif des graines au moment du semis, en effet les graines destinées au semis doivent être de qualité (maturité complète). Le semis se fait à raison de 2 à 3 graines par trou avec une densité de 2m x 2m en début de saison des pluies. Certains auteurs recommandent de laisser tremper les graines pendant 12 heures dans de l'eau froide avant le semis, mais les techniciens de l'ISRA estiment que cela n'est pas nécessaire (ISRA, 2010). Les plants issus de semis direct n'entreront en production qu'en 2ème année (Diallo, 2013).

Bouturage

-La plantation des boutures requiert un investissement moindre par rapport à la plantation de jeunes plants. Cependant, la réussite de la plantation dépend de la capacité de reprise des boutures au moment du repiquage. Il convient de planter les boutures avant l'apparition des bourgeons au début de la saison des pluies ou lorsque les conditions d'humidité sont favorables pour une bonne reprise de la végétation (Diallo, 2013).

-Pépinière et développement de *Jatropha curcas L.*

Il existe deux types de pépinières possibles pour *Jatropha*, à savoir, les pépinières en pleine terre et celles en sachets ou en tubes plastiques. La profondeur des sachets doit être comprise entre 22 et 30 cm et 10 cm de diamètre (Domergue et Pirot, 2008). La durée de la pépinière est de 2 à 4 mois en fonction de la profondeur des sachets avant la transplantation au champ. Les auteurs comme Joker et Jepsen (2003) et Domergue et Pirot (2008) recommandent de laisser grandir les plants en pépinière pendant 3 mois, jusqu'à ce qu'ils aient atteint une taille de 30 à 40 cm car, à partir de ce stade, ils commencent à développer leur odeur repoussante et ne risquent plus d'être pâturés par les animaux. Le développement de *Jatropha curcas L.* comporte trois phases essentielles:

-La phase végétative qui va de la germination à l'apparition des premières fleurs. Elle dure environ huit (08) mois ;

-La phase reproductive qui dure environ trois (3) mois et s'étend de l'apparition des boutons floraux jusqu'à la formation des fruits (Munch et Kiefer, 1986). La floraison et la feuillaison sont simultanées ;

-La phase de maturité des fruits qui survient quelques jours après leur formation. Les fruits mûrs sont de couleur jaune et noire lorsqu'ils sont secs.

I.4.2 Phénologie et exigences agro écologiques

Jatropha se rencontre naturellement dans les milieux tropicaux et subtropicaux, en zones arides et semi-arides (300 - 1500 mm/an), mais aussi dans les zones humides (1500 – 3000 mm). C'est une plante héliophile que l'on peut retrouver à des altitudes variant de 0 à 1500 m au-dessus du niveau de la mer. Elle s'adapte à des températures moyennes variant de 20 °C à 32 °C. Elle est capable de résister à une saison sèche plus ou moins prononcée, mais ne supporte ni le gel ni les nuits froides. Elle se développe de préférence sur des sols bien drainés et aérés, mais supporte difficilement l'eau stagnante. Sur des sols pauvres et/ou lourds, son développement et sa production sont limités (Source : Projet OPDAD et ADG, 2012).

I.5 Utilisation de *Jatropha*

Du point de vue économique, *Jatropha* est largement utilisé dans plusieurs domaines. Au Cap-Vert, cette plante est récemment implantée dans les zones arides pour aider dans le contrôle de l'érosion des sols (Ghnimi, 2015). Au Mali, des milliers de kilomètres de *Jatropha* servent de haies qui clôturent les champs de coton (Lutz, 1992; Henning et Von Mitzlaff, 1995). Traditionnellement, au Sénégal et au Mali, l'huile des graines de *Jatropha* entre dans la production de savon. En agronomie, les tourteaux des fruits peuvent servir comme engrais organiques en raison de leur importante teneur en azote (3,2% à 3,8%) (Juillet et al., 1955; Moreira, 1970; Vohringer, 1987 ; Heller, 1996 et Ghnimi, 2015).

Dans le but de limiter l'utilisation des carburants fossiles, une attention particulière a été portée à d'autres ressources naturelles. En effet, plusieurs recherches ont été menées pour arriver à la production d'un biodiesel à partir des plantes oléagineuses et en particulier *Jatropha*. Après une série d'expériences, il a été confirmé que l'huile de *Jatropha* est compétitive comparée au diesel importé. Elle pourrait donc remplacer le carburant fossile dans les régions éloignées où ce dernier n'est pas disponible (Lutz, 1992 ; Heller, 1996).

I.6 Dormance des graines

La dormance est un terme qui regroupe toutes les formes de vie ralenties. Elle correspond à la période où, dans le cycle de vie d'un organisme, la croissance et le développement sont temporairement arrêtés. Cela réduit l'activité métabolique et aide donc l'organisme à conserver de l'énergie.

Il s'agit d'une stratégie de minimisation des risques (*bet-hedging* en anglais) mise en place chez une vaste gamme d'espèce. La dormance tend à être étroitement associée aux conditions environnementales

On peut distinguer la dormance de deux façons :

- les embryons isolés peuvent s'allonger alors que la semence entière ne germe pas. La cause de la dormance réside alors dans les enveloppes séminales (albumen, téguments, péricarpe) ;
- dans d'autres cas, les embryons ne croissent pas ; il s'agit alors d'une dormance embryonnaire.

Cette distinction n'est pas toujours aisée à réaliser. Ainsi, suivant les espèces, les inhibiteurs de germination peuvent être localisés soit dans les téguments, soit dans l'embryon, soit encore dans l'ensemble de la graine. Il est donc préférable de classer les dormances suivant les causes qui leur ont donné naissance. La classification la plus simple consiste à faire la distinction entre la dormance exogène ou dormance tégumentaire, la dormance endogène ou dormance embryonnaire, et la dormance combinée, où interviennent en même temps la dormance tégumentaire et la dormance embryonnaire.

Chapitre II : Matériel et méthodes

Ce second chapitre est scindé en deux parties principales à savoir : la présentation du site d'implantation de l'essai et la démarche méthodologique suivie pour aboutir aux résultats.

II.1. Présentation du site

L'essai a été implanté à la pépinière du CNRF (**Latitude:**14°44'14.82" et **Longitude:**17°25'35.57") de Dakar plus précisément sur la route des Pères Mariste. Dakar appartient à la zone des Niayes caractérisée par la présence d'une façade maritime et d'un micro climat caractérisé par l'influence de l'Alizé maritime. Selon les données climatiques de la station de Dakar, le climat de la région est de type sub-canarien avec une pluviométrie moyenne annuelle des trente(30) dernières années s'élevant à 358,0mm (bilan climatique, 2016). La moyenne annuelle des températures est de 24 à 30°C (bilan climatique, 2016). La moyenne des températures prises au cours de l'essai est de 22,71 à 27,57°C.

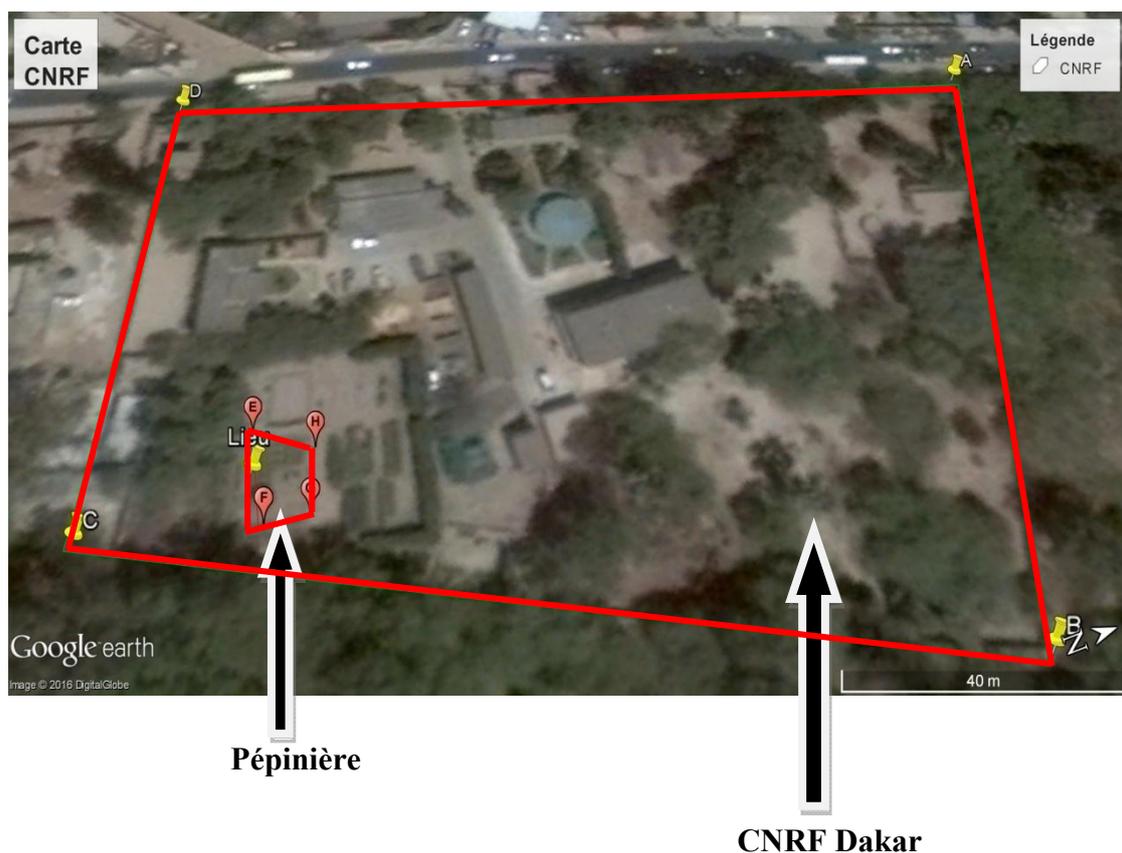


Figure 2 : Carte du site d'emplacement de l'essai (Source : Google Earth NDIAYE., 2016)

II.2. Méthodologie :

La méthodologie est une procédure très importante dans une activité de recherche. En effet, elle relate les différentes étapes suivies pour mener à bien une étude. La méthodologie adoptée dans le cadre de ce travail est scindée en trois étapes :

-la recherche documentaire permettant de recueillir les différentes informations sur les études déjà menées sur notre thème ;

-la collecte de fruits suivie par un travail de laboratoire tel que : décortilage, calibrage, conservation et prétraitement des graines ;

-la mise en place du dispositif en pépinière, le suivi des traitements et enfin l'analyse des données recueillies.

Mais il est noté que l'accomplissement de chacune de ces étapes a nécessité l'utilisation de matériel.

II.2.1 La recherche documentaire

L'intérêt de la recherche documentaire est de porter un regard rétrospectif sur les études menées en rapport avec le thème. En tant qu'étape capitale dans tout processus de recherche, elle a renforcé de manière significative la compréhension du thème par la consultation d'études conduites à travers le monde, et en particulier au Sénégal. Elle a été réalisée à travers les bibliothèques de l'ISFAR, du CNRF, des mémoires de fins d'études et publications d'articles et de thèses. L'utilisation de certains sites d'internet est avérée d'une grande importance vu qu'elle permet d'une part d'enrichir nos connaissances sur le thème abordé mais d'autre part de diversifier les données permettant de discuter nos résultats.

II.2.2 Collecte des fruits de *Jatropha curcas L.*

L'étude a été réalisée sur des semences collectées dans les bas-fonds de la station de recherches de l'ISRA Nioro (région de Kaolack). Les graines ont été collectées le 12 mars 2016 puis transférées au laboratoire des semences du CNRF pour décortilage et tri. Les semences ont été conservées suivant le protocole d'études à l'air ambiant et à la chambre froide à 4 C° suivant des intervalles de temps réguliers (15jours).

II.2.3 Calibrage des graines de *Jatropha curcas L.*

Après l'opération de décortilage, les graines ont été caractérisées. Un lot de 100 graines a été choisi au hasard pour déterminer le diamètre moyen d'une graine à l'aide d'un pied à coulisse.

Le diamètre moyen d'une graine de *Jatropha curcas L.* était de 8,5mm avec des minima et des maxima de 6 et de 11mm. Le diamètre moyen retenu est de 8,5mm. Ainsi, les graines ont été classées en deux classes de diamètre : les graines ayant un diamètre inférieur ou égal à 8,5mm ($\leq 8,5\text{mm}$) et les graines de diamètre supérieur à 8,5mm ($> 8,5\text{mm}$). Sur la base de ce calibrage, les graines ont été scindées en deux (02) lots conditionnées dans des sachets pour la suite de l'étude.



Photo 1: Calibrage des graines (NDIAYE., 2016)

II.2.4 Mode de conservation des graines de *Jatropha curcas L.*

Après le calibrage, un lot de graines de chaque classe de diamètre a été conservé à l'air ambiant (25,14°C) et en chambre froide à 4°C pour déterminer le meilleur mode de conservation pour une germination optimale. La durée de conservation est arithmétique dans l'ordre de 0 – 15 – 30 – 45 – 60 jours. Les traitements sont alternés pour les deux modes de conservation et sont effectués à intervalle de 15 jours.



Photo 2: Chambre froide pour la conservation des semences (NDIAYE., 2016)

II.2.5. Prétraitement des graines

Dans cette étude, deux prétraitements ont été testés sur les graines afin de déterminer le meilleur prétraitement pour une bonne germination.

La germination des graines de plusieurs espèces est extrêmement lente, même dans des conditions de milieu favorables. Il faut alors leur faire subir un traitement spécial

(scarification, trempage dans de l'acide sulfurique, l'eau...) destiné à accélérer la germination. A cet effet, deux modalités de prétraitements ont été retenues (Domergue et Pirot, 2008; Nacro et Lengkeek, 2011) : sans trempage et avec trempage à l'eau du robinet pendant 24 heures avant le semis.



Photo 3: Prétraitement des graines à l'eau du robinet (NDIAYE., 2016)

II.2.6 Protocole expérimental

Quatre facteurs ont été étudiés suivant un plan d'expérience en Split split split Plot avec trois (03) répétitions. Les facteurs à étudier sont les suivants : le **type de conservation** avec deux niveaux (air ambiant 25,14°C et chambre froide 4°C), la **durée de conservation** avec cinq (05) niveaux (témoin, 15 Jours, 30 Jours, 45 Jours, 60 Jours), la **taille des graines** avec deux modalités ($\leq 8,5\text{mm}$ et $> 8,5\text{mm}$) et le **type de prétraitement** avec deux (02) modalités (sans trempage et avec trempage pendant 24 heures). Le bloc a été scindé en deux (02) parcelles principales abritant les deux modes de conservation. Les parcelles principales ont été scindées en parcelles secondaires randomisées pour la durée de conservation. Les parcelles secondaires ont été divisées en sous parcelles pour la taille des graines. Les sous-parcelles ont été divisées en deux pour abriter le type de prétraitement. La distribution des traitements a été faite de manière aléatoire.

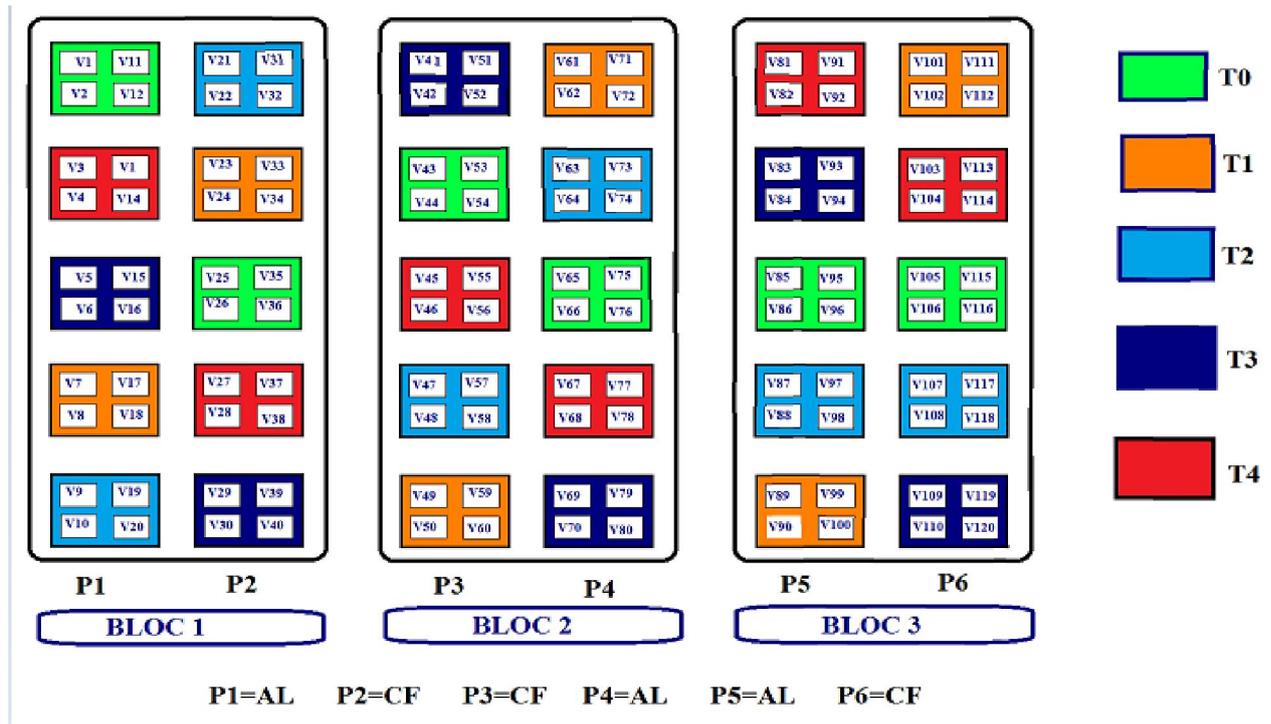


Figure 3: Dispositif expérimental en Split split split plot (NDIAYE., 2016)

Au total, 600 graines ont été testées, soit 300 graines par mode de conservation. Les graines ont été semées dans des gaines de dimension 20/10cm. Les gaines ont été remplies au 9/10^{ème}. La profondeur de semis était de 2cm. Les arrosages se faisaient au quotidien avec un apport de 66 litres. Un suivi régulier a été fait pour estimer la capacité germinative des graines et la croissance des plantules. Une graine est considérée comme germée lorsque la radicule perce les téguments et atteint 2 mm de long (Come, 1970 ; Samb, 2015). Les grandeurs telles que le délai de germination ou vitesse de germination, la cinétique de germination, la germination finale, la hauteur, le diamètre des plantules, le nombre de feuille ont été mesurées.

✚ Le taux de germination est ainsi calculé :

$$\text{Taux de germination (t \%)} = \frac{\text{Nombre de graines germées}}{\text{Nombre de graines semées}} \times 100$$

✚ La vitesse ou délai de germination des graines est l'intervalle de temps entre le semis et la 1^{ère} apparition d'une plantule (Bayassarou, 2012 ; Samb 2015),

✚ La vitesse de croissance des plantules (Hauteur, diamètre et nombre de feuille);

II.2.7 Analyse des données :

Les données collectées ont été soumises à une analyse des variances puis à une comparaison de moyennes à l'aide du test de Least Significant difference (LSD) au seuil de probabilité $P < 0,05$ avec le logiciel Statistix 8.1. Des corrélations ont été effectuées entre les différentes variables en utilisant la méthode de corrélation de Pearson.

Chapitre III : Résultats et Discussion

III 1. Résultats

Pour être en phase avec nos objectifs de recherche et répondre aux hypothèses de départ, les résultats suivants seront présentés :

III.1.1 Analyse de variance des facteurs et interactions sur les variables étudiées

L'analyse de variance au seuil de 5% (**tableau 1**) a montré que le mode de conservation a un effet significatif ($P < 0,05$) sur le nombre de feuilles de même que sur la hauteur des plants alors que le prétraitement et la taille des graines présentent des effets significatifs ($P < 0,001$) sur le diamètre des plants, le taux et le délai de germination. Le temps de conservation des graines a aussi un effet significatif ($P < 0,001$) respectivement sur le nombre de feuilles, la hauteur, le diamètre ainsi que sur le délai de germination.

Tableau 1 : Synthèse des facteurs et interactions significatifs sur les variables étudiées (nombre de feuilles, hauteur, diamètre des plants, taux de germination, délai de germination) au seuil de $P < 0.05$

Variables Facteurs	Nombre de feuilles	Hauteur	Diamètre des plants	Taux de germination	Délai de germination
Mode de conservation	0,0473	0,0299			
Temps de conservation	0,0011	0,000	0,000		0,000
Prétraitement			0,0177	0,0154	0,03
Diamètre			0,0011	0,000	0,0096
Temps*diamètre				0,0228	
Mode*temps			0,0193		
Mode*diamètre			0,0258		
Mode*prétraitement					0,03
Mode*temps		0,0003			
Temps*diamètre		0,0103			
Prétraitement*diamètre		0,0482			

III.1.2 Corrélations entre les variables

Un test de corrélation effectué entre les variables a montré que le diamètre des plants est positivement corrélé au nombre de feuilles ($r = 0,5230$; $p < 0,001$) et à la hauteur ($r = 0,3121$;

$p < 0,001$). Par contre, la hauteur est négativement corrélée au délai de germination ($r = -0,4142$; $p < 0,001$; **tableau 2**). Cela signifie que :

-pour la corrélation positive, les deux variables varient dans le même sens c'est-à-dire si le diamètre des plants augmente, la hauteur et le nombre de feuilles augmentent aussi en même temps et dans le même sens ;

-par contre pour la corrélation négative, les deux variables varient en sens inverse c'est-à-dire si la hauteur augmente, le délai de germination diminue en même temps.

Tableau 2 : Corrélation de Person entre les variables étudiées

Variables	Hauteur	Taux de germination	Diamètre des plants	Nombre de feuilles	Délai de germination
Taux de germination	0,0677				
Diamètre des plants	0,3121	-0,0437			
Nombre de feuilles	0,2311	-0,2461	0,5230		
Délai de germination	-0,4142	-0,0763	-0,0076	-0,054	

III.1.3 Germination

III.1.3.1 Taux de germination

III.1.3.1.1 Influence du prétraitement sur le taux de germination

Les résultats montrent que le prétraitement a influé significativement sur la germination ($p = 0,0154$; **figure 4**). Le taux de germination est plus élevé chez les graines non prétraitées avec 91% contre 84,33% pour celles prétraitées avec l'eau pendant 24h, avant semis.

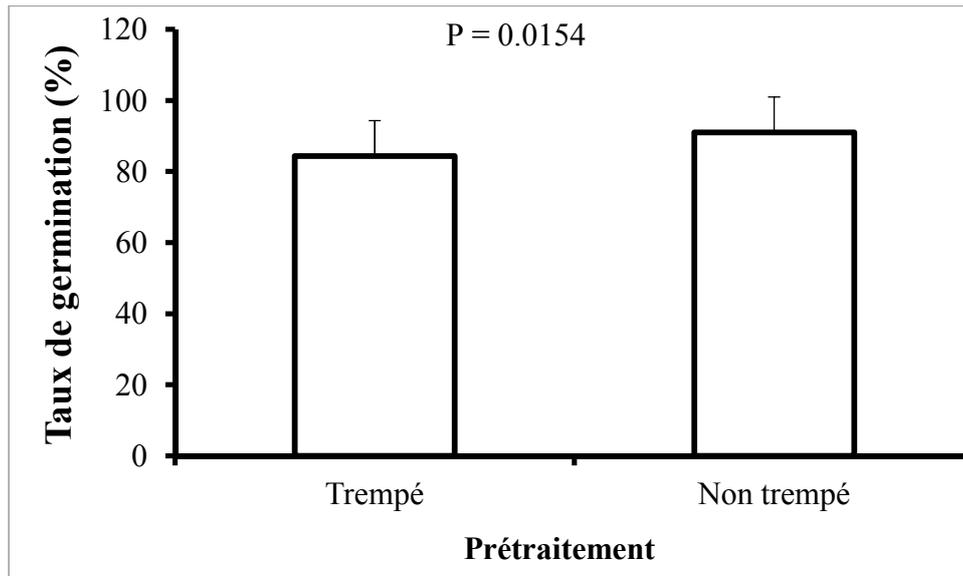


Figure 4 : Influence du prétraitement sur la germination

III.1.3.1.2 Influence du diamètre des graines sur le taux de germination

La figure 5 montre que le taux de germination varie significativement en fonction du diamètre des graines ($p = 0,000$). Il est plus élevé chez les graines ayant un diamètre $\leq 8,50\text{mm}$ (avec 93,667%).

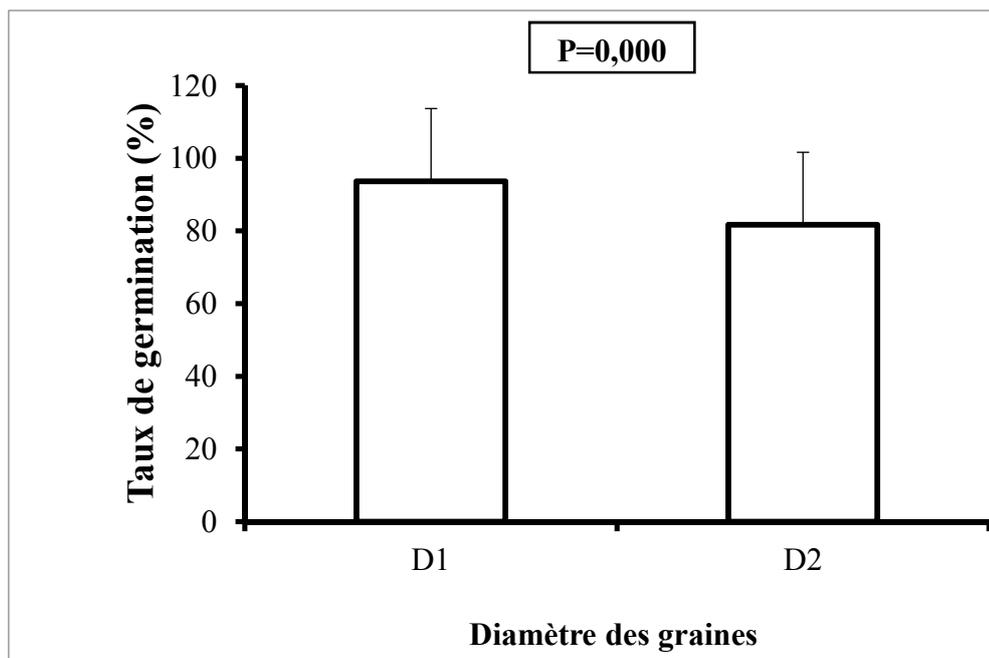


Figure 5: Influence du diamètre des graines sur la germination

III.1.3.1.3 Influence de l'interaction diamètre des graines*temps de conservation sur la germination

L'analyse de la **figure 6** montre une variation significative ($p=0,0228$) du taux de germination par rapport au diamètre des graines en fonction du temps de conservation. Les graines de diamètre $\leq 8,5$ mm ont enregistré les meilleurs taux de germination (96,66% ; 100% ; 93,33% ; 98,33%) sur toutes les intervalles de temps de conservation (Témoins, 15-30-60 jours) sauf au 45^e jour où le contraire est constaté (85% pour le diamètre des graines $>8,5$ mm D2 et 80% pour le diamètre des graines $\leq 8,5$ mm D1).

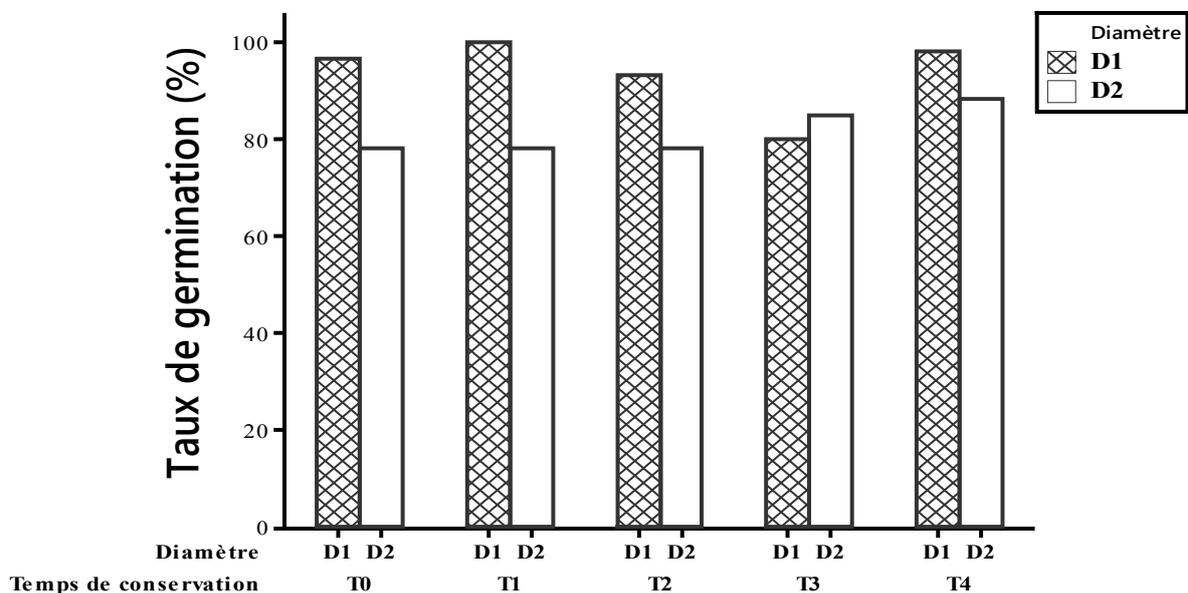


Figure 6: Influence de l'interaction diamètre des graines*temps de conservation sur le taux de germination

III.1.3.2 Délai de germination

III.1.3.2.1 Influence de la durée de conservation sur le délai de germination

L'analyse de variance montre que le délai de germination varie significativement ($p < 0,001$) en fonction de la durée de conservation des graines. Cependant, la **figure 7** nous affirme que le délai de germination est relativement plus court (3,66 jours) après 60 jours de conservation des graines contrairement aux graines non conservées (témoin avec 6,04 jours). Donc, on pourrait dire que la longue durée de conservation des semences serait la cause du court délai de germination.

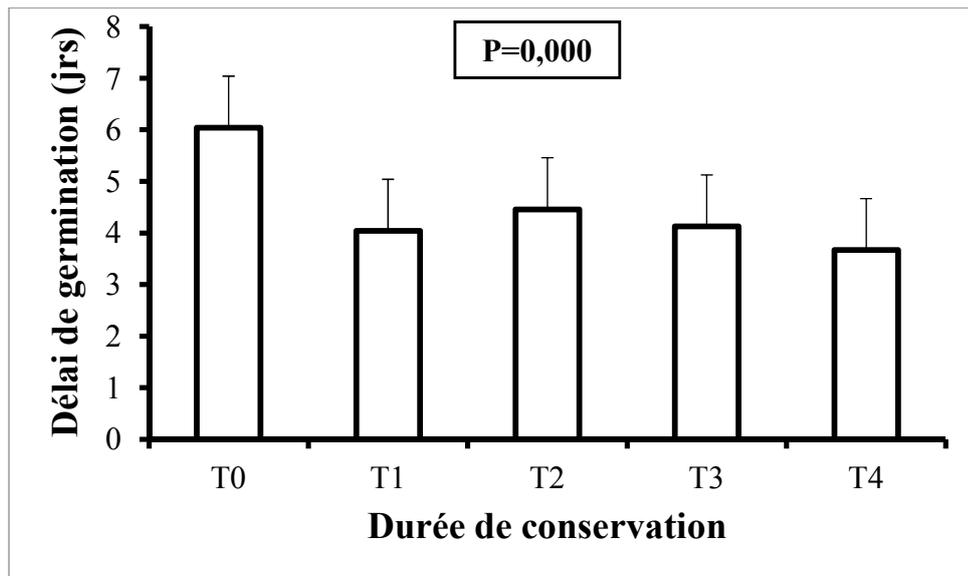


Figure 7: Effet de la durée de conservation des graines sur le délai de germination

III.1.3.2.2 Influence du prétraitement sur le délai de germination

L'analyse des moyennes à partir du test de LSD dont illustre la **figure 8**, montre une légère différence de 0,2 jours avec un délai plus court pour les graines trempées dans l'eau pendant 24h avant semis. Ceci s'explique par le fait que les graines trempées du fait de leur engorgement en eau (gonflement) percent les téguments et germent en premier.

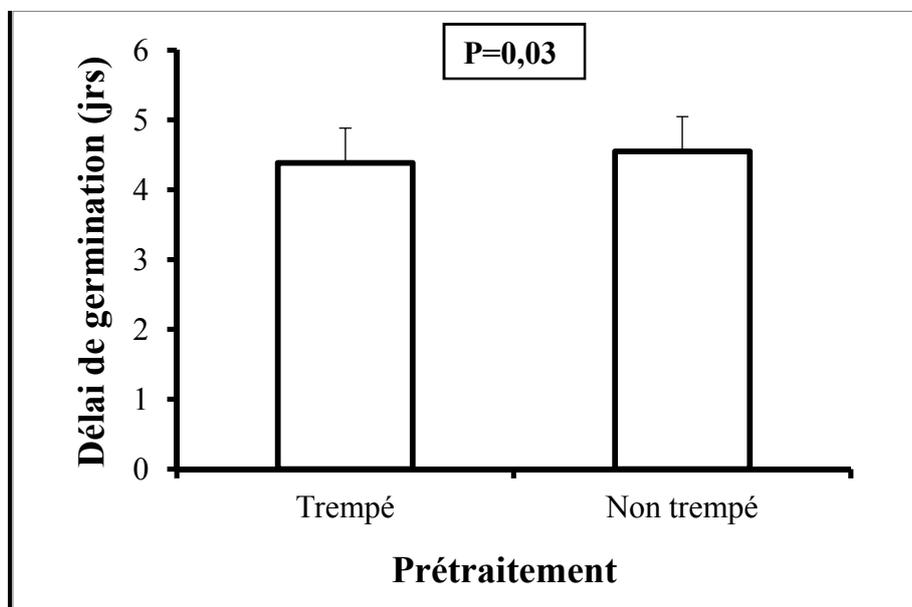


Figure 8: Effet de la durée de conservation des graines sur le délai de germination

III.1.3.2.3 Influence du diamètre des graines sur le délai de germination

La **figure 9** représente le délai de germination en fonction du diamètre des graines. Elle nous montre que ce délai est plus court pour les graines ayant un diamètre $\leq 8,5\text{mm}$ (4,36 jours) avec une légère différence de 0,2 jours par rapport aux graines de diamètre $>8,5\text{mm}$ (4,56 jours).

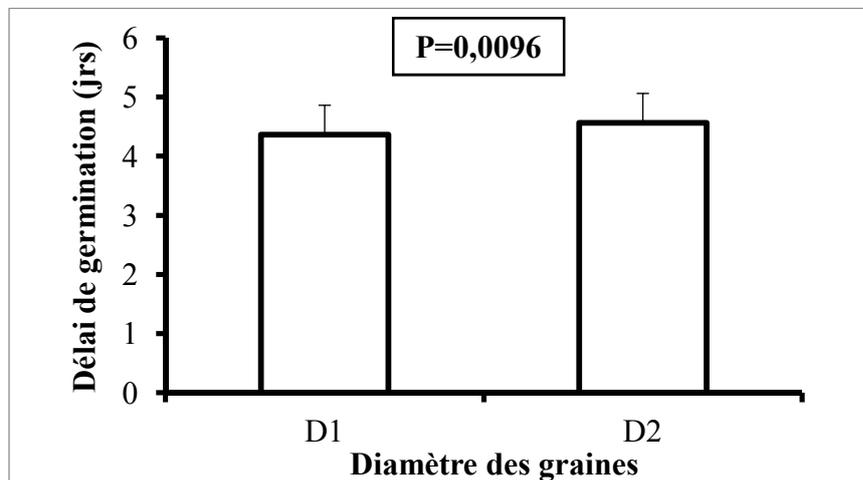


Figure 9 : Effet du diamètre des graines sur le délai de germination

III.1.3.2.4 Délai de germination en fonction de l'interaction prétraitement*mode de conservation

Il ressort de l'analyse de la **figure 10** que le délai de germination n'a pas variée significativement suivant la conservation. Par contre, l'interaction prétraitement*mode de conservation a influé de façon significative ($p = 0,0300$) sur le délai de germination des graines. Cependant pour la conservation à l'air ambiant, la figure montre que les graines prétraitées sont les premières à germer avec un temps de latence de 4,38 jours contre 4,55 jours pour les graines non prétraitées avant semis.

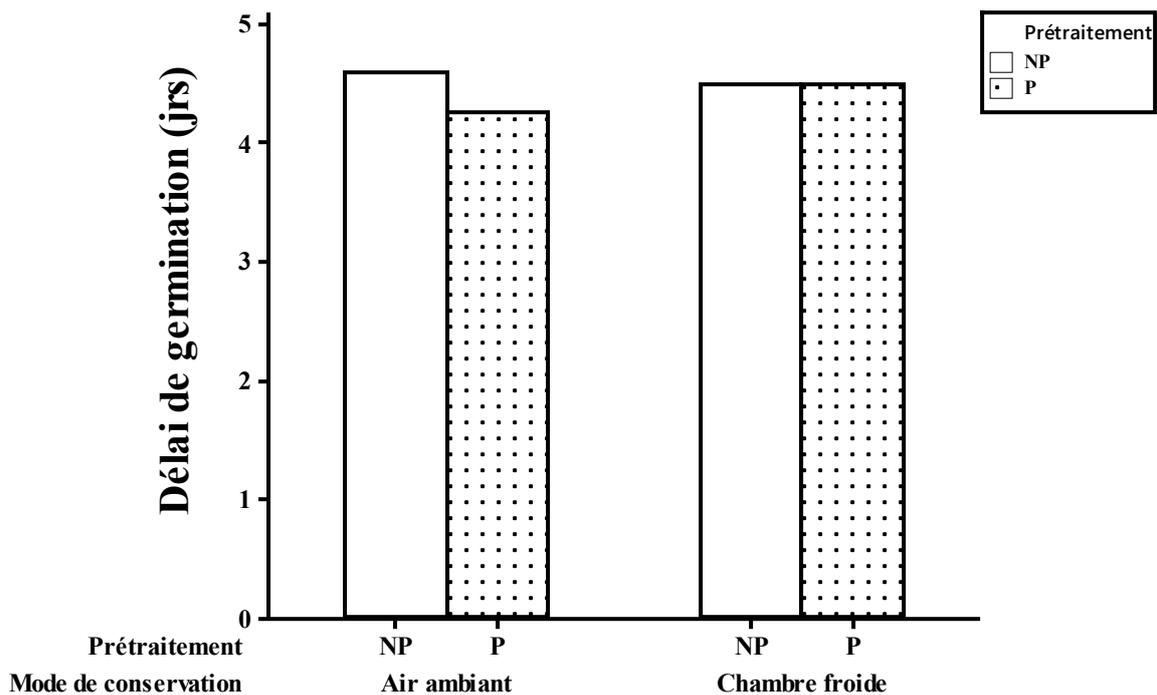


Figure 10: Influence de l'interaction prétraitement*mode de conservation sur le délai de germination

III.1.3.3 Influence de la conservation sur la cinétique de germination

La germination est marquée par trois phases successives comme l'illustre la **figure 11**:

- Une première phase de trois (03) jours appelée temps de latence caractérisé par l'absence de graines germées ;
- Une deuxième phase marquée par une germination exponentielle du 3^e au 12^e JAS avec un pic élevé entre le 10^e et 11^e JAS ;
- Une troisième phase à partir du 13^e JAS où le taux de germination devient constant.

Elle est légèrement intéressante pour la conservation en chambre froide avec 88,66% de germination contre 86,66% pour celle à l'air ambiant.

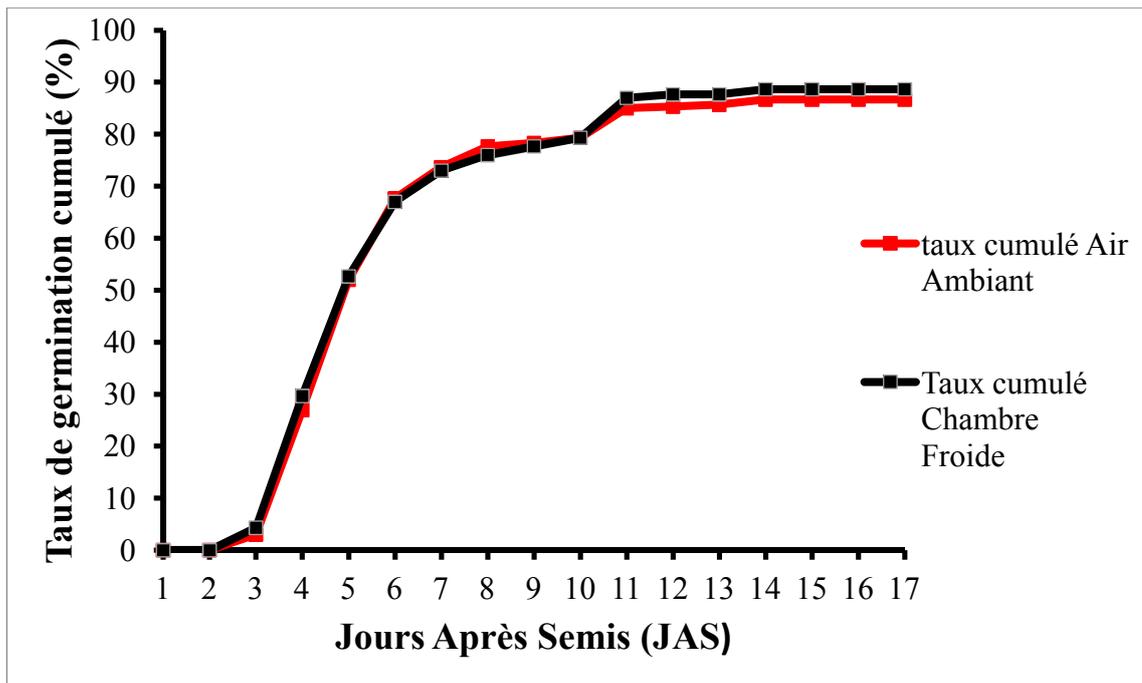


Figure 11: Cinétique de germination en fonction de la conservation

III.1.3.4 Influence de la durée de conservation sur la cinétique de germination

Les résultats de la **figure 12** montrent que les graines non conservées (T0) ont débutés leur germination à partir du 06^e JAS alors que les graines conservées à des intervalles de temps régulières de 15- 30- 45- 60 jours se voient germer à partir du 04^e et 03^e JAS. On pourrait dire que plus la durée de conservation est longue, plus le délai de germination est court. Notons aussi que le taux de germination est plus élevé chez les graines conservées en 60 jours (T4) avec 93,33% suivi des graines conservées en 15 jours (89,16%). Par contre, les graines non conservées ont enregistré les taux de germination les plus faibles (82,50%) tout au long de l'essai.

Nous constatons aussi que les graines conservées 30 jours avant semis (T2) présentent un arrêt de germination entre le 5^e et 10^e JAS. Cela pourrait être du à un stress hydrique causé par une insuffisance de la quantité d'eau allouée à chaque parcelle.

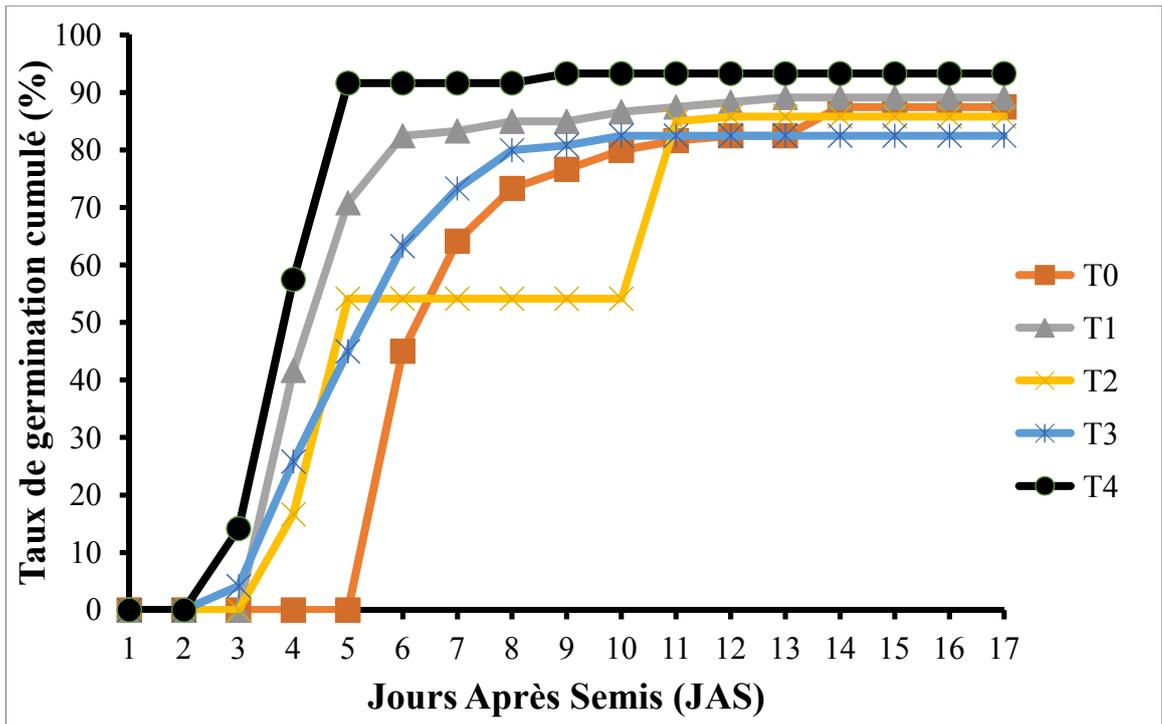


Figure 12: Cinétique de germination en fonction de la durée de conservation

III.1.3.5 Influence du diamètre des graines sur la cinétique de germination

La germination a débuté au 3^e JAS après un temps de latence de 2 jours. La **figure 13** montre un pouvoir germinatif élevé pour les graines ayant un diamètre $\leq 8,5\text{mm}$ (D1) avec un taux de 93,667%. Par contre les graines de diamètre D2 ($>8,5\text{mm}$) ont enregistré les taux de germination les plus bas avec 81,667%. Pour cette étude, on peut dire que le diamètre moyen retenu est de 8,5 mm.

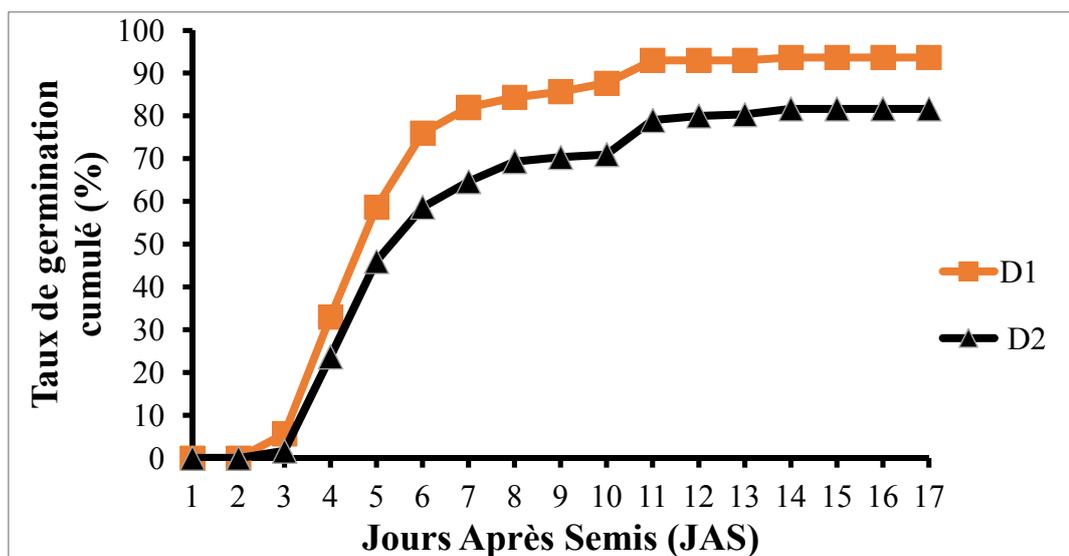


Figure 13 : Effet du diamètre des graines sur la cinétique de germination

III.1.3.6 Influence du prétraitement sur la cinétique de germination

La **figure 14** présente la cinétique d'évolution de la germination des graines prétraitées et non prétraitées avant semis. Sur les deux cas, nous remarquons que le temps de latence a duré deux jours. A partir du 3^{ème} jour après la germination, une évolution exponentielle du taux de germination de la part des deux modes a été notée avec une dominance des graines prétraitées à l'eau (3^e au 6^e JAS). A partir du 6^e JAS, le taux de germination des graines non traitées a pris le dessus sur l'autre. Cependant, le meilleur taux de germination a été obtenu sur les graines non traitées avec 91% contre 84,33% chez les graines traitées avant semis.

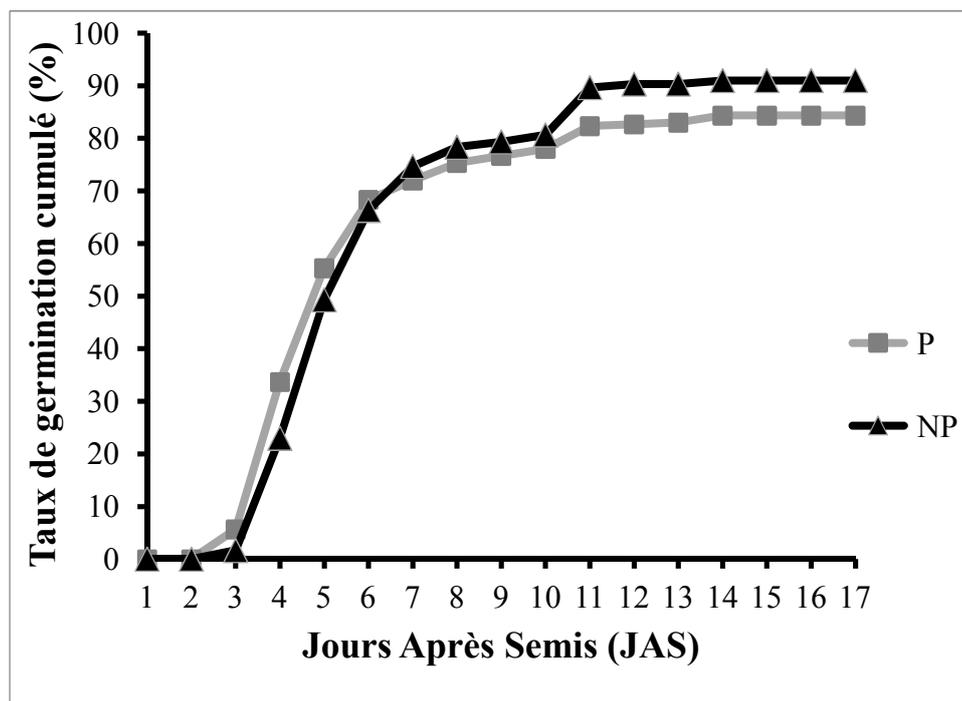


Figure 14: Influence du prétraitement des graines sur la cinétique de germination

III.1.4 Croissance

III.1.4.1 Nombre de feuilles

III.1.4.1.1 Influence de la conservation des graines sur le nombre de feuilles

L'analyse des moyennes à partir du test de LSD montre que le nombre de feuilles obtenu à partir des graines conservées à l'air ambiant (5 feuilles) est supérieur à celui des graines conservées à 4 °C (5 feuilles).

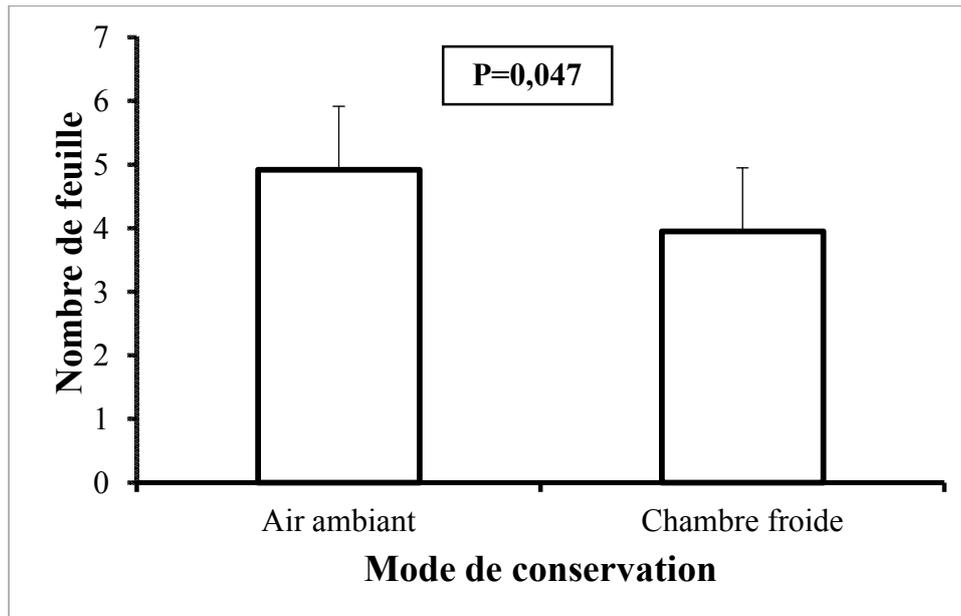


Figure 15: Effet de la conservation des graines sur le nombre de feuilles

III.1.4.1.2 Influence de la durée de conservation des graines sur le nombre de feuilles

Une variation significative du nombre de feuilles a été notée d'après l'analyse de la variance ($p=0,0011$). Elle est confirmée par la **figure 16** qui montre que le nombre de feuilles le plus important a été obtenu sur les plants issus de graines conservées pendant 30 et 45 jours avant semis (T3 ; T4). Par contre T2 (plants issus de graines conservées 15 jours avant semis) a enregistré le plus faible nombre de feuilles (3).

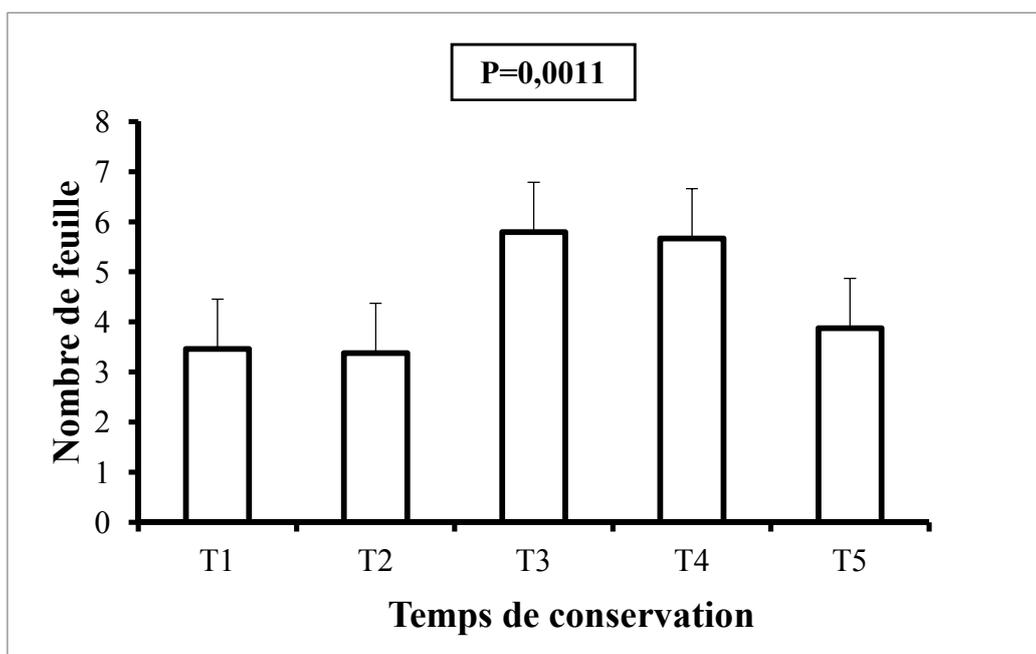


Figure 16 : Effet du temps de conservation des graines de *Jatropha* sur le nombre de feuilles

III.1.4.2 Diamètre des plants

III.1.4.2.1 Influence de la durée de conservation des graines sur le diamètre des plants

L'analyse de variance a montré que, le diamètre des plants varie très significativement ($p=0,000$) en fonction de la durée de conservation des graines. Cette variation est affirmée par la **figure 17** qui montre que le plus grand diamètre des plants (10,00 mm) a été obtenu à la suite de 45 jours de conservation des semences avant semis. Par contre, le plus faible diamètre (5,917 mm) a été constaté chez les plants issus de graines conservées 15 jours avant semis.

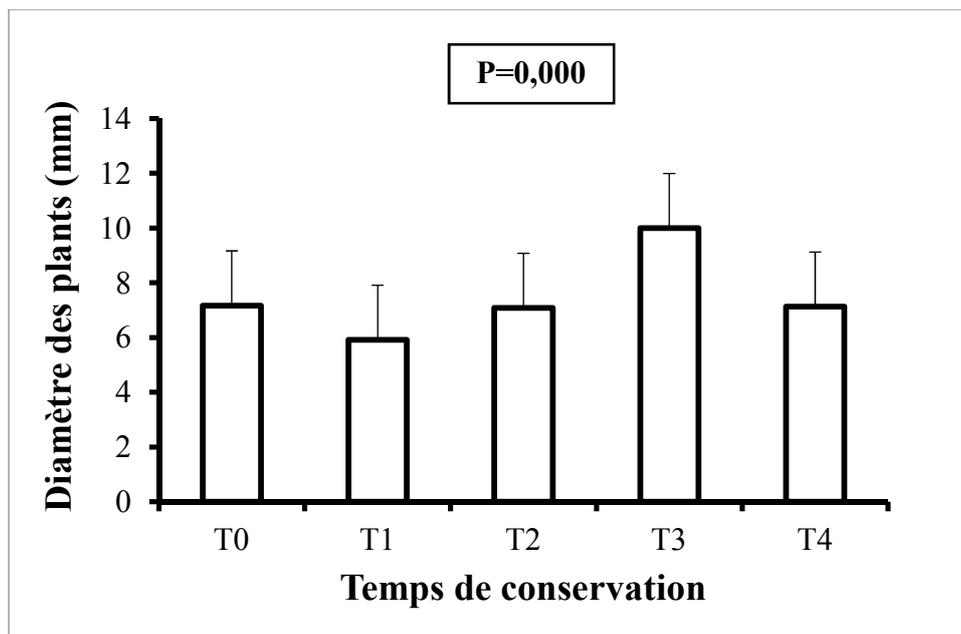


Figure 17: Effet du temps de conservation des graines sur le diamètre des plants

III.1.4.2.2 Influence du prétraitement des graines sur le diamètre des plants

La **figure 18** montre que le prétraitement a eu un effet significatif ($p=0,0177$) sur le diamètre des plants. Les graines non trempées ont donné des plants de diamètre 8,00 mm contrairement aux graines trempées qui ont enregistré des plants de diamètre 6,91 mm.

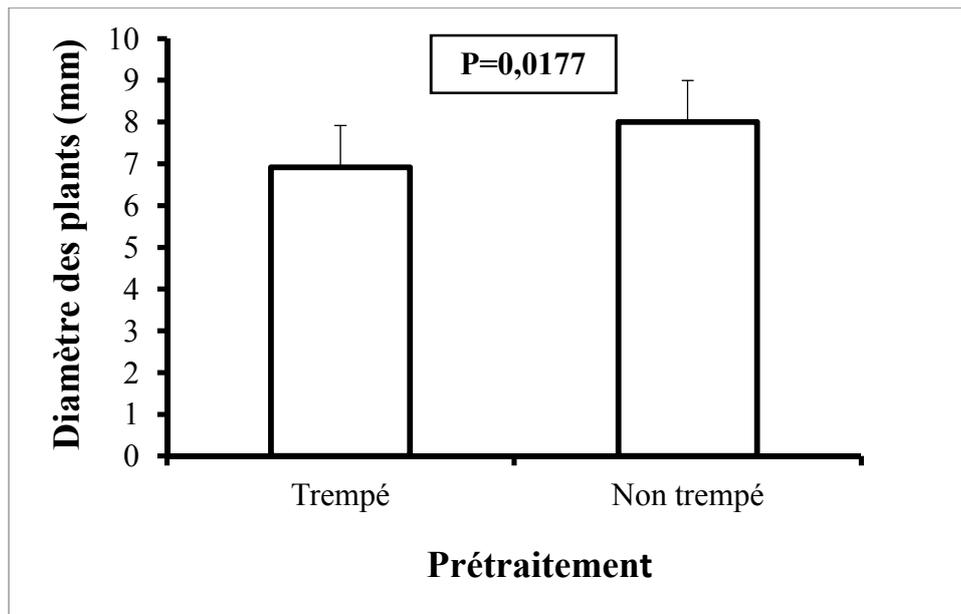


Figure 18: Effet du prétraitement sur le diamètre des plants

III.1.4.2.3 Influence de la taille des graines sur le diamètre des plants

La variation significative ($p=0,0011$) du diamètre des plants est illustrée par les résultats de la **figure 19** qui montrent que le diamètre le plus élevé (8,21 mm) est obtenu sur les plants issus de graines dont le diamètre est $\leq 8,5$ mm.

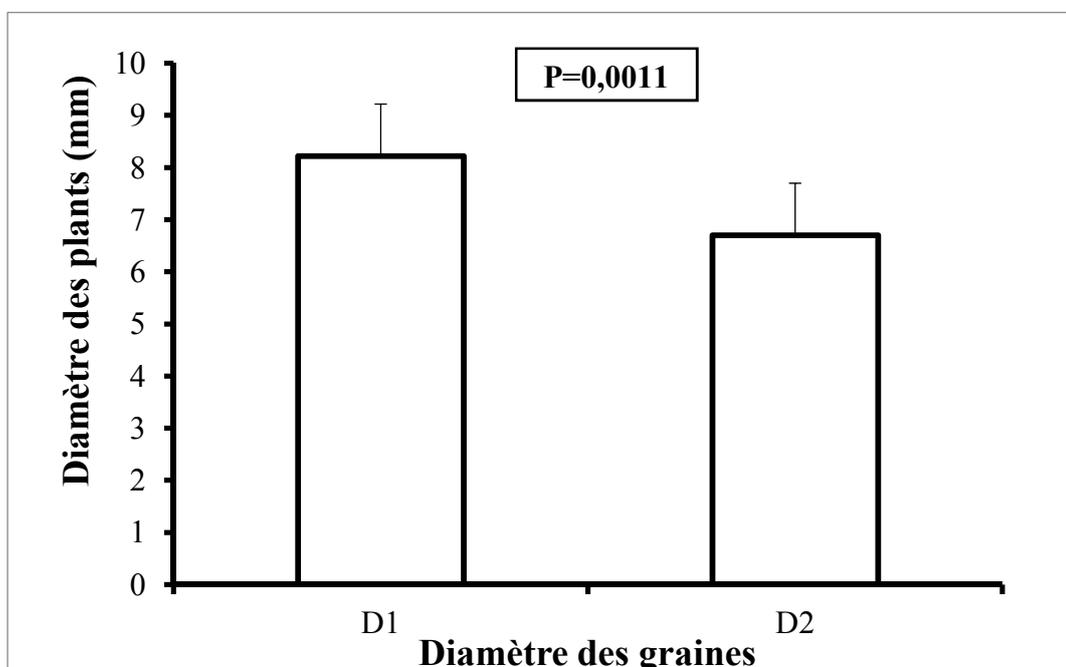


Figure 19: Influence du diamètre des graines sur le diamètre des plants

III.1.4.2.4 Influence de l'interaction temps*mode de conservation des graines sur le diamètre des plants

L'analyse de la **figure 20** montre une variation significative ($p=0,0193$) du diamètre des plants suivant le temps et le mode de conservation des graines. Cependant, le diamètre est plus élevé chez les plants issus de graines conservées pendant 45 jours quelque soit le mode de conservation (10,38 mm à l'air ambiant et 10,52 mm en chambre froide). Par contre, les plants issus de graines conservées pendant 15 jours à l'air ambiant (T1) et les plants issus de graines non conservées en chambre froide (T0) ont enregistré les croissances en diamètre les plus basses (6,40 mm pour T2 à l'air ambiant et 6,02 mm pour T0 en chambre froide).

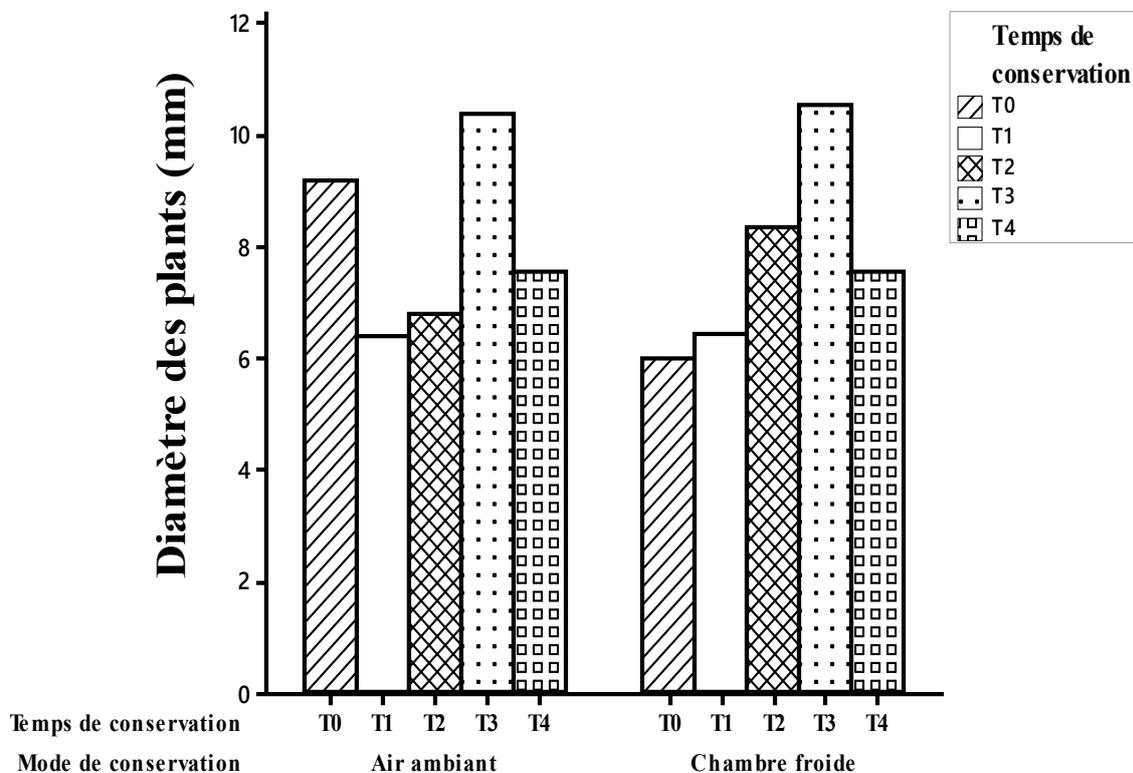


Figure 20: Diamètre des plants en fonction de l'interaction temps*mode de conservation des graines

III.1.4.2.5 Influence de l'interaction diamètre des graines*mode de conservation sur le diamètre des plants

L'analyse de la **figure 21** montre une variation hautement significative ($p=0,0258$) du diamètre des plants en fonction de l'interaction diamètre des graines*mode de conservation. Cependant, quelque soit le mode de conservation, les plants issus de graines dont le diamètre est $\leq 8,5$ mm présentent la meilleure croissance en diamètre avec (9,302 mm pour D1 à l'air ambiant contre 8,106 mm pour D1 en chambre froide).

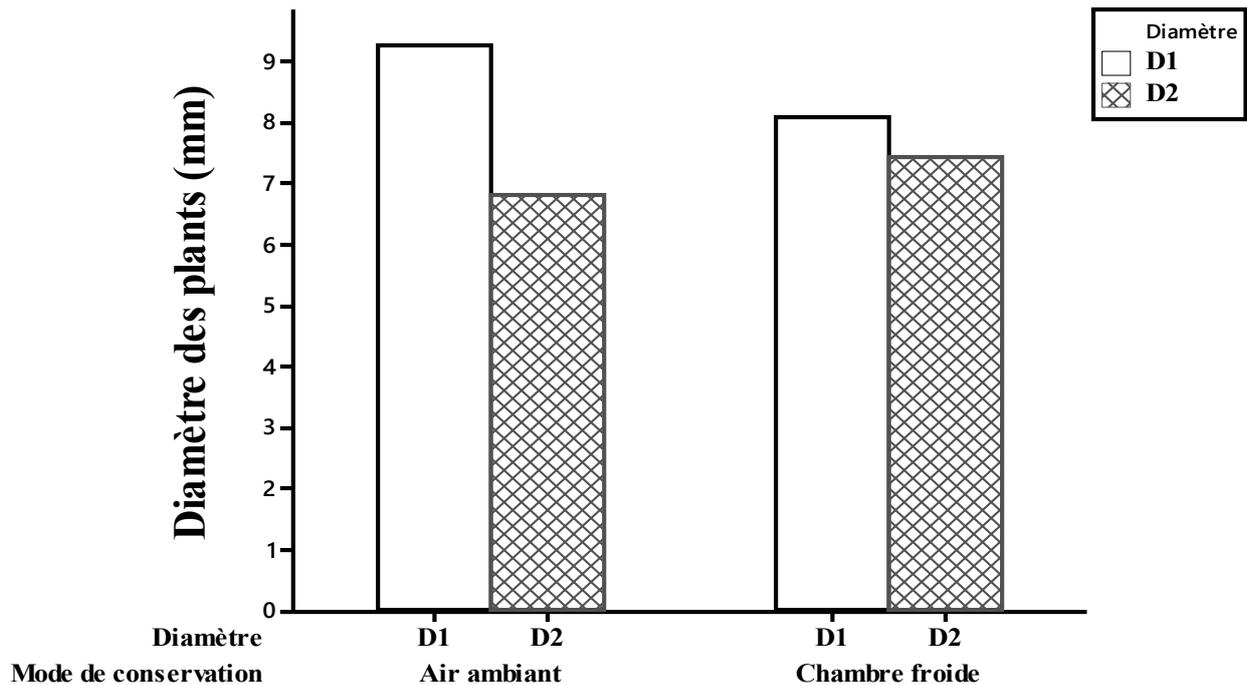


Figure 21: Diamètre des plants en fonction de l'interaction diamètre des graines*mode de conservation

III.1.4.3 Hauteur des plants

III.1.4.3.1 Influence de la conservation des graines sur la hauteur des plants

Les résultats de la **figure 22** montrent que la hauteur obtenue des plants à partir des graines conservées en chambre froide (22,38 cm) est supérieure à la hauteur obtenue des plants à partir des graines conservées à l'air ambiant (20,93 cm).

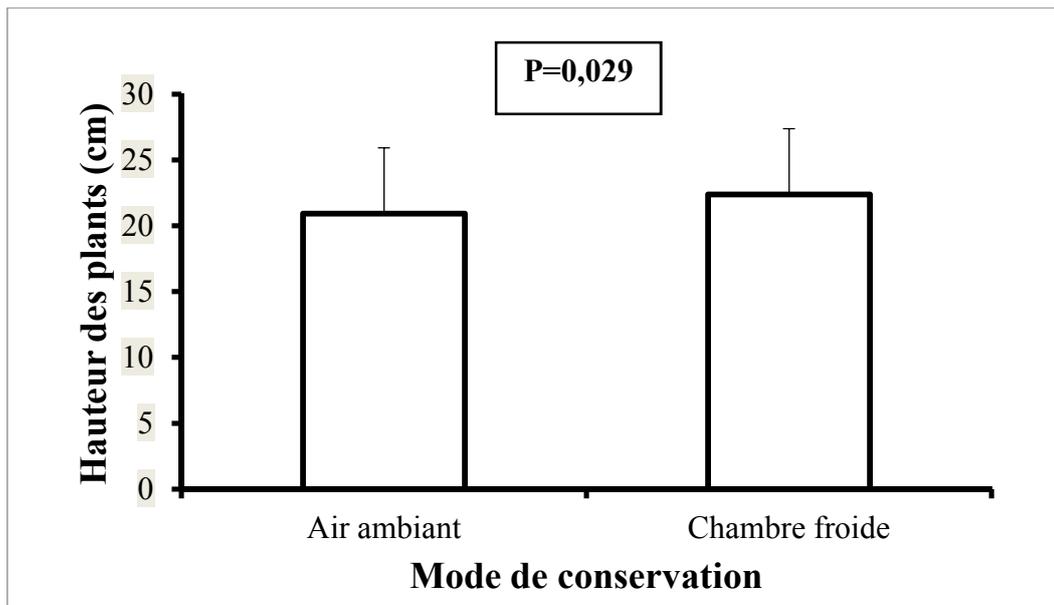


Figure 22 : Effet de la conservation sur la hauteur des plants

III.1.4.3.2 Influence de la durée de conservation des graines sur la hauteur des plants

Les résultats illustrés par la **figure 23** montrent que le temps de conservation a influé significativement sur la hauteur des plants ($p = 0,000$). Les plants issus de graines conservées pendant 45 jours avant semis (T3) ont enregistré les hauteurs les plus intéressantes avec 27,62 cm contre 16,29 cm pour les plants issus de graines nouvellement récoltées (T0 ou témoin).

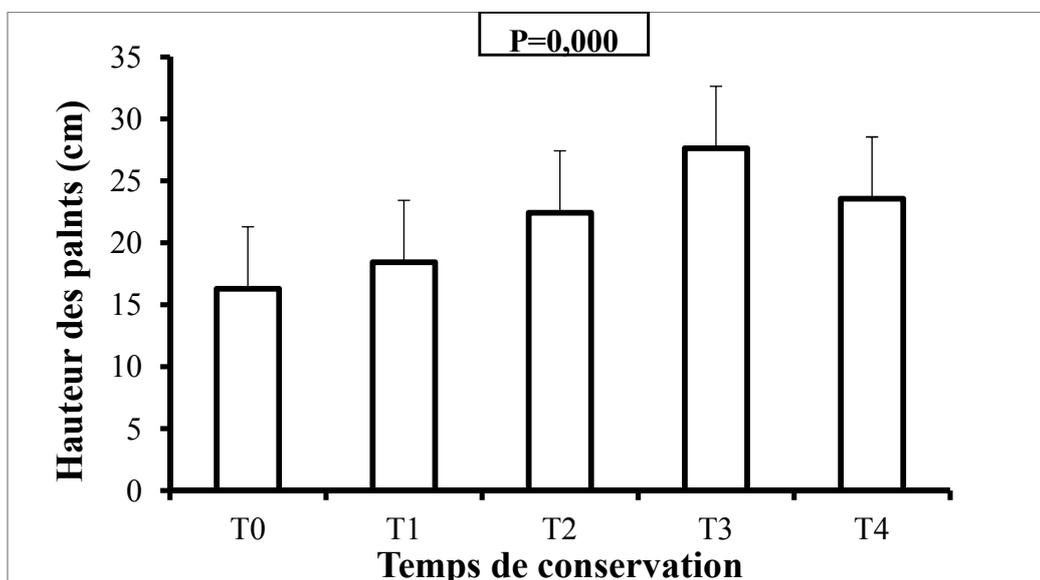


Figure 23: Effet de la durée de conservation des graines sur la hauteur des plants

III.1.4.3.3 Influence de l'interaction mode*temps de conservation des graines sur la hauteur des plants

L'analyse de la **figure 24** montre que la hauteur des plants varie de façon très significative (0,0003) suivant le mode et le temps de conservation des graines. La hauteur des plants suit une évolution exponentielle suivant le temps de conservation pour les deux modes de conservation. Ainsi les plants issus de graines conservées pendant 45 jours présentent les plus grandes hauteurs avec une dominance des plants issus de graines conservées en chambre froide (30,039 cm en chambre froide contre 26,081 cm à l'air ambiant). Contrairement aux plants issus de graines non conservées (T0) où les hauteurs sont plus faibles avec une légère dominance des graines conservées à l'air ambiant (17,162 cm à l'air ambiant contre 16,465 cm en chambre froide).

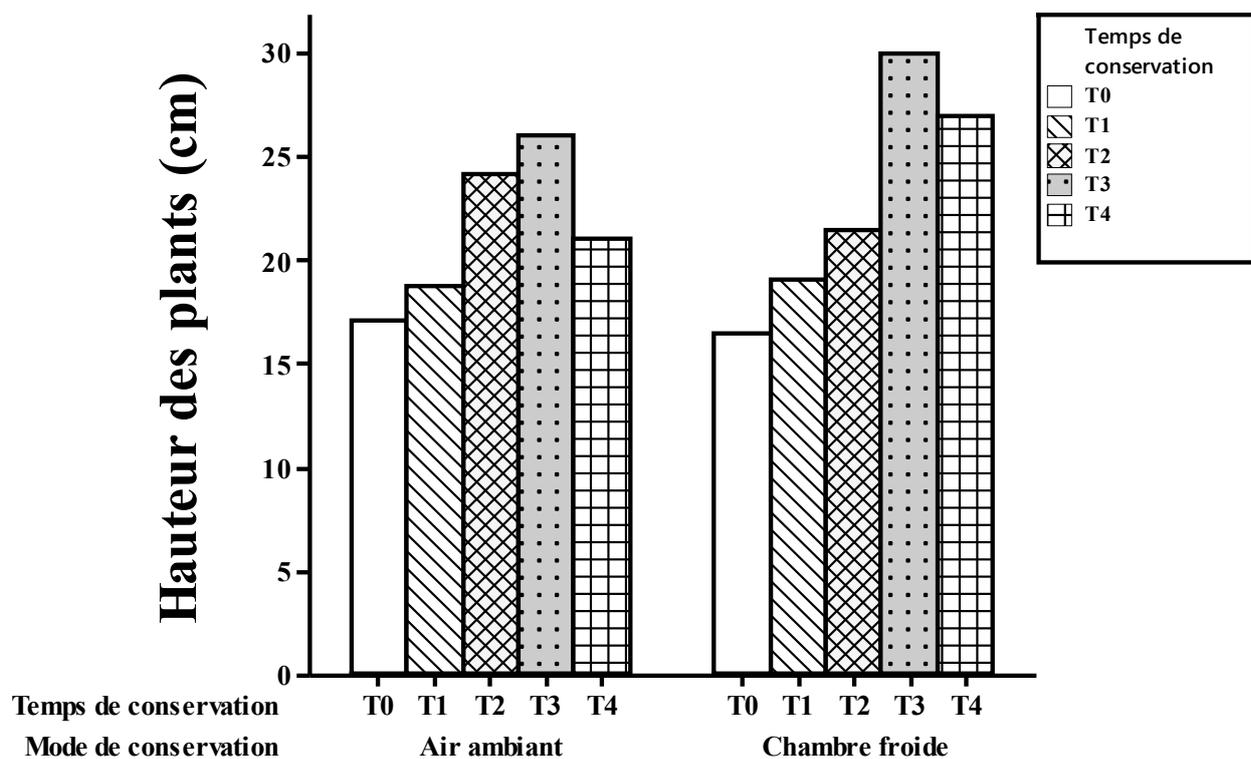


Figure 24: Hauteur des plants en fonction de l'interaction temps*mode de conservation des graines de *Jatropha*

III.1.4.3.4 Influence de l'interaction diamètre*temps de conservation des graines de *Jatropha* sur la hauteur des plants

Il ressort de l'analyse de la **figure 25** que la hauteur des plants a varié de façon significative suivant le diamètre des graines et le temps de conservation. Cependant la hauteur des plants issus de graines conservées pendant 45 jours (T3) est plus élevée avec une légère dominance des plants issus de graines de diamètre supérieur à 8,5 mm (28,151 cm pour les graines de diamètre D2 contre 27,970 cm pour les graines de diamètre D1). Par contre cette hauteur est plus faible chez les graines non conservées (T0) avec une dominance des plants issus de graines de diamètre $\leq 8,5$ mm (18,424 cm pour D1 contre 16,204 cm pour D2)

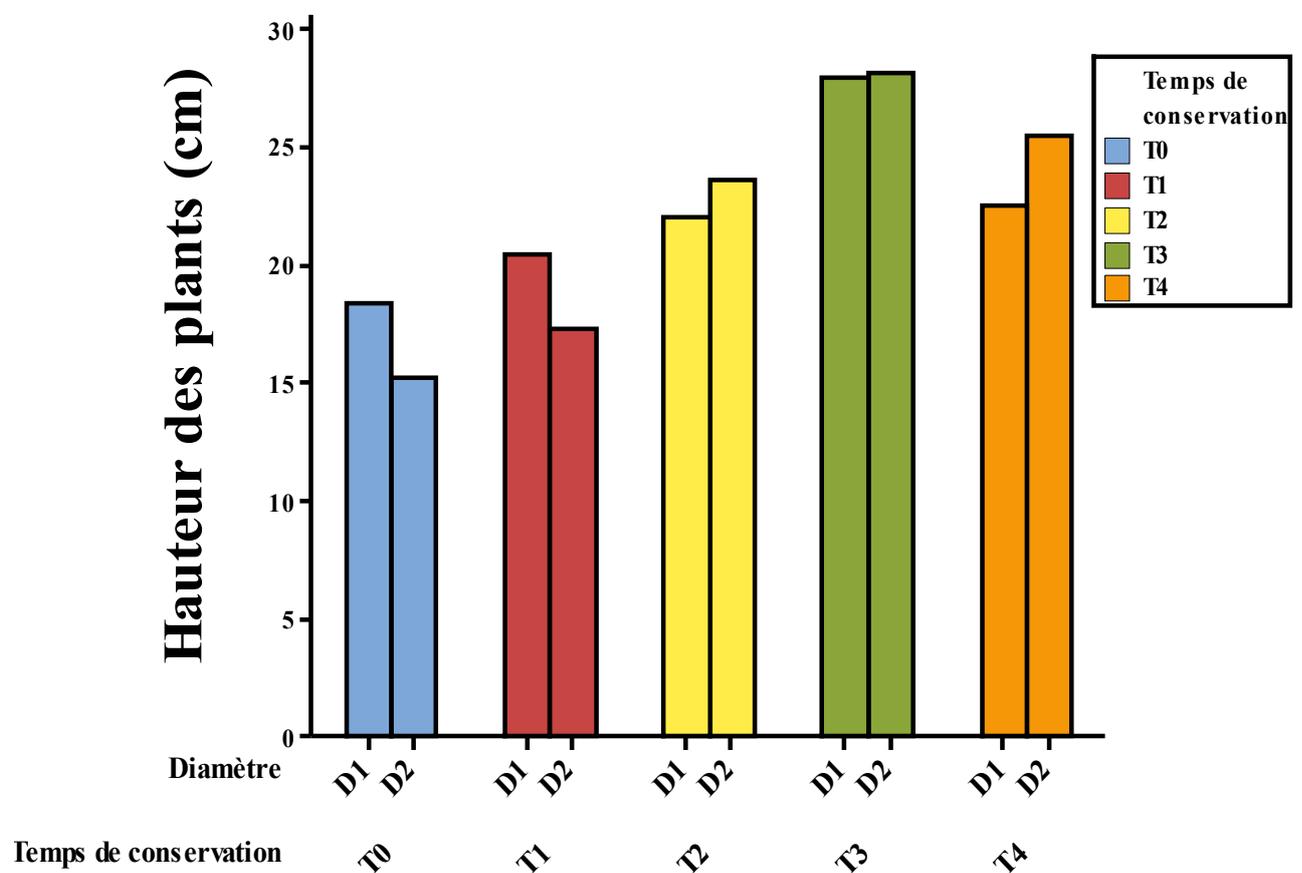


Figure 25: Hauteur des plants en fonction de l'interaction diamètre des graines*temps de conservation

III.1.4.3.5 Influence de l'interaction diamètre*prétraitement des graines sur la hauteur des plants

La **figure 26** montre l'influence significative ($p=0,0482$) de l'interaction diamètre*prétraitement des graines sur la hauteur des plants. Les graines non prétraitées ont

donné les plants ayant les plus grandes hauteurs avec une dominance des plants issus de graines de diamètre D1 (23,160 cm). Par contre au niveau des graines prétraitées, ceux sont les plants issus de graines de diamètre D2 qui prennent le dessus avec 22,373 cm de diamètre.

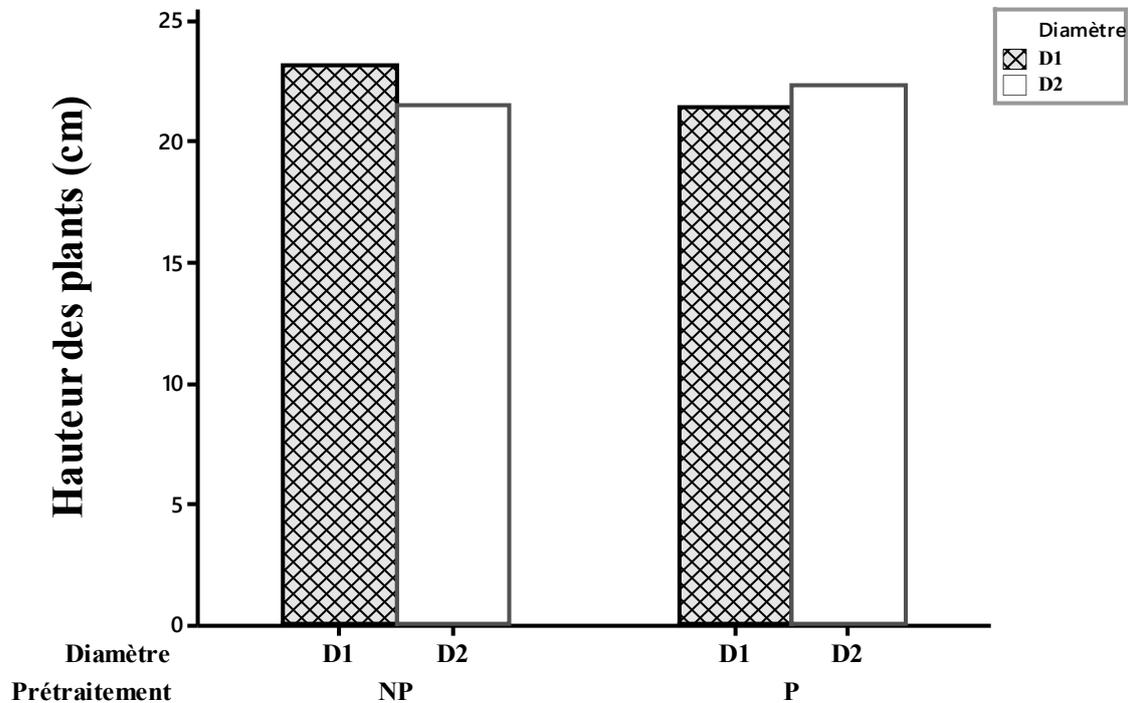


Figure 26: Hauteur des plants en fonction de l'interaction diamètre des graines*prétraitement

III 2. Discussion

III.2.1 Mode de conservation

Les semences d'Euphorbiacées, à l'exception de l'hévéa, sont classées parmi les semences dites orthodoxes (Ellis *et al.*, 1985 ; Heller, 1996) : elles subissent une forte déshydratation au cours de leur maturation et survivent parfaitement dans cet état. Elles sont capables de supporter une dessiccation extrême et une conservation au froid sous des températures pouvant aller jusqu'à -196 °C (permettant de les conserver par cryoconservation, seule technique disponible à l'heure actuelle qui permet d'assurer la conservation de ressources génétiques à long terme). A l'inverse des semences récalcitrantes, la conservation des semences orthodoxes ne pose généralement pas de problème important. Leur longévité est accrue par la réduction de leur teneur en eau et la conservation à basse température.

L'étude menée sur la levée de dormance des graines de *Jatropha curcas L.* en fonction de la durée et du mode de conservation entre dans le cadre de l'approfondissement de la connaissance sur la biologie de l'espèce pour une meilleure utilisation.

Notre étude a montré une influence significative du mode de conservation sur la hauteur et le nombre de feuilles des plants. Par contre il n'influe pas sur les traits de germination (taux, délai de germination) et de croissance (diamètre au collet). L'analyse des moyennes révèle des taux de germination de 88,66% pour les graines conservées à 4°C par rapport à 86,66% pour les graines conservées à l'air ambiant. Ces résultats sont similaires avec ceux du projet OPDAD et ADG (2012) qui avait obtenu un taux de 79,98% de germination sur *Jatropha curcas L.* Nos résultats corroborent aussi ceux de Samba *et al.* (2006), qui avait 86% de germination chez les graines de *Jatropha curcas L.* stockées à 4 ° C pendant 90 jours avant semis.

Le fort pouvoir germinatif des graines pourrait être expliqué par le fait qu'une température de stockage inférieur à 20°C permet de réduire la respiration et d'empêcher la détérioration rapide des graines (Domergue et Pirot, 2008 ; Diallo, 2013). Nos résultats confirment ceux de Danthu *et al.* (1992) qui avancent qu'à 25, 30 et 35°C, le pourcentage final de germination des graines de *Ziziphus mauritiana* varie entre 85 et 91% sans différence significative que les graines aient subi une prégermination ou non.

III.2.2 Durée de conservation

L'ANOVA a montré que la durée de conservation a influé très significativement sur le délai de germination et la croissance (diamètre, hauteur et nombre de feuille). Par contre elle n'a pas influé sur le taux de germination. Vu que *Jatropha* fait partie des semences orthodoxes, connu pour avoir supporté de forte déshydratation sur une longue durée de conservation des semences, l'espèce garde sa capacité germinative lui permettant d'accélérer la vitesse de germination. Muller et *al.* (1984) ont obtenu après 6 années de recherches sur l'amélioration du traitement des graines de *Cedrus atlantica M.*, les résultats suivants : le stockage des graines à l'intérieur des cônes à 4 °C, n'est retenu que si la durée de conservation ne dépasse pas 8 mois. Hors cône, l'aptitude germinative est satisfaisante, après 6 années et demi de conservation à condition que l'humidité des graines soit inférieure à 11 %. Ils rapportent aussi que la conservation à - 15 °C, s'effectue très mal quand la teneur en eau est supérieure à 11 % ; si les teneurs sont comprises entre 5,5 et 7 % les résultats sont très bons pendant 42 mois de conservation mais à partir de 8 %, la faculté germinative diminue graduellement pour atteindre 30 % en 42 mois. Sanogo et *al.* (2013) avaient avancé sur des graines de *Carapa procera* avant conservation, 85% de germination inférieur au nôtre (87,50%). Des taux de germination après un mois de conservation sur des semences de *Carapa procera* compris entre 30 et 50% inférieurs à ceux de notre étude (85,33%) ont été obtenus par Sanogo et *al.* (2013). Ces différences notées entre les résultats pourraient être du à la biologie de l'espèce.

III.2.3 Taille des graines

Notre étude révèle que le diamètre des graines a influé de façon significative sur la germination et la croissance en diamètre du *Jatropha curcas L.*

Les graines de diamètre D1 ($\leq 8,5$ mm) germent mieux en donnant un taux de germination de 93,66% contre 81,66% pour celles de diamètre D2 ($> 8,5$ mm) et le délai de germination le plus court (4,36 jours). Notre étude a montré une corrélation positive entre le délai de germination et le diamètre des graines. Nos résultats confirment ceux de Diouf (2013) qui avançait que les graines de *Jatropha curcas L.* de petit diamètre (0,5-0,8 cm) ont enregistré un taux de germination maximal de 20% contrairement aux graines de gros diamètre (1,1-1,3 cm) qui avaient 13% de germination en milieu salé. Les résultats corroborent ceux de Ly et *al.* (2015) qui ont avancé que les graines de *Jatropha curcas L.* de diamètre 11,41 mm présentent un taux de germination de 90%. En outre les résultats de notre étude infirment ceux de Ndiaye (2013) qui a montré sur des graines de *Gossypium hirsutum* de gros calibre (3,45 mm) en

milieu salé un taux de germination maximal de 17% contre 10% pour ceux de moyens et petits calibres (2,12 mm et 2,26 mm).

Contrairement à plusieurs auteurs cités par Samb (2015), un effet significatif de la taille des graines sur le taux de germination de trois espèces : *Cleome viscosa* L., *Digera muricata* Forrsk et *Ipomoea sindica* Stapf a été signalé par Aziz et Shaukat (2010). Selon ces auteurs, les graines de grande taille avaient des taux de germination significativement plus importants que celles de moyenne ou de petite taille. Des résultats similaires ont été obtenus avec des graines de *Andropogon gerardii* (Aiken et Springuer, 1995), *Acacia nilotica* (Shaukat et al., 1999), des provenances de *J. curcas* (Ghosh et Singh, 2011 ; Ly et al., 2014). Ahirwar (2012) a obtenu avec des graines de *Alangium lamarckii* des taux de germination de 76%, 74%, et 59% respectivement avec des graines de grande, moyenne et petite taille. Ce qui est totalement opposé aux résultats obtenus lors de nos essais.

Cette dominance des graines de diamètre inférieur ou égale à 8,5mm pourrait être justifiée par le fait que les semences de *Jatropha curcas* L. sont composées par 30% d'huile et 70% d'eau. Cette huile contient une forte teneur en lipides et en protéines qui prolonge la capacité germinative des graines. En plus les graines de petite taille sont plus denses et contiennent plus d'huile que celles de grosse taille. Elles ont une meilleure chance d'être enterrées au sol ce qui leurs permettent de germer plus rapidement que les graines de grosses tailles. Dans cette même lancée, la profondeur de semis utilisée (2cm) peut expliquer le court délai de germination car dans le cas d'un semis superficiel, la semence utilise moins d'énergie pour sortir de terre.

III.2.4 Prétraitement des semences pour lever la dormance

La germination des graines de plusieurs espèces est extrêmement lente, même dans des conditions de milieu favorables. Il faut alors leur faire subir un traitement spécial destiné à accélérer la germination. Les principales causes de la dormance des graines sont: l'imperméabilité à l'eau et à l'oxygène des téguments de la graine; la dormance de l'embryon. Chez quelques espèces la cause est double: dormance exogène et dormance endogène.

Nos résultats ont montré que le prétraitement à l'eau pendant 24h a un effet très significatif sur la germination (délai et taux) et le diamètre des plants. Par ailleurs, les graines non trempées ont enregistré les meilleurs résultats sur le taux de germination, la hauteur, le

diamètre et sur le nombre de feuilles. Ces résultats ne mettent pas en évidence le rôle primordial de l'eau sur la levée de l'inhibition tégumentaire.

Nos résultats confirment ceux de Domergue et Pirot (2008) qui avaient déjà démontré qu'il n'est pas nécessaire de tremper la semence de *Jatropha curcas L.* dans l'eau avant semis. De plus, Danthu et al. (1992) ainsi que Sanogo et al. (2013) affirment que les semences respectivement de *Zizyphus mauritiana* et de *Carapa procera* ne nécessitent aucun prétraitement avant semis pour germer. Par contre Soster (1955) indique que le traitement à grande échelle dans une solution à 2% de soude caustique de quelques minutes à plusieurs heures suivant les espèces, a donné satisfaction pour les graines de certaines légumineuses. Le prétraitement à l'eau de robinet pendant 24h a cependant enregistré lors de nos essais 84,33% de germination.

Des résultats supérieurs ont été obtenus par Konaté (1987) avec 92% de germination sur des graines d'*Acacia senegal* trempées dans l'eau avant semis. Un pourcentage de germination observé six jours après levée, variant entre 83,5 et 91,5% similaire au nôtre a été obtenu par Massala (1997) sur des semences de niébé traitées au *Parachyihizus erosus*. De plus ce même auteur avait trouvé un taux de germination similaire au nôtre compris entre 84 et 90% sur des graines de niébé traitées avec quatre huiles végétales (*Azadirachta indica*, *Arachis hypogea*, *Balanites aegyptiaca* et *Parinari macrophylla*). Les taux de germination les plus élevés soit 62,66% pour des graines trempées à l'eau chaude, 51,33% pour des graines trempées à l'eau ordinaire et 50,66% pour des graines semées sans trempage ont été obtenu par Maamar Kouadri (2003) sur des semences de *Argania spinosa*.

Samb (2015) avait signalé qu'avec le prétraitement à l'acide sulfurique pendant 10 mn sur cinq provenances de *Tamarindus indica*, il y'avait un taux de germination de 35%. Wahbi et al. (2010) avaient avancé des taux de germination de 80,67%, 73,00%, 16,33% respectivement pour des graines traitées à l'acide sulfurique, scarification mécanique et eau bouillante. Les taux de germination enregistrés pour *Carapa procera* en pépinière sont très élevés et se situent entre 80 et 89 % pour les graines entières et entre 62 et 78 % pour les graines sectionnées contrairement aux graines décortiquées où la germination est intermédiaire (Sanogo et al., 2013). Ils avancent dans cette même lancée que ces deux derniers prétraitements (section et décorticage) n'améliorent donc pas la germination des graines de *Carapa procera*. Par contre, ils raccourcissent le délai de germination respectivement à 13 et 15 jours par rapport à celui observé pour les graines entières (3 à 4

semaines). Ce qui concorde nos résultats sur le délai de germination qui est plus court chez les graines prétraitées (4,38 jours) que non prétraitées (4,55 jours) avant semis.

Une forte croissance en hauteur et diamètre au collet des plants issus des graines entières (non prétraitées) à trois mois après semis contrairement aux plants issus des graines sectionnées (prétraitées) a été avancé par Sanogo et *al.* (2013) ; ce qui confirme nos résultats qui montrent que les plants issus des graines non trempées ont la plus grande croissance en hauteur, en diamètre au collet et le plus grand nombre de feuilles.

Malgré qu'une partie des graines de nos essais n'ait pas été traitées à l'eau avant semis, le taux de germination final pour ce cas est de 91%. Ces résultats corroborent ceux de Konate (1987) qui avait obtenu sur des semences d'*Acacia senegal* trempées et non trempées dans l'eau 92% de germination. Hessou et *al.* (2009) avaient enregistré sur des graines de *Caesalpinia bonduc (L.)* quel que soit le traitement des semences, un taux moyen de germination minimal compris entre 40 et 50%. Dans cette même optique, ils avancent que les graines non traitées mettent plus de temps à germer que celles débarrassées de leur péricarpe : ce qui confirme nos résultats.

Ces taux élevés constatés tant sur les graines trempées que sur les graines non trempées pourraient être expliqués par la fraîcheur des semences car elles étaient nouvellement récoltées en mars 2016. Selon des études, *Jatropha curcas L.* fait partie des graines orthodoxes connues pour leur capacité à maintenir un bon potentiel de germination sur de très longues années. En plus, chez les graines trempées à l'eau avant semis, au moment du prétraitement (entre Mai et Juillet 2016), la variabilité de la température qui augmentait le jour et diminuait la nuit, ajouté au taux d'humidité important provoque la fissuration des téguments (levée de l'inhibition tégumentaire) ce qui favorise l'infiltration de l'eau à l'intérieur de la graine d'où oxygénation et par conséquent déclenche le processus de germination (COME, 1970). Le court délai de germination des graines trempées pourrait être du au fait que durant le prétraitement, celles-ci gonflent (engorgement en eau) et après le semis elles percent les téguments et germent en premier. Par contre leurs survies dépendent des réserves nutritives disponibles. En effet, l'eau casse l'effet inhibiteur des téguments et lève la dormance d'embryon et par conséquent augmente le taux de germination dans une courte durée ce qui confirme nos résultats.

Conclusion et Perspectives

L'objectif général de cette présente étude était de contribuer à la connaissance de la biologie de *Jatropha curcas L.* pour une meilleure utilisation.

Cependant, pour l'atteinte de nos objectifs la méthodologie suivante a été adoptée. Après les travaux préliminaires de laboratoire marqués par le décorticage des fruits, le calibrage, le prétraitement et la conservation des graines, la mise en œuvre sur le terrain a commencé avec l'installation du dispositif en Split split split plot. Ce dispositif comprend quatre facteurs hiérarchisés avec différents niveaux.

Les résultats obtenus sur la germination et la croissance du *Jatropha curcas L.* en fonction de ces différents facteurs étudiés nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- La conservation en chambre froide (4 °C) est la plus favorable pour le taux de germination et la croissance en hauteur des plants alors que la conservation à l'air ambiant (25,14°C) est la plus propice pour avoir un délai de germination plus court, une croissance en diamètre et en nombre de feuilles des plants plus élevés. L'hypothèse H1 est rejetée alors que l'hypothèse H5 est vérifiée ;
- La capacité germinative des graines a vu une réduction suivant la durée de conservation. Plus le temps de conservation est long, plus le taux de germination diminue mais au contraire le délai de germination devient plus court. L'hypothèse H2 est ainsi confirmée ;
- En ce qui concerne la taille, les graines de diamètre inférieur ou égal à 8,50 mm ont enregistré les meilleures données sur la germination et sur la croissance des plants. L'hypothèse H3 est vérifiée ;
- Le prétraitement à l'eau s'avère plus adéquat pour l'amélioration de la vitesse de germination. Par contre les graines non trempées permettent d'obtenir les meilleurs résultats sur le taux de germination et la croissance en diamètre, hauteur et pour le nombre de feuilles des plants. L'hypothèse H4 est vérifiée.

A travers les résultats obtenus nous pouvons dire que les hypothèses de recherche H2, H3, H4 et H5 ont été vérifiées et les objectifs sont atteints. Par contre l'hypothèse H1 est rejetée

Vu l'importance des résultats dont révèlent l'étude, il serait intéressant pour l'approfondissement de cette dernière :

- ✓ De reprendre l'essai en utilisant des graines avec plusieurs classes de taille;
- ✓ D'étudier les autres types de prétraitement pour mieux lever la dormance des graines de *Jatropha curcas L.* ;

- ✓ D'étudier la capacité germinative de *Jatropha curcas L.* sur des graines conservées avec différentes gammes de températures;
- ✓ Poursuivre l'étude jusqu'à la production de fruit pour voir les différents rendements en fonction des facteurs étudiés.

Bibliographie

- Achten W.M.J., Verchot L., Franken Y.J., Mathijs E., Singh V.P., Aerts R., Muys B., 2008.-*Jatropha* biodiesel production and use. *Biomass and Bioenergy*, 32(12), 1063-1084.
- Ahirwar J. R., 2012.-Effect of seed size and weight on seed germination of *Alangium lamarckii*, Akola, India. *Research Journal of Recent Sciences* Vol. 1(ISC-2011), 320-322.
- Aiken GE. and Springer TL., 1995.-Seed size distribution, germination, and emergence of 6 switchgrass cultivars. *Journal of Range Management*, 48 : 455-458p.
- Aponte CH., 1978.-Estudio de *Jatropha curcas L.* como recurso biotico. Diploma thesis. Xalapa-Enriquez, University Veracruz, Mexico.
- Aziz S. and Shaukat SS., 2010.-Effect of seed mass variations on the germination and survival of three desert annuals. *Pakistan Journal of Botany*, 42(4): 2813-2825.
- Bayarassou Z., 2011.- Effet du stress salin sur la germination de l'*Atriplex canescens* et de l'*Atriplex halimus*, 49p.
- Come, D., Engelmann, F., 1989.-L'utilisation à froid pour la conservation à long terme des organes végétaux. Fonds documentaire ORSTOM, Montpellier, pp 319-323.
- Côme D., 1970.-Les obstacles à la germination. Ed. Masson et Cie, Paris, 162p.
- Conliffe A, Kulovesi K., 2008.-Renewable Energy in Africa Bulletin. Volume 149 number 1. Winnipeg, Canada : International Institute for Sustainable Development (IISD)
- Cuhna Da Silveira, J., 1934.-Contribution à l'étude du pourghère aux îles du Cap Vert. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, vol.6:n°1: pp.116-126.
- Danthu, P., Gaye, A., Roussel, J., Sarr, A., 1992.-Quelques aspects de la germination des semences de *Ziziphus mauritiana Lam.*, ISRA, Dakar, Sénégal, pp 192-197.
- Diallo P., 2013.-Analyse des systèmes d'exploitation de la culture du *Jatropha curcas* en milieu paysan : le cas du département de Foundioune. Caractérisation et typologie des exploitations de *Jatropha curcas*. Mémoire de fin d'études Economie et Gestion de l'Environnement et du Développement Durable, Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), 46p.
- Diop N.B., 2015.-Analyse des facteurs affectant l'adoption de *Jatropha curcas L.* dans les exploitations agricoles des écovillages. Mémoire d'Ingénieur des Travaux, spécialité : Productions Forestières, ISFAR, Université de Thiès, Sénégal, 39p.

- Diouf Y.K., 2013.-Analyse des effets de la salinité sur la germination des graines de *Jatropha curcas* L. Mémoire d'Ingénieur des Travaux, spécialité : Productions Forestières, ISFAR, Université de Thiès, Sénégal, 40p.
- Domergue M. et Pirot R., 2008.-*Jatropha curcas* L., Rapport de synthèse bibliographique. CIRAD, Agrogénération, Montpellier, 118 p.
- Ellis, R.H., Hong, T.D. et Roberts, E.H., 1985.-Handbook of Seed Technology for Genebanks. Volume 1. Principles and methodology. Rome, Italie.: IBPGR.
- Gandonou Ch. B., Houmba N. R., Ahoton L. E., Desquilbet S., Fakambi K., Datinon B., Marshall E., 2012.- Evaluation de la levée et de la croissance chez douze accessions de pourghère (*Jatropha curcas* L.) au Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), 72 :12-18p.
- Ghnimi W., 2015.- Etude phytochimique des extraits de deux Euphorbiacées: *Ricinus communis* et *Jatropha curcas*. Evaluation de leur propriété anti-oxydante et de leur action inhibitrice sur l'activité de l'acétylcholinestérase. Thèse de doctorat, 190 p.
- Ghosh L., Singh L., 2011.-Variation in seed and seedling characters of *Jatropha curcas* L with varying zones and provenances. Trop Ecol 52: 113-122.
- Gübitz GM, Mittelbach M and Trabi M,. 1999.-Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. Biores. Technol. 67: 73-82.
- Heller J., 1996.-Physic nut *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 1. In Institute of Plant Genetic and 48 Crop Plant Research (IPR), Gatersleben, Germany, and International Plant Genetic Resource Institute, Rome, Italy, 88p.
- Henning R.K., 2004.-"The *Jatropha* System" – Economy & Dissemination Strategy. Bonn, Allemagne, Bagani, 10p.
- Henning R.K., 2007.-Fiche descriptive de *Jatropha curcas* L., Protabase. Disponible sur : <http://database.prota.org/recherche.htm>.
- Henning R. et K. Von Mitzlaff.-1995. Production et utilisation de Poughère comme carburant et des matières premières pour la production locale de savon dans le Sahel. Pp. 137-151. Dans les matières premières renouvelables à partir des régions tropicales et subtropicales des tropiques, 22 Witzenhäuser Hochschulwoche (R. Krause et C. Schellert, eds.) Les Agriculteurs tropicaux, Supplément n 53.
- Hessou C., Kakai R.G., Assogbadjio A.E, Odjio T. et Sinsin B., 2009.-Test de germination des graines de *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb au Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 3(2): 310-317. Disponible sur : <http://indexmedicus.afro.who.int>

- ISRA-BAME., 2012.- Impact de l'introduction des biocarburants au Sénégal : Évaluation du coût d'opportunité de *Jatropha curcas L.* pour les producteurs dans le Bassin arachidier, Dakar, Sénégal, 22p.
- ISRA., 2010.-Rapport annuel, Dakar, Sénégal, 20p.
- Joker, D. et Jepsen, J., 2003.-*Jatropha curcas L.* Seed Dépliant, No 83 Centre de semences Août Danida Forest. Danemark, 81-108.
- Juillet A., Susplusglas J. and Courp J., 1955.-Les oléagineux et leurs tourteaux. Botanique - caractères – préparations - emplois. Editions Paul Le chevalier, Paris, 640 p.
- Konaté, K., 1987.-Etude de l'influence de la température et de la lumière sur la germination des graines de *Ziziphus mauritiana* et de *Jatropha curcas*. Etude des prétraitements à appliquer pour la germination des graines d'*Acacia senegal*, *Bauhinia rufescens* et de *Prosopis juliflora*. Mémoire de fin d'études, 81p.
- Latapie, R., 2007.-La culture de Pourghère: une activité génératrice de revenus qui permet de faire face aux enjeux énergétiques du Mali. Le cas du projet Garalo Bagani Yelen. Mémoire de fin d'étude de Master, 107 p.
- Lutz, A., 1992.-Vegetable oil as fuel. An environmentally and socially compatible concept for Mali. gate 4/92:38-46.
- Ly, MO ; Diouf, M ; Kumar, D ; Diop, T., 2015.- Traits morphologiques des graines et vigueur des jeunes plants de deux provenances de *Jatropha curcas L.* au Sénégal. Journal of Applied Biosciences 88:8249– 8255p.
- Maamar KK., 2003.-Etude de la germination des graines d'*Argania spinosa* traitées à l'eau chaude et l'eau froide semées en pépinière. Rapport scientifique station INRF Ténès, Pp 8-13.
- Maouna A.G., 2013.- L'insertion du *Jatropha* dans les systèmes de production paysans de la région du centre nord du Burkina Faso : commune rurale de Barsalogo. Mémoire de Master Agronomie et Agro-alimentaire, Sup Agro, Montpellier, France, 100p.
- Massala E., 1997.-Impact de la pression d'infestation des bruches (*Cailosobruchus maculatus* F. et *Caryedon serratus* OI.) sur le potentiel germinatif des graines de niébé et d'arachide : efficacité de substances d'origine végétale pour la protection des semences. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux Agricoles, ISFAR, Université de THIES, 55p.

- Moreira, I., 1970.-Bagaços de purgueira e de ricino. Ensaio sobre a sua fitotoxicidade e valor fertilizante. An. Inst. Super. Agron. (Portugal) 31:191-222p.
- Muller, C., Laroppe, E. et Bonnet-massimbert, M., 1984.-Pour une amélioration du traitement des graines de cèdre (*Cedrus atlantica*). INRA, station d'amélioration des arbres forestiers, Champenoux, 23p.
- Munch, E., Kiefer J., 1986.-Le Pourghère *Jatropha curcas L.*, Botanique, écologie, culture (1ère partie), produits de récolte, filières de valorisations, réflexions économique (2ème partie). Mémoire de Fins d'études, Université de Stuttgart – Hohenheim, 276 p.
- Nacro S. et Lengkeek, 2011.-Manuel de formation des producteurs à travers les champs écoles pour pourghère (*Jatropha curcas L.*). Mali-biocarburant S.A. Mali, 101 p.
- Ndiaye, 2013.-Effet du stress salin sur la germination des graines de *Gossypium hirsutum L.* Mémoire d'Ingénieur des Travaux des Eaux et Forêts, ISFAR, Université de THIES, 35p.
- Nguema Ndoutoumou P., Bouanga E.B., Massounga Y.C., et Boussiengui BG., 2013.- Étude comparée de trois méthodes de multiplication de *Jatropha curcas L.* dans les conditions climatiques du sud-est du Gabon. Journal of Applied Biosciences 65:4989 – 4998, Laboratoire de Phytotechnologie et de Biotechnologies végétales, Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB), Université des Sciences et Techniques de Masuku, Franceville (Gabon), 10p.
- OPDAD et ADG., 2012.- Intérêt de mettre en place une filière courte basée sur la culture de *Jatropha* (*Jatropha curcas L.*) dans la communauté rurale de Dialacoto. Projet de validation du système *Jatropha* en milieu rural sénégalais, Dialacoto, Sénégal, 138p.
- PEED., 2010.- Agro-environnementale du potentiel de production de biocarburants au Sénégal, 80 p.
- Samb C O., 2015.-Etude de la levée de dormance et de la germination de cinq provenances de *Tamarindus indica L.* en conditions de stress hydrique au Sénégal. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en Foresterie et Environnement pour une Gestion Durable des Ressources Naturelles, ENSA, Université de Thiès, 26p.

- Shaukat S.S., Siddiqui S.S., Seemi A., 1999.-Seed size variation and its effects on germination, growth and seedling survival in *Acacia nilotica* Subsp. *indica* (Benth) (Brenan). *Pakistan Journal of Botany* 1999; 31(2):253-263p.
- Sanogo S., Sacandé M., Van Damme P. et Ndiaye M., 2013.- «Caractérisation, germination et conservation des graines de *Carapa procera* DC. (Meliaceae), une espèce utile en santé humaine et animale», *Base* [En ligne], numéro 2, Volume 17, URL : <http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=9877>.
- Sirisomboon P., 2007.-Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* L. fruits, nuts and kernels. *Biosystems Engineering*, 97(2), 201-207p.
- Solomon Raju A. and Ezradanam V., 2002.-Pollination ecology and fruiting behaviour in amono ecious species *Jatropha*. *Current Science*, 83(11).
- Sucher, H., 1999.-Projet de biomasse - guide technique pour température croissante (*Jatropha curcas* L.). Coopération technique de la République d'Autriche avec la République du Nicaragua.
- Vohringer., 1987.-Certificat d'examen pour l'alimentation. Agricole Investigation and Research Institute, Bonn, Allemagne.
- Wahbi J., Lamia H., Naoufel S., Mohamed L.K., 2010.- Étude de la germination des graines d'Acacia tortilis sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnol. Agron. Soc.* 14(4), 643-652p.
- Wahl N, Jamnadass R, Baur H, Munster C and Iiyama M., 2009.-Economic viability of *Jatropha curcas* L. plantations in Northern Tanzania – Assessing farmers' prospects via cost-benefit analysis. ICRAF Working Paper no. 97. Nairobi. World Agroforestry Centre, 71p.
- Wilbur R.L., 1954.-A synopsis of *Jatropha*, subsection *Eucurcas*, with the description of two new species from Mexico. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 70: 92-101p.

Webographie

- [1memzGeKS7CB3ECNkzSn2qHwxU6NZoJ8o](#) : consulté le 01 Avril 2016 ;
- <http://www.fao.org/docrep/a3200f/a3200f05.htm> : consulté le 01 Avril 2016;
- <http://intranet.isra.sn/greenstone/cgi-bin/library.cgi?e=d-01000-00---off-0publi--00-1--0-10-0---0---0direct-10-EP--4-----0-11--11-fr-50---20-about-jatropha+curcas%3a+multiplicatin+generative--00-3-1-00-0--4--0--0-0-11-10-0utfZz-8-00&a=d&c=publi&cl=CL1.5&d=HASH019dfb3260112b52f7f22a45> : consulté le 01 Avril 2016 ;

- ✚ <http://www.meteofrance.com/climat/monde/dakar/0061641>: consulté le 03 Août 2016 ;
- ✚ <http://www.au-senegal.com/le-climat-et-la-meteo,046.html>: consulté le 03 Août 2016.

Table des matières

🌀 <i>Dédicaces</i>	i
Avant propos	ii
Remerciements	iii
Résumé	v
Abstract	vi
Liste des sigles et acronymes	vii
Liste des tableaux	viii
Liste des figures	viii
Introduction	1
Chapitre I : Généralités.....	3
I.1 Origine géographique.....	3
I.2 Taxonomie et diversité génétique	3
I.3. Caractéristiques botaniques.....	4
I.4. Caractéristiques agronomiques de <i>Jatropha curcas L.</i>	5
I.5 Utilisation de <i>Jatropha</i>	6
I.6 Dormance des graines	7
Chapitre II : Matériel et méthodes.....	8
II.1. Présentation du site	8
II.2. Méthodologie :.....	9
II.2.1 La recherche documentaire.....	9
II.2.2 Collecte des fruits de <i>Jatropha curcas L.</i>	9
II.2.3 Calibrage des graines de <i>Jatropha curcas L.</i>	9
II.2.4 Mode de conservation des graines de <i>Jatropha curcas L.</i>	10
II.2.5. Prétraitement des graines.....	10
II.2.6 Protocole expérimental	11
II.2.7 Analyse des données :.....	13
Chapitre III : Résultats et Discussion	14
III 1. Résultats	14
III.1.1 Analyse de variance des facteurs et interactions sur les variables étudiées	14
III.1.2 Corrélations entre les variables	14
III.1.3 Germination.....	15
III.1.3.1 Taux de germination.....	15
III.1.3.2 Délai de germination	17

III.1.3.3 Influence de la conservation sur la cinétique de germination	20
III.1.3.4 Influence de la durée de conservation sur la cinétique de germination.....	21
III.1.3.5 Influence du diamètre des graines sur la cinétique de germination.....	22
III.1.3.6 Influence du prétraitement sur la cinétique de germination	23
III.1.4 Croissance	23
III.1.4.1 Nombre de feuilles	23
III.1.4.2 Diamètre des plants	25
III.1.4.3 Hauteur des plants	28
III 2. Discussion	33
III.2.1 Mode de conservation	33
III.2.2 Durée de conservation.....	34
III.2.3 Taille des graines.....	34
III.2.4 Prétraitement des semences pour lever la dormance	35
Conclusion et Perspectives.....	38
Bibliographie.....	40
Annexes.....	x
Annexe 1 : présentation de la structure d'accueil.....	x
Annexe 2 : Fiche de relevé des paramètres de croissance.....	xi
Annexe 3 : Fiche de relevé journalier de la germination.....	xiv
Annexe 4 : résultats statistiques de l'ANOVA.....	xv

Annexes

Annexe 1 : présentation de la structure d'accueil

Le CNRF un centre Agronomique rattaché à l'ISRA est situé dans la région de Dakar à hauteur du parc Zoologique de Hann sur la route des Pères Maristes. Ce centre travaille sur deux programmes de recherche dont le premier est l'aménagement durable des écosystèmes forestiers et agroforestiers et le second l'amélioration et la valorisation des produits forestiers.

Concernant le premier programme, il est subdivisé en quatre thèmes :

- Evaluation de la gestion des formations forestières ;
- Ethique et gestion des écosystèmes agroforestiers ;
- Réhabilitation des terres dégradées ;
- Gestion de la biodiversité et changements climatiques.

Pour le deuxième programme s'intéressant à l'amélioration et la valorisation des produits forestiers, les activités se tournent au niveau de trois thèmes à savoir :

- Etude des filières de produits forestiers ;
- Amélioration des produits ligneux et non ligneux ;
- Technologie et physiologie des semences.

Les deux programmes et sept thèmes ont pour objectifs de :

- Contribuer à la gestion durable des écosystèmes forestiers et agroforestiers,
- Promouvoir la formation des acteurs par la recherche pour une meilleure appropriation des acquis ;
- Assurer une veille scientifique pour plus de proactivité.

Missions

Le CNRF, conformément aux orientations définies par l'Etat et consignées dans divers documents stratégiques (DSRP, LOASP, NPF), a pour missions principales :

- De contribuer à générer des connaissances, des techniques et des technologies;
- D'apporter un appui et prodiguer des conseils, sur la base des résultats obtenus, aux différents partenaires intervenant dans le domaine du développement rural en général et du développement forestier en particulier.

Annexe 4 : résultats statistiques de l'ANOVA

Statistix 8.1
11:35:25..

26/08/2016,

Analysis of Variance Table for nbre

Source	DF	SS	MS	F	P
N	2	182.87	91.4333		
Mode	1	28.03	28.0333	4.04	0.0473
Temps	4	137.97	34.4917	4.97	0.0011
Pr	1	6.53	6.5333	0.94	0.3345
Diam	1	0.30	0.3000	0.04	0.8358
Mode*Temps	4	29.97	7.4917	1.08	0.3713
Mode*Pr	1	0.03	0.0333	0.00	0.9449
Mode*Diam	1	0.13	0.1333	0.02	0.8901
Temps*Pr	4	17.47	4.3667	0.63	0.6430
Temps*Diam	4	17.03	4.2583	0.61	0.6540
Pr*Diam	1	1.63	1.6333	0.24	0.6288
Error	95	659.50	6.9421		
Total	119	1081.47			

Grand Mean 4.4333 CV 59.43

Analysis of Variance Table for Taux

Source	DF	SS	MS	F	P
N	2	1846.7	923.33		
Mode	1	120.0	120.00	0.55	0.4610
Temps	4	1546.7	386.67	1.77	0.1422
Pr	1	1333.3	1333.33	6.09	0.0154
Diam	1	4320.0	4320.00	19.72	0.0000
Mode*Temps	4	280.0	70.00	0.32	0.8642
Mode*Pr	1	213.3	213.33	0.97	0.3262
Mode*Diam	1	480.0	480.00	2.19	0.1421
Temps*Pr	4	1933.3	483.33	2.21	0.0740
Temps*Diam	4	2613.3	653.33	2.98	0.0228
Pr*Diam	1	653.3	653.33	2.98	0.0874
Error	95	20806.7	219.02		
Total	119	36146.7			

Grand Mean 87.667 CV 16.88

Analysis of Variance Table for Miametre

Source	DF	SS	MS	F	P
N	2	62.22	31.1083		
Mode	1	2.41	2.4083	0.40	0.5295
Temps	4	220.17	55.0417	9.10	0.0000
Pr	1	35.21	35.2083	5.82	0.0177
Diam	1	69.01	69.0083	11.41	0.0011
Mode*Temps	4	74.80	18.7000	3.09	0.0193
Mode*Pr	1	12.68	12.6750	2.10	0.1509
Mode*Diam	1	31.01	31.0083	5.13	0.0258
Temps*Pr	4	28.50	7.1250	1.18	0.3253
Temps*Diam	4	30.37	7.5917	1.26	0.2929
Pr*Diam	1	9.07	9.0750	1.50	0.2235
Error	95	574.36	6.0459		
Total	119	1149.79			

Grand Mean 7.4583 CV 32.97

Analysis of Variance Table for D

Source	DF	SS	MS	F	P
N	2	1.517	0.7583		
Mode	1	0.133	0.1333	0.78	0.3805
Temps	4	82.033	20.5083	119.41	0.0000
Pr	1	0.833	0.8333	4.85	0.0300
Diam	1	1.200	1.2000	6.99	0.0096
Mode*Temps	4	0.367	0.0917	0.53	0.7113
Mode*Pr	1	0.833	0.8333	4.85	0.0300
Mode*Diam	1	0.533	0.5333	3.11	0.0813
Temps*Pr	4	1.500	0.3750	2.18	0.0767
Temps*Diam	4	0.300	0.0750	0.44	0.7818
Pr*Diam	1	0.300	0.3000	1.75	0.1895
Error	95	16.317	0.1718		
Total	119	105.867			

Grand Mean 4.4667 CV 9.28

Analysis of Variance Table for Hauteur

Source	DF	SS	MS	F	P
N	2	32.32	16.158		
Mode	1	63.07	63.075	4.86	0.0299
Temps	4	1896.78	474.196	36.52	0.0000
Pr	1	6.07	6.075	0.47	0.4956
Diam	1	3.01	3.008	0.23	0.6314
Mode*Temps	4	298.72	74.679	5.75	0.0003
Mode*Pr	1	0.41	0.408	0.03	0.8596
Mode*Diam	1	6.08	6.075	0.47	0.4956
Temps*Pr	4	31.05	7.763	0.60	0.6651
Temps*Diam	4	181.95	45.487	3.50	0.0103
Pr*Diam	1	52.01	52.008	4.01	0.0482
Error	95	1233.52	12.984		
Total	119	3804.99			

Grand Mean 21.658 CV 16.64

LSD All-Pairwise Comparisons Test of nbre for Mode

Mode	Mean	Homogeneous Groups
1	4.9167	A
2	3.9500	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.4992
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 0.9938
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 There are no significant pairwise differences among the means.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of nbre for Temps

Temps	Mean	Homogeneous Groups
3	5.7917	A
4	5.6667	A
5	3.8750	B
1	3.4583	B
2	3.3750	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.7893
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 1.5714
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 There are 2 groups (A and B) in which the means
 are not significantly different from one another.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of nbre for Diam

Diam	Mean	Homogeneous Groups
1	4.4833	A
2	4.3833	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.4992
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 0.9938
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 There are no significant pairwise differences among the means.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of nbre for Pr

Pr	Mean	Homogeneous Groups
2	4.6667	A
1	4.2000	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.4992
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 0.9938
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 There are no significant pairwise differences among the means.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Taux for Mode

Mode	Mean	Homogeneous Groups
2	88.667	A
1	86.667	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.6811
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 5.3376
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 There are no significant pairwise differences among the means.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Taux for Temps

Temps	Mean	Homogeneous Groups
5	93.333	A
2	89.167	AB
1	87.500	AB
3	85.833	AB
4	82.500	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 4.2391
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 8.4394
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 There are 2 groups (A and B) in which the means
 are not significantly different from one another.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Taux for Diam

Diam	Mean	Homogeneous Groups
1	93.667	A
2	81.667	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.6811

Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 5.3376
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 All 2 means are significantly different from one another.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Taux for Pr

Pr	Mean	Homogeneous Groups
2	91.000	A
1	84.333	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.6811
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 5.3376
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 All 2 means are significantly different from one another.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Miametre for Mode

Mode	Mean	Homogeneous Groups
1	7.6000	A
2	7.3167	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3961
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 0.7886
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 There are no significant pairwise differences among the means.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Miametre for Temps

Temps	Mean	Homogeneous Groups
4	10.000	A
1	7.167	B
5	7.125	BC
3	7.083	BC
2	5.917	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.6263
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 1.2468
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Miametre for Diam

Diam	Mean	Homogeneous Groups
1	8.2167	A
2	6.7000	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3961
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 0.7886
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 All 2 means are significantly different from one another.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Miametre for Pr

Pr	Mean	Homogeneous Groups
2	8.0000	A
1	6.9167	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3961
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 0.7886
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF

All 2 means are significantly different from one another.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of D for Mode

Mode	Mean	Homogeneous Groups
2	4.5000	A
1	4.4333	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0787
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 0.1566
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 There are no significant pairwise differences among the means.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of D for Temps

Temps	Mean	Homogeneous Groups
1	6.0417	A
3	4.4583	B
4	4.1250	C
2	4.0417	C
5	3.6667	D

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.1244
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 0.2476
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of D for Diam

Diam	Mean	Homogeneous Groups
2	4.5667	A
1	4.3667	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0787
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 0.1566
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 All 2 means are significantly different from one another.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of D for Pr

Pr	Mean	Homogeneous Groups
2	4.5500	A
1	4.3833	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0787
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 0.1566
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 All 2 means are significantly different from one another.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Hauteur for Mode

Mode	Mean	Homogeneous Groups
2	22.383	A
1	20.933	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.6335
 Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 1.2611
 Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
 All 2 means are significantly different from one another.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Hauteur for Temps

Temps	Mean	Homogeneous Groups
4	27.625	A
5	23.542	B
3	22.417	B
2	18.417	C
1	16.292	D

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.0016
Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 1.9941
Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Hauteur for Diam

Diam	Mean	Homogeneous Groups
1	21.817	A
2	21.500	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.6335
Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 1.2611
Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
There are no significant pairwise differences among the means.

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Hauteur for Pr

Pr	Mean	Homogeneous Groups
2	21.883	A
1	21.433	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.6335
Critical T Value 2,0 Critical Value for Comparison 1.2611
Error term used: N*Mode*Temps*Pr*Diam, 78 DF
There are no significant pairwise differences among the means.