

**UNIVERSITE DE KISANGANI**  
**FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

« F.S.A. »



B.P. 2012  
KISANGANI

*Département des Eaux et Forêts*

**ESSAI DE SCARIFICATION PAR LA  
METHODE THERMIQUE POUR AMELIORER  
LA GERMINATION DES GRAINES  
*D'Eucalyptus grandis* A KISANGANI**

*PAR*

***Richard NGONE RIDJA***



**TRAVAIL DE FIN D'ETUDE**

Présenté et défendu pour l'obtention du grade  
d'Ingénieur en Sciences Agronomiques

Option : AGRONOMIE GENERALE

Orientation : EAUX ET FORETS.

Encadreur : Ir. SONGBO Médard

Chef de travaux

Directeur : Dr. Ir LOKOMBE DIMANDJA

Professeur Associé

*Année académique 2006 – 2007*

*Session spéciale*

## DEDICACE

... Je veillais pour ce que l'Eternel me dirait, et ce que je répliquerais après ma plainte. L'Eternel m'adressa la parole et il dit : écrit la prophétie ; grave-la sur des tables, afin qu'on la lise couramment. Car c'est une prophétie dont le temps est déjà fixé, elle marche vers son terme, et elle ne mentira pas. Si elle tarde, attend-la, car elle s'accomplira, elle s'accomplira certainement (Habacuc 2 : 1-3).

A toi mon regretté père pour tant de sacrifices consentis de ton vivant pour ne pas partager avec moi cette nouvelle vie qui s'ouvre.

A toi ma mère défunte, pour tant d'amour et de tendresse, la mort t'a arrachée sans que tu puisses bénéficier des efforts investis pour notre formation d'homme.

A toi mon regretté grand frère pour toutes les peines endurées.

A vous mes sœurs NEEMA et DORINE.

A toi mon petit frère Germain.

Aux cousins et cousines.

Aux neveux et nièces.

Aux oncles et tantes.

Je dédie à tout honneur ce travail, fruit de réflexion, de persévérance, de sacrifice et de dur labeur.

## RESUME

Un essai de scarification des graines d'*Eucalyptus grandis* a été mené à Kisangani.

Les traitements comprennent trois types de température (température ambiante, température de 50 °c et température de 100°C) avec trois durées de trempage (1', 3', 5').

Les résultats obtenus révèlent un taux de germination de 17,33% pour les graines traitées à la température de 100°C-3'. Ce taux est qualifié de très faible selon DE LA MENSBRUGE (1966).

La vitesse de germination est également très faible soit 1,11%.

## SUMMARIZED

A test of scarification of the seeds of eucalyptus grows has been led to Kisangani.

The treatments consist of three types of temperature (ambient temperature, temperature of 50 °c and temperature of 100°C) with three lengths of soaking (1', 3', 5').

The gotten results reveal a rate of germination of 17, 33% for the seeds treated to the temperature of 100°C-3 '. This rate is qualified of very weak according to THE MENBRUGE (1966).

The speed of germination is also very weak either 1, 11%.

## AVANT PROPOS

Au terme de ce travail qui constitue la dernière manche de nos études universitaires pour accéder au grade d'Ingénieur en Sciences Agronomiques, nous tenons à dire un mot à tous ceux qui ont façonné notre personne scientifique.

Nos remerciements les plus sincères sont adressés au Prof. LOKOMBE DIMANDJA, Directeur de ce travail qui en dépit de ses multiples occupations s'est dépensé pour son aboutissement.

Le Chef des travaux SONGBO Médard, pour son suivi et son encadrement inlassables, nous a été d'une grande utilité pour la réalisation de ce travail. Pour ce, nous lui adressons nos vifs remerciements.

Que le Prof. MATE MWERU trouve ici l'expression de notre gratitude pour son sens de responsabilité à la Faculté des Sciences Agronomiques et pour ses remarques pertinentes.

Il serait injuste de tourner cette page sans songer au Chef de travaux BOLA MBELE pour ses conseils à notre égard, sans oublier le Chef de travaux Freddy OKANGOLA qu'il trouve ici l'expression de nos reconnaissances pour sa bonne volonté à bien vouloir nous écouter et à tous les Professeurs, Chefs de travaux et Assistants de la Faculté des Sciences Agronomiques pour la consécration dévouée pour notre formation.

Nos humbles remerciements s'adressent également au Frère Mariste Honoré qui nous a quitté sans avoir assisté à notre défense, son soutien moral, spirituel et matériel ont été plus qu'un encouragement durant notre parcours universitaire. Que son âme repose en paix.

Nous ne pouvons pas oublier la cordialité de la famille BUZU Benjamin et David DHEZU, famille NGADJOLE HANGAIKA, famille DHEDA Benjamin, famille NJONJO, famille Raymond KABAGAMBE, famille de Professeur TIBAMWENDA, Professeur DHEDA DJAILO, famille de Professeur Charles KAYEMBE, famille de Dr. LOSSA, Dr. KPANE, Dr. BAVI, Dr. DRAJIRO, CT. Ir. DHECHUVI, CT. VITAMARA,

Daniel KISEMBO, ... nous leur exprimons nos sentiments de reconnaissance et les remercions infiniment.

A vous Ir. Floribert LOSINU, et Ir. Edouard NDJIMANI pour l'expression de notre reconnaissance, de souffrance endurée ensemble, que notre affection, et franche collaboration aillent aux suivants : WIVALE, BAMUHIGA, THEO, RATSINA Floribert, Justin, Désiré, René, KABAGAMBE, OMBA James, TAMBE, KYANGA pour des moments vécus ensemble au campus.

Que dire à vous frères, amis, camarades et compagnons de lutte ; vous êtes nombreux dont les noms nous restent indélébile, dans la mémoire pour votre charité, soutien et assistance, il s'agit de ZAWADI, TANDEMA, YUMA, LUMINGU, LUKENZI, LIKELE, KUMBONYEKI, MBANDANO, ANTIBASAY, MUMBENGA, AZIBHO, NTEVO, LOTIKA, BEN Israël tous de deuxième grade Eaux et Forêts.

Nous disons gloire à Dieu pour nous avoir protégé et avoir gardé nos pas et actions.

**Richard NGONE RIDJA.**

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I : températures retenues pour la scarification de graines et description des traitements pour chacune

Tableaux II : effet de la température de scarification sur le taux de germination.

Tableaux III : Comparaison des moyennes par la méthode test de student sur le taux de germination.

Tableaux IV : effet de la température de scarification sur la vitesse de germination.

Tableau V : comparaison des moyennes par la méthode de test de student sur la vitesse de germination.

### **Liste des figures**

Figure 1 : ordination des planches retenues au germoir

Figure 2 : les courbes de germination des graines suivant les différentes températures de scarification.

### **Annexes**

Annexe I : données climatiques.

Annexe II : l'échelonnement de la levée pour les neuf lots.

Annexe III : 1) Calcul statistique sur le taux de germination.

2) calcul statistique sur la vitesse de germination.

## 0. INTRODUCTION

### 0.1 Problématique

Les forêts de la République Démocratique du Congo couvrent environ 145 millions d'hectares, soit 62% du territoire national. C'est la deuxième plus vaste forêt tropicale du monde.

La République Démocratique du Congo se situe au centre du massif forestier de l'Afrique et contient environ la moitié des forêts denses humides du continent. Les forêts denses humides couvrent environ 37% du territoire, les forêts sèches 19%, les forêts marécageuses 4% et les forêts de montagne 2%. La République Démocratique du Congo est une mosaïque complexe d'écosystème. (CIFOR et al, 2007).

La République Démocratique du Congo est sans aucun doute, l'un des pays de la planète qui possèdent d'immense étendue en diversité biologique.

Ce pays dispose d'une superficie d'environ 200 millions d'hectares des forêts. La moitié, a peu près 100 million d'hectares et faite des forêts tropicales (denses et humides) et l'autre moitié des forêts claires et savanes boisées. (Selon la FAO cité par le Plan National Forêt et Conservation de la Nature de la République Démocratique du Congo).

Les 100 millions d'hectares des forêts denses et humides représentent 47% de l'ensemble des forêts tropicales d'Afrique et 8% des forêts tropicales du monde.

Par ailleurs la superficie totale du territoire national est de 2 345 000 km<sup>2</sup>, tandis que 1 280 042,26km<sup>2</sup> sont couvertes des formations forestières soient environ 54,59%.

Son couvert forestier qui représente, d'après différentes estimations, 52% des forêts africaines, dont 47% en forêts denses et humides, a été pendant plus d'un demi siècle régi par décret du 14 avril 1949 et ses mesures d'exécution. (Anonyme, 2005).

Au cours de ces dernières décennies, le phénomène de déboisement dans la zone tropicale a atteint un seuil élevé et rien ne permet de croire que ce processus alarmant pourra s'arrêter ou soit se ralentir dans un proche avenir (Reitsma, 1988).

Les forêts de bassin du Congo constituent au vu de leurs étendues et de la diversité des ressources naturelles qui constituent un potentiel énorme et un gage pour le développement national.

Ces richesses constituent également un atout majeur pour le développement socio-économique de la République Démocratique du Congo à condition qu'elles soient gérées de manière écologiquement, socialement équilibré et économiquement viable. (I.U.C.N., 1989).

Les principales activités qui dégradent les forêts tropicales sont les feux de brousses, culture sur brûlis, défrichement, le surpâturage, l'abattage systématique des arbres, exploitation illicite des forêts. Ces phénomènes ont une conséquence grave dont la disparition à terme de forêts naturelles qui compromet la production du bois affectant d'une part, directement la population dont les besoins en bois du feu ne cessent de croître et d'autre part le développement industriel du pays dont les besoins en bois d'œuvre, bois d'énergie, et bois à usage multiple. (FAO, 1990).

La disparition de la forêt naturelle aura des conséquences durables vu qu'elle ne peut être compensée par les programmes industriels de reboisement dont le volume reste insuffisant pour des raisons socio-économiques que techniques (FAO, 1990).

Selon DUMONT (1986) la forêt tropicale dense et humide est fortement menacée par le déboisement et la dégradation de l'environnement qui à la longue provoqueront l'avancée de désert.

L'extinction d'un si grand nombre d'espèces constitue non seulement une honteuse dissipation de l'écosystème le plus varié sur terre mais signifie l'appauvrissement d'une partie importante de réservoir génétique mondial représentant une immense valeur économique (Reitsma, 1998).



Selon la FAO, cité par le Plan National et Conservation de la Nature en 1980, sur deux milliards de personnes dans le tiers monde dépendent du bois, plus d'un milliard se trouvent en situation de crise.

Sous les effets de la croissance démographique et de la disparition des arbres, les déséquilibres entre offre et demande en bois du feu est un phénomène qui s'auto-accélère. Il surgit aux yeux de population et des responsables que lorsque l'équilibre est déjà rompu et la crise est bien installée suite aux surexploitations systématiques des ressources disponibles au risque de voir localement le couvert forestier disparaître (FAO, 1983).

Le rythme actuel d'amenuisement de la ressource forestière et arbustive tropicale est marqué par le déboisement annuel de 11 millions d'hectares de forêts, auxquels s'ajoutent des vastes superficies plus ou moins dégradées sous l'effet de la surexploitation agricole et pastorale.

Certes, la consommation des bois du feu n'est pas la seule responsable de l'ampleur de la dégradation écologique, mais elle est un maillon de processus en chaîne de dégradation de l'environnement (Clément, 1986).

Selon FAO, (1986), l'agriculture itinérante est responsable pour 70% de la déforestation en Afrique. Le déboisement affecte chaque année 7,8 millions d'hectares de forêts denses et humides et 3,8 millions d'hectares de forêts sèches et savanes boisées.

L'agriculture itinérante se traduit par un raccourcissement de la période de repos de terre ; cette terre est irréversiblement dégradée, la production agricole stagne, la forêt est agressée et son pouvoir de régénération est anéanti. Mais l'agriculture itinérante n'est pas la seule cause de déforestation. L'installation de culture d'exportation conduit également à des défrichements importants.

Les forêts tropicales constituent un outil de gestion le plus efficace, pour préserver ces richesses végétales de notre pays, la bonne façon serait d'améliorer régulièrement les forêts de la cuvette centrale en reboisant avec des essences des bois d'énergie et des pâtes à papier tels que : *Eucalyptus grandis*, *Pinus merkusii*, des bois d'œuvre tels que : *Terminalia superba*, *Khaya grandifolia* (Acajou d'Afrique), *Pericopsis elata*,

*Entandrophragma cylindricum* et les bois à usage multiples tels que : *Azadirachta indica*, qui servent dans les reboisements équiennes, et servent aussi pour les équilibres biologiques dans les systèmes où la vie des êtres vivants en dépend (LOKOMBE, 2005).

## 0.2. Hypothèses

Les graines d'*Eucalyptus grandis* plongées dans l'eau chaude à une température de 100°C pendant cinq minutes déclencherait un taux de germination plus élevé que les autres en température inférieure ou ambiante.

La vitesse de germination serait plus élevée dans le tiers de temps nécessaire de germination.

## 0.3. But de travail

Le but de ce travail est de déterminer un traitement qui assure une levée massive et rapide de graines d'*Eucalyptus grandis* pour produire le plus possible des plantules de reboisement.

## 0.4. Intérêt

Ce travail met à la disposition des chercheurs et exploitants forestiers intéressés par l'*Eucalyptus grandis*, des informations et base des données nécessaires pour la possibilité de produire massivement des plantules d'*Eucalyptus grandis* destinées à des projets de reboisement ou d'ornement.

## 0.5. Etat des connaissances

Quelques travaux antérieurs ont été réalisés sur la germination des graines des essences forestières entre autre :

- en 1990, LISSINGI avait orienté ses études sur l'essai de la germination des graines d'*Acacia siamea* en suivant plusieurs méthodes de traitement : mécanique, chimique, biologique ou thermique par échaudage ou trempage.

- KATAMBIDI (2000) a fait l'essai de la scarification des graines de *Terminalia superba*. Engels et Diels par la méthode thermique à l'eau chaude à BENGAMISA
- AKUKI et BIIBI (1990) ont travaillé sur la stratification des graines d'*Acacia auriculiformis* A.CUNN ex Benth par la méthode thermique à l'eau chaude
- YUMA, A. (1986) : essai de la germination des graines de quatre variétés de *Leucaena leucocephala* (Lam) DE WITT traitée à l'ACETATE. Travail de Fin d'Etudes. ISEA/BENGAMISA 25p., Inédit.

## 0.6. Subdivision du travail

Hormis l'introduction, le présent travail comprend quatre chapitres :

- le premier chapitre se rapporte aux généralités,
- le deuxième chapitre traite de matériel et méthodes,
- le troisième chapitre expose sur la présentation des résultats,
- le quatrième chapitre traite des discussions des résultats.

Une conclusion et quelques recommandations clôturent ce modeste travail.

## **Chapitre Premier : GENERALITES**

### **1.1. Milieu d'étude**

#### **1.1.1. Situation géographique**

Les travaux d'expérimentation ont été réalisés au campus central de L'Université de Kisangani, au Nord-Est de Home Wagonia.

#### **1.1.2. Climat**

Selon les services météo-ville, la moyenne de précipitation est élevée pendant toute l'année 1728,4mm (minimal = 1417,5mm et maximal = 1915,4mm) avec 2 minima au mois de décembre ; Janvier-Février et Juin-Août correspondant à deux petites saisons de faible pluviosité, l'humidité relative moyenne étant également élevée soit 82% (minimal 81% et maxima 83% et les températures moyennes mensuelles oscillant entre 23,7 et 26,2°C (MANGAMBO, 2002).

Selon P.N.U.D. (2007) le climat est généralement humide, cependant la Ville de Kisangani est caractérisée par climat équatorial pur avec des pluies abondantes et régulières toute l'année, ainsi l'on retrouve quatre périodes ; dont deux saisons pluvieuses de mois du Mars et Mai et deux moins pluvieuses en Janvier et Février ensuite en Juin et Août correspondant aux équinoxes.

#### **1.1.3. Sols**

Selon BERCE (1964) cité par BOLA (2002), les sols de Kisangani peuvent être classés et globalement en deux principaux groupes ; les sols issus du substrat rocheux et ses dérivés se développant sur les alluvions, ces sols sont en général de nature ferralitique, sablo-argileux et acide. Ils sont profonds et fortement lessivés par les eaux pluviales.

D'après MAMBANI (1995), ces sols sont du type oxysol et subissent une forte altération, ils sont d'environ 20% d'argile et pauvre en réserves minérales.

#### 1.1.4. Végétation

Elle est comprise dans la zone bio-climatique de la forêt dense ombrophile sempervirente et constitue à ce titre un territoire floristique homogène (LE JOLY et al, 1981).

Cette végétation appartient au secteur géobotanique forestier central qui fait partie du domaine centro-guinéen.

Elle est naturelle et est constituée de la forêt équatoriale qui autre fois était occupée par une forêt ombrophile sempervirente caractérisé par une diversité structurale et une stratification marquée.

Actuellement l'urbanisation a entraîné la destruction de la végétation primaire aux périphéries de la Ville de Kisangani suite au défrichement très intense pour les besoins de l'agriculture, de construction, de l'industrie et de la production des braises (AZIBHO, 2007).

#### 1.1.5. Population

Selon le rapport de la Division Provinciale de l'Intérieur de Décentralisation et Sécurité, portant recensement de la population congolaise de la Ville de Kisangani en 2006, cette Ville regorge 627 939 habitants repartis dans les communes reprises ci-dessous. Il s'agit respectivement de :

- la Commune Makiso : 77 786 habitants ;
- la commune Tshopo : 81 157 habitants ;
- la commune de Mangobo : 106 080 habitants ;
- la commune de Kabondo : 98 175 habitants ;
- la commune de Kisangani : 45 004 habitants ;
- la commune Lubunga : 115 778 habitants ;
- la collectivité de Lubuya Bera : 103 959 habitants.

La Ville de Kisangani comptait environ 682 599 habitants en 2004 avec une densité d'environ 357.38 habitants par km<sup>2</sup> (WIKIPEDIA, 2007).

## 1.2. *L'Eucalyptus grandis*

### 1.1.2. Description

L'*Eucalyptus grandis* est un grand arbre droit et à croissance rapide s'adaptant sur une assez large gamme, toutefois il préfère un sol humide et bien drainé. Il est sensible aux carences en Bore (Mémento forestier ; 1980).

C'est un des grands arbres de 40 à 65m de hauteur avec un diamètre de 120 à 150cm dans son aire naturelle (LOKOMBE, 2005).

L'écorce a des reflets blanchâtre, souvent même argenté ou blanche, lisse parfois verdâtre, rugueuse à la partie inférieure du tronc, souvent sur une hauteur plus grande et s'écorce facilement (FAO, 1980).

### 1.2.2. Caractères botaniques

Généralement l'*Eucalyptus grandis* possède d'excellent fût et cime étalée plus claire.

L'écorce est constituée de manchon fibreux gris clair sur plusieurs mètres, elle est lisse au dessus. Les feuilles de jeunesse sont alternes, courtement pétiolées, lancéolées, oblongues, largement ondulées (FAO, 1954).

L'*Eucalyptus grandis* porte des rameaux dressés, les jeunes rameaux portent des feuilles opposées, sessiles, ovales, les rameaux plus âgés des feuilles alternes, pétiolées, étroites, allongées, pointues aux deux faces semblables. Les feuilles, les calices ont la forme d'une toupie bosselée dont les parties larges sont couvertes par des opercules qui se détachent au moment de la floraison laissant apparaître des nombreuses étamines. Le fruit est la capsule anguleuse du calice.

### 1.2.3. Culture

L'*Eucalyptus grandis* est cultivé dans les stations qui conviennent, il n'y a sans doute aucun *eucalyptus* qui puisse se comparer à l'*Eucalyptus grandis*. Il réussit mieux dans le climat humide subtropical ou tempéré doux avec des pluies à maximum d'Eté.

Il est cultivé avec succès dans des régions montrant une grande variété dans l'intensité de la saison sèche bien que la pluviométrie minimale dépend d'autres facteurs tels que l'évapo-transpiration et la nature du sol (FAO, 1954).

Selon LOKOMBE (2006), L'*Eucalyptus grandis* est une espèce qui s'adapte sur une assez large gamme de sols humides et bien drainés et est sensible aux carences en bore. Pour cette espèce on compte en moyenne 250 000 graines par kilogramme.

Cette culture indique un minimum de 800mm, une pluviométrie supérieure à 1000mm étant préférable pour obtenir la meilleure croissance. Les températures moyennes mensuelles tombent de 29°C en Eté et à 13°C en Hiver.

En République Démocratique du Congo on trouve quelques îlots d'*Eucalyptus grandis* à Katanga, à Kinshasa vers N'djili et Mbinza, il est surtout cultivé à grande échelle dans le Sud Kivu, Nord Kivu et en Ituri.

A Kisangani, jusqu'au mois de décembre 2004, on a trouvé quelques pieds par ci, par là, depuis cette date la coopérative des agriculteurs de la Province Orientale (PSPO) s'est décidée de se lancer dans cette culture afin de lutter contre les déboisements de tout azimut dans la Ville de Kisangani et sa périphérie.

Cette culture pourra aussi aider à lutter contre l'érosion qui sévit à Kisangani et interviendra aussi dans l'assainissement de l'environnement de Kisangani. Aujourd'hui la pépinière de (PSPO) compte plus ou moins 1000 pieds mais dans un avenir proche il compte faire une grande pépinière de 100 000 pieds (CHIRWISA, 2005).

#### 1.2.4. Usage en République Démocratique du Congo

L'*Eucalyptus grandis* est employé pour un grand nombre d'usages. C'est un grand arbre à l'utilisation très diversifiée telle que la caisserie, contre plaqué, poteaux, bois du feu, ou bois du pâte à papier (Momento forestier, 1980).

D'après CHIRWISA (2005), L'*Eucalyptus grandis* est aussi utilisé en médecine. L'essence de ces feuilles a de pouvoir désinfectant et décongestionnant des voies respiratoires.

L'huile essentielle et mucolytique, c'est-à-dire qu'elle fluidifie les sécrétions pulmonaire et favorise ainsi leurs évacuations. Elle est antitussive et supprime l'irritation de bronche dans les bronchites aiguës et chroniques.

De plus, elle possède une bonne activité antibactérienne, la feuille d'*Eucalyptus grandis* est donc recommandée pour soigner les infections de l'appareil respiratoire et d'autant que l'huile essentielle est éliminée en grande partie par la voie pulmonaire, ce qui permet d'agir directement sur la gorge et les bronches.

Fumée en cigarette, les feuilles sont un bon remède contre l'asthme. Antiseptique, on peut les faire brûler ou les faire bouillir pour désinfecter l'atmosphère d'une maison.

Selon CHIRWISA (2005), le charbon provenant d'*Eucalyptus grandis* possède des nombreuses actions médicinales dues en particulier à son pouvoir d'absorption. Ce charbon est un remède très efficace et apprécié dans deux cas concrets :

- intoxication accidentelle provoquée par le poison, les aliments avariés, les champignons vénéreux, dans ce cas il agit comme antidote universel.
- Colite, diarrhée, dysbactériose, fermentation intestinale, il absorbe les toxines intestinales produites par les germes pathogènes, ses effets sont alors spectaculaires.

Le charbon d'*Eucalyptus grandis* a permis d'obtenir du bon résultat en cas de mauvaise haleine à l'indigestion. Pour le combattre, prendre une à deux cuillerées à soupe vingt minutes avant le repas.



Cette espèce a d'autres avantages non négligeables tant sur le pan domestique et économique évoqué plus haut et surtout sur le plan environnemental : c'est un bon coupe vent dans les régions où il vente beaucoup ; lutte contre l'érosion.

Les champs d'*Eucalyptus grandis* dans le milieu urbain est péri urbain agissent à plusieurs niveaux tels que cette espèce donne des ombrages filtrés au bord des rues, lutte contre les déboisements sauvages des milieux, dessèche les milieux marécageux permettant ainsi au service de cadastre de récupérer des grandes surfaces pour des nouveaux lotissements.

L'*Eucalyptus grandis* draine les milieux habités menacés par les inondations périodiques, c'est un anti-foudre, fait la beauté de la Ville. Par le drainage du terrain marécageux cette essence évite les moustiques anophèles responsables du paludisme de se multiplier car elle inhibe leurs reproductions (CHIRWISA, 2005).

### **1.3. Dormance des graines**

#### **1.3.1. Définition**

Le terme « dormance » est employé pour caractériser toute semence incapable de germer correctement. Ce terme ne préjuge en rien des mécanismes physiologiques qui sont mis en jeu, c'est pour quoi il est préférable de parler de l'inaptitude à la germination (OKUNGO, 2004).

Ce terme est habituellement utilisé pour décrire l'arrêt de la croissance et du développement des embryons ou développement des graines d'une plante se trouvant dans des conditions apparemment convenable à la croissance.

Elle est aussi définie comme un état physiologique dans lequel une graine est suspendue dans sa germination même si elle se trouve dans les meilleures conditions de germination. (OKUNGO, 2005).

### **1.3.2. Types de dormance**

#### **1.3.2.1. Dormance primaire**

La dormance primaire est celle qui apparaît avant ou pendant la maturation morphologique de la semence, c'est celle qui vient toute suite après la chute de semence.

#### **1.3.2.2. Dormance secondaire**

Cette dormance est celle qui est induite par des facteurs externes défavorables à la germination. Lorsque cette dormance secondaire est induite par la lumière dont la longueur d'onde  $\lambda = 660$  nano mètre (nm), il apparaît une lumière rouge-claire, elle peut lever par l'obscurité dont  $\lambda = 730$ nm à la lumière rouge sombre dans ce cas on parle de dormance scotolabile.

Si cette dormance induite par l'obscurité peut être levée à la lumière, on parle alors de la dormance photolabile, il y a alors maintenance de ces deux longueurs d'ondes (AGBEMA, 2006).

#### **1.3.2.3. Dormance tégumentaire**

C'est celle qui est causée par le tégument dur ou le péricarpe charnu. Elle peut être levée par scarification (mécanique ou chimique) ou par enlèvement de la pulpe et lessivage des substances inhibitrices ou par stratification (séjours provisoire dans la terre humide et froide MAZLIAK, 1982).

#### **1.3.2.4. Dormance embryonnaire**

Dans le cas de dormance embryonnaire, celle-ci n'est levée que par la post-maturation de l'embryon après la chute de la graine, soit au froid (humide) on parle de dormance psychrolabile, soit au sec (température élevée) dans ce cas on parle de la dormance xerolabile.

### **1.3.2.5. Dormance complexe**

On qualifie de dormance complexe celle comprenant au moins deux de dormance susmentionnées.

### **1.3.2.6. Inhibitions de la germination**

Ce sont les phénomènes qui empêchent la germination d'un embryon non dormant placé dans des conditions apparemment convenables. Les enveloppes séminales sont le plus souvent responsables, il s'agit alors d'une inhibition tégumentaire (Thenevot, 1980).

L'époque à laquelle la dormance primaire s'installe est très mal connue. Actuellement on ne sait pas, pourquoi les embryons des certaines semences sont dormants alors que ceux d'autres espèces ne le sont pas.

Pour le cas de dormance secondaire, il est possible d'induire une dormance de diverses façons dont : la température élevée à 30°C ne peut pas se réaliser si les embryons non dormants sont laissés à cette température perdant progressivement la faculté de germer à une température plus basse (Perino, 1997).

Selon le même auteur en cas de prévention d'oxygène les embryons non dormants ne peuvent germer que s'ils disposent une quantité suffisante d'oxygène.

Ils entrent en dormance secondaire lors qu'ils sont placés dans une atmosphère trop pauvre en oxygène pour assurer leur germination (Côme et al, 1973).

La lumière blanche continue inhibe très fortement la germination des embryons et induit une dormance secondaire (Ralambosoa, 1979).

Comme particularité, il y a quelques espèces qui présentent le phénomène inverse. C'est le cas où la radicule n'est pas dormante, mais le développement normal de l'épicotyle exige obligatoirement un traitement à froid. Dans ce cas on parle de dormance

épicotylaïre, il y a aussi des semences dont la radicule et l'épicotyle sont dormants, il s'agit d'une double dormance.

Dans le cas de dormance épicotylaïre il y a deux types de dormance qui ont été décrits. L'embryon peut germer sans stratification préalable. Il donne naissance à un système racinaire normal, mais la jeune tige reste naine. Elle ne s'allonge pas et forme une rosette de feuilles au niveau du sol.

Si l'embryon est traité par le froid avant d'être mis à germer, il donne naissance à une jeune plante dont l'âge croît normalement.

Le froid appliqué à l'embryon, lève donc la dormance de l'épicotyle, mais le froid est inefficace sur l'épicotyle s'il est appliqué à l'embryon avant la germination. La présence des racines est nécessaire pour que l'épicotyle perçoive l'action du froid.

Dans le cas de double dormance, pour germer, la graine exige obligatoirement un traitement par le froid car sa radicule est dormante ; un tel traitement lève la dormance de la radicule, mais pas celle de l'épicotyle.

Comme dans le cas précédent, le froid ne peut éliminer la dormance épicotylaïre qu'en présence des racines. Une deuxième période de froid est nécessaire pour permettre la croissance de la tige lors que les racines se sont développées (Durand, 1973).

### **1.3.3. Levée de dormance**

#### **1.3.3.1. Anoxie**

C'est l'un des facteurs de levée de dormance qui est même plus efficace qu'un traitement classique par le froid.

En anoxie complète, la levée de dormance n'exige donc pas de froid. En effet, une à deux semaines à 20°C, en l'absence d'oxygène, suffisent pour éliminer complètement la dormance cinq à six semaines sont nécessaires pour obtenir le même résultat de stratification.

Ce phénomène permet de comprendre pourquoi les embryons n'entrent pas en dormance secondaire s'ils sont totalement privés d'oxygène, puisque ces conditions sont les efficaces sur la levée de dormance.

L'anoxie lève aussi la dormance des bourgeons et des tubercules il s'agit donc d'un phénomène général dont le rôle, dans les conditions naturelles, n'est certainement pas négligeable (Thevenot et al, 1978).

### **1.3.3.2. Température élevée**

Celle-ci intervient de façon indirecte dans ce phénomène, en plaçant l'embryon en anoxie sous les téguments. L'embryon reste dormant quand les graines sont mises à une température moins élevée (20°C par exemple), car il n'est plus suffisamment privé d'oxygène. Les enveloppes des semences réduisent d'autant moins l'apport d'oxygène à l'embryon que la température est plus basse.

En résumé, plus la température est élevée, plus l'embryon a besoin d'oxygène et moins les enveloppes sont capables de lui en fournir.

### **1.3.3.3. Gibbérelline**

L'acide gibbérellique est un facteur qui permet généralement une meilleure germination des embryons dormants. Cependant, son action dépend beaucoup de sa concentration et son efficacité diminue quand la température s'élève. Le plus souvent l'acide gibbérellique ne supprime pas complètement la dormance embryonnaire, car les plantules obtenues restent anormales.

Selon LEWAK et al, (1975) les gibbérellines favorisent la germination des embryons dormants, d'autre part l'acide gibbérellique peut interférer avec l'effet du froid sur la levée de dormance, mais son action dépend beaucoup de sa concentration.



#### **1.3.3.4. Acide abscissique**

L'acide abscissique est l'un des inhibiteurs qui intervient comme régulateur de croissance qui inhibe la germination des embryons non dormants et induit une dormance secondaire (Côme et Durand, 1971).

Cet acide abscissique l'inhibiteur de croissance le plus connu avec plusieurs. En particulier cet acide abscissique (AAB) représente les inhibiteurs de croissance, cet hormone à pour synonyme la Dormine ou l'Abscissine II.

A ce qui concerne sa biosynthèse on pense que l'acide abscissique proviendrait de la dégradation de la Zeantine. Il peut être aussi produit au cours de la biosynthèse de l'acide gibbérellique.

Le mode d'action de cette hormone n'est pas encore bien élucidé, toutefois les principales fonctions physiologiques de cette hormone sont : développement et germination des graines ; mouvement des ions dans la plante ; la croissance et la maturation des fruits ; la dormance des bourgeons et des semences ; l'accroissement foliaire ; la régulation de la synthèse de certaines enzymes. (OKUNGU, 2007).

#### **1.3.3.5. Amputation des cotylédons**

L'influence de la suppression d'une partie importante de cotylédon améliore aussi la germination, mais elle ne lève pas totalement la dormance puisque les embryons amputés germent très lentement. L'ablation de deux cotylédons permet une bonne germination.

Les cotylédons interviennent dans la dormance et ils ne peuvent rendre l'axe embryonnaire apte à germer sans traitement par le froid (Thevenot et Côme, 1971).

## 1.4. La germination des graines

La germination est un ensemble des phénomènes par lesquels une graine développe son embryon et donne naissance à une nouvelle plante (Micro Robert, 1980).

Elle est aussi définie comme étant une période de transition au cours de laquelle, la graine, qui était à l'état de vie latente, manifeste une reprise de phénomène de multiplication et d'allongement cellulaire qui sont la condition de croissance et de développement (Heller, 1960).

On considère souvent qu'une semence a germé quand elle a donné une jeune plante autotrophe. Mais il s'agit d'une définition agronomique de la germination qui ne tient pas compte des processus physiologiques mais en jeu. (MAZLIAK, 1982).

Tout s'accorde à considérer que la germination est terminée quand la racicule perce les enveloppes ou s'il s'agit d'un embryon isolé, dès que la racicule commence à s'allonger.

En réalité, le début de l'allongement de la racicule qui constitue le critère de fin de germination fait déjà partie de ce phénomène de croissance.

Divers travaux récents démontrent que le processus de germination comprend en fait plusieurs phases physiologiques successives.

La phase essentielle s'achève juste avant la croissance de la racicule ; elle a été appelée germination « sensu stricto » (Evenary, 1957).

La germination sensu stricto ne se manifeste par aucune évolution morphologique de la semence ; ce serait un processus préparatoire à la croissance.

### **1.4.1. Diverses phases de germination**

Ce sont surtout des mesures de d'imbibition et d'activité respiratoire des semences en cours de germination qui ont permis de détecter l'existence des phases successives.

#### **1° Imbibition**

Si l'on suit l'évolution de la quantité d'eau absorbée par des semences au cours de leurs germinations, les courbes obtenues présentent généralement trois phases :

- la 1<sup>e</sup> correspond à une prise rapide de l'eau, c'est l'imbibition ;
- pendant la seconde phase qui dure au moins longtemps selon les espèces considérées, les semences ne s'imbibent plus, c'est la phase de germination « sensu stricto » ;
- la troisième qui est la croissance marquée par une nouvelle absorption d'eau due à l'allongement de la radicule.

#### **2° Activité respiratoire**

La respiration de la graine au repos était extrêmement faible, ce qui traduisait la vie au ralenti de l'organe.

A la germination cette activité respiratoire va s'élever brusquement (DEYSSON, 1967).

Le processus global de germination comprend également trois phases successives :

- la première correspond à une augmentation de l'activité respiratoire entraînée par une prise d'eau rapide de l'imbibition.
- La seconde phase correspond à une activité respiratoire constante induite par le processus de germination proprement dite « germination sensu stricto »
- La troisième phase correspond à une nouvelle augmentation de l'intensité respiratoire due à l'allongement de la radicule, donc la croissance.



### **1.4.2. Facteurs généraux de la germination**

Pour qu'une graine puisse germer, il faut qu'un certain nombre des conditions soient réalisées. Tout d'abord la graine doit être physiologiquement mûre, elle doit avoir à sa disposition l'eau et l'oxygène à certaines quantités suffisantes. La température ambiante doit être comprise entre certaines limites ; l'influence de l'éclairement est variable, il y a des graines qui germent qu'à l'obscurité ou à la lumière ; d'autres qui sont indifférentes à ces facteurs. Enfin certaines graines ne germent même pas, lorsque les différentes conditions précitées sont réunies ; elles se trouvent en « dormance » en raison d'imbibition de natures variables susceptible d'être levée plus au moins rapidement dans la nature ou supprimées artificiellement (DEYSSON, 1967).

Nous examinons successivement ces différentes conditions :

#### **1° La maturité physiologique**

Une graine a atteint la maturité physiologique dès que l'éducation de l'embryon est achevée. Souvent, elle est alors capable de germer dès ce moment. Cependant dans d'autres cas la maturité physiologique ne correspond pas à la maturité morphologique. Parfois des graines plus jeunes et chez lesquelles l'embryon n'est pas complètement organisé sont déjà capables de germer.

#### **2° Influence des facteurs externes.**

- **Influence de l'eau.**

La perte d'eau au cours de sa maturation est le phénomène qui a fait entrer la graine à l'état de vie ralentie. Elle quittera cette condition que si l'eau perdue lui est restituée.

- **Influence de l'oxygène.**

En l'absence de l'air, les graines placées dans l'eau gonfle mais ne germent pas. L'oxygène est en effet nécessaire à la respiration qui est particulièrement importante au cours de cette période où le processus de dégradations et de synthèse sont intenses.

- **Influence de la température**

Comme pour tous les autres phénomènes biologiques, la germination ne se produit que dans les limites assez étroites de température. Il y a une température minimale au dessous de laquelle le phénomène devient impossible. Dans la zone intermédiaire favorable, la vitesse de germination croit, comme la température jusqu'à un maximum variable avec ses espèces et à partir du quel cette vitesse diminue brusquement.

- **Influence diverse**

Le rôle de la lumière est le plus limité, d'une façon très générale les graines germent indifféremment à la lumière et à l'obscurité.

Quelques unes cependant, exigent la lumière, tandis que d'autres exigent l'obscurité. En fin divers facteurs peuvent accélérer, ralentir ou inhiber la germination.

### **1.4.3. Mode d'expressions de la germination**

#### **a) Courbes de germination**

Les courbes de germination expriment l'évolutions de pourcentage de germination en fonction du temps. Elles illustrent une idée exacte de l'aptitude de semence à la germination (Lissingi, 1990).

### **b) Faculté germinative**

La faculté germinative ou capacité germinative est le pourcentage de semence capable de germer dans les conditions données. Elle dépend largement des conditions expérimentales, et est variable selon les variétés.

Quelle que soit la variété, la faculté germinative est considérée comme bonne quand elle se situe entre 90 et 100% (YUMA, 1986).

### **c) Taux de germination**

Le taux de germination, appelé aussi pouvoir germinatif est le pourcentage des semences vivantes ou qui peuvent germer quand on les place dans les conditions le plus favorable (YUMA, 1986) exprimé en pourcentage, le taux de germination est donné par la formule suivante :

$$T(\%) = \frac{g \times 100}{N}$$

Ou  $T(\%)$  = taux de germination.

$g$  = nombre des graines ayant germé dans les conditions les plus favorables.

$N$  = nombre total des graines semées.

### **d) Vitesse de germination**

La vitesse de germination ou énergie germinative exprime le pourcentage des graines pures capable de germer au tiers de temps nécessaire pour la faculté germinative.

D'après GUERY, 1969 in MAGO, 1989 une bonne semence doit avoir 50% de levée au bout de tiers de temps fixé par le protocole. Cette énergie germinative est déterminée par la relation suivante :

$$E.g(\%) = \frac{n \left( \frac{1}{3} \right) 100}{N} \quad (\text{MBOLO, 1990})$$

Ou  $n \frac{1}{3}$  = nombre des graines ayant germé au tiers de temps fixé pour la germination.

$N$  = nombre total des graines semées.

## Chapitre Deuxième : MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Matériel

#### 2.1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique est constitué des graines sèches d'*Eucalyptus grandis* récoltées à l'INERA MULUNGU dans la province du Sud Kivu.

#### 2.1.2. Matériel technique

Le matériel technique utilisé comprend :

- la houe pour débroussailler le terrain et pour labourer ;
- le mètre-ruban pour la mensuration des planches ;
- les sables pour mélanger les graines avant de semer ;
- la machette pour couper les sticks ;
- le rameau d'*Elaeis guineensis* servant d'ombrières ;
- la balance automatique pour peser les semences ;
- le thermomètre gradué à 100°C pour prélever la température ;
- la plaque chauffante pour chauffer l'eau ;
- la casserole pour bouillir l'eau ;
- les étoffes servant d'emballage lors de trempage ;
- la loupe pour compter les graines.

### 2.2. Méthodes

#### 2.2.1. Répartition des planches

Les plantules étaient constituées de trois planches subdivisées en trois sous planches d'un mètre carré chacune constituant ainsi les différents traitements. Les dispositifs sont schématisés dans la figure 1, ci-dessous et les allés entre les planches mesurant 30cm.

## Ordination des planches retenues au gerموir

Les dispositifs de gerموir ci-après illustrent la répartition des échantillons de l'expérimentation.

TO <sub>1</sub>	50°c – 1'	100°c-1'	TO <sub>2</sub>	50°c – 3'	100°c-3'	TO <sub>3</sub>	50°c – 5'	100°c-5'
6gr	6gr	6gr	6gr	6gr	6gr	6gr	6gr	6gr

Fig 1 Ordination des planches retenues au gerموir

### 2.2.2. Source de variation

Pour déterminer les traitements qui occasionneraient une meilleure levée de semence, la température de scarification des graines a été retenue comme source de variation.

L'eau chaude est parmi les éléments chimiques recommandés pour rompre la dormance d'un certains nombre des semences forestières qui un tégument dur imperméable à l'eau en ramollissant le tégument (SONGBO, op cit.).

Mais quand nous nous proposons de faire cet essai nous n'avons aucune information sur la température de scarification d'eau chaude qui optimise la levée de dormance de graines d'*Eucalyptus grandis*. A cet effet, chaque lot de 1500 graines était traité séparément puis semé en vue de déterminer la température qui occasionnerait la bonne germination de nos graines. Pour plus de précision, les données y afférentes sont consignées dans l'annexe III, le tableau II représente les températures pour la scarification des graines.

### 2.2.3. Fréquence d'observation

Le suivi de la levée de graine a été quotidien. Cette fréquence d'observation s'impose pour déterminer avec précision le début, l'échelonnement de la levée ainsi que l'évolution de son observation telle qu'indique la figure 1 retenue au gerموir, ainsi une graine fut considérée germée après l'apparition de gemmule au dessus du sol. (MASSAMBA, 1997).

#### **2.2.4. Soins et entretiens**

Dans le souci d'uniformiser les conditions de germination, tous les échantillons ont reçu les mêmes soins et entretiens classiques recommandés en pépinière en ce qui concerne le semi, la répression de la mauvaise herbe, le binage et leur fréquence (NDUNGO, 1987).

#### **2.2.5. Précipitation**

Comme notre investigation a eu lieu au mois de Juin, Juillet, et Août 2007 le prélèvement pluviométrique était significatif ainsi nous avons enregistré six pluies en Juin, huit en Juillet et six en Août pendant la période de notre investigation dont les données sont en annexe I.

## Chapitre Troisième : PRESENTATION DES RESULTATS

### 3.1. Nombre des graines par kilogramme

Il est de prime abord important qu'il soit connu, car il permet d'apprécier la masse des graines à recommander ou à expédier en fonction du pouvoir germinatif d'un lot. A partir de neuf lots des graines consignés dans la figure 1, nous estimons le nombre des graines en partant de la recommandation faite par la sylviculture appliquée selon laquelle un kilogramme a 250 000 graines viables, c'est-à-dire pour 1000gr il y a 250 000 graines et en utilisant 6gr par lot, nous les avons divisé à 1000gr pour obtenir 1500 graines/gr.

### 3.2. L'échelonnement des levées

DE LA MENS BRUGE, 1966 (in LISSINGI, 1999) recommande d'effectuer chaque jour une visite des planches pour estimer avec précision l'échelonnement de la levée via le dénombrement des plantules qui apparaissent journallement. Les annexes trois du tableau I renseigne sur l'échelonnement des levées pour les neuf lots des graines qui ont été suivis du 14 juin au 14 juillet date de la fin des observations portant à 30 jours, période de germination d'*Eucalyptus grandis* à Kisangani.

### 3.3. Courbes de germination

Comme les graines germent une après l'autre, il est possible de tracer l'allure de la germination à l'aide des courbes dites courbes de germination. Nous avons retenu celles de traitement suivant les différentes températures de scarification, la figure 2 à la page suivante représente les courbes de germination retenues pour notre investigation.

### 3.3. Courbes de germination des graines suivant les différentes températures de scarification

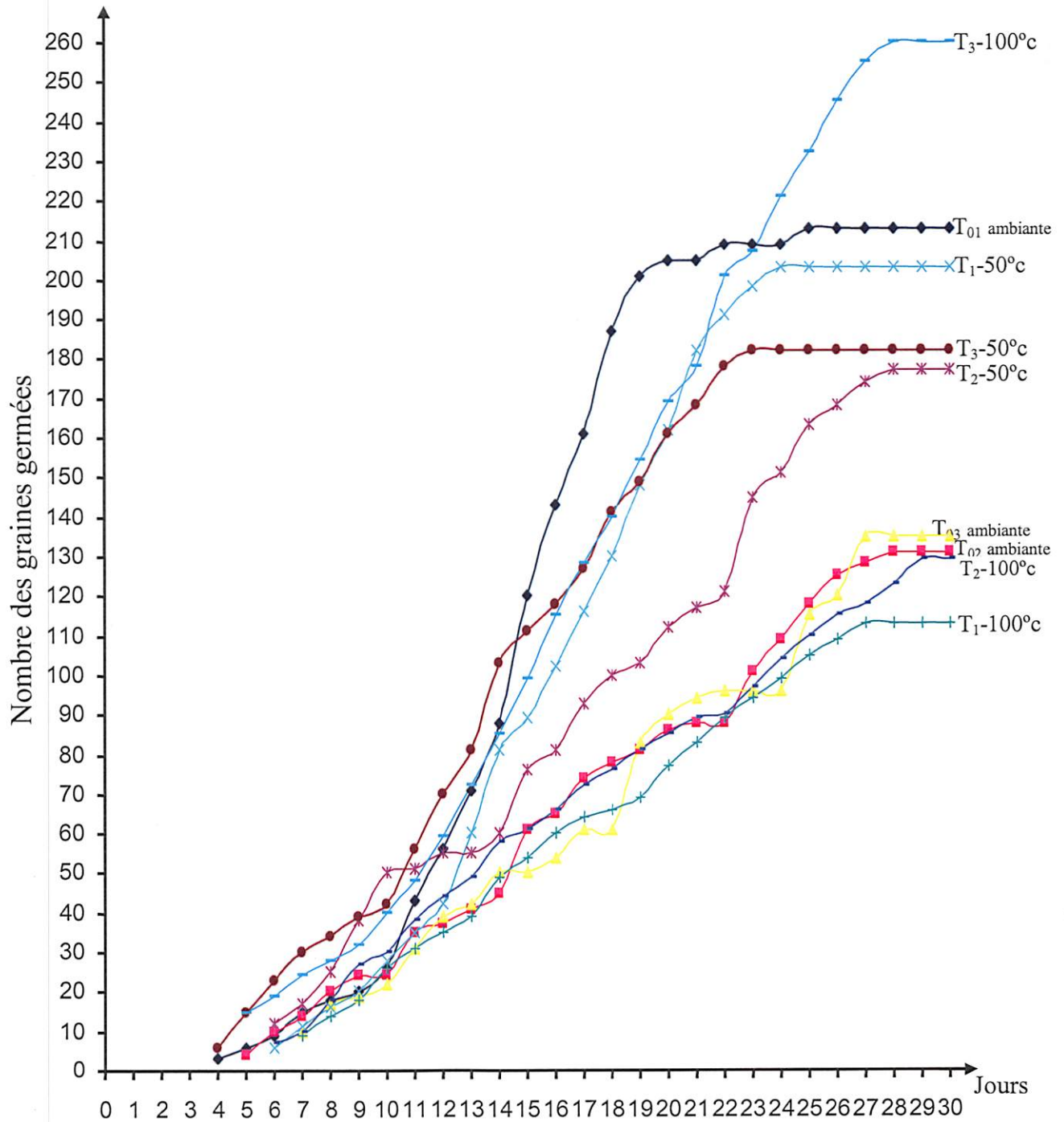


Figure 2 les courbes de germination des graines suivant les différentes températures de scarification.



### 3.4. Taux de germination

#### a) Effet de la température de scarification sur le taux de germination

Pour le taux de germination le test de ROHMOSER (1986) est utilisé pour la séquence de germination des différentes opérations.

Les observations concernant le taux de germination sont résumées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau II : Effet de la température de scarification sur le taux de germination**

T°de trt	Ambiante			Total	50°C			Total	100°C			Total
Traitement	To <sub>1</sub>	To <sub>2</sub>	To <sub>3</sub>		1'	3'	5'		1'	3'	5'	
Nombre de trt	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3
Taux de germination	14,2	8,73	9	31,93	13,53	11,8	12,13	37,46	7,53	8,6	17,33	33,46
$\bar{X}$	213	131	135	479	203	177	182	562	113	129	260	502

Ces données démontrent que le résultat le plus performant a été observé sur les graines traitées avec la température de 100°C-5' car elle a donné une moyenne de 260 soit 17,33%.

**b) Comparaison des moyennes par la méthode de student du taux germinatif.**

**Tableau III : Comparaison des moyennes par la méthode de student du taux germinatif**

	<b>T° et durée de trt</b>	<b>Rendement par parcelle</b>	<b>Facteur correctif</b>	<b>Rendement corrigé</b>	<b>D</b>	<b>D<sup>2</sup></b>	<b>Seuil de signification</b>
Témoins1	.....	213	0,74				
	50°C-1'	203	0,8575	174,0725	14,4225	207,720	HS
	50°C-3'	177	0,975	172,575	12,915	166,797	HS
	50°C-5'	182	1,0925	198,835	39,175	1534,680	HS
Témoins2	.....	131	1,21				
	100°C-1'	113	1,1875	134,1875	- 21,4725	461,068	NS
	100°C-3'	129	1,195	154,155	-5,505	30,305	NS
	100°C-5'	260	1,2025	312,65	152,99	23405,94	HS
Témoins3	.....	135	1,18				
Moyenne des essais		177,33					
Moyenne des témoins		159,66					
$\Sigma(D)$					192,515		
Moy. D					32,0852		
$\Sigma(D^2)$						25806,51	

**Commentaire**

En comparant la différence (D) entre les rendements corrigés et la moyenne des témoins dans le tableau III synthétique de la comparaison des moyenne par le test de student de taux de germination au seuil de probabilité de 5% et 1%, le test de signification montre que le rendement entre différentes températures sont hautement significatifs (HS) pour le traitement de 50°C-3', 50°C-5' et 100°C-5' et non significatif (NS) pour le traitement de 100°C-1' et 100°C à 3'.

### 3.5. Vitesse de germination

#### a) effet de la température de scarification sur la vitesse de germination.

Concernant la vitesse de germination, selon ROHMOSER (1986) le test qui était utilisé pour le taux de germination sera aussi utilisé pour la vitesse germinative dans la séquence des différentes opérations.

**Tableau IV : Effet de la température de scarification sur la vitesse de germination**

T°de trt	Ambiante			Total	50°C			Total	100°C			Total
Traitement	To <sub>1</sub>	To <sub>2</sub>	To <sub>3</sub>		1'	3'	5'		1'	3'	5'	
Nombre de trt	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3
vitesse de germination	0,57	0,53	0,48	1,58	0,62	1,11	0,93	2,66	0,57	0,66	0,88	2,11
$\bar{X}$	26	24	2	72	28	50	42	120	26	30	40	96

Comme dans le tableau IV la vitesse de germination montre que la température de scarification n'a pas une influence marquée sur vitesse de germination, car le taux de levé à la température de 50°C-3' ne s'écarte pas tellement de ceux des graines traitées à la chaleur, ayant donné une moyenne de 50 soit 1,11%.

**b) Comparaison des moyennes par le test de student sur la vitesse de germination**

**Tableau V : Comparaison des moyennes par le test de student sur la vitesse de germination**

	<b>T° et durée de traitement</b>	<b>Rendement par parcelle</b>	<b>Facteur correctif</b>	<b>Rendement corrigé</b>	<b>D</b>	<b>D<sup>2</sup></b>	<b>Seuil de signification</b>
Témoins1	.....	26	0,923				
	50°C-1'	28	0,964	26,992	2,992	8,952	NS
	50°C-3'	50	1,005	50,25	26,25	689,062	HS
	50°C-5'	42	1,046	43,932	19,932	397,284	HS
Témoins2	.....	24	1,0909				
	100°C-1'	26	1,022	26,572	2,572	6,615	NS
	100°C-3'	30	1,044	31,32	7,32	53,582	NS
	100°C-5'	40	1,066	42,64	18,64	347,449	HS
Témoins3	.....	22					
Moyenne des essais		36					
Moyenne des témoins		24					
$\Sigma(D)$					77,706		
Moy. D					12951		
$\Sigma(D^2)$						1456,6839	

**Commentaire**

En comparant la différence (D) entre les rendements corrigés et les moyennes des témoins dans le tableau synthétique de la comparaison de moyenne par le test de student de vitesse de germination au seuil de la probabilité de 5% et 1%, le test de signification montre que le rendement entre différentes températures sont hautement significatifs (HS), pour le traitement de 50°C-3', 50°C-3'et 100°C-5' et non significatif (NS) pour le traitement de 100°C-1' et 100°C-3'.

## Chapitre quatrième : DISCUSSION

Actuellement peu de travaux ont été réalisés dans ce domaine de la germination des essences forestières pour le projet de reboisement ; surtout à ce qui concerne l'*Eucalyptus grandis*.

Les données de taux de germination et de vitesse de la germination d'*Eucalyptus grandis* de notre travail seront comparées dans les paragraphes, avec celles d'étude ayant porté sur les graines des autres essences forestières. Toutefois nous devons savoir que des telles comparaisons sont souvent difficiles à établir en raison des différentes méthodes utilisées particulièrement en ce qui concerne la température de scarification, la durée d'imbibition, le traitement ...

### 4.1. Taux de germination

Le taux de germination étant une expression de la germination ayant comme unité de pourcentage, la comparaison de celui-ci se fera dans le tableau ci-dessous.

**Tableau II : Classement par ordre croissant des résultats de taux de germination**

Espèces	Taux de germination	Référence
1. <i>Eucalyptus grandis</i>	17,33%	Présent travail
2. <i>Acacia auriculiformis</i>	46,5%	AKUKI et BIIBI
3. <i>Cupressus lusitanica</i>	50%	TANDEMA
4. <i>Terminalia superba</i>	98%	KATAMBIDI

La comparaison du taux de germination d'*Eucalyptus grandis* par rapport au taux de germination des autres montrent qu'il a un taux de germination inférieur par rapport autres espèces pris pour la comparaison.

D'après DE LA MENSBRUGE (1966), le taux de germination peut être très élevé (85 à 100%), élevé (60 à 80%), moins élevé (50 à 60%), faible (30 à 50%) et très faible (20 à 30%).

De ce qui précède, le taux de germination étant très faible, il serait mieux de chercher les causes de cette faiblesse de taux de germination et si possible comment lever cette cause et voir la possibilité d'optimiser ce taux pour d'autres méthodes.

## 4.2. Vitesse de germination

La vitesse de germination ou énergie germinative exprimant le pourcentage des graines pures capable de germer au tiers de temps nécessaire pour ce taux de germination, la comparaison de vitesse de germination d'*Eucalyptus grandis* avec les autres essences forestières se fera dans le tableau III ci-dessous.

**Tableau III : Classement par ordre croissant des résultats de la vitesse de germination**

Espèces	Vitesse de germination	Référence
1. <i>Eucalyptus grandis</i>	1,11%	Présent travail
2. <i>Cupressus lusitanica</i>	2%	TANDEMA
3. <i>Terminalia superba</i>	5%	KATAMBIDI
4. <i>Acacia auriculiformis</i>	16%	AKUKI et BIIBI

Le tableau ci-dessus montre que la vitesse de germination des essences retenues sont en générale faibles. Les explications probables à cette faiblesse de germination peuvent être dues du fait que le traitement par scarification à l'eau chaude ne lève pas assez vite la dormance embryonnaire ou tégumentaire, ce qui retarde la germination et elle n'intervient qu'après le premier tiers du temps d'observation.

## CONCLUSION ET SUGGESTION

### A. Conclusion

Ce travail a comme objectif de déterminer la température de scarification et la durée d'imbibition optimum des graines d'*Eucalyptus grandis* à l'eau chaude pour assurer un meilleur taux de germination et dans un bref délais.

Vu que, l'eau est parmi les éléments chimiques recommandés pour lever la dormance d'un certain nombre de semence des essences forestières qui ont une petite taille et des téguments durs donc imperméable en les ramollissant.

Les résultats obtenus nous permettent de conclure que :

- Le taux de germination d'*Eucalyptus grandis* est très faible et n'atteint pas 20% quel que soit le traitement, le taux le plus élevé est de 17,33% traité à 100°C-5'
- Le traitement à l'eau chaude n'a pas une influence marquée sur le taux de germination, mais comparativement au traitement à l'eau à la température ambiante au voisinage de 14% la durée du trempage semble avoir un effet déprimant sur le taux de germination, mais les résultats sont assez variables pour tirer une conclusion définitive.
- La vitesse de germination est également faible soit 1,11% pour les graines traitées à 50°C-1' au premier tiers du temps d'observation. Le traitement appliqué aux graines d'*Eucalyptus grandis* n'a pas eu beaucoup d'impact sur l'embryon et les téguments afin de pouvoir lever leur dormance et germer ainsi plus tôt.

### B. Suggestion

A la lumière de ce qui précède nous pouvons formuler les recommandations ci après :

- La répétition de l'essai de scarification des graines d'*Eucalyptus grandis* par la méthode thermique à l'eau chaude en vue d'avoir les conclusions plus ou moins générale.
- Essai de scarification des graines d'*Eucalyptus grandis* par la méthode chimique.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET REFERENCES INTERNET

### A. Références Bibliographiques

1. AGBEMA, 2006 : Cours de physiologie végétale Faculté des Sciences Agronomiques, (UNIKIS) inédit.
2. AKUKI et BIIBI, 1990 : Essai de la stratification des graines d'*Acacia auriculiformis* A. CUNN ex Benth par la méthode thermique à l'eau chaude.
3. ANONYME, 1954 : Les *Eucalyptus* dans le reboisement, Paris, 30-125p
4. ANONYME, 1990 : la disparition des bois de forêt tropicale (dense et humide) éd. Dalloz, Paris, 30-39p.
5. ANONYME, 2005 : Guide juridique pratique sur les forêts en République Démocratique du Congo par les avocats verts, FAO/projet état de lieu de la foresterie communautaire en République Démocratique du Congo, Kinshasa, 11-79p
6. ANONYME, 2007 : Les forêts de la République Démocratique du Congo
7. AZIBHO, 2007 : Inventaire des chenilles foreuses des chaumes et d'épis de maïs à Kisangani (Mémoire).
8. BERCE 1964 : Cartes de reconnaissance éco-floristique de la République Démocratique du Congo, Centre chargé d'information 18p.
9. BOLA, M. 2002 : Epiphyte vasculaire et phytophyte de l'écosystème urbain de Kisangani, dissertation de D.E.S inédit UNIKIS, 214p
10. BORTHWICK, 1954 : Spectre d'action de la lumière visible sur la germination des semences à photosensibilité positive, 155-177p.
11. BRACOUNNIER et GLANDARD, 1952 : Nouveau Larousse agricole, librairie, Larousse, Paris 63 à 75p.
12. CASPARY, 1960 : influence de la lumière sur la germination des graines germant à l'obscurité 66-68p.
13. CHIRWISA, 2005 : La culture d'*Eucalyptus* dans l'écosystème urbain de Kisangani 3-5p.
14. CLEMENT, 1986 : Dégradation écologique par l'agriculture itinérante, dans les Milieux forestiers en Afrique 102-106p.
15. COME, 1968 : Les modes d'imbibition des graines d'espèces forestières par diverses méthodes 17-21p.



16. CORBINEAU, 1980 : Les effets de la quantité d'oxygène des embryons dénudés à la germination 66-68p.
17. DE LA MENS BRUGE, 1966 : La germination des essences arborées de la forêt dense de la Côte d'Ivoire, 60-75p.
18. DURAND, 1973 : Intervention des phytohormones inhibiteurs de la germination des graines d'*Eucalyptus*, 15-20p.
19. EVENARY, 1957: Seed collection and handing in eucalypts dans selected reference papers, international training course in forest tree, breeding 183-205p.
20. FROMANTIN. J. 1968 : Annales de l'Université d'Abidjan, série E FASC 3.  
Recherche sur la germination et la croissance des plantules de quelques conifères. 177p.
21. HABER, 1959 : Les facteurs de la germination avec ses exigences écologiques sur les enveloppes séminales. 25-36p.
22. HELLER. R. 1960 : Cours de physiologie végétale : croissance et développement  
Centre de documentation universitaire éd. Paris, 26p.
23. IUCN, 1969 : La conservation des écosystèmes forestiers d'Afrique Centrale, Gland, Suisse, Cambridge, RU/CNC, 14-16p.
24. KATAMBIDI, K. 2000 : Essai de scarification des graines de *terminalia superba* Engels et Diels par la méthode thermique à l'eau chaude,  
TFE ISEA/Bengamisa.
25. LEWAK, 1975 : Evolution de quelques activités métaboliques et régulateur de croissance au cours de la stratification des graines, 87-90p.
26. LISSINGI, 1990 : Essai de stratification des graines d'*Acacia auriculiformis* ACUNN ex Benth par la méthode thermique à l'eau chaude. TFE,  
ISEA/Bengamisa.
27. LOKOMBE, D. 2006 : Cours de sylviculture appliquée/Fac des Sciences  
Agronomiques (UNIKIS) inédit.
28. MAGO. T. 1989 : Essaie de la stratification des graines d'*Acacia auriculiformis* ex Benth par la méthode chimique à HNO<sub>3</sub>, TFE, ISEA/Bengamisa  
(inédit).
29. MAMBANI. B. 1995 : cours de pédologie du sol, IFA Yangambi (inédit).
30. MANGAMBO 2002 : Etude de peuplement sous bois dans la partie Nord de la réserve Yoko, Ubundu, mémoire inédit Fac des Sciences/UNIKIS 55p.
31. MAZLIAK, 1982 : Croissement et développement physiologie végétale, 50-277p.

32. MBOLO, 1990 : Germination et croissance des essences forestières du Sud Cameroun.  
Exemples des quelques légumineuses et sapotiers, thèse troisième cycle Université de Yaoundé, 268p.
33. Micro Robert : 1980 : Dictionnaire français primordial, 490p.
34. NDUNGO, K. 1987 : Pépinière et reboisement note de cours ISEA Bengamisa A.P.  
inédit.
35. NYAKABWA et LE JOLY 1982 : Phytocenoses de l'écosystème urbain à Kisangani  
Thèse d'UNIKIS 418p.
36. OKUNGO, A. 2004 : Cours de physiologie végétale IFA/YAngambi. (Inédit)
37. OKUNGO, A. 2007 : Cours de physiologie végétale IFA/YAngambi. (Inédit)
38. PERINO. 1977 : Réalisation d'essai de germination des graines des essences  
forestières dans les multiples conditions thermiques. 137-157p.
39. PNUD 2007 : Données climatologiques de la Ville de Kisangani,
40. PNUD 2007 : Recensement de la population congolaise dans la Ville de Kisangani.
41. RALAMBOSOA, 1979 : Les inhibitions de la germination des graines par la lumière.  
6-11p.
42. ROHMOSER 1986 : Manuel sur les essais au champ dans le cadre dite coopérative  
technique. 182-187p.
43. ROLLIN, 1975 : Evolution en fonction de temps de l'intensité respiratoire des  
semences germées à la lumière. 15-17p.
44. TISSANOUI 1973 : Le rôle de l'oxygène dans la germination des graines et  
conditions dans lesquelles les semences sont placées. 106-108p.
45. YUMA, 1986 : Essai de germination des graines de quatre variétés de *Leuceana  
leucocephala* (Lam) De WITT traité à l'Acetate TFE ISEA/Bengamisa  
(inédit).

## B. Références Internet

*Eucalyptus*: [http://www.australiaplants.com/Eucalypts\\_seed/germinationhtm](http://www.australiaplants.com/Eucalypts_seed/germinationhtm)  
<http://www.australiaplants.com>  
<http://www.fao.org/DOCREP/h2575fjpg>  
<http://www.tree.Cobweb.org>  
<http://www.cobi.org>

## TABLE DES MATIERES

	Pages
Dédicace	
Résumé	
Avant propos	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Annexes	
 0. Introduction .....	1
0.1 Problématique.....	1
0.2. Hypothèses .....	4
0.3. But de travail .....	4
0.4. Intérêt .....	4
0.5. Etat des connaissances .....	4
0.6. Subdivision du travail .....	5
 <b>Chapitre Premier : Généralités .....</b>	<b>6</b>
1.1. Milieu d'étude .....	6
1.1.1. Situation géographique .....	6
1.1.2. Climat .....	6
1.1.3. Sols .....	6
1.1.4. Végétation .....	7
1.1.5. Population .....	7
1.2. L' <i>Eucalyptus grandis</i> .....	8
1.1.2. Description .....	8
1.2.2. Caractères botaniques .....	8
1.2.3. Culture .....	9
1.2.4. Usage en République Démocratique du Congo.....	10
1.3. Dormance des graines.....	11
1.3.1. Définition .....	11
1.3.2. Types de dormance.....	12
1.3.2.1. Dormance primaire.....	12
1.3.2.2. Dormance secondaire .....	12

1.3.2.3. Dormance tégumentaire.....	12
1.3.2.4. Dormance embryonnaire .....	12
1.3.2.5. Dormance complexe .....	13
1.3.2.6. Inhibitions de la germination.....	13
1.3.3. Levée de dormance .....	14
1.3.3.1. Anoxie .....	14
1.3.3.2. Température élevée .....	15
1.3.3.3. Gibbérelline .....	15
1.3.3.4. Acide abscissique .....	16
1.3.3.5. Amputation des cotylédons .....	16
1.4. La germination des graines.....	17
1.4.1. Diverses phases de germination .....	18
1.4.2. Facteurs généraux de la germination .....	19
1.4.3. Mode d'expressions de la germination.....	20
<b>Chapitre Deuxième : Matériel et Méthodes .....</b>	<b>22</b>
2.1. Matériel.....	22
2.1.1. Matériel biologique .....	22
2.1.2. Matériel technique .....	22
2.2. Méthodes .....	22
2.2.1. Répartition des planches .....	22
2.2.2. Source de variation .....	23
2.2.3. Fréquence d'observation .....	23
2.2.4. Soins et entretiens.....	24
2.2.5. Précipitation .....	24
<b>Chapitre troisième présentation des résultats .....</b>	<b>25</b>
3.1. Nombre des graines par kilogramme.....	25
3.2. L'échelonnement des levées.....	25
3.3. Courbes de germination .....	25
3.3. Courbes de germination des graines suivant les différentes températures de scarification.....	26
3.4. Taux de germination .....	27
3.5. Vitesse de germination .....	29

<b>Chapitre quatrième : Discussion .....</b>	<b>31</b>
4.1. Taux de germination .....	31
4.2. Vitesse de germination .....	32
<b>CONCLUSION ET SUGGESTION .....</b>	<b>32</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET REFERENCES INTERNET .....</b>	<b>34</b>
<b>ANNEXES</b>	

## Annexe I : Données climatiques

Mois	Température (°c)			Précipitations	
	MAX	MIN	$\bar{X}$	Hauteur	Nombre de pluie
Juin	31,2	21,4	26,3	77,0	6
Juillet	30,6	20,7	25,6	139,3	8
Août	30,1	20,6	25,3	124	6

Source : Département de phytotechnie, IFA/Yangambi 2007

## Annexe II : L'échelonnement de la levée pour les neuf lots de l'échantillon des graines suivies du 14 juin au 14 juillet 2007

Jour de levée	Ambiante			50°c			100°c		
	TO <sub>1</sub>	TO <sub>2</sub>	TO <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
1									
2									
3									
4	3					6			
5	6	4				15			15
6	9	10		6	12	23		7	19
7	15	14	10	11	17	30	9	10	24
8	18	20	17	16	25	34	14	18	28
9	20	24	19	20	38	39	18	27	32
10	26	24	22	28	50	42	26	30	40
11	43	35	31	35	51	56	31	38	48
12	56	37	39	42	55	70	35	44	59
13	71	41	42	60	55	81	39	49	72
14	88	45	50	81	60	103	49	58	85
15	120	61	50	89	76	111	54	61	99
16	143	65	54	102	81	118	60	66	115
17	161	74	61	116	93	127	64	72	128
18	187	78	61	130	100	141	66	76	140
19	201	81	83	148	103	149	69	81	154
20	205	86	90	162	112	161	77	85	169
21	205	88	94	182	117	168	83	89	178
22	209	88	96	191	121	178	89	90	201
23	209	101	96	198	145	182	94	97	207
24	209	109	96	203	151	182	99	104	221
25	213	118	115	203	163	182	105	110	232
26	213	125	120	203	168	182	109	115	245
27	213	128	135	203	174	182	113	118	255
28	213	131	135	203	177	182	113	123	260
29	213	131	135	203	177	182	113	129	260
30	213	131	135	203	177	182	113	129	260

**Annexe III : Tableau II : Température retenue pour scarification des graines et description du traitement pour chacune**

Température de scarification	Identité	Description du traitement	Quantité utilisée par température
Température ambiante	T <sub>0</sub>	- 24 heures dans l'eau en température ambiante. - Sortir de l'eau et étaler à l'ombre pendant 24 heures pour s'égoutter	1500 graines = T <sub>0a</sub> 6gr T <sub>0b</sub> 6gr T <sub>0c</sub> 6gr
50°C	T <sub>1</sub>	- Tremper les graines dans l'eau chauffée à 50°C-1' puis plonger dans l'eau pour se refroidir. - Les étaler à l'ombre pendant 24 heures pour s'égoutter	T <sub>1a</sub> 6gr T <sub>1b</sub> 6gr T <sub>1c</sub> 6gr
100°C	T <sub>2</sub>	Dans l'eau bouillie à 100°C-5' ensuite plonger dans l'eau froide, retirer et placer à l'ombre pour s'égoutter	T <sub>2a</sub> 6gr T <sub>2b</sub> 6gr T <sub>2c</sub> 6gr

Légende : T<sub>0</sub> = température ambiante  
T<sub>1</sub> = température à 50°C-1' et 50°C-3'  
T<sub>2</sub> = température à 100°C-1' et 100°C-5'

**Annexe III : Calcul statistique sur toutes les facultés germinatives et la vitesse germinative**

**1. Faculté germinative**

Comme il n'y a pas de répétition dans le dispositif, on calcule premièrement le moyenne des témoins

$$\frac{Tem_1 + Tem_2 + Tem_3}{3} = \frac{213 + 131 + 135}{3} = 159,66$$

En suite on calcule les facteurs correctifs pour chaque témoin.

$$F. \text{ de } Tem_1 = \frac{159,66}{213} = 0,74$$

$$F. \text{ de } Tem_2 = \frac{159,66}{131} = 1,21$$

$$F. \text{ de } Tem_3 = \frac{159,66}{135} = 1,18$$

La différence entre les facteurs correctifs de deux témoins voisins est divisés par le nombre +1 des parcelles situées entre les deux témoins.

Lorsqu'on additionne le quotient obtenu cumulativement au facteur F. de témoins qui présente le plus petit facteur correctif, on obtient le facteur correctif pour le rendement mesuré entre les deux témoins.

$$F. \text{ tem}_2 - F. \text{ tem}_1 = 1,21 - 0,74 = 0,47$$

$$F. \text{ tem}_2 - F. \text{ tem}_3 = 1,21 - 1,18 = 0,03$$

Le nombre de parcelles situé entre deux parcelles témoins = 3, ainsi :

$$0,47 : (3+1) = 0,1175$$

$$0,03 : (3+1) = 0,0075$$

$$F. \text{ de } tem_1 + 0,1175 = 0,74 + 0,1175 = 0,8575 = F. 50^\circ\text{C}-1'$$

$$F. 50^\circ\text{C}-1' + 0,1175 = 0,8575 + 0,1175 = 0,975 = F. 50^\circ\text{C}-3'$$

$$F. 50^\circ\text{C}-3' + 0,1175 = 0,975 + 0,1175 = 1,0925$$

## 2. Vitesse germinative

Comme il n'y a pas de répétition dans le dispositif, on calcule premièrement le moyenne des témoins.

$$\frac{Tem_1 + Tem_2 + Tem_3}{3} = \frac{26 + 22 + 24}{3} = \frac{72}{3} = 24$$

En suite on calcule les facteurs correctifs pour chaque témoin.

$$F. \text{ de } Tem_1 = \frac{24}{26} = 0,923$$



$$F. \text{ de Tem}_2 = \frac{24}{22} = 1,0909$$

$$F. \text{ de Tem}_3 = \frac{24}{24} = 1$$

La différence entre les facteurs correctifs de deux témoins voisins est divisés par le nombre +1 des parcelles situées entre les deux témoins.

Lorsqu'on additionne le quotient obtenu cumulativement au facteur F. de témoins qui présente le plus petit facteur correctif, on obtient le facteur correctif pour le rendement mesuré entre les deux témoins.

$$F. \text{ tem}_2 - F. \text{ tem}_1 = 1,0909 - 0,923 = 0,1679$$

$$F. \text{ tem}_2 - F. \text{ tem}_3 = 1,0909 - 1 = 0,0909$$

Le nombre de parcelles situé entre deux parcelles témoins = 3, ainsi :

$$0,1679 : (3+1) = 0,041975$$

$$0,0909 : (3+1) = 0,022725$$

$$F. \text{ de tem}_1 + 0,041 = 0,923 + 0,041 = 0,964 = F. 50^\circ\text{c-1}'$$

$$F. 50^\circ\text{c-1}' = 0,964 + 0,041 = 1,005 = F. 50^\circ\text{c-3}'$$

$$F. 50^\circ\text{c-3}' = 1,005 + 0,041 = 1,046 = F. 50^\circ\text{c-5}'$$

$$F. \text{ tem}_3 + 0,022 = 1 + 0,022 = 1,022 = F. 100^\circ\text{c-1}'$$

$$F. 100^\circ\text{c-5}' + 0,022 = 1,066 = F. 100^\circ\text{c-5}'$$

Pour éliminer le rendement par parcelle des effets de l'hétérogénéité du sol, on multiplie ceux-ci avec le facteur correctif en obtenant ainsi le rendement corrigé :

$$28 \times 0,964 = 26,992$$

$$50 \times 1,005 = 50,25$$

$$42 \times 1,046 = 43,932$$

$$26 \times 1,022 = 26,572$$

$$30 \times 1,004 = 31,32$$

$$40 \times 1,0066 = 42,64$$

Pour vérifier le degré de signification, pour la différence entre le rendement corrigé et la moyenne des témoins on calcule l'erreur type.

$D^*$  = Différence entre le rendement corrigé et la moyenne des témoins.

$$26,992 - 24 = 2,992$$

$$50,25 - 24 = 26,25$$

$$43,932 - 24 = 19,932$$

$$26,572 - 24 = 2,572$$

$$31,32 - 24 = 7,32$$

$$42,64 - 24 = 18,64$$

$$\Sigma D = 2,992 + 26,25 + 19,932 + 2,572 + 7,32 + 18,64 = 77,706$$

$$MD = 77,706 : 6 = 12,951$$

$$\Sigma D^2 = (2,992)^2 + (26,25)^2 + (19,932)^2 + (2,572)^2 + (7,32)^2 + (18,64)^2 = 1456,6839$$

$$\begin{aligned}\delta d &= \sqrt{\frac{\Sigma D^2 - MD \cdot \Sigma D}{t(t-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{1456,6839 - 12,951 \times 77,706}{6(6-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{1456,6839 - 1006,370406}{30}} \\ &= \sqrt{\frac{450,313494}{30}} \\ &= \sqrt{15} \\ &= 3,874\end{aligned}$$

A ce qui concerne le coefficient de variation on a

$$CV = \frac{\delta d \cdot 100}{\text{moyenne des essais}} = \frac{3,8742 \times 100}{36} = \frac{387,42}{36} = 10,76$$

Le p.p.d.s. sont obtenus à l'aide de Test de student pour :

- $P_{5\%} : \delta d \cdot t_{5\%} = 3,874 \times 2,04 = 7,902$
- $P_{1\%} : \delta d \cdot t_{1\%} = 3,874 \times 2,75 = 10,653$

$$F_{\text{tem}_3} + 0,0075 = 1,18 \ 0,075 = 1,1875 = F_{100^\circ\text{C}-1'}$$

$$F_{100^\circ\text{C}-1'} + 0,0075 = 1,1875 + 0,0075 = 1,195 = F_{100^\circ\text{C}-3'}$$

$$F_{100^\circ\text{C}-3'} + 0,0075 = 1,195 + 0,0075 = 1,2025$$

Pour éliminer le rendement par parcelle des effets de l'hétérogénéité du sol, on multiplie ceux-ci avec le facteur correctif en obtenant ainsi le rendement corrigé :

$$203 \times 0,8575 = 174,0725$$

$$177 \times 0,975 = 172,575$$

$$182 \times 1,0925 = 198,835$$

$$113 \times 1,1875 = 134,1875$$

$$129 \times 1,194 = 154,155$$

$$260 \times 1,2025 = 312,65$$

Pour vérifier le degré de signification, pour la différence entre le rendement corrigé et la moyenne des témoins on calcule l'erreur type.

$D^*$  = Différence entre le rendement corrigé et la moyenne des témoins.

$$174,0725 - 159,66 = 14,4125$$

$$172,575 - 159,66 = 12,915$$

$$198,835 - 159,66 = 39,175$$

$$134,1875 - 159,66 = -21,4725$$

$$154,155 - 159,66 = -5,505$$

$$312,65 - 159,66 = 152,99$$

$$\sum D = 14,4125 + 12,915 + 39,175 + (-21,4725) + (-5,505) + 152,99 = 192,515$$

$$MD = 192,515 : 6 = 32,0858$$

$$\sum D^2 = (14,4125)^2 + (12,915)^2 + (39,175)^2 + (-21,4725)^2 + (-5,505)^2 + (152,99)^2 =$$

$$25806,51139$$

$$\delta d = \sqrt{\frac{\sum D^2 - MD \cdot \sum D}{t(t-1)}} = \sqrt{25806,51139}$$

$$= \sqrt{\frac{25806,51139 - 32,858 \times 192,515}{6(6-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{25806,51139 - 6176,997787}{30}}$$

$$= \sqrt{\frac{19629,51359}{30}}$$

$$= \sqrt{654,3171}$$

$$= 25,5796$$

A ce qui concerne le coefficient de variation on a

$$CV = \frac{\delta d \cdot 100}{\text{moyenne des essais}} = \frac{25,5796 \times 100}{177,33} = \frac{2557,96}{177,33} = 14,42$$

Le p.p.d.s. sont obtenus à l'aide de Test de student pour :

- $P_{5\%} : \delta d \cdot t_{5\%} = 25,5796 \times 2,04 = 52,182$
- $P_{1\%} : \delta d \cdot t_{1\%} = 25,5796 \times 2,75 = 70,343$
- $P_{0,1\%} : \delta d \cdot t_{0,1\%} = 25,5796 \times 3,65 = 93,365$