

**UNIVERSITE
POLYTECHNIQUE DE BOBO DIOULASSO**

**INSTITUT
DU DEVELOPPEMENT RURAL**



***CENTRE NATIONAL
DE SEMENCES FORESTIERES***

PROJET IPGRI/NEEM



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : EAUX ET FORETS

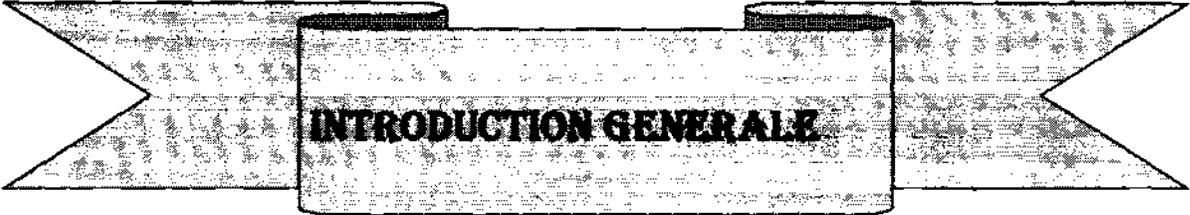
THEME :

**ETUDE DES STADES DE DEVELOPPEMENT
DES FRUITS DE NEEM
(*AZADIRACHTA INDICA* A. JUSS.)**



JUIN 1999

Oblé NEYA



INTRODUCTION GENERALE

SOMMAIRE

Liste des sigles et abréviations

Liste des planches

Liste des tableaux et figures

Avant-propos

Dedicace

Liste des annexes

Abstract

Préambule

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE 1

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

1- PRESENTATION DU NEEM (*Azadirachta indica* A. Juss.)..... 4

1-1- Morphologie 4

1-2- Caractéristiques botaniques 4

1-3- Ecologie 4

1-3-1- Origine et répartition 4

1-3-2- Exigences 4

1-4-Pratiques sylvicoles 5

1-4-1- Multiplication 5

1-4-2- Plantation..... 5

1-5- Utilisations..... 5

1-5-1- Produits ligneux..... 6

1-5-2- Produits à usage domestique et médical 6

1-5-3- Produits à usage insecticide..... 6

1-5-4- Agrosylviculture 6

2- STRUCTURE ET COMPOSITION CHIMIQUE DES SEMENCES 6

2-1- Définition d'une semence 6

2-2- Structure du fruit et de la graine 7

2-2-1- Développement du fruit et de la graine 7

2-2-2- Structure du fruit 7

2-2-3- Structure de la graine..... 7

2-3- Composition chimique de la graine 8

3- GERMINATION DES GRAINES 8

3-1- Définition..... 8

3-2- Conditions de germination..... 9

3-2-1- Facteurs intrinsèques 9

3-2-2- Facteurs extrinsèques 9

3-3- Processus de la germination..... 10

4- CONSERVATION DES SEMENCES..... 10

4-1- Longévité naturelle des semences 11

4-2- Facteurs influant la durée de conservation des semences 11

4-2-1- Etat des semences..... 11

4-2-2- Conditions du milieu 12

**DEUXIEME PARTIE : SUIVI DU DEVELOPPEMENT ET RECOLTE
DES FRUITS, ESTIMATION DE LA TENEUR EN EAU ET DE LA MASSE
SECHE DES GRAINES, ESSAIS DE GERMINATION DES SEMENCES DE
NEEM**

1- OBJECTIF.....	14
2- CHOIX DES SITES.....	14
3- MATERIEL ET METHODE.....	14
3-1- suivi du développement et récolte des fruits.....	14
3-1-1- Matériel.....	14
3-1-2- Méthodologie.....	15
3-1-2-1- Suivi du développement des fruits.....	15
3-1-2-2- Récolte des fruits.....	18
3-1-2-3- Préparation des semences.....	18
3-2- Estimation de la teneur en eau et de la masse sèche des graines.....	20
3-2-1- Matériel.....	20
3-2-2- Méthodologie.....	20
3-3- Germination des semences.....	23
3-3-1- Matériel.....	23
3-3-2- Méthodologie.....	23
3-4- Analyse statistique des données.....	23
4-RESULTATS.....	24
4-1- Suivi du développement et collecte des fruits.....	24
4-1-1- Durée du suivi et récolte des fruits.....	24
4-1-2 Formation des fruits.....	24
4-1-3- Forme, taille et volume des fruits.....	27
4-1-4- Couleur des fruits.....	27
4-1-5- Quantité de fruits.....	27
4-2- Estimation de la teneur en eau et de la masse sèche des graines.....	28
4-3- Essais de germination.....	29
4-3-1- Mesures de la masse des fruits (M_r), des graines (M_g) et détermination du rapport M_g/M_r	29
Tableau 5 : Répartition des graines par classe de longueur suivant l'âge.....	29
4-3-3- Taux de germination en fonction de l'âge des graines.....	29
5- Analyse des résultats et discussions.....	30
5-1- Suivi du développement des fruits.....	30
5-1-1- Durée de la formation des fruits.....	30
5-1-2- Mode de formation des fruits.....	31
5-1-3- Couleur des fruits dans le temps.....	31
5-1-4-Taille, forme et volume des fruits.....	31
5-1-5- Variation du nombre de fruits portés par les panicules.....	32
5-2- Corrélation entre masse des graines et masse des fruits.....	32
5-3- Variation du rapport M_g/ M_r avec l'âge des semences.....	32
5-4- Relation entre masse fraîche, teneur en eau, masse sèche des graines et maturité des graines.....	33
5-5- Taille des graines.....	33
5-6- Essais de germination.....	34
5-6-1- Analyse des données.....	34

5-6-2- Analyse et discussion	34
6- CONCLUSION PARTIELLE	35

TROISIEME PARTIE : TESTS DE TOLERANCE A LA DESSICCATION, ESSAIS DE CONSERVATION DES SEMENCES DE NEEM

1- OBJECTIFS	37
2- MATERIEL ET METHODE	37
2-1- Matériel	37
2-2- Méthode.....	37
2-2-1- Tests de tolérance à la dessiccation.....	37
2-2-2- Les essais de conservation.....	41
3- RESULTATS.....	41
3-1- Niveau de tolérance à la dessiccation.....	41
3-2- Variation de la teneur en eau des graines conservées dans le temps	43
3-3- Variation de la viabilité des graines conservées dans le temps.....	44
4- ANALYSE ET DISCUSSIONS	46
4-1- Niveau de tolérance à la dessiccation	46
4-2- Variation de la teneur en eau des graines pendant la conservation.....	48
4-2-1- Variation suivant la température de conservation et le niveau de teneur en eau	48
4-2-2- Variation de la teneur en eau suivant l'âge des graines.....	48
4-3- Evolution de la viabilité des graines conservées dans le temps.....	49
4-3-1- Effet de la température et de la teneur en eau des graines sur leur viabilité....	49
4-3-2- Effet de la température et de l'âge des graines sur leur viabilité	50
4-3-3- Effet de l'âge et de la teneur en eau des graines sur leur viabilité.....	50
5-Conclusion partielle	51
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	53

BIBLIOGRAPHIE.....	55
---------------------------	-----------

ANNEXES

RESUME

Liste des sigles

- C.T.F.T** : Centre Technique Forestier Tropical
C.N.S.F : Centre National de Semences Forestières
F.A.O : Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation
I.F.G.T.D : Institute of Forest Genetics and Tree Breeding
I.S.T.A : International Seeds Testing Association

Liste des planches

- Planche 1** : Formes des fruits, mesures de leur taille et de celle des graines.....17
Planche 2 : Matériel utilisé pour l'estimation de la teneur en eau et du poids sec des graines.....19
Planche 3 : Modes d'apparition des fruits et sécateur utilisé pour la récolte.....22
Planche 4 : Couleur des fruits aux différents stades de développement.....26
Planche 5 : Changement de couleur du gel de silice lors du séchage des graines et récipients de conservation.....40

Liste des tableaux et figures

- Tableau 1** : Changements de teinte des fruits de Neem au cours de leur développement.....27
Tableau 2 : Nombre moyen de fruits par inflorescence dans le temps.....28
Tableau 3 : Variation du poids frais, de la teneur en eau et de la masse sèche des graines, suivant l'âge.....28
Tableau 4 Masse des fruits (M_r), des graines (M_g) et rapport Masse des graines sur Masse des fruits en fonction de l'âge.....29
Tableau 5 : Répartition des graines par classe de longueur suivant l'âge.....28
Tableau 6 : Résultats de l'analyse de variance du nombre moyen de graines germées par répétition.....34
Tableau 7 : Répartition des graines par groupes d'âge suivant leur taux de germination moyen.....34
Tableau 8 : Résultats de l'analyse de variance du taux de germination des graines après dessiccation.....41
Tableau 9 : Résultats de l'analyse de variance des données de tests de viabilité des graines dans le temps.....44
Figure 1 : Pourcentage de graines germées en fonction de l'âge.....30
Figure 2 : Variation intra-âge du taux de germination suivant le niveau de dessiccation.....42
Figure 3 : Variation inter-âge du pourcentage de germination, pour un même niveau de dessiccation.....42
Figure 4 : Variation de la teneur en eau des graines, en fonction l'âge des graines...43
Figure 5 : Variation de la teneur en eau, suivant la température de conservation.....43
Figure 6 : Effet de la température de conservation et de l'âge des graines sur l'évolution de leur viabilité.....45

Figure 8 : Effet de la teneur en eau et de l'âge des graines sur l'évolution de leur viabilité.....46

Liste des annexes

Annexe 1 : Fiche de suivi du développement des fruits de Neem.....	i
Annexe 2 : Fiche d'essai de germination.....	ii
Annexe 3 : Tables des moyennes.....	iii
Annexe 3-1 : Pourcentage moyen de germination suivant l'âge des graines....	iii
Annexe 3-2 : Pourcentage moyen de germination suivant l'âge des graines et le niveau de dessiccation.....	iii
Annexe 3-3 : Résultats des mesures de teneur en eau des graines conservées....	iii
Annexe 3-4 : Résultats des tests de viabilité des graines conservées.....	iv

AVANT-PROPOS

Un travail scientifique, sérieux, ne saurait être l'œuvre d'une seule personne. Sur ce, je tiens à témoigner mes sentiments de profonde gratitude, à tous ceux qui, de quelque manière que ce soit, ont œuvré à l'aboutissement heureux de ce travail.

J'adresse mes reconnaissances particulières :

A Albert NIKIEMA, directeur général du CNSF, pour m'avoir permis d'effectuer ce travail, au sein de cette structure.

A Christiane Sylvie YAMEOGO/GAMENE, mon maître de stage, dont les encouragements permanents, la constante disponibilité à écouter mes multiples inquiétudes et à y trouver des solutions, l'expérience et la rigueur dans le travail, ont été d'une importance capitale pour la bonne issue de ce travail. Je lui suis extrêmement reconnaissant pour sa grande gentillesse et sa bonne vision sociale.

A Jean Baptiste ILBOUDO, mon directeur de mémoire, pour ses conseils judicieux, son assistance permanente et les corrections minutieuses apportées au présent document. Je lui adresse une mention spéciale, pour la simplicité avec laquelle il m'a toujours reçus en tout temps et en tout lieu.

A Pascaline NANA/SANOUE, pour ses multiples encouragements et l'attention particulière portée sur moi tout le long de ce stage.

A Mamadou SIDIBE, pour son appui technique et ses conseils.

Aux cadres et à tout le personnel du CNSF, pour leur bonne collaboration.

A Sansan YOUL, de l'INERA (Kamboinsé), pour l'appui qu'il m'a apporté dans l'analyse statistique des données de l'étude. Son entière disponibilité, sa gentillesse et ses conseils d'ainé, m'ont été d'un intérêt inestimable. Qu'il trouve à travers ces lignes, l'expression de ma profonde gratitude.

Au corps enseignant de l'IDR, à qui, je dis grand merci, pour l'énorme contribution apportée à ma formation.

A mes frères : LOUGUE, GANOU, SOUGUE et à mes amis : OUERMI, SOUGUE, THIOMBIANO, SEDOGO, BOLY, TRAORE et bien d'autres, pour leur soutien, leur compréhension et les différentes suggestions faites pour l'amélioration de ce document.

Enfin à l'ensemble des étudiants de la 23^{ème} promotion de l'I.D.R, pour leur solidarité et leur collaboration franche tout le long de ce cycle.

DEDICACE

A

mes grand-parents

paternels : feu Habatié NEYA et Tossié GANOU,

maternels: Gogou YAO et Bogue SOUGUE, pour leurs bénédictions.

*A mes parents : Gnadema NEYA et Ouowenè YAO, dont l'affection et
le soutien m'ont été disponibles tout le long de mes études.*

A mes oncles : Bacao, Kobéhin et Djimissoré NEYA,

à ma tante Miendoumon YAO, à mes frères et sœurs

et à l'ensemble de la famille NEYA,

pour l'attachement à ma réussite

dont ils ont fait preuve.

ABSTRACT

For a good knowledge on the physiology of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) seeds, a study of the developmental stages of the fruits was undertaken.

The survey of the development of the fruits showed two types of their appearance in the inflorescences : a gathered appearance and a spaced appearance.

The seeds from 8 weeks fruits, whose moisture content is about 46 percent fresh weight basis, gave 80 percent germination rate : these seeds are mature.

The harvest time advised for Neem seeds is comprised between 8 and 9 weeks after the beginning of their formation.

The tests of tolerance to desiccation, followed by the storage trials, reveal that the seeds of 9 weeks dried at about 4 percent moisture content and whose initial germination rate is 42 percent, provide a rate of 32 percent, after three months of storage at 25 and -18°C. The survived seeds has probably within them, seeds with intermediate and/or orthodox storage behaviour.

The seeds harvested at 8 weeks maintain their initial germination rate (80 percent) after 3 months of storage at 25°C and 38,65 percent moisture content.

For the seeds harvested at 7 weeks, the withstand a progressive desiccation up to 4 percent moisture content. At this level of moisture content the germination rate was 75 percent. But the seeds loose completely their viability after 2 months of storage at 40,29 ; 13,97 ; 12,16 ; 7,23 percent moistures content and 25 ; 4 ; -18°C.

Key words : Burkina Faso, Neem, fruit developmental stages, moisture content, tolerance to dessiccation, germination rate, storage behaviour .

PREAMBULE

La présente étude sur les stades de développement des fruits de Neem, s'inscrit dans le cadre d'un partenariat entre le C.N.S.F et l'I.P.G.R.I (International Plants Genetics Research Institute). L'étude est menée simultanément dans trois pays (Kenya, Malaisie et Burkina Faso), dans le but de comparer la physiologie des semences de Neem de ces différentes provenances. Cette initiative de recherche internationale commune qui, a le mérite d'être une première concernant les semences de Neem est alors à encourager et à soutenir, afin que soient levées définitivement les nombreuses contraintes qui empêchent une utilisation rationnelle des multiples produits que fournit l'espèce à l'Homme et son entourage.

Pour BEWLEY et BLACK (1994), cité par FINCH-SAVAGE (1996), le développement des graines comporte trois phases :

- un gain rapide de poids frais résultant de la division cellulaire et de l'expansion des cellules ;
- un gain rapide de poids sec dû à l'accumulation de substances synthétisées au niveau des graines ;
- une perte de poids frais, suite à une déshydratation des graines au cours de la maturation.

Pour SACANDE et GROOT (1995), les trois phases principales suivantes sont considérées dans le développement des fruits du Neem :

Phase 1 : stade de fruits immatures, âgées de moins de cinq semaines ;

Phase 2 : moitié du cycle de développement du fruit, compris entre six et dix semaines ;

Phase 3 : stade de maturation des fruits, entre onze et quinze semaines.

Dans le cadre de la présente étude, un intervalle de temps d'une semaine est adopté, comme étant le temps nécessaire pouvant séparer deux stades de développement des fruits du Neem. Ce choix, se justifie par le souci d'obtenir des informations détaillées, sur la physiologie des semences de Neem, au cours de leur développement.

INTRODUCTION GENERALE

Le Burkina Faso autrefois pays de forêts denses sèches et de fourrés climaciques (GUINKO, 1984), se trouve depuis un certain temps confronté à une dégradation considérable de ses ressources naturelles. La dégradation continue des facteurs environnementaux a mis davantage en évidence l'intérêt de l'arbre pour l'homme ; étant donné qu'il entre en ligne de compte pour la satisfaction de ses besoins quotidiens (énergétiques, alimentaires, médicamenteux, etc.).

Avec une population humaine grandissante et des ressources forestières qui ne font que se dégrader de plus en plus, un déséquilibre croissant s'instaure entre les besoins des populations humaines et animales et la production primaire des formations forestières. Pour faire face à une telle situation, un certain nombre d'actions tels que le reboisement et l'aménagement des forêts naturelles ont été menées au Burkina Faso. Les plantations installées étaient orientées surtout vers la production de bois de chauffe et de service. Les essences exotiques dites à croissance rapide ont été les plus utilisées à cet effet. Au nombre de ces dernières souvent utilisées on note *Eucalyptus camaldulensis*, *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* et *Azadirachta indica* couramment appelé Neem dont les semences font l'objet de la présente étude.

Le Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) connaît de nombreuses utilisations aussi bien en Asie qu'en Afrique où elle a été introduite (BELLEFONTAINE, 1992). Les produits issus du Neem font l'objet d'usages multiples : domestique, médical, insecticide etc. Le Neem à cause de sa rusticité a été très utilisé pour la reforestation des zones sèches et dans les travaux de restauration des sols selon le Centre Technique Forestier Tropical (1988).

L'importance de cette espèce exotique devenue spontanée des régions Soudano-sahéliennes (GANABA, 1996) pour l'homme et son environnement n'est plus à démontrer.

La réussite des reboisements à base d'une essence donnée nécessite une connaissance profonde de la physiologie du matériel végétal utilisé.

Au Burkina Faso la plupart des plantations sont installées à partir de plants produits en pépinière dont la grande majorité est issue de graines (GAMENE, 1987).

Les nombreuses contraintes et insuffisances liées à l'utilisation de certaines espèces introduites ont conduit le Centre National de Semences Forestières (CNSF), qui a entre autres missions de mettre à la disposition des demandeurs des semences en quantité et qualité suffisantes à mener des recherches sur ces espèces. En effet une bonne connaissance de la biologie des semences, de la physiologie, des contraintes à la germination et à la conservation est un préalable indispensable à une utilisation rationnelle et une adoption parfaite des essences exotiques.

Le Neem se propage essentiellement par ses graines. Cependant les multiples opérations de récolte dans divers sites des pays d'origine, avec dépulpage avant ou après le transport, séchage sur place et expédition dans d'autres contrées tropicales en temps opportun n'ont jamais pu être planifiées sur une grande échelle. Cela à cause des difficultés que les chercheurs de ces pays ont pour conserver les semences de l'espèce (BELLEFONTAINE, 1992). Les écrits publiés sur la physiologie et la conservation des semences de Neem aboutissent souvent à des résultats contradictoires. EZUMAH (1986), CNSF (1993), GUNASENA et MARAMBE (1995), MSANGA (1996), ont conclu que les semences de Neem perdaient leur viabilité entre un et quatre mois et les ont donc classées parmi les semences récalcitrantes (SACANDE et al, 1998).

ROEDERER et BELLEFONTAINE (1989), DICKIE et SMITH (1992), ont trouvé quant à eux que les semences de Neem supportaient une dessiccation progressive jusqu'à des teneurs en eau de l'ordre de quatre pour cent et une conservation de longue durée (plusieurs années), si elles sont stockées à des températures voisines de quatre degrés Celcius. Pour ces auteurs les semences de Neem sont orthodoxes (SACANDE et *al. op.cit.*).

D'autres études faites par GAMENE et *al.* (1996), SACANDE et *al.* (1996) révèlent que les semences de Neem ont un comportement intermédiaire à ceux des deux types de semences ci-dessus évoqués.

Ces divergences apparentes sur la capacité des graines à préserver leur viabilité peuvent être dues à des facteurs tels que la provenance, le stade de maturité, les conditions d'entreposage et le stade de développement des fruits à la récolte. Il est difficile d'estimer exactement le stade de développement des fruits de Neem sur la base de la forme, du volume ou de la couleur du péricarpe. Les différences de survie pendant le stockage mesurées par la tolérance à la dessiccation, la germination maximum et la teneur en eau peuvent être liées à l'hétérogénéité de développement entre les lots de semences.

La présente étude sur les stades de développement des fruits de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) a pour objectif global de recueillir des informations détaillées sur la maturité physiologique des semences et l'impact du stade de développement des fruits sur la tolérance à la dessiccation et la durée de conservation des semences.

Après quelques généralités ce document analyse les deux parties principales suivantes :

- suivi du développement et récolte des fruits, estimation de la teneur en eau et de la masse sèche des graines, essais de germination des semences de Neem ;
- tests de tolérance à la dessiccation, essais de conservation des semences de Neem.



PREMIERE PARTIE : GENERALITES

1- PRESENTATION DU NEEM (*Azadirachta indica* A. Juss.)

1-1- Morphologie

Le Neem est normalement un arbre à feuillage persistant avec une cime arrondie mais il perd ses feuilles en cas de forte sécheresse. C'est un arbre de taille moyenne atteignant 8 à 15 mètres (m) de hauteur et pouvant dépasser 20 m dans des conditions favorables (CTFT, 1988). Le tronc est droit et court d'un diamètre de 30 à 80 centimètres (cm). L'écorce d'épaisseur moyenne, gris-foncée extérieurement et brun-rougeâtre intérieurement est crevassée longitudinalement et obliquement.

1-2- Caractéristiques botaniques

Le Neem a été décrit en 1830 à partir du nom perse "Azad-darkht-i-hindi" par le botaniste français Antoine Laurent de Jussieu (TEWARI, 1992 ; cité par GANABA, 1996).

◆ Les feuilles sont imparipennées. Le pétiole est glabre et long de 12 à 24 cm. Les folioles sont au nombre de 6 à 7 paires opposées un peu coriaces, longues de 6 à 8 cm et larges de 2 à 3 cm. Le limbe est denté, lancéolé, oblique, asymétrique, aigu au sommet et inégal à la base.

◆ Les inflorescences sont des panicules axillaires de fleurs nombreuses en petites cymes et à pédoncule court.

◆ Les fleurs sont odorantes, blanches et longues de 5 à 6 millimètres (mm). On distingue 5 petits sépales orbiculaires, 5 pétales oblong libres imbriqués, 10 étamines en tube glabre long de 3 à 5 mm, des anthères sessiles ovales, 5 loges s'ouvrant par deux fentes longitudinales et un ovaire globuleux glabre avec 3 loges biovulés à placentation axile.

◆ Les fruits sont des drupes ellipsoïdes de couleur variable selon le stade de maturité, longues de 1,5 à 2 cm, avec un endocarpe ligneux.

1-3- Ecologie

1-3-1- Origine et répartition

Le Neem est originaire des zones sèches de l'Inde (Carnatia, Dekkam, Siwalik) et de Birmanie (TROUP, 1921 ; cité par CTFT, 1988). Il a été introduit sur le continent africain au début du vingtième siècle (1918-1921) d'abord dans les colonies anglophones probablement le Nigeria (DEWAULLE, 1977). Selon GUINKO (1984), DEVERNAY (1994), le Neem a été introduit au Burkina Faso il y a une soixantaine d'années du Ghana par les provinces frontalières.

1-3-2- Exigences

◆ Pluviométrie : le Neem est une espèce rustique qui résiste bien à la sécheresse. Il pousse avec juste 150 mm comme pluviométrie annuelle (MAYDELL, 1983), mais a une préférence pour des pluviométries annuelles comprises entre 400 et 1200 mm par an avec un optimum à 800 mm (DEVERNAY, 1994).

◆ Température : selon DEVERNAY (1994) l'espèce est réellement résistante à la sécheresse car elle supporte des températures moyennes annuelles comprises entre 21 et 32°C (avec un maximum de 45°C et un minimum de 0°C).

◆ Lumière : le Neem est une espèce héliophile mais il tolère l'ombre pendant ses premières années.

◆ Sol : le Neem à l'état isolé se montre plastique et pousse sur des sols variés : sableux, argileux, latéritiques, calcaires, vertiques et même halophiles (CTFT, 1988). Il supporte cependant très mal l'asphyxie racinaire donc les sols hydromorphes même temporairement ou présentant un bilan hydrique déséquilibré (DEVERNAY, op.cit.).

◆ Concurrence : selon DEVERNAY (1994), le Neem supporte mal la concurrence en particulier de la végétation herbacée ou même parfois de sa propre régénération. Inversement par son système racinaire traçant étendu il est fort concurrent des cultures les plus proches (TYLANDER, 1996 ; cité par GANABA, 1996).

◆ Tempérament : il ne se forme jamais de peuplement monospécifique dans son aire naturelle. On le trouve toujours en mélange (CHAMPIGNON et SETH, 1978 ; cités par CTFT, 1988) dans les formations sèches.

1-4-Pratiques sylvicoles

1-4-1- Multiplication

◆ Multiplication végétative : le Neem est une espèce qui rejette et drageonne bien de souche. Le greffage en fente ou par approche se pratique également avec succès (DEVERNAY, 1994).

◆ Semis direct : le Neem se régénère très facilement (preuve de son adaptation). Le semis direct peut donc être employé si l'on dispose suffisamment de graines à la bonne saison.

◆ Plantation avec plants issus de pépinière : pour les zones en dessous de l'isohyète 700 mm la plantation avec des plants élevés en sachets est préconisée par rapport aux plants à racines nues car l'utilisation de ces derniers nécessite des pluviométries plus élevées.

1-4-2- Plantation.

◆ Les différents types de plantations : les types de plantations de Neem rencontrés varient suivant l'objectif assigné à ces dernières. On trouve des arbres isolés au niveau des concessions ou sur les places publiques. Le Neem est aussi planté sous forme de brise-vent ou encore en jachère forestière et selon la méthode taungya (DEWAULLE, 1975). Les plantations de type industriel existent également dans les régions où les conditions climatiques sont assez favorables.

◆ Protection et entretien : malgré l'amertume des feuilles de Neem, ces dernières sont broutées par certains animaux tels que les chèvres et les chameaux. La protection des plants est souvent nécessaire. Le Neem étant très sensible à la concurrence herbacée, les désherbages sont nécessaires tant que le couvert des arbres n'est pas suffisant pour exclure la pousse des graminées.

1-5- Utilisations

L'importance d'une espèce végétale pour l'homme et son environnement de manière générale varie dans le temps et dans l'espace ; cela selon les modes d'utilisation de l'espèce et de ses dérivés par les différents groupes socioculturels.

Nous convenons donc avec BOGNOUNOU (1987), cité par SOME (1991) que :

"L'importance d'une espèce végétale à travers ses productions est relative et évolutive :

- relative si l'on tient compte des diversités d'usage chez les différents groupes ethniques ;
- relative et évolutive à travers l'histoire et en fonction souvent de la demande économique"

Il s'agira pour nous de faire ressortir dans les paragraphes qui suivent quelques principales utilités du Neem pour l'homme.

1-5-1- Produits ligneux

Le bois de Neem fait l'objet de plusieurs utilisations. Il est utilisé pour la sculpture, la fabrication de charrettes, d'outils et de coffres (DEVERNAY, 1994).

D'un pouvoir calorifique moyen (NEYA, 1985), il est souvent utilisé comme bois de feu ou charbon de bois.

1-5-2- Produits à usage domestique et médical

Les produits à usage domestique dérivés du Neem sont multiples. C'est un arbre d'ombrage par excellence couramment utilisé dans les concessions, en alignement et dans la limitation des terrains (SACANDE, 1995). L'huile des graines est traditionnellement utilisée en Inde comme lubrifiant des moyeux de charrettes et combustible d'éclairage (CTFT, 1988 ; DEVERNAY, 1994).

Actuellement on extrait de la graine un principe actif à savoir la nimbidine, utilisée dans l'industrie pharmaceutique et vétérinaire pour les préparations à usage dermatologique, stomatologique et endocrinologique (antipaludique, sédatif léger, antiparasitaire externe vétérinaire), (CTFT, op.cit.).

Au Burkina Faso, à Ouahigouya précisément (dans la province du Yatenga) des savons antiseptiques sont fabriqués à partir d'extraits de Neem au niveau du centre de formation des groupements Nam.

1-5-3- Produits à usage insecticide

Les feuilles tout comme les graines de Neem contiennent des principes actifs. Le plus connu l'azadirachtine est un excellent insecticide pour lequel aucune espèce d'insectes n'a été capable de développer jusque là une forme de résistance (DEVERNAY, 1994). En Asie et aux Etats Unis des insecticides à base d'extraits de Neem sont fabriqués de façon industrielle.

1-5-4- Agrosylviculture

Le feuillage du Neem est apprécié par les chameaux et les jeunes plants sont toujours mangés par les chèvres. Il est souvent utilisé pour l'installation des brise-vent mais aussi dans les jachères forestières (CTFT, 1988) du fait de sa capacité à mobiliser des quantités considérables d'éléments nutritifs dans les sols naturellement pauvres. Le Neem par le rôle fertilisant de ses feuilles et ses graines est utilisé dans la culture du riz et de la canne à sucre (CTFT, 1988).

2- STRUCTURE ET COMPOSITION CHIMIQUE DES SEMENCES

2-1- Définition d'une semence

Le terme semence est assez large pour qu'on puisse en donner une définition botanique précise (SOME, 1991). Pour COME (1970) cité par GAMPINE (1992), la semence dans l'acceptation la plus générale du terme désigne tout ce qui se sème et tout ce qui est disséminé.

Le terme de semence peut désigner alors les graines, les fruits entiers, les parties de fruits, les fruits entourés de restes floraux divers propagés par les plantes, qui restent à l'état de vie ralentie pendant des durées variables puis germent pour donner de nouvelles plantes (BINET et BRUNEL, 1968 ; cités par SOME, 1991). En substance le terme de semence désigne tout organe qui permet la propagation de la plante dont il est issu.

Pour les besoins de la présente étude le terme semence sera consacré aux graines dépourvues des enveloppes protectrices des fruits.

2-2- Structure du fruit et de la graine

La distinction entre graine et fruit d'un point de vue physiologique peut être capitale car le fruit comporte une enveloppe (le péricarpe) de plus que la graine, selon COME (1970) cité par GAMPINE (1992).

Avant d'aborder la structure de ces organes nous ferons un aperçu sur leur genèse.

2-2-1- Développement du fruit et de la graine

◆ La graine : la graine est un organe reproducteur qui se développe à partir d'un ovule généralement après fécondation. Le développement de la graine débute par la fécondation, c'est à dire l'union d'un noyau mâle haploïde provenant d'un grain de pollen et d'un noyau femelle haploïde à l'intérieur de l'ovule et la formation subséquente d'un nouvel organisme diploïde (F.A.O, 1992). Après la fécondation certains éléments de la fleur disparaissent (étamines, pétales) et d'autres (ovules et ovaies) évoluent pour donner la graine (GAMPINE, 1992).

◆ Le fruit : normalement le développement de la graine s'accompagne de celui du fruit. Dans le cas le plus simple la paroi ovarienne s'épaissit pour former le péricarpe qui est l'élément qui différencie le fruit et la graine. Selon la consistance de cette enveloppe protectrice on a les types de fruits suivants.

- Déhiscent, s'ouvrant alors à maturité pour libérer les graines qu'il contient. Exemples: capsule d'Eucalyptus, gousse de certaines légumineuses.
- Indéhiscent et sec, étroitement soudé à la graine. C'est le cas de l'akène, de la samare, de la noix...
- Indéhiscent et charnu, caractérisé souvent par une couleur, une odeur et un goût particuliers. Exemples : baie (*Diospyros*), drupe (*Azadirachta*)...

2-2-2- Structure du fruit

Le fruit comprend la graine et le péricarpe (paroi du fruit). Ce dernier dans le cas d'une drupe type se compose :

- de l'épicarpe qui est un dérivé de l'épiderme externe de l'ovaire ;
- du mésocarpe, constitué par le parenchyme de la feuille carpellaire ;
- et de l'endocarpe correspondant typiquement à l'épiderme interne du carpelle.

2-2-3- Structure de la graine

La graine élément central du fruit et organisme vivant complet comporte trois parties essentielles qui sont :

- l'embryon plante en miniature, constitué lui-même de trois éléments à savoir : une radicule, une gemmule et un ou deux cotylédons (deux pour le Neem) ;
- l'albumen, tissu parenchymateux continu et homogène accumulateur des réserves nutritives;
- les téguments, qui constituent les enveloppes protectrices de l'embryon et de l'albumen.

La graine à maturité se sépare de la plante-mère et est disséminée dans la nature soit par la plante elle-même (cas des grosses graines qui tombent aux pieds des arbres), soit par les animaux et l'homme ou le vent et les eaux (cas des graines légères).

2-3- Composition chimique de la graine

La composition chimique de la graine varie d'une espèce à l'autre et même au sein d'une espèce. Elle est sous l'emprise des facteurs génétiques propres à chaque graine ; mais des facteurs tels que l'environnement, les pratiques culturales (comme la date de semis), la quantité d'eau tombée et la fertilité l'influencent beaucoup également (COPELAND, 1976 ; cité par GAMENE, 1987).

De façon générale la graine contient selon GAMENE (1987) et SOME (1991) les éléments suivants :

- des carbohydrates (amidon, hémicellulose, peptides etc.),
- des lipides (acides gras, glycérols, autres alcools),
- des protéines (albumines, globulines, prolamines, etc.),
- divers autres composés (tannins, alcaloïdes, régulateurs de croissance : gibbérellines, cytokinines, auxines ; inhibiteurs : dormine, coumarine, certaines vitamines etc.).

La graine commence sa vie individualisée une fois séparée de la plante-mère. Elle passe à l'état de vie ralentie pendant la mauvaise saison et attend les conditions favorables à sa germination.

3- GERMINATION DES GRAINES

3-1- Définition

La germination est un processus complexe et continu auquel on ne peut pas donner une définition unique et précise.

Pour le cultivateur ou le pépiniériste observant le comportement des graines placées sous-sol, les graines ont germé si des jeunes plants apparaissent à la surface de ce sol. Ce phénomène correspond selon SOME (1991) à un stade avancé de la germination et il convient de lui réserver les termes de levée ou d'émergence.

Selon GUYOT (1978) cité par GAMPINE (1992) la germination, phase première de la vie de la plante, est la naissance d'une jeune plantule aux dépens de la graine.

Pour les physiologistes la germination est une série de réactions et d'événements métaboliques dans la graine imbibée et qui culminent à l'émergence de la plantule (GAMENE, 1987).

Pour l'expérimentateur utilisant des graines placées dans un milieu transparent la germination correspond à l'apparition d'une partie de l'embryon (pointe de la radicule le plus souvent) à l'extérieur des enveloppes de la graine (BINET et BRUNEL, 1968 ; cités par SOME, 1991).

C'est cette dernière définition bien que ne faisant pas l'unanimité, qui sera retenue pour les besoins des essais de germination dans la présente étude.

Selon GAMENE (1987) certains termes sont utilisés pour apprécier la germination des lots de semences. Ce sont :

- le pouvoir germinatif : c'est la quantité de graines germées dans les conditions les plus favorables. Il s'exprime par le nombre de graines germées sur un lots de cent (100) semences.
- le pourcentage de germination : c'est le pourcentage réel de graines germées d'un lot à la fin d'un essai.
- la capacité de germination : c'est la quantité de graines germées dans des conditions bien définies.
- l'énergie germinative : elle indique le pourcentage de graines germées en un temps donné.
- la faculté germinative : c'est la somme des pourcentages de graines germées et de graines saines restant à la fin d'un essai.

3-2- Conditions de germination

La germination est possible si un certain nombre de conditions sont réunies. Les unes intrinsèques et liées aux semences elles-mêmes, les autres extrinsèques et en rapport avec le milieu (GUYOT, 1978 ; cité par GAMPINE, 1992).

L'optimum de ces conditions varie considérablement d'une espèce à une autre et des interactions existent fréquemment entre ces différents facteurs régissant la germination.

3-2-1- Facteurs intrinsèques

◆ La maturité de la semence : deux étapes sont à distinguer dans la maturité de la graine.

- La maturité morphologique : elle correspond à la mise en place des éléments constitutifs de la graine. En général la graine ne peut pas encore germer après cette maturité.

- La maturité physiologique : elle est caractérisée par l'intervention de changements qualitatifs indispensables à la germination.

◆ L'âge de la graine : le taux de germination potentiel diminue généralement avec l'âge des semences. Les graines jeunes vigoureuses ont plus de chance de germer que les graines vieilles moins vigoureuses.

◆ Le tégument : la nature des enveloppes séminales des graines influence de beaucoup leur germination. Le tégument qui est responsable des échanges entre le milieu de semis et les graines joue essentiellement sur l'hydratation des semences.

Un tégument imperméable inhibera donc la germination par suite d'une mauvaise hydratation des graines.

◆ La composition chimique de la graine : la quantité d'eau absorbée par une semence est fonction de sa composition chimique. Cette quantité d'eau absorbée est très variable compte tenu de la grande variabilité de la composition chimique des semences.

◆ La dormance : certaines graines même placées dans des conditions favorables de germination sont incapables de germer. La dormance correspond à une inactivation du métabolisme résultant de facteurs endogènes à la graine (intervention de substances inhibitrices, développement insuffisant de l'embryon etc.). On parle de quiescence si les graines sont sous l'emprise de facteurs exogènes (température, eau, lumière, etc.). Pour lever la dormance on a recours à des techniques et procédés divers appelés prétraitements.

3-2-2- Facteurs extrinsèques

Les facteurs qui de façon associée déclenchent les réactions métaboliques, point de départ de la germination sont : l'eau, l'air (oxygène), la lumière et la chaleur (température).

◆ L'eau : l'absorption d'eau est le premier processus intervenant dans la germination d'une graine. Cette absorption n'est autre qu'une imbibition qui est influencée par des facteurs aussi bien internes qu'externes aux semences (température, perméabilité de la graine, composition chimique).

◆ L'air : l'élément de l'air concerné est l'oxygène. On constate lors de la germination une augmentation importante des échanges gazeux due à la respiration. La respiration, processus essentiellement oxydatif permet la dégradation des réserves nutritives (carbohydrates, graisses et protéines) en des molécules plus simples et mobiles (eau, dioxyde de carbone) et en énergie.

◆ La température : chaque espèce se caractérise par une température minimale, optimale et maximale de germination (GUYOT, 1978 ; cité par GAMPINE, 1992).

La température optimale est celle qui donne le plus grand pourcentage de germination pendant la plus courte durée de temps possible (COPELAND, 1976 ; cité par GAMENE, 1987).

◆ La lumière : Selon les graines la lumière stimule (graines à photosensibilité positive), inhibe (graines à photosensibilité négative) ou reste sans action (graines non photosensibles) sur la germination.

3-3- Processus de la germination

Le passage de la vie ralentie à une activation du métabolisme débute par une imbibition des tissus de la graine. L'hydratation des particules colloïdales des tissus entraîne leur gonflement qui permet la déchirure du tégument au niveau du micropyle et aide à l'émergence des points de croissance (GAMENE, 1987 ; SOME, 1991).

Au fur et à mesure que la teneur en eau de la semence augmente, l'activité enzymatique et l'intensité respiratoire croissent. La conséquence de cette croissance est l'hydrolyse et la dégradation des tissus de réserves (carbohydrates, lipides, protéines), en formes chimiques simples et mobiles (acide pyruvique, acides gras, acides aminés).

Au niveau des mitochondries, siège de la respiration cellulaire, ils sont oxydés en dioxyde de carbone (CO₂), en eau (H₂O) et en Adénosine Triphosphate (ATP) (BINET et BRUNEL, 1968 ; cités par SOME, 1991).

Grâce aux réactions de synthèse qui suivent, l'embryon se dégage progressivement des enveloppes protectrices de la graine et devient de plus en plus indépendant. L'allongement de la radicule et de la gemmule de l'embryon hors des limites de la graine est le signe de sa bonne germination (SOME, 1991).

4- CONSERVATION DES SEMENCES

Les raisons essentielles qui justifient la conservation des semences peuvent se résumer comme suit :

- maintenir la viabilité des graines entre la période de récolte et le moment des semis car ces deux événements coïncident très rarement ;
- palier aux éventuels déficits de semences causés par les années de production médiocre ou nulle ;
- créer de meilleures conditions pour les semences en les protégeant contre les dégâts des rongeurs, des oiseaux, et des insectes ;
- permettre les échanges régionaux et internationaux de semences dans le cadre des activités commerciales et/ou de recherches scientifiques.

La durée de conservation des semences est cependant conditionnée par un certain nombre de facteurs dont les uns sont imputables aux semences elles-mêmes et les autres liés au milieu de conservation.

4-1- Longévité naturelle des semences

La durée de la période pendant laquelle les semences peuvent rester viables sans germer dépend en grande partie de leur état au moment de la récolte, de la qualité du traitement qu'elles subissent entre leur collecte et leur entreposage et des conditions dans lesquelles elles sont conservées.

Néanmoins on retiendra que leur longévité varie énormément d'une espèce à une autre, même si elles sont traitées et stockées de la même manière.

ROBERTS (1973) cité par F.A.O (1992) avait défini deux types de semences.

- Les semences orthodoxes, dont la teneur en eau peut être abaissée jusqu'à cinq pour cent (de la masse fraîche) et qui peuvent être conservées à des températures basses ou proches du point de congélation pendant de longues durées.

- Les semences récalcitrantes, qui doivent garder une teneur en eau relativement élevée (le plus souvent de 20 à 50 pour cent de la masse fraîche) et ne se conservent pas pendant de longues périodes.

ELLIS et *al* (1989, 1990), cités par SACANDE et *al* (1998), ont défini un troisième groupe à savoir celui des semences intermédiaires aux semences orthodoxes et aux semences récalcitrantes.

Ces dernières, suivant leur sensibilité à la dessiccation et/ou aux basses températures, ont des durées de conservation relativement courtes (SACANDE et *al*, 1998).

4-2- Facteurs influant la durée de conservation des semences

4-2-1- Etat des semences

Même dans des conditions de conservations bonnes, des semences en piètre état perdront vite leur viabilité. Les facteurs à considérer sont les suivants.

◆ La maturité des semences : les graines parfaitement mûres restent viables plus que les graines récoltées avant maturité (HARRINGTON, 1970 ; STEIN et *col*, 1974 ; cités par F.A.O, 1992).

◆ L'influence de l'ascendance et des années : en matière de récolte des semences, la quantité et la qualité vont souvent de pair (F.A.O, 1992). Un arbre mère à haut rendement semencier produit proportionnellement plus de graines saines aptes à une longue conservation qu'un arbre mère à faible rendement.

◆ Les dommages d'origine mécanique : les graines endommagées mécaniquement au cours de l'extraction, du séchage, du desailage etc., perdent rapidement leur viabilité.

◆ La détérioration physiologique : une manipulation inadéquate sur les sites de récolte, durant le transport ou pendant le traitement provoque une détérioration physiologique des semences même en l'absence de dommages mécanique ou fongique et par conséquent abrège leur durée de conservation.

◆ Les moisissures et les insectes : pour les semences conservées à basses températures avec une faible teneur en eau, les conditions de conservation doivent suffire à empêcher ou à limiter, les dégâts des moisissures ou des insectes. Néanmoins des semences visiblement attaquées auront une durée courte de conservation.

◆ La teneur en eau des semences : la teneur en eau est probablement le facteur qui exerce la plus grande influence sur la longévité des semences. Une diminution de la teneur en eau entraîne la réduction de la respiration. Ce qui a pour effet de ralentir le vieillissement des semences et de prolonger leur viabilité.

4-2-2- Conditions du milieu

Tout comme les facteurs liés aux semences, de nombreux facteurs de l'environnement sont à considérer dans le maintien de la viabilité des semences pendant leur stockage.

◆ L'atmosphère (l'oxygène) : l'oxygène influence négativement la durée de conservation des graines en activant la respiration des semences.

Pour réduire le taux de respiration aérobique la méthode la plus évidente consiste à réduire l'oxygène présent dans l'atmosphère entourant les graines.

◆ La température : tout comme la teneur en eau la température est en corrélation négative avec la longévité des semences, plus la température est basse plus le taux de respiration est faible et plus les semences se conservent longtemps (F.A.O, 1992).

◆ L'éclairement : selon HARRINGTON (1970) cité par F.A.O (1992) la lumière et notamment le rayonnement ultraviolet a un effet dommageable sur les semences. Il est donc préférable de conserver les semences photosensibles dans des récipients métalliques opaques plutôt que dans des bocaux ou des bouteilles en verre.

◆ Les récipients de conservation : la longévité des semences est très variable selon que les récipients de conservation sont totalement perméables à l'humidité et aux gaz, totalement imperméables une fois fermés ou résistants mais pas totalement imperméables à l'humidité.

DEUXIEME PARTIE :

SUIVI DU DEVELOPPEMENT ET RECOLTE DES FRUITS.

ESTIMATION DE LA TENEUR EN EAU ET DE LA MASSE

SECHE DES GRAINES, ESSAIS DE GERMINATION DES

SEMENCES DE NEEM

Introduction

La capacité de germination des semences est sous l'influence de multiples facteurs dont les uns sont liés à la qualité initiale des semences et les autres en rapport avec le milieu de semis. Le stade de développement des semences de Neem au moment de la récolte est le facteur étudié dans ce chapitre afin de déterminer son impact sur la germination initiale des semences de l'espèce.

1- OBJECTIF

L'objectif principal de cette partie de l'étude est de déterminer l'âge minimum de maturité physiologique des semences de Neem et la période propice de collecte des semences de l'espèce.

Des semences de divers stades de développement ont été récoltées et utilisées pour les différents tests de maturité. Les tests sont notamment la mesure de la teneur en eau et de la masse sèche des graines et la détermination du pourcentage de germination.

2- CHOIX DES SITES

Les sites dont les Neem ont fait l'objet du suivi au nombre de deux, sont l'ASECNA et le Collège Protestant de la ville de Ouagadougou. Les caractéristiques géographiques de la ville sont : 1,5° de latitude ouest et 12,5° de longitude nord, et la pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 650 et 750 mm (SACANDE et *al.*, 1998). Ces sites d'observation ont été choisis pour deux raisons essentielles.

◆ **Le nombre et la qualité des arbres** : il existe au niveau de ces sites un nombre suffisant d'arbres qui a fourni des fruits en quantité et de qualité pour l'étude. En plus les sites étant clôturés, cela a protégé les fleurs et les fruits contre le vent qui les aurait plus endommagés.

◆ **La proximité relative des sites du centre d'étude** : le suivi du développement des fruits a nécessité des visites quotidiennes sur les sites tout le long de leur formation. La proximité des sites a permis de réduire les charges liées au déplacement. Elle a permis également et surtout de rejoindre après la récolte le plus vite possible le CNSF afin d'y préparer les semences pour les différentes manipulations au laboratoire.

3- MATERIEL ET METHODE

3-1- suivi du développement et récolte des fruits

Le suivi du développement et la récolte des fruits ont porté sur un total de 43 arbres de Neem sélectionnés sur les deux sites.

3-1-1- Matériel

Le matériel utilisé pour l'exécution des travaux de suivi et de récolte des fruits se compose comme suit :

- une boîte de peinture et un pinceau utilisés pour le marquage des arbres ;
- une échelle qui a servi de tremplin pour monter dans les arbres ou pour atteindre certaines branches pas très hautes ;
- un sécateur avec manche qui a été utilisé pour la coupe de certaines fleurs avant le suivi et des rameaux hauts portant les fruits pendant la collecte ;

- une bâche que l'on étalait sous les branches lors de la récolte pour empêcher les fruits récoltés de se mélanger à ceux déjà tombés ;
- des sacs en polyéthylène dans lesquels étaient transportés les fruits des sites de récolte au lieu de dépulpage ;
- des fiches de suivi sur lesquelles étaient notées les différentes observations faites sur les semenciers ;
- un crayon de papier pour la notation ;
- en fin une mobylette et quelques fois un véhicule pour le déplacement et le transport des fruits.

3-1-2- Méthodologie

3-1-2-1- Suivi du développement des fruits

◆ Pour chaque site

Le nombre d'arbres suivis était variable d'un site à l'autre. Ce nombre était seulement fonction de la quantité d'arbres en floraison au début des travaux sur chaque site.

Ainsi le travail a été effectué sur 33 arbres à l'ASECNA et 10 au Collège Protestant.

◆ Pour chaque arbre

Les semenciers ont été numérotés avec de la peinture à l'aide du pinceau. Après cette numérotation un nombre variable de branches suivant l'accessibilité et la quantité de fleurs portées a été étiqueté avec des lettres alphabétiques sur chaque arbre.

◆ Pour chaque branche

Sur chacune des branches portant les étiquettes il a été sélectionné 10 à 15 inflorescences au hasard dont les panicules ont fait l'objet du suivi. Après cette sélection, les bourgeons floraux et les autres fleurs ont été coupés afin d'éviter toute confusion.

◆ Le suivi

Les inflorescences sélectionnées ont été suivies de façon quotidienne afin d'identifier le début de la formation des fruits au niveau de chacune d'elles. Ce début se matérialise par le flétrissement et la chute des fleurs pour faire place à de petits fruits au sein des panicules. A partir de ce moment il a été enregistré chaque semaine sur les fiches de suivi (annexe 1) les différentes observations faites.

A chaque branche a été attribuée une fiche unique qui porte le nom du site, le numéro du semencier et la lettre de l'étiquette de la branche. La taille et le volume des fruits ont été appréciés à chaque stade de développement à partir d'un échantillon de 25 fruits cueillis sur cinq semenciers différents. Les mesures ont été faites à l'aide d'un pied à coulisse électronique (planche I ; 1A et 1B).

PLANCHE 1 : Formes des fruits, mesures de leur taille et de celle des graines

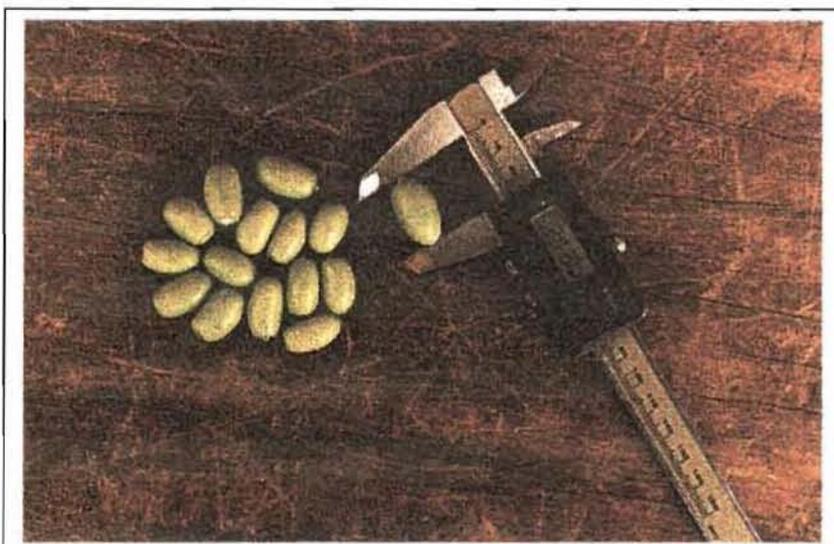
1A : Mesure de la taille des fruits de forme allongée

1B : Mesure de la taille des fruits de forme presque arrondie

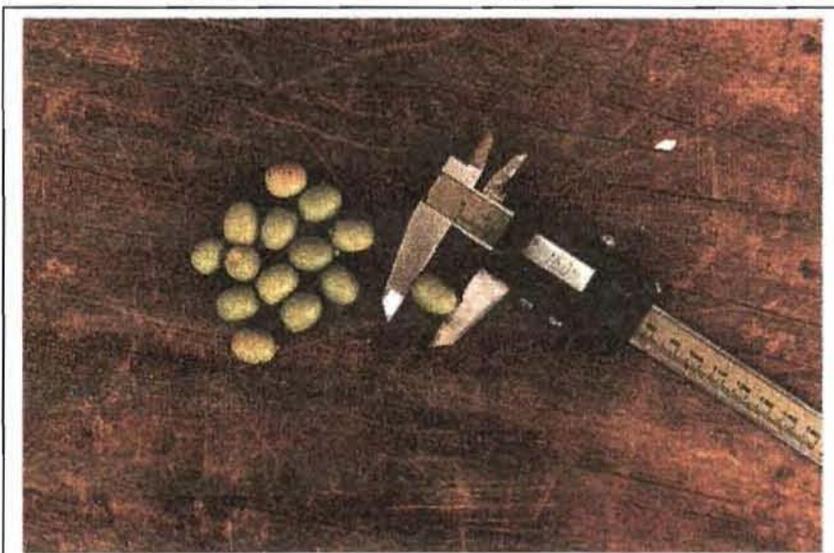
1C : Mesure de la taille des graines

PLANCHE 1

1A



1B



1C



3-1-2-2- Récolte des fruits

La collecte a été faite par échantillon de fruits tout en notant le numéro de la semaine et la date de la récolte sur les fiches de suivi. Cette notation avait pour but d'établir l'âge des semences dans les échantillons.

Les fruits ont été récoltés sur les arbres sur pied depuis le sol ou après escalade.

Pour les panicules qui étaient à portée de main nous avons cueilli isolément depuis le sol ou après la montée sur l'échelle, les différents fruits voulus. Pour celles qui étaient situées plus en hauteur nous avons pris le soin d'étaler une bâche sous les branches avant de procéder à la coupe des rameaux portant les fruits désirés. La coupe était faite avec le sécateur pourvu de manche depuis le sol ou après escalade (planche 3, 3C)

Les fruits récoltés étaient chaque fois mis dans des sacs en polyéthylène et transportés immédiatement dans la salle de préparation de graines du CNSF.

3-1-2-3- Préparation des semences

L'extraction des graines, première opération dans la préparation des semences a été faite dans la salle de préparation de graines du CNSF.

Les méthodes d'extraction des graines varient en fonction des caractéristiques des fruits. Les fruits de Neem qui sont des fruits charnus ont été soumis à un processus de dépulpage après un trempage dans l'eau. Le dépulpage et le nettoyage des fruits ont été faits après chaque récolte aussitôt que nous arrivions au CNSF afin d'éviter que les fruits ne fermentent ou ne s'échauffent.

Pour la constitution des lots de semences les graines issues de fruits de même stade de développement même récoltés à des moments différents sur les sites ont été mis ensemble pour constituer des lots uniques. L'intervalle de temps qui a séparé les récoltes des semences d'un même lot était au maximum de quatre jours.

PLANCHE 2 : Matériel utilisé pour l'estimation de la teneur en eau et de la masse sèche des graines

2A



2B



2A : Etuve à température réglable munie d'un chronomètre automatique, utilisé pour le séchage des graines

2B : Balance électrique utilisée pour les pesées et coupelles contenant les graines

3-2- Estimation de la teneur en eau et de la masse sèche des graines

3-2-1- Matériel

◆ **Le matériel végétal** : il est constitué des graines obtenues après dépulpage des fruits récoltés aux différents stades de développement depuis la quatrième semaine jusqu'à la chute des fruits.

◆ **Le matériel non végétal** : il comprend essentiellement une étuve munie d'un chronomètre automatique, une balance électrique dont la sensibilité est d'un milligramme et des coupelles en aluminium numérotés.

3-2-2- Méthodologie

La teneur en eau et la masse sèche des graines ont été estimées dans leur ensemble (tégument + albumen + embryon) à tous les stades concernés.

Elles ont été estimées selon les règles de l'ISTA (1985) en la matière. La masse sèche et la teneur en eau des graines sont déterminées par pesées avant et après séchage dans l'étuve à 103°C pendant dix-sept (17) heures (planche 2, 2A et 2B). Le nombre de graines utilisées à chaque stade est de cent (100). On détermine alors la masse individuelle de chaque graine avant et après séchage (plaque 2, photo 2B), comme ci-dessus indiqué. Ensuite la teneur en eau est estimée sur la base de la masse fraîche des graines de la façon suivante :

$$T_e (\%) = (M_f - M_s) / M_f * 100$$

- Avec:
- M_f = masse fraîche (masse avant séchage)
 - M_s = masse sèche (masse après séchage)
 - T_e = teneur en eau exprimée en pourcentage de la masse fraîche

Enfin on fait la moyenne de ces mesures individuelles pour déterminer la teneur en eau de l'échantillon dont sont issues les graines. La masse sèche des graines constitue la différence entre la masse fraîche et la teneur en eau. Il est donné par l'opération suivante :

$$M_s (\%) = M_f (\%) - T_e (\%)$$

PLANCHE 3 : Modes d'apparition des fruits et sécateur utilisé pour la récolte

3A : Apparition groupée des fruits

3B : Apparition espacée des fruits

3C : Sécateur avec manche utilisé pour la récolte des fruits

PLANCHE 3

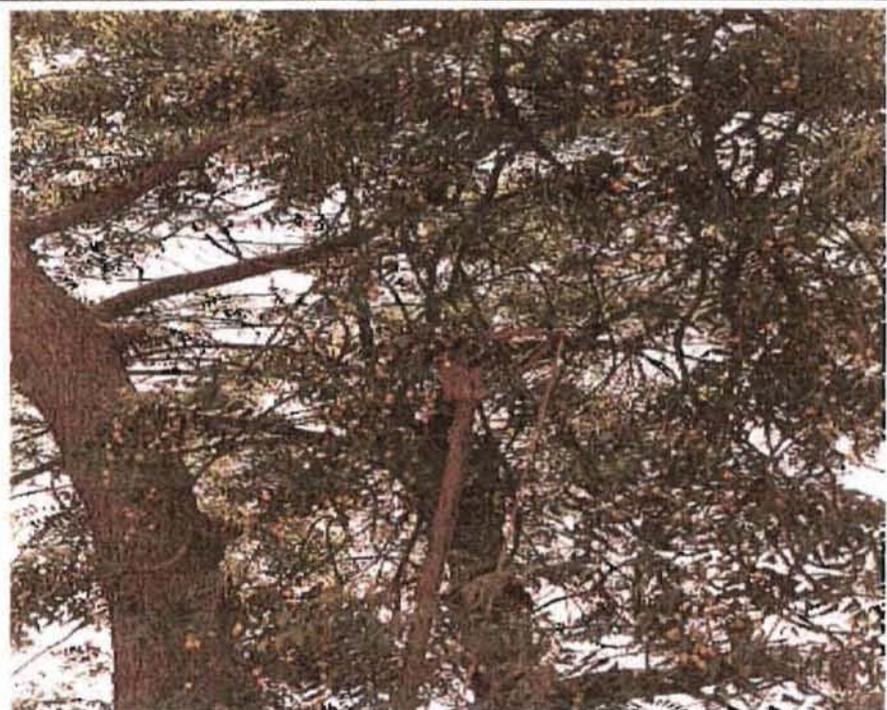
3A



3B



3C



3-3- Germination des semences

3-3-1- Matériel

◆ **Matériel végétal** : il est constitué des semences issues des fruits récoltés à six semaines et au-delà. Ce choix s'explique essentiellement par le fait que les graines d'âge inférieur ont un endocarpe non encore lignifié donc très difficiles à extraire des fruits.

◆ **Substrat** : il s'agit de sable de rivière tamisé contenu dans des boîtes de germination.

◆ **Boîtes de germination** : elles sont de forme rectangulaire, translucides et munies de couvercles permettant une fermeture hermétique afin de maintenir l'humidité du sable qu'elles contiennent. Les boîtes sont remplies à moitié de sable légèrement humidifié sur lequel sont imprimés des lits de semis.

3-3-2- Méthodologie

A chaque essai de germination deux mesures étaient faites avant le semis des graines à savoir :

◆ **le rapport de la masse des graines sur la masse des fruits**

A chaque stade de développement a été utilisé un lot de cent (100) fruits qu'on pèse avant et après dépulpage. La première pesée donne la masse des fruits (M_f) et la seconde celle des graines (M_g). Nous avons déterminé ensuite le ratio (r) par calcul en posant :

$$r = M_g / M_f$$

◆ **Longueur des graines, classification par intervalle de longueur**

La longueur des graines utilisées pour les différents essais de germination a été mesurée de façon individuelle avec un pied à coulisse électronique (planche 1, 1C) et c'est sur la base de ces différentes mesures que les nombres de graines par intervalle de classe de longueur ont été déterminés.

◆ **Semis** : il consiste à placer les graines dans les lits de semis sur le sable humide et à les recouvrir d'une mince couche de sable sec avant de refermer la boîte. Après le semis les différentes boîtes sont disposées sur des tables de germination au laboratoire.

Pour les différents stades de développement nous avons utilisé quatre (4) répétitions de vingt et cinq (25) graines pour chaque essai.

◆ **Evaluation du taux de germination** : le pourcentage de germination est déterminé par comptage pendant vingt et huit (28) jours du nombre de graines ayant effectivement germé. La périodicité du comptage était de deux jours. La durée de vingt et huit jours retenue pour les essais de germination est celle recommandée par l'ISTA (1985) pour la plupart des essences tropicales, et qui est utilisée dans le laboratoire du CNSF pour les essais de germination.

Le nombre de graines utilisées étant de cent, le nombre de germes comptés dans les quatre répétitions à la fin de l'essai constitue directement le pourcentage de germination de l'échantillon testé.

3-4- Analyse statistique des données

La méthode d'analyse de variance est celle qui est utilisée pour l'analyse statistique de l'ensemble des données des différents essais de germination dans cette étude. Le logiciel de statistiques générales Genstat, a été utilisé pour faire les analyses. Le choix de ce logiciel se justifie par le fait qu'il est adapté pour les analyses de données d'expérimentation avec des dispositifs statistiques classiques comme c'est le cas dans la présente étude.

4-RESULTATS

4-1- Suivi du développement et collecte des fruits

4-1-1- Durée du suivi et récolte des fruits

Le suivi du développement des fruits s'est déroulé de la mi-septembre (début du suivi) à la fin du mois de décembre 1998 (fin des récoltes). Sur cette période de quatorze semaines environ, différents lots de semences âgées au maximum de neuf semaines ont été collectés. Neuf à dix semaines, ont séparé le début de la formation et leur chute. La durée totale de quatorze semaines pour l'ensemble du suivi est due au décalage dans le temps entre les débuts effectifs de la fructification au niveau des différents arbres qui étaient suivis. Ce décalage a été souvent constaté au niveau d'un même pied.

4-1-2 Formation des fruits

Au niveau des panicules la formation des fruits commençait de façon presque invariable du sommet vers la base et les premiers fruits ont toujours été observés dans les panicules les plus externes des inflorescences.

Suivant l'intervalle de temps séparant la formation des premiers fruits et celle des derniers nous avons distingué deux modes d'apparition des fruits au sein des panicules.

◆ **Une apparition groupée** : dans ce type la presque totalité des fruits se forme en moins d'une semaine. On observe alors des fruits se développant de façon quasi homogène dans les panicules (planche3, 3A).

◆ **Une apparition espacée** : dans ce type une à cinq semaines sépare la formation des premiers fruits de celle des derniers. On distingue dans ces cas des fruits d'âges différents se développant de manière hétérogène au sein des panicules (planche 3, 3B). Ce dernier mode d'apparition, avec une fréquence d'environ 80 % a été le plus largement observé lors du suivi.

PLANCHE 4 : Couleur des fruits aux différents stades de développement

4A : fruits de 4 semaines

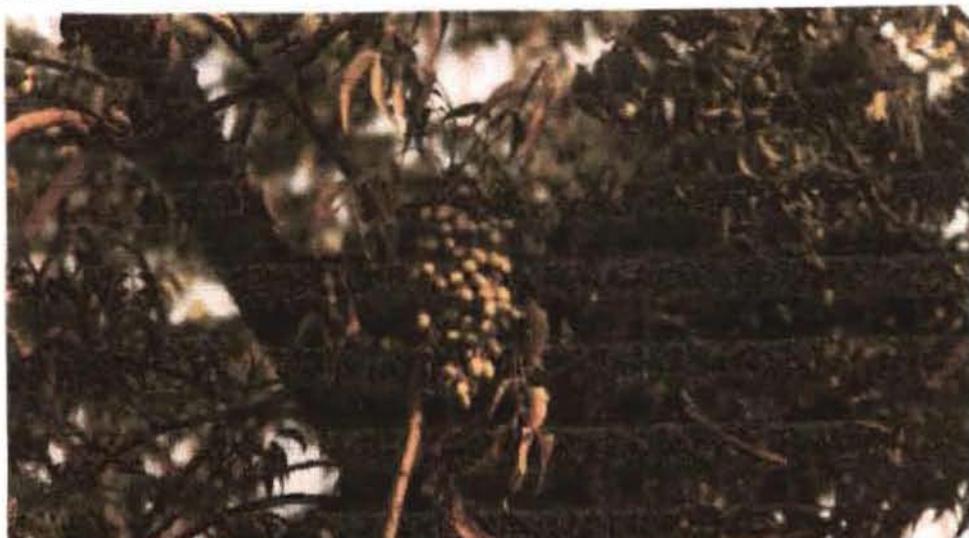
4B : fruits de 5 semaines

4C1 : fruits de 7 semaines

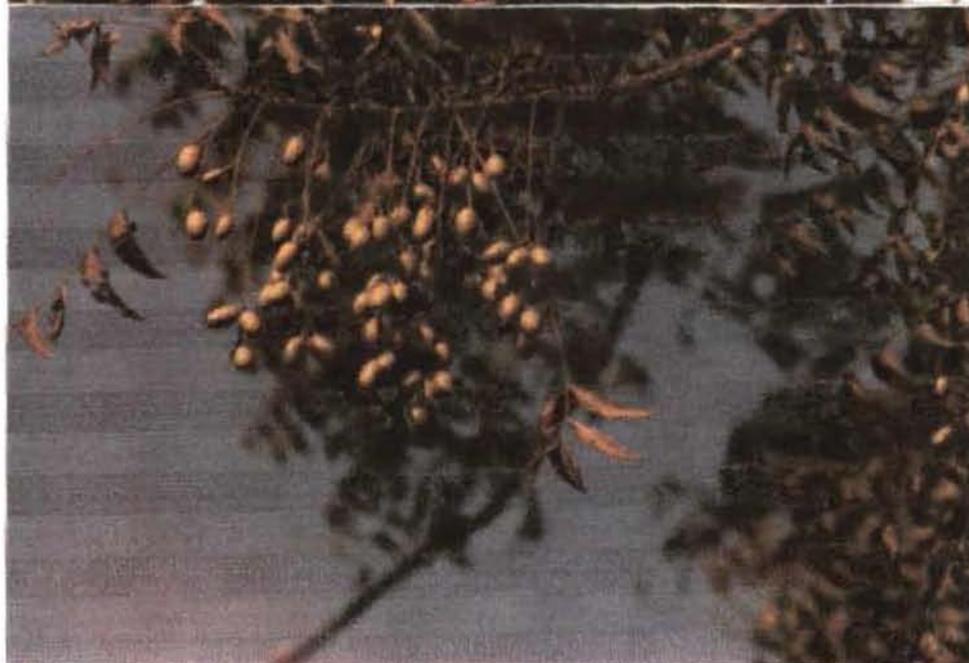
4C2 : fruits de 8 semaines

4C3 : fruits de 9 semaines

PLANCHE 4



4A



4B



4C3

4C2

4C1

4-1-3- Forme, taille et volume des fruits

◆ **La forme** : nous avons identifié deux formes essentielles de fruits de Neem au cours du présent suivi ; à savoir une forme allongée (planche 1 ; 1A) et une forme presque arrondie (planche 1 ; 1B). La forme d'un fruit donné était perceptible dès la deuxième semaine et restait invariable au cours du développement du fruit. La forme des fruits pouvait varier d'un pied à un autre mais restait presque invariable pour les fruits d'un même arbre.

◆ **La taille** : la taille des fruits de Neem est un facteur très variable d'un pied à un autre et parfois pour des fruits pris à un stade de développement donné sur le même arbre. Au moment de leur apparition les fruits ont une taille variant entre 2 et 5 mm. Leur taille augmente considérablement au cours de leur développement pour atteindre au bout de 5 à 6 semaines une valeur comprise entre 1.5 et 2.5 cm selon le semencier. Au-delà de cet âge les fruits ont plutôt tendance à diminuer de taille. A neuf semaines leur taille se situe entre 1,2 et 2 cm.

◆ **Le volume** : pratiquement lié à leur taille, le volume des fruits de Neem est également variable d'un pied à un autre. Il croît dans un premier temps puis atteint un maximum entre 5 et 6 semaines. A partir de la septième semaine, les fruits ont plutôt tendance à diminuer de volume au fur et à mesure qu'ils perdent leur turgescence.

4-1-4- Couleur des fruits

Au cours de leur évolution les fruits de Neem ont connu divers changements de teinte résumés dans le tableau 1

Tableau 1 : Changements de teinte des fruits de Neem au cours de leur développement

Age des fruits	Couleur spécifique
1 à 6 semaines	vert
6 à 7 semaines	vert, vert-jaune
7 à 8 semaines	vert-jaune, jaune
8 à 9 semaines	jaune, jaune-brun

La planche 4 en est l'illustration.

4-1-5- Quantité de fruits

Les observations ont permis de constater une grande variation du nombre de fruits portés par les inflorescences d'un arbre à un autre, d'une branche à une autre, mais également dans le temps. Les nombres moyens calculés à partir des observations d'un échantillon de vingt (20) semenciers aux différents stades de développement sont mentionnés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Nombre moyen de fruits par inflorescence dans le temps.

Arbre N°	Semaine										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10	19	26	29	34	35	34	33	27	21	4
2	10	16	19	19	23	17	22	18	11	9	3
3	8	14	13	15	17	22	21	22	8	6	0
4	4	7	10	18	29	31	33	30	24	7	3
5	6	11	14	18	20	22	22	18	16	6	1
6	5	15	34	38	39	41	41	41	33	24	3
7	4	12	15	20	20	21	20	19	13	10	2
8	5	16	23	25	29	28	30	27	21	13	6
9	4	18	24	25	36	38	30	17	18	12	2
10	12	26	34	33	42	46	38	21	19	7	0
11	11	23	30	39	43	43	35	31	23	10	4
12	6	11	17	28	40	37	29	24	18	8	1
13	5	15	19	24	26	24	20	16	16	10	1
14	9	39	51	59	59	59	34	29	27	15	4
15	8	37	46	51	65	59	47	13	12	8	1
16	4	18	18	17	32	33	31	30	17	7	3
17	8	16	24	29	36	39	30	27	25	11	2
18	11	26	23	25	26	30	23	24	19	9	3
19	5	6	10	11	11	12	11	13	11	4	0
20	7	24	22	26	29	34	25	17	14	13	4
Moyenne	7±3	18±8	24±11	27±12	33±13	34±12	29±8	24±7	18±6	10±5	2±1

4-2- Estimation de la teneur en eau et de la masse sèche des graines

Les mesures ont été faites sur les graines âgées de quatre (4) semaines et plus dans le but de suivre l'évolution de ces paramètres sur un intervalle assez large de temps.

Les différentes mesures faites sur un total de cent (100) graines à chaque stade de développement ont donné les résultats représentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Variation de la masse fraîche, de la teneur en eau et de la masse sèche des graines suivant l'âge

Age des fruits (en semaines)	Masse des graines (en gramme)	Teneur en eau des graines (%)	Masse sèche des graines (%)
4	70,92	76 ± 5	24 ± 5
5	55,68	64 ± 4	36 ± 4
6	43,16	60 ± 3	40 ± 3
7	40,70	55 ± 4	45 ± 4
8	34,60	46 ± 2	54 ± 2
9	31,33	42 ± 1	58 ± 1

4-3- Essais de germination

4-3-1- Mesures de la masse des fruits (M_r), des graines (M_g) et détermination du rapport M_g/M_r

Les différentes mesures ont porté sur les quatre échantillons de 100 fruits âgés entre six et neuf semaines. Les résultats sont inscrits dans le tableau qui suit.

Tableau 4 : masse des fruits (M_r), des graines (M_g) et rapport masse des graines sur masse des fruits en fonction de l'âge.

Age des fruits (en semaines)	Masse des fruits (en gramme)	Masse des graines (en gramme)	Rapport M_g / M_r
6	186,839	43,16	0,231
7	149,084	40,70	0,273
8	118,4931	34,60	0,292
9	105,844	31,33	0,296

La régression exponentielle de M_g en fonction de M_r faite avec le logiciel excel donne l'équation suivante.

Equation de corrélation entre la masse des fruits (M_r) et la masse des graines (M_g) :

$$M_g = 17,56 \ln(M_r) - 49,326$$

Avec un coefficient de corrélation $R = 0,9588$

4-3-2- Mesures de la longueur des graines extraites

Les mesures faites à l'aide du pied à coulisse électronique gradué en millimètre a donné les résultats suivants.

Tableau 5 : Répartition des graines par classe de longueur suivant l'âge

Age (en semaine)	Classes de longueur (en cm)		
	0.9-1.1	1.2-1.4	1.5-1.7
6	28	66	6
7	23	68	9
8	17	71	12
9	31	79	0

4-3-3- Taux de germination en fonction de l'âge des graines

Les résultats des essais de germination faits aux différents stades de développement sont représentés par la figure 1.

Les données utilisées pour la construction de cette figure sont celles fournies par le tableau des moyennes (annexe 3-1) lors de l'analyse des données.

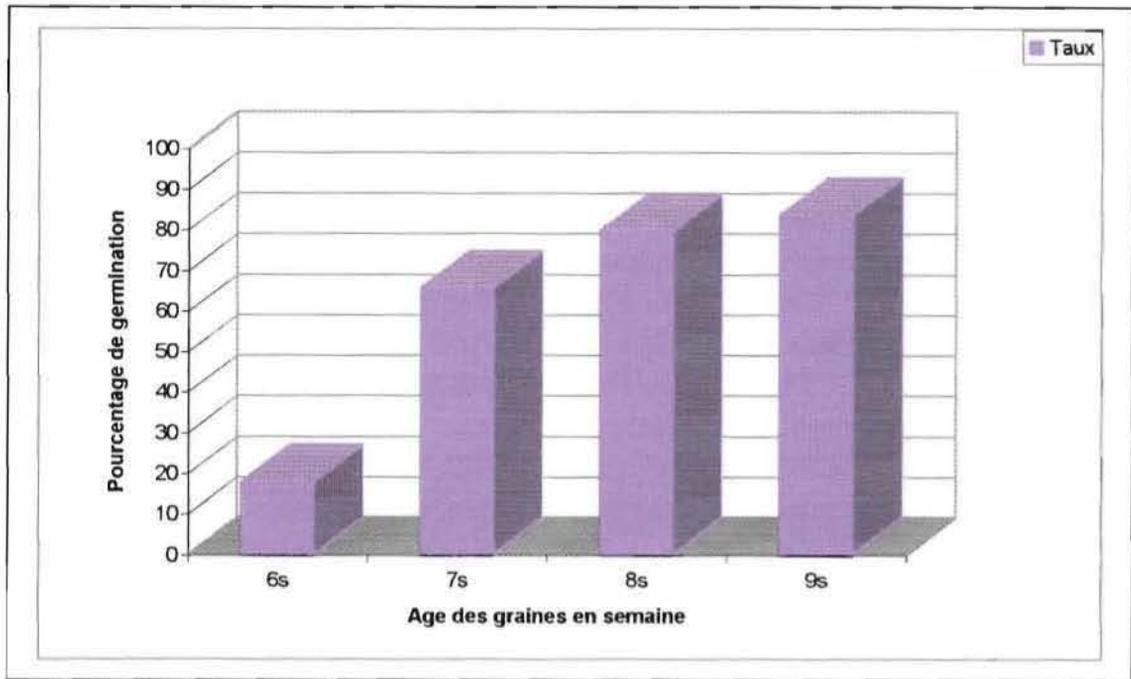


Figure 1 : Pourcentage de graines germées en fonction de l'âge

5- Analyse des résultats et discussions

5-1- Suivi du développement des fruits

5-1-1- Durée de la formation des fruits

L'intervalle de temps entre la floraison et la maturation des graines et des fruits varie considérablement d'une espèce à l'autre, même si elles sont du même genre (F.A.O., 1992).

Dans l'étude, neuf semaines ont séparé l'apparition des fruits et leur maturation. Cette durée est également celle d'un suivi effectué par YAMEOGO (1997). Pour SACANDE et GROOT (1995), cet intervalle varie entre quatorze et quinze semaines, pour les mêmes fruits de *Neem*. Cela montre alors que cet intervalle est variable pour la même espèce. Par exemple chez le genre *Eucalyptus*, l'intervalle entre l'apparition et la maturation des fruits varie de un mois chez *E. brachyandra* à dix à seize mois chez *E. diversicolor* (BOLAND et col, 1980 ; cités par F.A.O., 1992). Ces résultats font ressortir également une grande variation de cet intervalle pour *E. diversicolor*.

La durée de la formation des fruits est donc un facteur propre à chaque espèce. Pour ce qui est des variations pour une même espèce, celles-ci s'expliquent par l'influence de certains facteurs environnementaux tels que le vent, la pluviosité, la nature des sols etc.

Selon F.A.O. (1992), une bonne pluviométrie prolonge la maturité des fruits tandis qu'un manque d'eau la précipite. La pluviométrie annuelle a été de 700,2mm et de 681mm, respectivement pour les années 1995 et 1998 au niveau de la ville de Ouagadougou (Centre national de météorologie, 1999). La différence entre les quantités d'eau tombées, pendant ces deux années, pourrait expliquer en partie la différence de durée entre le présent suivi et celle des travaux de SACANDE et GROOT (1995). En outre, les pluies n'étant pas réparties, de façon uniforme sur l'année, la période de suivi peut influencer significativement cette durée. L'action du vent se matérialise essentiellement par la provocation d'une chute prématurée des fruits, les assimilant ainsi à des fruits matures.

L'intervalle le plus court jamais enregistré entre la floraison et la maturité de la graine chez une essence tropicale à bois est apparemment de trois semaines, délai relevé pour *Pterocymbium javanicum*, NG et LOH, (1974) cités par F.A.O, (1992).

A l'opposé chez certaines essences de *Quercus* tempéré dix-huit (18) mois séparent la floraison de la production de graines mûres F.A.O (1992).

5-1-2- Mode de formation des fruits

L'ordre d'apparition des fruits au sein d'une inflorescence est fonction de l'espèce considérée mais elle est surtout dépendante du mode de pollinisation qui varie d'un vecteur pollinisateur à un autre (F.A.O, 1992). Dans le cas des fruits du Neem les premiers fruits sont le plus souvent observés au sommet des panicules les plus externes de l'inflorescence.

Le Neem est une espèce polygamétique produisant des fleurs bisexuées (hermaphrodites) et des fleurs mâles sur le même individu (SCHMUTTERER, 1995; cité par SACANDE et al, 1998). La quantité de fruits formée en un temps donné dépend de celle de gamètes complémentaires, matures en présence. Les apparitions groupée et séparée s'expliquent par la variation de cette quantité de gamètes antagonistes capables de donner lieu à des fruits après fécondation. L'apparition groupée de fruits peut s'expliquer par une chute massive de grains de pollen sur les stigmates en un temps bref. Des pollinisations espacées ont pu donner la formation de fruits se développant de façon hétérogène et induisant le mode d'apparition espacée.

5-1-3- Couleur des fruits dans le temps

Le tableau 1 montre que les fruits de Neem ont subi plusieurs changements de couleur au cours de leur développement. Ces changements de teinte vont du vert au jaune-brun.

La couleur des fruits est une méthode de terrain utilisée pour apprécier la maturité des fruits et pour déterminer la période propice à la récolte. Selon F.A.O (1992), les changements de couleur des fruits constituent un critère simple et, chez certaines espèces, valable pour juger de la maturité des graines, si l'observateur connaît bien les caractéristiques de l'essence considérée.

Pour ce qui est des fruits de Neem, l'estimation de la maturité des graines à partir de la couleur du péricarpe n'est pas toujours exacte. Cela à cause du fait que l'on rencontre chez cette espèce des fruits de même stade de développement qui ont des teintes différentes comme le montre le tableau 1.

La couleur des fruits du Neem reste malgré tout l'indice le plus utilisé pour l'estimation de la maturité des fruits et des graines qu'elles contiennent.

5-1-4- Taille, forme et volume des fruits

Les observations ont montré que la forme des fruits variait d'un arbre à un autre mais pas suivant les stades de développement des fruits d'un même arbre. Elle ne saurait donc être un élément distinctif de fruits à différents stades de maturité.

D'un arbre à un autre la taille et le volume des fruits varient considérablement lorsque nous les comparons à un stade de développement donné.

Les fruits d'un même arbre agumentent considérablement de taille et de volume au cours de leur développement. Ces augmentations s'expliquent par la croissance des fruits dans le temps. Il existe alors une certaine corrélation entre le stade de développement la taille et le volume des fruits. Mais cette corrélation n'est pas assez suffisante pour en faire une clé de détermination de la maturité des semences. Ces paramètres ne sont donc pas non plus fiables pour la détermination du stade de développement des fruits de Neem.

La taille et le volume des fruits sont des facteurs propres à chaque semencier mais ils sont aussi influencés par des facteurs tels que la pluviosité, l'ensoleillement, la fertilité des sols et les fluctuations saisonnières F.A.O (1992).

5-1-5- Variation du nombre de fruits portés par les panicules

Le tableau 2 montre que la quantité moyenne de fruits portés par les inflorescences augmente pendant les cinq premières semaines. Au-delà de cinq semaines cette quantité diminue pour aboutir à une valeur pratiquement nulle au bout de dix semaines.

La phase de croissance qui correspond à la période de fructification s'explique par la disponibilité de fleurs durant cette phase à former de nouveaux fruits.

Bien que quelques chutes soient observées pendant cette période, la formation de nouveaux fruits est assez suffisante pour créer le surplus constaté.

Après cinq semaines, les fleurs commencent à se faire rares et la formation de nouveaux fruits est par conséquent très faible.

Les fruits formés ne suffisent pas pour combler les chutes qui commencent à prendre de l'ampleur. La diminution irréversible du nombre de fruits est due à la chute de plus en plus abondante des fruits pendant qu'aucune fleur n'existe au niveau des panicules pour former de nouveaux fruits. Le passage des fruits verts à des stades de maturité supérieurs s'accompagne d'une baisse des activités photosynthétiques dans les parties aériennes des arbres que sont les feuilles et les fruits, en témoigne la sclérose et la chute des feuilles également à cette période (CHAMPAGNAT *et al*, 1969). Cette baisse de niveau de la photosynthèse rend les fruits moins solidaires des rameaux et la conséquence logique est leur chute massive, certains facteurs environnementaux tels que le vent aidant.

C'est ainsi que l'on aboutit à une chute presque totale des fruits entre la neuvième et la dixième semaine. La chute des fruits est en générale le signe de la maturité des graines qu'ils renferment, F.A.O (1992). Les mesures de teneur en eau, de masse sèche et le taux de germination de ces différentes semences nous aideront certainement à mieux apprécier leur maturité.

5-2- Corrélation entre masse des graines et masse des fruits

L'équation de corrélation donnée en dessous du tableau 4 montre qu'il existe une forte corrélation positive ($R = 0,9588$) entre la masse des graines et celle des fruits. Ce sont alors deux paramètres très liés qui varient dans le même sens. la masse des fruits tout comme celle des graines diminuent avec l'âge des semences (F.A.O, 1992). Pour COME et CORBINEAU (1996) cette diminution s'explique par la perte d'eau progressive de ces organes au cours des processus de maturation. Le développement des fruits et celui des graines sont donc liés.

5-3- Variation du rapport M_g/M_r avec l'âge des semences

Le tableau 4 montre une augmentation du ratio M_g/M_r entre la sixième et la huitième semaine. L'augmentation s'explique par le fait qu'au fur et à mesure que les fruits se développent on assiste à une accumulation des substances nutritives synthétisées au niveau de la graine (FINCH-SAVAGE, 1996).

C'est cette accumulation de substances nutritives qui matérialise le gain de maturité des graines dans le temps (F.A.O, 1992).

A partir de huit semaines la stabilisation du ratio montre que les graines ne synthétisent plus abondamment de substances nutritives. A huit semaines, les graines de Neem sont donc très proches de ou ont atteint leur maturité.

Pour HARRINGTON (1972), cité par F.A.O (1992), les graines ont atteint leur maturité lorsque cesse à leur niveau l'apport de substances par la plante-mère.

5-4- Relation entre masse fraîche, teneur en eau, masse sèche des graines et maturité des graines

Le tableau 3 montre que de la quatrième à la neuvième semaine la teneur en eau tout comme la masse fraîche des graines diminuent avec l'âge pendant que leur masse sèche augmente. Cela s'explique par une déshydratation progressive des graines qui, selon COME et CORBINEAU (1996) est un événement terminal normal au cours de la maturation.

La détermination de la teneur en eau et de la masse sèche sont des méthodes de laboratoire utilisées pour apprécier la maturité des semences. La perte d'eau qui caractérise la maturation des fruits de nombreuses essences est en rapport étroit avec la maturité des graines (F.A.O., 1992).

Pour les graines de *Picea glauca*, par exemple, on considère qu'elles sont mûres lorsque leur teneur en eau tombe en dessous de 48 pour cent (CRAM et WORDEN, 1957 ; cités par F.A.O., 1992). On estime de même que les graines de *Larix decidua* et de *Pinus sylvestris* sont parvenues à maturité lorsque leur teneur en eau n'est plus respectivement que de 25 à 30 pour cent (MESSER, 1963, 1966 ; cité par F.A.O., 1992) et de 43 à 45 pour cent (SCHMIDT-VOGT, 1962 ; cités par F.A.O., 1992) ; sur la base de leur masse fraîche.

Pour le Neem la teneur en eau des graines de huit et de neuf semaines sont respectivement de 46 et de 42 pour cent (sur la base de leur masse fraîche). Les analyses sur la masse sèche des graines et du rapport masse des graines sur masse des fruits ont montré que les graines de ces âges étaient presque, voire totalement mûres. Ce qui nous amène à situer donc la teneur en eau des graines mûres d'*Azadirachta indica* entre 42 et 46 pour cent (sur la base de leur masse fraîche).

Selon la F.A.O. (1992), la mesure la plus largement acceptée de la maturité est le moment où la graine atteint sa masse sèche maximale et parvient à ce qu'on appelle la maturité physiologique. Pour HARRINGTON (1972) que cite la F.A.O. (1992) ; la maturité physiologique des graines correspond à un moment où l'arbre-mère cesse d'apporter des éléments nutritifs à la graine.

Quant à la masse fraîche maximale des graines elle ne constitue pas un indice de maturité physiologique, car la graine en maturation commence à perdre de l'eau alors qu'elle continue à accumuler des éléments nutritifs et que les processus biochimiques s'y poursuivent (F.A.O., 1992).

5-5- Taille des graines

La taille des graines tout comme celle des fruits est très variable d'une branche à une autre, d'un même arbre, ou même entre des graines provenant d'une même panicule.

L'analyse du tableau 5 montre que la longueur des graines de Neem varie entre 0,9 et 1,7 cm. Entre six et neuf semaines d'âge 66 à 79 % des graines mesurent entre 1,2 et 1,4 cm de long. Pour ce qui est de leur répartition par intervalle de classe de longueur, elle n'a pas une liaison systématique avec l'âge des graines.

La longueur des graines est liée à des facteurs propres à chaque provenance mais des facteurs tels que l'eau reçue et la nature des sites ont une influence certaine sur ce paramètre (F.A.O., 1992). La longueur ne peut donc pas être utilisé pour apprécier de façon exacte les stades de maturité des graines. Néanmoins on retiendra que la taille des graines est réduite au fur et à mesure qu'elles gagnent en âge. Cette réduction de taille conséquence directe de la perte

d'eau par les graines au cours de leur maturation explique en partie l'absence de graines dans la classe de longueur 1,5-1,7 cm à la semaine neuf.

5-6- Essais de germination

5-6-1- Analyse des données

Le seul facteur étudié dans ces essais de germination est l'âge des graines et l'analyse de variance a donné les résultats résumés dans le tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6 : Résultats de l'analyse de variance du nombre moyen de graines germées par répétition.

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	variance	probabilité
Age	3	690.00	230.00	22.62	<0.001
Residus	12	122.00	10.17	-	-
Total	15	812.00	-	-	-

Le coefficient de variation est de 20,6 % et la plus petite différence significative de 4,45 par répétition soit un pourcentage de 17,8.

L'analyse a été faite sur le nombre de graines ayant germé par répétition. Pour obtenir le pourcentage de germination des graines d'un âge donné il faut multiplier le nombre moyen de graines germées par quatre.

Selon le principe d'analyse du logiciel utilisé deux moyennes sont différentes significativement si leur différence est supérieure à la plus petite différence significative. Partant sur la base de ce principe la séparation en groupes d'âge de graines dont les taux moyens de germination sont significativement différents est le suivant :

Tableau 7 : Répartition des graines par groupes d'âge suivant leur taux de germination moyen

Numéro du groupe	Age des graines concernées
1	6 semaines
2	7 et 8 semaines
3	8 et 9 semaines

Deux moyennes d'un même groupe ne sont pas significativement différentes.

5-6-2- Analyse et discussion

L'analyse des données a révélé l'existence de différences significatives entre les taux de germination des graines en fonction de leur âge. Cela montre que l'âge des graines est un facteur déterminant pour leur germination initiale.

On observe que le taux de germination croît avec l'âge jusqu'à un certain niveau (huit semaines) à partir duquel ce facteur semble ne plus avoir d'effet sur la germination des graines (figure 1).

Le premier groupe constitué des graines âgées de six semaines a un taux de germination relativement faible qui est de 22 pour cent. La faiblesse de ce taux montre qu'à cet âge la grande majorité des graines est encore immature. Autrement dit les graines de Neem à six semaines n'ont pas tous encore accumulé une quantité suffisante de substances nutritives indispensables à la germination de leur embryon.

La teneur en eau moyenne relativement élevée (entre 57 et 63 pour cent) et la masse sèche basse (entre 37 et 43 pour cent) confirment que la majeure partie des semences de cet âge est immature physiologiquement.

On pourra néanmoins admettre qu'à cet âge les graines ont atteint leur maturité morphologique car leur taille et leur volume restent pratiquement invariables à partir de six semaines.

Quant au second groupe comprenant les graines de sept et de huit semaines, il donne des taux de germination nettement plus élevés par rapport au groupe précédant ces taux sont respectivement de 66 et 80 pour cent. Dans ce groupe, la maturité des graines n'est pas encore complète compte tenu de la grande variation de la masse sèche des graines entre sept et huit semaines. Cette mesure passe en moyenne de 45 pour les graines de sept semaines à 54 pour cent pour celles de huit semaines ; cela montre qu'il y a toujours un apport considérable en éléments nutritifs par l'arbre. Le troisième lot a donné des résultats de 80 et 84 pour cent comme pourcentage de germination respectivement pour les semences de huit et de neuf semaines. Ces taux sont relativement satisfaisants. La masse sèche moyenne des graines qui est de 54 pour cent à huit semaines et de 58 pour cent à neuf semaines tend à se stabiliser entre ces âges. C'est dans cet intervalle d'âge que l'on a remarqué une chute énorme de fruits.

Les graines de Neem âgées entre huit (8) et neuf (9) semaines ont atteint alors leur maturité physiologique.

La période la plus propice à la récolte des semences de Neem peut aller de huit semaines après la formation des fruits à leur chute.

Pour HARRIGTON (1972), cité par F.A.O (1992), la stabilisation de la masse sèche des graines, est preuve de leur maturité. Pour la F.A.O (1992), l'abscission et la chute des fruits est d'ordinaire un signe de maturité et de la présence abondante de graines saines.

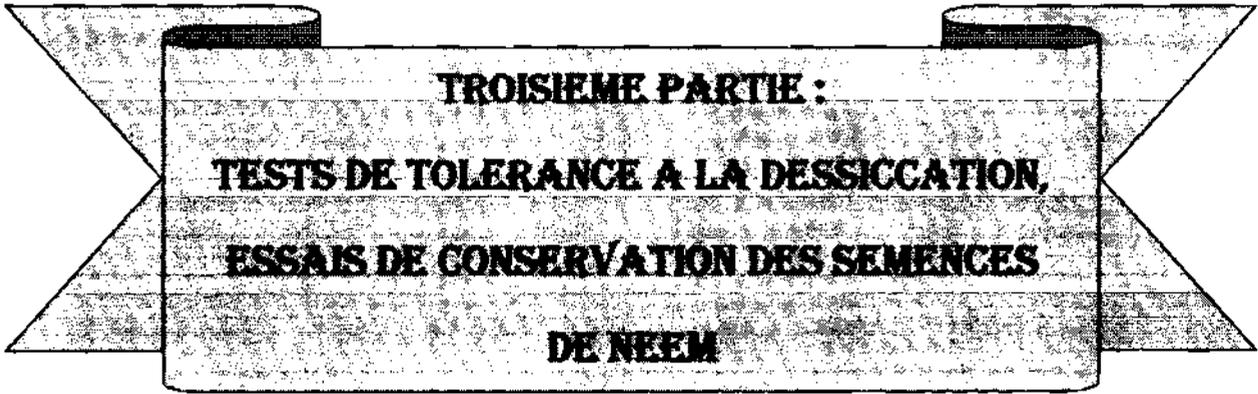
6- CONCLUSION PARTIELLE

A l'issu de ces premières investigations, on peut d'ores et déjà retenir que :

- neuf semaines environ séparent la formation et la chute des fruits matures de Neem ;
- l'âge des semences de Neem a une influence sur leur germination initiale ;
- les graines âgées de 8 semaines environ, avec un pourcentage initial de germination de 80 pour cent, ont atteint leur maturité physiologique ;
- la taille et le volume des fruits à un stade de développement donné varient d'un arbre à un autre et au cours de leur développement pour les fruits d'un même arbre ;
- une forte corrélation existe entre la masse des fruits et celui des graines, ce qui montre que la maturité de la graine est fonction de celle du fruit.

Mais de multiples facteurs, tels que la période de l'année à laquelle les fruits sont collectés et les stades de maturité peuvent influencer significativement la viabilité initiale des semences de Neem.

Une méthodologie identique est alors un préalable nécessaire pour d'éventuelles comparaisons de résultats.



TROISIEME PARTIE :

TESTS DE TOLERANCE A LA DESSICCATION,

ESSAIS DE CONSERVATION DES SEMENCES

DE NEEM

Introduction

Certaines semences supportent parfaitement une dessiccation à de basses teneurs en eau et se conservent pendant de longues durées, tandis que d'autres sont très sensibles à la réduction de leur teneur en eau et perdent rapidement leur viabilité au cours de la conservation. Les différences de comportement des semences sont dues principalement à des facteurs propres à chaque espèce. Cependant d'autres facteurs tels que le stade de développement des semences au moment de la récolte pourraient influencer la tolérance à la dessiccation et la durée de conservation des semences. Il sera question dans cette étude de déterminer le rôle du stade de développement des fruits dans la tolérance à la dessiccation et le maintien de la viabilité des semences de Neem dans le temps.

1- OBJECTIFS

Les tests de tolérance à la dessiccation et les essais de conservation constituent une contribution d'une part à la classification des semences de Neem pour ce qui est de leur orthodoxie ou leur récalcitrance et d'autre part à l'amélioration de la durée de conservation de ces semences.

L'étude poursuit deux objectifs principaux qui sont les suivants :

- déterminer le niveau de tolérance à la dessiccation des graines de Neem et l'influence du stade de développement sur ce niveau ;
- déterminer les impacts de la teneur en eau et du stade de développement des semences, ainsi que celui de la température de conservation sur le maintien de la viabilité des semences dans le temps.

2- MATERIEL ET METHODE

2-1- Matériel

◆ Le matériel végétal : il est constitué des graines issues des fruits récoltés entre six et neuf semaines pour les tests de tolérance à la dessiccation et des graines obtenues après dépulpage des fruits récoltés à sept, huit et neuf semaines pour les essais de conservation. L'exclusion des semences âgées de six semaines au niveau des essais de conservation se justifie par deux raisons essentielles à savoir la faiblesse relative de leur taux initial de germination et la difficulté qu'on a à préparer les semences de cet âge.

◆ Le matériel non végétal : il comprend principalement le gel de silice sur lequel les graines sont séchées et des sachets en aluminium (planche 5 ; 5C) dans lesquels les graines ont été emballées pour la conservation.

2-2- Méthode

2-2-1- Tests de tolérance à la dessiccation

Nous avons utilisé des échantillons de semences de chaque stade de développement de la sixième à la neuvième semaine.

La teneur en eau et la capacité de germination de chaque échantillon ont été préalablement estimées. Les échantillons ont été séchés à trois niveaux de teneur en eau ciblés qui sont douze ; huit et quatre pour cent sur la base de la masse fraîche des graines. Le gel de silice est le déshydratant retenu pour le séchage des semences dans le cadre de la présente étude. Le gel de silice anhydre est de couleur bleue (planche 5 ; 5A) mais lorsqu'il absorbe de l'eau il devient violet ou blanc sale (planche 5, 5B). Le procédé consiste à mélanger une quantité égale de gel de silice sec et de graines dans un sachet en polyéthylène. Le rôle du sachet est d'empêcher l'absorption de vapeur d'eau atmosphérique par le déshydratant.

Les graines sont régulièrement retirées du gel de silice et pesées pour suivre leur baisse de masse due à la perte d'eau. Quant au gel de silice, il est remplacé à chaque fois qu'il passait de la couleur bleue à celle blanche sale ou violette indiquant un état hydraté.

On estimait que la teneur en eau ciblée des graines lors du séchage progressif était atteinte lorsque :

$$M_2 = (100 - T_{ci}) / (100 - T_c) \times M_1$$

Avec: - T_{ci} = teneur en eau initiale des graines (avant séchage)

- T_c = teneur en eau ciblée

- M_1 = masse des graines au début du séchage

- M_2 = masse des graines à la teneur en eau ciblée

Source: Screening protocol (1996)

Après le séchage les différents lots ont été utilisés pour faire des essais de germination en vue de déterminer leur capacité de germination.

PLANCHE 5 : Changement de couleur du gel de silice lors du séchage des graines et récipients de conservation

5A : Gel de silice sec au début du séchage des graines

5B : Gel de silice hydraté après quelques heures de séchage

5C : Récipients de conservation des graines

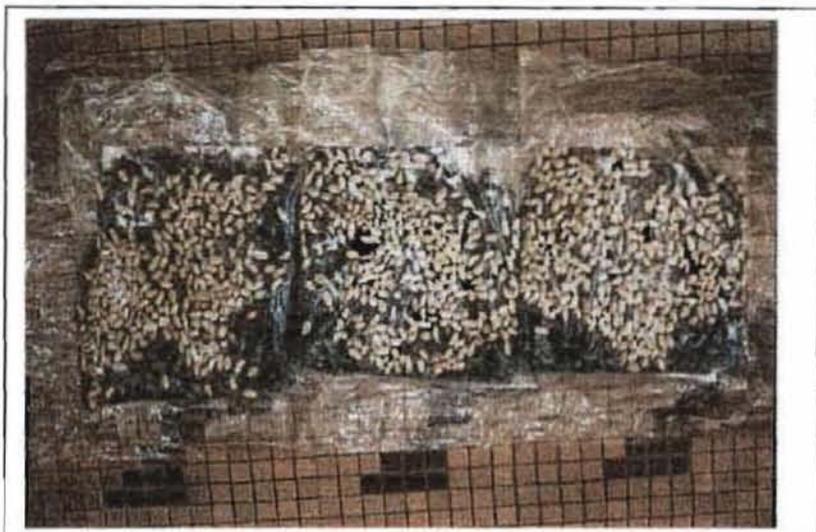


PLANCHE 5 :

5A



5B



5C



2-2-2- Les essais de conservation

Les essais de conservation ont concerné les semences fraîches et les semences séchées comme ci-dessus décrit des différents stades de développement. Les lots ont été constitués par des semences de même stade de développement et séchées à une même teneur en eau ciblée. Chaque lot ainsi constitué a été subdivisé en trois sous lots pour la conservation en trois lieux différents; à savoir une armoire, un congélateur et une chambre froide. Les températures se situent autour de +25, +4 et -18°C respectivement pour l'armoire, la chambre froide et le congélateur.

Pour compter de la date de mise en conservation de chaque lot de semences, des tests de germination et de teneur en eau sont effectués mensuellement afin d'établir la variation de la viabilité et de la teneur en eau des semences dans le temps sur une durée de six mois. Le nombre de graines utilisées pour chaque test périodique est de cent (100) pour les essais de germination et de vingt et cinq (25) pour l'estimation de teneur en eau.

3- RESULTATS

3-1- Niveau de tolérance à la dessiccation

Les graines après le séchage ont donné des taux de germination très variables, suivant l'âge des graines et le niveau de dessiccation. Les figures 2 et 3 résument les taux moyens de germination obtenus à l'issue des essais de germination des graines séchées.

L'analyse de variance faite sur les données a donné les résultats suivants représentés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Résultats de l'analyse de variance du taux de germination des graines après dessiccation

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Variance	Probabilité
Teneur en eau	3	149,687	49,896	11,8	<0,001
Age	3	337,312	112,438	26,59	<0,001
Teneur-Age	9	1061,438	117,938	27,89	<0,001
Résidus	48	203,000	4,229		
Total	63	1751,438			

La variable mesurée, le taux de germination a 11,8 % comme coefficient de variation.

La petite différence significative entre les moyennes est de 0,727 soit 2,908 %, lorsque les moyennes sont en pourcentage. Les moyennes inscrites en annexe 3-2, sont représentées par les figures 2 et 3.

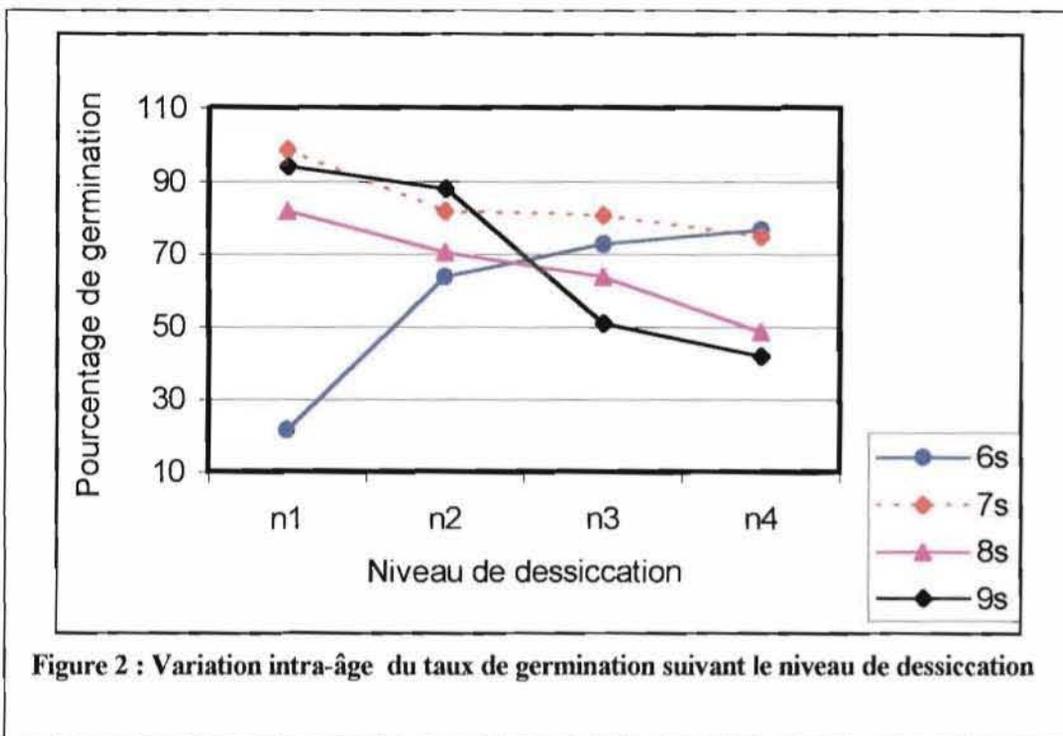


Figure 2 : Variation intra-âge du taux de germination suivant le niveau de dessiccation

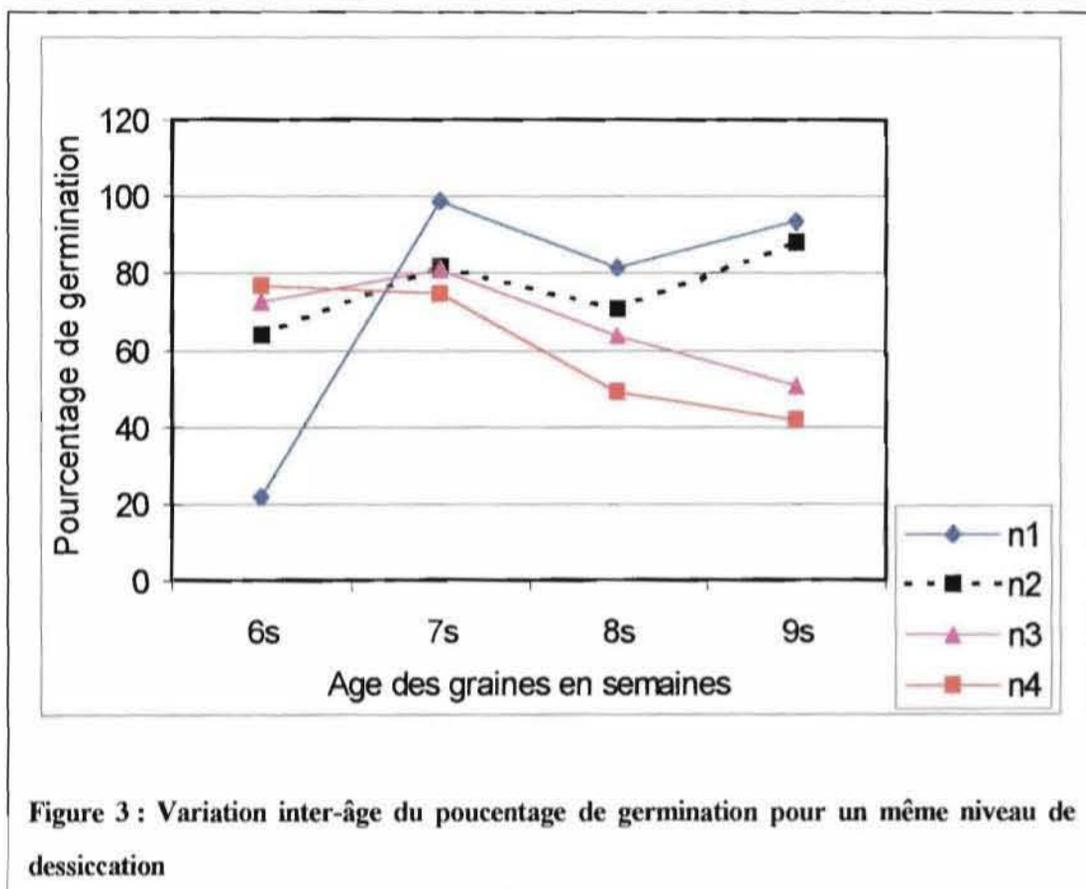
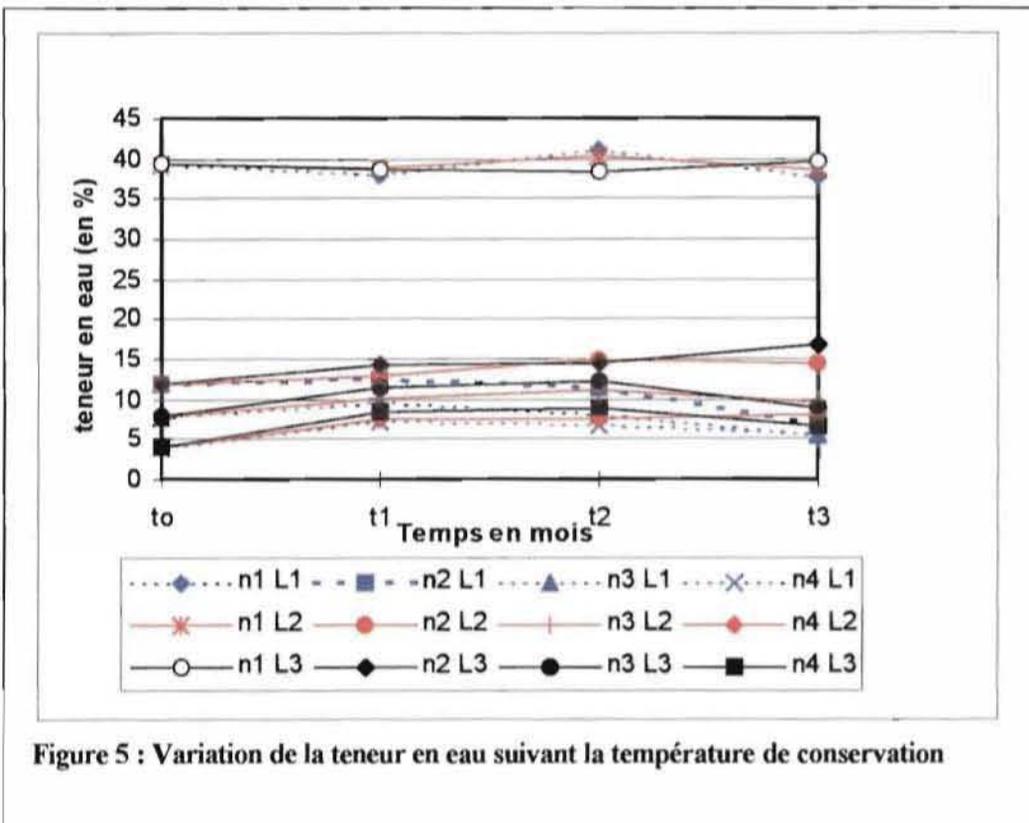
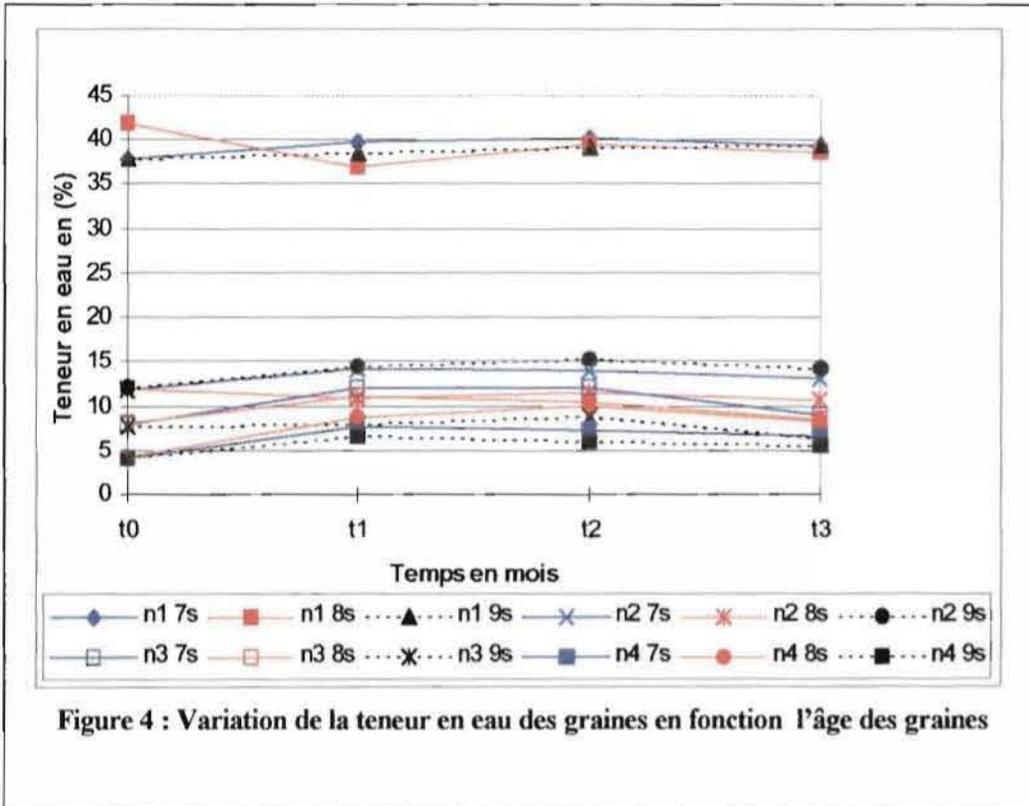


Figure 3 : Variation inter-âge du pourcentage de germination pour un même niveau de dessiccation

Légende des figures 2 et 3 : s = semaines, - n1 = niveau de teneur en eau des graines fraîches : il est de 54% pour les graines de 6 semaines, 42% pour les graines de 8 semaines et de 38% pour celles de 7 et de 9 semaines.- n2 = niveau 12 %, - n3 = niveau 8 % - n4 = niveau 4 %

3-2- Variation de la teneur en eau des graines conservées dans le temps

Les graines pendant la conservation ont connu des variations plus ou moins grandes de teneur en eau liées à la température de conservation et au niveau initial de teneur en eau au moment de la mise en conservation. Les figures 4 et 5 font l'économie de ces variations. Elles sont construites à partir des différentes moyennes (annexe 3-3) fournies par l'analyse statistique.



Légende des figures 4 et 5 : L1 = Armoire ; L2 = Chambre froide ; L3 = Congélateur ;
 t0 = moment de la mise en conservation, t1 = un mois, t2 = deux mois, t3 = trois mois ;
 s = semaines (n s = n semaine), n1 = teneur en eau des graines fraîches comprise entre 38 et 42 %, n2 = 12%, n3 = 8%, n4 = 4%

3-3- Variation de la viabilité des graines conservées dans le temps

Les graines conservées ont été testées sur une période de trois mois au lieu de six mois comme prévu compte tenu du temps dont on a disposé pour exécuter les travaux. Cependant les travaux se poursuivent afin de couvrir effectivement les six mois de tests.

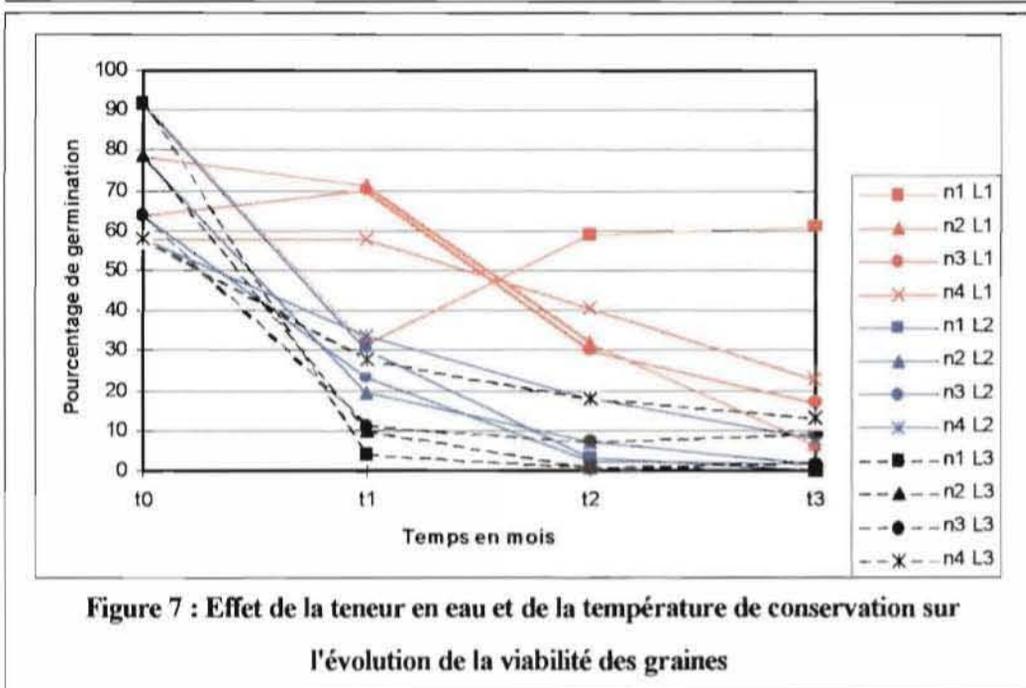
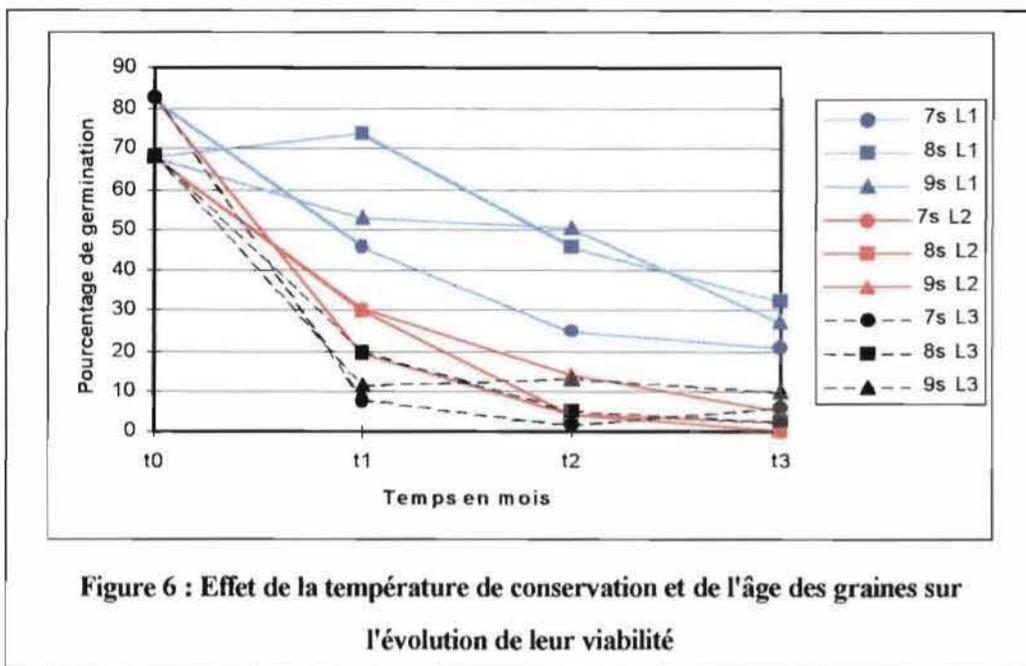
Au bout de trois mois de conservation la viabilité des semences a connu de grandes variations liées d'une part à des facteurs qui leur sont imputables et d'autre à des facteurs qui leur sont externes. L'analyse de variance a donné les résultats qui suivent présentés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Résultats de l'analyse de variance des données de tests de viabilité des graines dans le temps

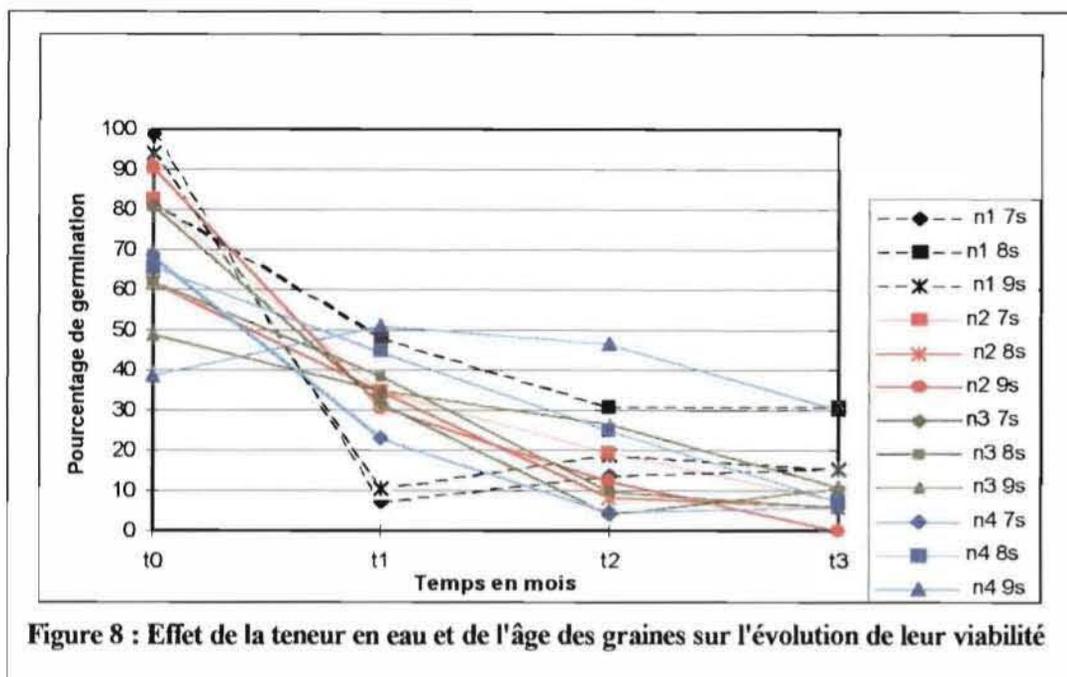
Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés	Moyenne des carrés	Variance	Probabilité
T	3	20357,266	6785,755	1367,58	< 0,001
Tp	2	4463,961	2231,980	449,83	< 0,001
A	2	76,159	38,079	7,67	< 0,001
NTe	3	355,475	118,492	23,88	< 0,001
T-Tp	6	1969,844	328,307	66,17	< 0,001
T-A	5	1199,426	239,885	48,35	< 0,001
Tp-A	4	221,218	55,304	11,15	< 0,001
T-NTe	9	2182,575	242,508	48,87	< 0,001
Tp-Nte	6	362,816	60,469	12,19	< 0,001
A-NTe	6	842,525	140,421	28,30	< 0,001
T-Tp-A	10	147,372	14,737	2,97	0,001
T-Tp-NTe	18	1751,476	97,304	19,61	< 0,001
T-A-NTe	15	1704,410	113,327	22,90	< 0,001
Tp-A-NTe	12	667,311	55,609	11,21	< 0,001
Résidus	414	2054,214	4,962		
Total	515	35941,930			

Légende du tableau : T = Temps, Tp = Température, A = Age, NTe = Niveau de Teneur en eau

Les moyennes suivant le lieu de stockage, la teneur en eau et l'âge des graines, que représentent les figures 6, 7 et 8 ont été obtenues après l'analyse statistique des données. Les différentes valeurs utilisées constituent l'annexe 3-4.



Légende des figures 6 et 7 : s = semaine ; L1 = Armoire, L2 = Chambre froide, L3 = congélateur ; t0 = au moment de la mise en conservation des graines, t1 = un mois, t2 = deux mois, t3 = trois ; n1 = niveau de teneur en eau des graines fraîches (compris entre 38 et 42%), n2 = 12%, n3 = 8%, n4 = 4%



Légende : s = semaine ; t0 = au moment de la mise en conservation des graines, t1 = un mois, t2 = deux mois, t3 = trois ; n1 = niveau de teneur en eau des graines fraîches (compris entre 38 et 42%), n2 = 12%, n3 = 8%, n4 = 4%

4- ANALYSE ET DISCUSSIONS

4-1- Niveau de tolérance à la dessiccation

Les tests de tolérance à la dessiccation des graines de Neem révèlent deux comportements totalement différents suivant leur stade de développement.

La figure 2 montre que la dessiccation a un effet positif sur le taux de germination des graines issues des fruits récoltés à six semaines tandis qu'elle influence négativement celui des graines obtenues des fruits de 8 et 9 semaines.

L'amélioration du taux de germination des semences de six semaines s'explique par un gain de maturité de ces dernières au cours du séchage. Autrement dit il s'est produit un phénomène de post-maturation des graines. Cet effet positif sur le taux de germination et la possibilité de maturation des graines lors du séchage ont été également les conclusions d'un essai de dessiccation mené par MEHM (1993) sur des semences immatures dont l'âge n'a pas été indiqué, provenant de Myanmar (POULSEN, 1996). Pour les graines obtenues après dépulpage des fruits collectés à sept, huit et neuf semaines, on remarque une sensibilité de plus en plus grande à la dessiccation au fur et à mesure que les semences gagnent en âge. Ces observations ne sont pas en accord avec les conclusions des travaux de YAMEOGO (1997), pour qui les semences de Neem quel que soit leur âge sont peu sensibles à la dessiccation. Cette discordance peut s'expliquer par la période de récolte des fruits car les graines issues des fruits de Neem récoltés en saison sèche semblent quel que soit l'âge, supporter mieux une dessiccation progressive que celles obtenues des fruits récoltés en saison pluvieuse.

Selon CROWE et al (1992), OOMS et al (1993) CROWE et al (1997), HOEKSTRA et al (1997), cités par SACANDE et al (1998) ; la tolérance à la dessiccation des graines et leur survie après de longues périodes de séchage dépendent d'un certain nombre de facteurs liés aux semences incluant la protection de la structure des macromolécules.

Ces différences de comportement des graines peuvent s'expliquer par la variation de la composition des graines et de la structure des macromolécules constituant les graines aux différents stades de développement. Une analyse biochimique des constituants des graines aux différents stades de développement des fruits pourrait mieux expliquer ces différences. La tolérance à la dessiccation des semences varie surtout d'une espèce à une autre ; mais des différences significatives peuvent être trouvées pour les semences d'une même espèce récoltées à des stades différents de maturité (ELLIS et HONG, 1996).

La comparaison inter-âge de la tolérance à la dessiccation illustrée par la figure 3 montre que les graines de Neem supportent de moins en moins bien la dessiccation au fur et à mesure que leur âge augmente. En d'autres termes, la sensibilité à la dessiccation des graines augmente avec le gain de maturité. Ce comportement des semences de Neem est tout à fait le contraire de celui des semences orthodoxes qui elles, supportent mieux la dessiccation avec le gain de maturité (COME et CORBINEAU, 1996).

Les semences de six et sept semaines, dont les taux initiaux de germination sont dans de l'ordre de 22 et 99 pour cent, ont donné des pourcentages de germination de 77 et 75 pour cent après que leur teneur en eau soit abaissée respectivement à 3,9 et 4,4 pour cent. Elles semblent tolérer alors parfaitement une dessiccation à des teneurs en eau de l'ordre de quatre pour cent. Ces résultats sont comparables à ceux de l'IFGTB (1992) relatés par POULSEN (1996) ; à savoir un pourcentage de 81 pour cent pour des semences d'origine indienne séchées à une teneur en eau de 6,5 pour cent, mais nous n'avons aucune idée de l'âge des graines sur lesquelles cet auteur a travaillé.

La relative tolérance à la dessiccation des graines de ces âges peut s'expliquer par la plasticité des membranes cellulaires.

Pour COME et CORBINEAU (1996), la détérioration des membranes intercellulaires semble être les premières lésions causées par la dessiccation. Une fois lésés, ces organes perdent leur fonction intégrale même quand ils sont rehydratés d'où la perte de viabilité des semences.

Les semences de 6 et 7 semaines semblent être orthodoxes, mais cela reste à vérifier par les essais de conservation. Elles sont très différentes des semences récalcitrantes qui elles, ne supportent pas des réductions de teneur en eau en dessous de 20 pour cent (ROBERTS, 1973 ; cité par SACANDE et al, 1998).

Les semences fournies par les fruits âgés de huit semaines ont connu une perte considérable de leur viabilité lorsqu'elles ont été séchées à des teneurs en eau de l'ordre de 4,2 pour cent. Cependant, à des teneurs en eau voisines de 8 pour cent (précisément à 8,4 pour cent), elles donnent un pourcentage de germination assez élevé de l'ordre de 64 pour cent. Ces résultats sont similaires à ceux de MSANGA (1995), cité par POULSEN (1996) qui a observé des pourcentages de germination d'environ 60 pour cent lorsque des graines de provenance Tanzanienne sont séchées à des teneurs en eau comprises entre 8 et 10 pour cent. Les semences de 8 semaines ont plutôt un comportement qui est intermédiaire à celui des semences orthodoxes ou récalcitrantes.

Quant aux semences obtenues après dépulpage des fruits récoltés à 9 semaines, elles tolèrent une dessiccation à 12 pour cent. A 12,4 pour cent comme teneur en eau, leur pourcentage de germination est de 88 pour cent.

Ces résultats sont du même ordre que ceux d'un lot de semences d'origine indienne pour lequel des pourcentages de germination de l'ordre de 80 pour cent ont été observés lorsqu'elles sont séchées entre 11 et 15 pour cent comme teneur en eau (IFGTD, 1992 ; cité par POULSEN, 1996). Cependant nous n'avons aucune idée de l'âge des semences sur lesquelles cet auteur a travaillé.

Il ressort des différents résultats de nos travaux que le stade de développement des fruits est effectivement un facteur influant de façon significative le niveau de tolérance à la dessiccation des graines de Neem.

Pour permettre des comparaisons aisées entre résultats de différents travaux, ces derniers doivent être menés sur des fruits de même stade de développement. En plus du stade de développement, un effort particulier doit être fourni pour que les différentes recherches s'effectuent sur la base d'une méthodologie identique.

L'uniformité de la méthodologie doit aussi tenir compte des éléments tels que le temps qui sépare la récolte et le dépulpage des fruits, le mode de préparation et de séchage, ainsi que les températures et les durées d'imbibition des graines séchées avant leur semis. Nous pensons que la prise en compte des différents facteurs ci-dessus évoqués pourrait concilier les conclusions des différents travaux tant laborieux menés sur les semences de l'espèce.

4-2- Variation de la teneur en eau des graines pendant la conservation

Les mesures de la teneur en eau des graines pendant la conservation révèlent des différences significatives suivant la température de conservation, l'âge des graines et le niveau de leur teneur en eau au moment de la mise en conservation.

4-2-1- Variation suivant la température de conservation et le niveau de teneur en eau

La figure 4 montre que quelque soit la température de conservation, les graines de teneur en eau initiale comprise entre 38 et 42 pour cent n'ont pas subi de variations significatives. Ce niveau de teneur en eau semble donc indifférent à la température après 3 mois de conservation. Cependant pour les graines de teneur en eau comprise entre 4 et 12 pour cent, des variations significatives de teneur en eau ont été enregistré à toutes les températures après 3 mois de conservation.

Pour les graines conservées dans l'armoire où la température est d'environ 25°C les niveaux 12, 8 et 4 pour cent se retrouvent à des niveaux presque confondus après seulement 1 mois de conservation.

Les niveaux 8 et 12 pour cent ont connu des baisses. Ce qui montre que les graines ont perdu de l'eau au profit du milieu environnant tandis que le niveau 4 pour cent a augmenté indiquant un gain d'eau par les graines ayant au départ ce niveau de teneur en eau. Pour celles conservées en chambre froide et dans le congélateur, les niveaux de teneur en eau 4, 8 et 12 pour cent ont connu des variations similaires. Ils ont subi des hausses tout en gardant des écarts significatifs entre eux jusqu'au deuxième mois. Après 3 mois de conservation, la différence entre le niveau 4 et 8 pour cent n'est plus significative.

Ces résultats montrent que les graines de teneur en eau comprise entre 4 et 12 pour cent ont tendance à absorber de l'eau en provenance du milieu extérieur, lorsqu'elles sont conservées en chambre froide (4 °C) ou dans un congélateur (-18 °C).

4-2-2- Variation de la teneur en eau suivant l'âge des graines

La figure 5 montre que, suivant leur âge, les graines de teneur en eau très proche au moment de la mise en conservation, n'ont pas connu des variations tout à fait identiques dans le temps. L'ensemble de ces variations ont surtout concerné les niveaux de teneur en eau compris entre 4 et 12 pour cent.

Pour les graines de 7 semaines d'âge, le niveau de teneur en eau 4 pour cent se confond à celui de 8 pour cent à un et à trois mois de conservation, tandis qu'à deux mois ce sont les niveaux 8 et 12 pour cent qui se confondent.

Pour les graines âgées de 8 semaines, l'écart entre les niveaux 4, 8 et 12 pour cent de teneur en eau n'est plus significatif après seulement un mois de conservation.

Quant aux graines issues des fruits récoltés à 9 semaines, le niveau de teneur en eau 12 pour cent a gardé un écart significatif durant trois mois, avec les niveaux 8 et 4 pour cent, qui eux se sont confondus après un mois de conservation.

Pour COPELAND (1976), cité par GAMENE (1987), la quantité d'eau échangée, par la graine, avec son milieu environnant, est fonction de la structure de son enveloppe, et de sa composition chimique. La variabilité due à l'âge des graines, constatée dans l'évolution d'un niveau donné de teneur en eau lors de la conservation, peut s'expliquer par des différences dans la structure de l'enveloppe et dans la composition chimique des graines aux différents stades de développement.

Pour SACANDE (1995), les variations de teneur en eau des graines constatées, pendant la conservation, peuvent être liées à des insuffisances dans l'estimation de la teneur en eau des graines lors du séchage. Pour cet auteur il est possible que les résultats des mesures de teneur en eau pendant le séchage soient fortement influencées par l'évaporation de certains composants volatiles de la graine.

L'ensemble de ces variations de teneur en eau montre qu'il existe des échanges d'eau entre les graines et le milieu de conservation. Les récipients de conservation, à savoir les sachets en aluminium, ne sont donc pas totalement imperméables à l'eau et aux gaz. Selon F.A.O (1992), les sachets en aluminium, sont imperméables à l'eau mais pas aux gaz. Des échanges d'eau entre les graines et le milieu ont pu donc se produire par le biais d'échanges d'air. Pour réduire ces variations de teneur en eau des graines pendant la conservation les récipients doivent être complètement hermétiques comme l'ont souligné BELLEFONTAINE et AUDINET (1992).

Pour SACANDE et al (1998), les variations de teneur en eau des graines lors de la conservation peuvent être liées à l'ouverture périodique des récipients pour y prélever les graines utilisées pour les tests de viabilité.

Afin d'éviter au maximum ces variations de teneur en eau des graines mises en conservation, on doit conserver les graines dans des récipients hermétiques, le contenu d'un récipient devant servir à effectuer un seul test de viabilité dans le temps.

4-3- Evolution de la viabilité des graines conservées dans le temps

L'estimation de la viabilité des graines dans le temps faite à travers des essais de germination montre qu'après 3 mois de conservation, leur taux de germination connaît des variations significatives suivant la température de conservation, leur âge et leur teneur en eau. L'analyse statistique révèle que l'âge des graines conservées, leur teneur en eau et la température de conservation influent de façon significative leur germination dans le temps.

4-3-1- Effet de la température et de la teneur en eau des graines sur leur viabilité

La figure 6 montre que, quel que soit le niveau de teneur en eau des graines, elles maintiennent mieux leur viabilité lorsqu'elles sont conservées dans une armoire que dans la chambre froide ou dans un congélateur. Autrement dit, les semences de Neem se conservent mieux en conditions ambiantes, à des températures d'environ 25°C qu'à 4 ou -18°C. Ce qui semble en conformité avec les conclusions des travaux de GAMENE et al (1996), YAMEOGO (1997), c'est-à-dire que les graines de Neem perdent plus facilement leur viabilité lorsqu'elles sont conservées à des températures voisines de 4°C, qu'à la température ambiante.

L'action de la température sur la viabilité des graines dans le temps varie suivant leur teneur en eau. Les graines de teneur en eau comprise entre 38 et 42 pour cent, avec un taux moyen

initial de germination de 90 pour cent, donnent un taux d'environ 60 pour cent après 3 mois de conservation dans une armoire (température : 25°C). La perte brutale de viabilité de ces graines après un mois de conservation, comme le montre la figure 6, s'explique par une attaque fongique dont elles ont été victimes lors du premier test après un mois de conservation. Une fois l'attaque constatée, elles ont été enrobées avec un mélange de benlate et de thioral, lors des prochains semis. Ce qui a permis une meilleure germination et leur taux de germination est passé à 60 pour cent au deuxième mois de conservation.

Cependant ces mêmes graines conservées en chambre froide et dans le congélateur donnent des taux de germination voisins de 0 pour cent après seulement deux mois de conservation. Ces résultats sont comparables à ceux de SACANDE *et al* (1998), qui ont conclu que des semences en provenance du Burkina Faso et de Sri Lanka (Asie) de teneur en eau comprise entre 33 et 38 pour cent perdent complètement leur viabilité entre 1 et 3 mois lorsqu'elles sont conservées à des températures voisines de 5°C.

4-3-2- Effet de la température et de l'âge des graines sur leur viabilité

L'analyse fait ressortir des différences significatives de viabilité des graines, liées d'une part à la température de stockage et d'autre part à l'âge, illustrées par la figure 7. Quel que soit l'âge des graines, ces dernières maintiennent mieux leur viabilité initiale lorsqu'elles sont conservées dans l'armoire que dans la chambre ou le congélateur.

Cependant, l'âge des graines induit des différences significatives de maintien de viabilité entre graines de différents stades de développement, conservées à une même température.

Les graines de 7, 8 et 9 semaines conservées dans l'armoire, dont les taux moyens initiaux de germination sont de 80 pour cent environ pour les graines de 7 semaines et d'environ 70 pour cent pour les graines de 8 et 9 semaines, donnent des taux de 20, 32 et 28 pour cent dans l'ordre, après 3 mois de conservation.

Conservées en chambre froide et dans le congélateur, les graines de 9 semaines donnent des taux de germination compris entre 7 et 10 pour cent, tandis que celles de 7 et 8 semaines donnent des taux voisins de 0 pour cent, sous les mêmes conditions, après 3 mois de conservation. Cela montre que les graines de 9 semaines, quel que soit le lieu de conservation, préservent mieux leur viabilité que celles de 7 et 8 semaines. Le maintien de la viabilité des semences de Neem dans le temps, s'améliore avec l'âge des graines. Ces résultats sont en accord avec ceux de GAMENE *et al*. (1996), SACANDE *et al* (1996), SACANDE *et al*. (1998) qui ont conclu que les semences issues des fruits jaunes maintiennent mieux leur viabilité dans le temps que celle issues des fruits verts.

Pour une conservation de longue durée, la récolte des fruits de 9 semaines de couleur jaune, dont le péricarpe est plus ou moins ridé est conseillée par rapport à celle d'âge inférieur.

4-3-3- Effet de l'âge et de la teneur en eau des graines sur leur viabilité

L'âge et la teneur en eau des semences sont des facteurs très déterminants pour le maintien de leur viabilité dans le temps.

La figure 8 montre que pour des teneurs en eau comprises entre 38 et 42 pour cent, les graines de 8 semaines se conservent mieux que celles de 7 et de 9 semaines en trois mois.

En effet après 3 mois de conservation les graines de 7, 8 et 9 semaines, toutes avec un taux initial de germination de plus de 80 pour cent donnent des taux de germinations de 30, et d'environ 15 pour cent respectivement pour les graines de 8 semaines et pour celles de 7 et 9 semaines. Séchées à des teneurs en eau d'environ 12 pour cent, ces graines quelque soit leur âge donnent des taux de germination inférieurs à 10 pour cent.

A un niveau de 8 pour cent environ leurs taux de germination sont compris entre 7 et 12 pour cent après 3 mois de conservation.

Ces résultats montrent, que quel que soit l'âge des graines testées, elles perdent rapidement leur capacité de germination pendant le stockage lorsqu'elles ont des teneurs en eau comprises entre 8 et 12 % et ce, à toutes les températures de conservations testées qui sont de -18, 4 et 25°C.

A un niveau de teneur en eau d'environ 4 pour cent, les graines de 7 et 8 semaines dont les taux de germination sont dans l'ordre 77 et 75 pour cent donnent des taux de germination inférieurs à 10 pour cent après 3 mois de conservation. Celles de 9 semaines avec un taux initial de germination de 42 pour cent germent encore à 32 pour cent après la même durée de conservation.

A ce niveau de teneur en eau les graines de 9 semaines maintiennent nettement mieux leur viabilité que celles de 8 et 7 semaines. Cela montre que les graines de neuf semaines ayant survécu à la dessiccation au niveau 4 pour cent de teneur en eau se comportent comme des semences orthodoxes. Le lot n'est donc pas homogène. L'hétérogénéité du lot pourrait être introduite par les pied-mères des semences d'un site de récolte à un autre ou du même site.

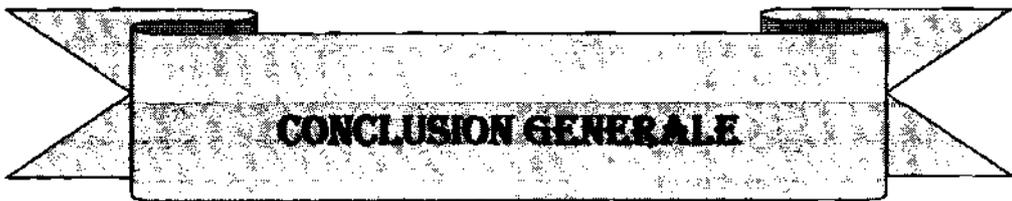
5-Conclusion partielle

La température de conservation, le stade de développement et la teneur en eau sont des facteurs déterminants pour le maintien de la viabilité des graines de Neem au cours de la conservation.

Concernant la température de conservation, les semences de Neem quel que soit leur âge et leur teneur en eau se conservent mieux en trois mois dans l'armoire qu'en chambre froide et dans le congélateur. La température optimum de conservation des semences de Neem est d'environ 25 °C.

Parlant de l'âge et de la teneur en eau des graines, les graines issues des fruits récoltés à 8 semaines préservent mieux leur viabilité lorsqu'elles sont conservées avec des teneurs en eau voisines de 38,65 pour cent uniquement à des températures voisines de 25 °C. Dans ces conditions particulières, elles maintiennent des taux de germination de l'ordre de 80 pour cent après 3 mois de conservation. Les graines obtenues après dépulpage des fruits de 9 semaines se comportent mieux quelle que soit la température de conservation. Elles donnent de meilleurs taux de germination lorsqu'elles sont séchées à un niveau et teneur en eau de l'ordre de 4 pour cent et conservées en conditions dans l'armoire (25°C) ou à une température d'environ -18 °C. Avec un taux initial de germination de 39 pour cent, elles donnent dans ces conditions des taux de l'ordre de 32 pour cent après 3 mois de conservation. Certaines graines de cet âge ont un comportement orthodoxe.

Les semences fournies par les fruits collectés 7 semaines après leur formation, se conservent très mal quel que soit le niveau de leur teneur en eau et la température de stockage. La période à préconiser pour la collecte des semences de Neem se situe donc entre 8 et 9 semaines après l'apparition des fruits. Quant à la teneur en eau optimum, elle est de l'ordre de 38 pour cent environ pour les semences de 8 semaines et de l'ordre de 4 pour cent pour celles de neuf semaines.



CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La protection et l'amélioration des ressources génétiques des plantes en général et des espèces ligneuses à usages multiples en particulier, passent nécessairement par une maîtrise de la production et une bonne connaissance de la physiologie de leurs semences qui le plus souvent sont des graines.

Ce sont ces préoccupations qui ont conduit à l'initiation et à l'exécution de la présente étude. Le suivi du développement des fruits de Neem est un travail minutieux. L'identification du début de la fructification dans chaque panicule, le comptage du nombre de fruits par inflorescence aux différents stades de développement, la mesure de la taille et l'appréciation de la couleur des fruits sont des travaux qui nécessitent beaucoup de temps et de déterminisme.

L'étude a permis de situer entre 8 à 9 semaines, après la formation des fruits de Neem, la période propice de collecte des semences de cette espèce.

Elle a révélé que les semences obtenues des fruits récoltés à 6 et 7 semaines supportent une dessiccation progressive, jusqu'à des teneurs en eau voisines de 4 pour cent, sur la base de leur masse fraîche. Les graines issues des fruits récoltés à 8 et 9 semaines connaissent une baisse considérable de leur taux de germination si elles sont séchées à un niveau de teneur en eau inférieur à 8 pour cent.

Les essais de conservation menés à trois températures différentes (25, 4 et -18 °C), sur les semences de 7, 8 et 9 semaines d'âge, séchées à trois niveaux différents (12, 8 et 4 pour cent) de teneur en eau, permet de tirer les conclusions suivantes après trois mois de conservation :

- les semences obtenues des fruits récoltés à 7 semaines, elles perdent rapidement leur viabilité, quel que soit le niveau de teneur en eau et la température testée dans l'étude.
- les fruits de 8 semaines, qui sont de couleur vert-jaune ou jaune, donnent des semences qui germent à hauteur de 80 %, si elles sont conservées avec une teneur en eau d'environ 38 pour cent, à une température voisine de 25°C (en conditions ambiantes).
- les graines âgées de 7 et 8 semaines ont elles plutôt un comportement intermédiaire à ceux des semences orthodoxes et récalcitrantes.
- les semences fournies par les fruits jaunes plus ou moins ridés de 9 semaines d'âge, sont celles qui maintiennent mieux leur viabilité initiale (quand bien même celle-là est faible), si elles sont conservées à 25 ou -18 °C, avec des teneurs en comprises entre 5 et 7 pour cent. Les graines de cet âge qui survivent à une dessiccation de l'ordre de 4,02 pour cent ont un comportement proche de celle des semences orthodoxes.

Les résultats de la présente étude, sans toutefois résoudre tous les nombreux problèmes hostiles à l'utilisation rationnelle des produits du Neem, se veulent une contribution à la planification des récoltes, par les producteurs de semences tels que le CNSF. Ils constituent également des données de base pour les prochaines investigations scientifiques.

Nous suggérons qu'une analyse biochimique des substances synthétisées par les graines aux différents stades de développement soit faite afin de suivre la variation de la composition chimique de ces dernières au cours de leur développement. Une telle analyse permettra de déterminer le rôle effectif de la composition chimique de la graine vis à vis de sa tolérance à la dessiccation et sa durée de conservation.

Il pourrait aussi être envisagé, une étude comparée de semences de Neem, produites pendant des saisons différentes de l'année ; par exemple une étude comparée des semences collectées en saison pluvieuse (Juin à Septembre) et de celles récoltés en saison sèche (Février à Mars) sur les mêmes semenciers afin de déterminer l'impact de la période de fructification sur la qualité des semences.



BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- BELLEFONTAINE. R.**, (1991) : Récoite, Germination des graines de Neem. Le Flamboyant n°17-18, pp 36-37.
- BELLEFONTAINE. R.** et **AUDINET. M.**, (1992) : Conservation des graines de Neem (*Azadirachta indica* A.Juss). Symposium IUFRO : Les problèmes de semences Forestières notamment en Afrique. Pp 268-274. L.M. SOME and M. DE KAM Eds.
- BELLEFONTAINE. R.**, (1992) : L'avenir du Neem en zone tropicale sèche est-il menacé ? Le Flamboyant n°21 pp 24-26.
- CHAMPAGNAT. R.** ; **COZMENDA. P.** ; **BAILLAND. L.**, (1969) : Biologie végétale III ; Croissance, Morphogenèse, Reproduction. 510p. Editeurs Masson et C^{ie}
- COME. D.** and **CORBINEAU. F.**, (1996) : Metabolic damage related to desiccation sensitivity. In proceedings of a workshop on Improved Methods for Handling and Storage of Intermediate/Recalcitrant Tropical Forest Tree Seeds. pp 107-121. (A.S. OUEDRAOGO, K. POULSEN and STUBSGAARD. F. editors).
- C.T.F.T.**, (1988) : Note de service interne sur le Neem. 17 p.
- DEVERNAY. S.**, (1994) : L'introduction du Neem, arbre exotique, au Burkina Faso. Bilan socio-économique. ORSTOM, Ouagadougou. 59 p.
- DEWAULLE. J.C.**, (1975) : Essai taungya Neem plus mil. Nimney Aviation. Centre Technique Forestier Tropical. Niger- Haute Volta. 6 p.
- DEWAULLE. J.C.**, (1977) : Plantations forestières en Afrique tropicale sèche. Centre Technique Forestier Tropical; Nogent sur marne, France. 177 p.
- ELLIS. R.H.** and **HONG. T.D.**, (1996) : Introduction of desiccation tolerance in seeds. In Proceedings of a workshop on Improved Methods for Handling and Storage of Intermediate/Recalcitrant Tropical Forest Tree Seeds. Pp 127-135 (A.S OUEDRAOGO, K. POULSEN and S. STUBSGAARD editors).
- F.A.O.**, (1992) : Guide de manipulation des semences forestières. Etude F.A.O 2002, Rome 444p

- FINCH-SAVAGE. W.E.**, (1996) : The role of developmental studies in research on recalcitrant and intermediate seeds. In Proceedings of a workshop on Improved Methods for Handling and Storage of Intermediate/Recalcitrant Tropical Forest tree Seeds. pp 83-97.(A.S OUEDRAOGO,K.POULSEN and F. STUBSGAARD editors).
- GAMENE. C.S.**, (1987) : Contribution à la maîtrise des méthodes simples de prétraitement et de conservation des semences de quelques espèces ligneuses récoltées au Burkina Faso. Mémoire de fin d'études I.D.R. 94 p.
- GAMENE. C.S. ; KRAAK. H.K. ; PIJLEN. V.J.G and DE VOS. C.H.R.**, (1999) : Storage of Neem seeds from Burkina Faso. Seed Sci & Technol n°24. Pp124-132.
- GAMPINE. D.**, (1992) ; Etude de la germination et des plantules de quelques essences spontanées de Combréacées et Césalpiniacées au Burkina Faso. Mémoire de fin d'Etudes I.D.R., 124p
- GANABA. S.**, (1996) : A propos du Neem au Burkina Faso. Nécessité d'une maîtrise de son expansion. Science et Technique vol XXII n°1 ; Revue Semestrielle de la Recherche au Burkina Faso. Série Sciences Naturelles. pp. 66-74.
- GUINKO. S.**, (1984) : Végétation de la Haute Volta. Thèse de Doctorat d'Etat es Sciences Naturelles Université de Bordeaux III; 318 p.
- I.S.T.A.**, (1985) : International Rules for Seeds Testing. Seed science and Technologie, 13. pp 299- 355
- I.S.T.A.**, (1996) : Screening protocol for comments (updated during workshop 28th March - 2nd April 1996). 5p.
- POULSEN. K.**, (1996) : Case study: Neem (*Azadirachta indica* A. Juss), In Proceedings of a workshop on Improved Methods for Handling and Storage of Intermediate/Recalcitrant Tropical Forest Tree Seeds. pp 14-26. (A.S.OUEDRAOGO, K. POULSEN and F. STUBSGAARD editors).
- MAYDELL VON. H. J.**, 1983 ; Arbres et arbustes du Sahel : leurs caractéristiques et leurs utilisations. Edition Eschorn ; 531 p.
- NEYA. B.**, (1985) : Etude technologique de quelques espèces forestières utilisées au Burkina Faso. Mémoire de fin d'Etudes I.D.R, 58 p.
- SACANDE. M.**, (1995) : Maturation dependency of the storage behaviour of Neem tree (*Azadirachta indica*), seeds from Burkina Faso. Thesis for the MCs degree in tropical forestry. 36 p.

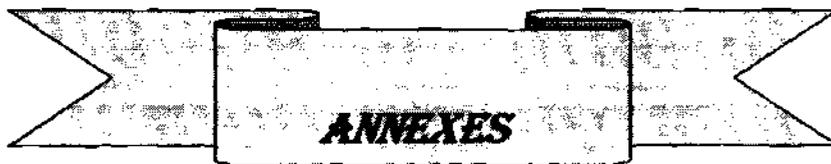
SACANDE. M. and GROOT. P.C., (1995): Proposal for a standard protocol for studies on Neem seed development (*Azadirachta indica* A. Juss.). 7p

SACANDE. M. ; PIJLEN. J.G.V. ; RIC DE VOS. C.H. ; HOEKSTRA. F.A. ; BINO. R.J and GROOT. S.P.C., (1996): Intermediate storage behaviour of neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss.) seeds from Burkina Faso. In Proceedings of a workshop on Improved Methods for Handling and Storage of Intermediate/Recalcitrant Tropical Forest Tree seeds. Pp103-106. (A.S OUEDRAOGO, K.POULSEN and F. STUBSGAARD editors).

SACANDE. M. ; HOEKSTRA. F.A. ; PIJLEN. J.G.V. and GROOT. S.P.C., (1998): A multifactorial study of conditions influencing longevity of neem (*Azadirachta indica*) seeds. Seed science Research (1998) 8, pp 473-482

SOME. N.A., (1991): Etude des phénomènes germinatifs et des plantules de quelques essences locales de Mimosaceae. Mémoire de fin d'études I.D.R, 106 p.

YAMEOGO. J., (1997): Etude des caractéristiques de conservation des graines de *Azadirachta indica* (A. Juss.) récoltées au Burkina Faso. Mémoire de fin d'Etudes I.D.R, 89p.



Annexe 3 : Tables des moyennes

Annexe 3-1 : Pourcentage moyen de germination initiale des graines en fonction de leur âge

Age des graines (en semaines)	Taux de germination initiale (en %)
6	18
7	66
8	80
9	84

Annexe 3-2 : Pourcentage moyen de germination suivant l'âge des graines et le niveau de dessiccation

Age des graines (en semaine)	Niveau de dessiccation en pourcentage			
	Taux initial de germination	12	8	4
6	22	64	73	77
7	99	82	81	75
8	82	71	64	49
9	94	88	49	42

Annexe 3-3 : Mesure de la teneur en eau des graines conservées

Annexe 3-3-1 : Variation de la teneur en eau des graines (exprimée en pourcentage), suivant leur âge

Temps (en mois)	Age (en semaine)	Niveau de Teneur en Eau (%) Des graines			
		38-42	12	8	4
0	7	38	11,8	7,9	4,06
	8	42	11,96	8,2	4,2
	9	38	12,1	7,8	4,02
1	7	39,88	14,15	12,04	7,77
	8	37,11	11,04	11,3	8,75
	9	38,5	14,41	7,91	6,75
2	7	40,29	13,97	12,16	7,23
	8	39,61	11,62	10,54	10,06
	9	39,16	15,2	8,93	6,08
3	7	39,31	13,13	9,1	6,71
	8	38,65	10,78	8,61	8,31
	9	39,31	14,3	6,43	5,7

Annexe 3-3-2 : Variation de la teneur en eau des graines (exprimée en pourcentage), suivant la température de conservation

Temps (en mois)	Température (en °C)	Niveau de Teneur en Eau (%) Des graines			
		38-42	12	8	4
0	25	39,33	11,95	7,97	4,09
	4	39,33	11,95	7,97	4,09
	-18	39,33	11,95	7,97	4,09
1	25	38,09	12,45	9,71	7,32
	4	38,80	12,92	10,18	7,63
	-18	38,61	14,24	11,35	8,33
2	25	41,24	11,4	8,24	6,84
	4	40,43	14,92	11,23	7,67
	-18	38,31	14,47	12,17	8,85
3	25	37,92	6,99	5,47	5,82
	4	38,67	14,42	9,70	8,18
	-18	39,78	16,79	8,96	6,73

Annexe 3-4 : Résultats des tests de viabilité sur les graines conservées

Annexe 3-4-1 : Effet de la température de conservation et de l'âge des graines sur l'évolution de leur viabilité (exprimée en pourcentage).

Temps (en mois)	Température (en °C)	Age des Graines (en Semaine)		
		7	8	9
0	25	83	68	68,248
	4	83	68	68,248
	-18	83	68	68,248
1	25	46	74,248	53,252
	4	19,248	30	30,5
	-18	7,748	20	11,748
2	25	25,096	46	50,888
	4	4,5	4,248	14,248
	-18	1,752	5,248	13
3	25	21,14	32,5	27,3
	4	2,46	0,248	5,248
	-18	6,04	2,5	10

Annexe 3-4-2 : Effet de la température de conservation et de la teneur en eau des graines sur l'évolution de leur viabilité (exprimée en pourcentage).

Temps (en mois)	Température (en °C)	Niveau de Teneur en Eau (%) Des graines			
		38-42	12	8	4
0	25	91,668	78,668	64	58
	4	91,668	78,668	64	58
	-18	91,668	78,668	64	58
1	25	31,668	71,332	70,332	58
	4	30	19,332	23,332	33,668
	-18	4	10	11	27,668
2	25	58,98	32,332	30,332	41
	4	3,332	7,332	2,332	17,668
	-18	0,668	0,668	7,332	18
3	25	61,076	6,78	17,224	22,836
	4	0,172	1,608	0,888	7,944
	-18	0,448	2,108	9,108	13,056

Annexe 3-4-3 : Effet de l'âge et de la teneur en eau des graines sur l'évolution de leur viabilité (exprimée en pourcentage).

Temps (en mois)	Age (en semaine)	Niveau de Teneur en Eau (en %) Des graines			
		38-42	12	8	4
0	7	99	83	81	69
	8	82	62	62	66
	9	94	91	49	39
1	7	7,332	35	31,668	23,332
	8	48	34,668	38,332	44,668
	9	10,332	31	34,668	51,332
2	7	13,46	19,668	4	4,668
	8	30,668	8,332	9,668	25,332
	9	18,852	12,332	26,332	46,668
3	7	15,628	7,5	10,556	5,832
	8	30,668	6	5,668	7,668
	9	15,4	0,00	11	30,332