

BURKINA FASO
Unité - Progrès - Justice

**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS
SECONDAIRE SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE POLYTECHNIQUE
DE BOBO-DIOULASSO (UPB)**

**INSTITUT DU DEVELOPPEMENT
RURAL (IDR)**

**MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT
ET DU CADRE DE VIE**

SECRETARIAT GENERAL

**CENTRE NATIONAL DE SEMENCES
FORESTIERES (CNSF)**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

Option : Eaux et Forêts

Sur le Thème :

**STADE DE MATURITE DES FRUITS, TOLERANCE A LA
DESSICCATION, CONSERVATION ET SENSIBILITE AU STRESS
D'IMBIBITION DES SEMENCES d'*Azadirachta indica* A. Juss., de
Khaya senegalensis (Desr.) A. Juss., de *Lannea microcarpa*
K. Krause et de *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst**

Directeurs de Mémoire : Dr TRAORE Sobère
Dr HIEN Mipro

Maître de stage : NEYA Oblé

Juillet 2003

EYANG OSSIMA Jeanne Claire Mireille

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	iv
REMERCIEMENTS	v
LISTES DES TABLEAUX ET DES FIGURES	vi
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	viii
LISTE DES ANNEXES	ix
RESUME	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCTION	1
GENERALITES SUR LES ESPECES ETUDIEES	3
1. QUELQUES UTILITÉS DES ESPECES ETUDIEES	3
2. ETAT DES CONNAISSANCES SUR LA PHYSIOLOGIE DES SEMENCES DES ESPECES ETUDIEES.	6
2.1 <i>Azadirachta indica</i>	6
2.2 <i>Khaya senegalensis</i>	6
2.3 <i>Lannea microcarpa</i>	7
2.4 <i>Sclerocarya birrea</i>	7
3. STRUCTURE ET COMPOSITION DU FRUIT ET DE LA GRAINE	8
3.1 Définition d'une semence	8
3.2 Structure du fruit et de la graine	8
3.3 Composition chimique de la graine	9
4. LA GERMINATION	9
4.1 Définition	9
4.2 Les facteurs affectant la germination	9
4.2.1 Influence des facteurs liés à la graine	10
4.2.2 Influence des facteurs liés à l'environnement	10
5. LA CONSERVATION DES SEMENCES	12
5.1 Les différentes catégories de semences	12
5.2 Les facteurs influençant la conservation	13
5.2.1 Les facteurs liés aux semences	14
5.2.2 Les facteurs environnementaux	15
Chapitre 1 : STADE DE MATURITE DES FRUITS ET QUALITES PHYSIOLOGIQUE DES SEMENCES de <i>Khaya senegalensis</i>, de <i>Lannea microcarpa</i> et de <i>Sclerocarya birrea</i>	18
Introduction	18
1. OBJECTIF	18
2. MATERIELS ET METHODES	18
2.1 Stades de maturité, récolte des fruits et préparation des semences	18

2.1.1 Le choix des sites de récolte	19
2.1.2 Matériel	19
2.1.3 Méthode	20
2.1.4 La préparation des graines	21
2.2 Teneur en eau et ratio poids sec/poids frais des semences	21
2.2.1 Matériels.....	22
2.2.1.1 Le matériel végétal.....	22
2.2.1.2 Le matériel de Laboratoire.....	22
2.2.2 Méthode	22
2.3 Germination des semences	23
2.3.1 Matériels.....	23
2.3.1.1 Le matériel végétal.....	23
2.3.1.2 Le matériel de Laboratoire.....	23
2.3.2 Méthodologie	23
2.4 Analyse statistique.....	24
3. RESULTATS	24
3.1 Teneur en eau et ratio poids sec/poids frais	24
3.1.1 <i>Lannea microcarpa</i>	24
3.1.2 <i>Sclerocarya birrea</i>	25
3.1.3 <i>Khaya senegalensis</i>	25
3.2 Maturité des semences et germination	26
3.2.1 <i>Lannea microcarpa</i>	26
3.2.2 <i>Sclerocarya birrea</i>	27
3.2.3 <i>Khaya senegalensis</i>	29
4. ANALYSE ET DISCUSSION	30
4.1 Relation entre poids frais, poids sec, teneur en eau et ratio P_s/P_f des semences	30
4.2 Maturité des fruits et germination des semences	31
Conclusion partielle	34
Chapitre 2 : TOLERANCE A LA DESSICCATION ET CONSERVATION DES SEMENCES de <i>Lannea microcarpa</i> et de <i>Sclerocarya birrea</i>	36
Introduction.....	36
1. OBJECTIF.....	36
2. Matériels et méthodes.....	36
2.1 Matériels.....	36
2.2 Méthodes	37
2.2.1 Tolérance à la dessiccation	37
2.2.2 Essais de conservation	37
3. RESULTATS	38
3.1 Stades de développements des fruits et tolérance à la dessiccation des semences	38
3.1.1 Séchage et teneur en eau des semences de <i>Lannea microcarpa</i>	38
3.1.2 Séchage et germination des semences de <i>Lannea microcarpa</i>	40
3.1.3 Séchage et teneur en eau des semences de <i>Sclerocarya birrea</i>	41
3.1.4 Séchage et germination des semences de <i>Sclerocarya birrea</i>	42
3.2 Température et pouvoir de conservation des semences	43

3.2.1 Evolution de la teneur en eau des semences de <i>Lannea microcarpa</i> suivant la température de conservation	43
3.2.2 Evolution de la viabilité des semences de <i>Lannea microcarpa</i> suivant la température de conservation	44
3.2.3 Evolution de la teneur en eau des semences de <i>Sclerocarya birrea</i> suivant la température de conservation	45
3.2.4 Evolution de la viabilité des semences de <i>Sclerocarya birrea</i> suivant la température de conservation	47
4. ANALYSE ET DISCUSSIONS	48
4.1 Stades de maturité des fruits et tolérance à la dessiccation des semences de <i>Lannea microcarpa</i> et de <i>Sclerocarya birrea</i>	48
4.2 Stades de développement, température de conservation et survie des semences de <i>Lannea microcarpa</i> et de <i>Sclerocarya birrea</i> au cours de la conservation	50
Conclusion partielle	53
Chapitre 3 : SENSIBILITE AU STRESS D'IMBIBITION DES SEMENCES d'<i>Azadirachta indica</i>, de <i>Khaya senegalensis</i>, de <i>Lannea microcarpa</i> et de <i>Sclerocarya birrea</i>	54
Introduction.....	54
2. MATERIELS ET METHODES	55
2.1 Matériels.....	55
2.1.1 Le matériel végétal.....	55
2.1.2 Le matériel de Laboratoire.....	56
2.2 Méthode	56
3. RESULTATS	58
3.1 Effet des températures d'imbibition sur la germination des semences de <i>Lannea microcarpa</i>	58
3.1.1. Cas des semences issues de fruits verts	58
3.1.2. Cas des semences issues de fruits rouge pourpre.....	59
3.2 Effet des températures d'imbibition sur la germination des semences de <i>Sclerocarya birrea</i>	61
3.3 Effet des températures d'imbibition sur la germination des semences de <i>Khaya senegalensis</i>	62
3.4 Effet des températures d'imbibition sur la germination des semences de Neem (<i>Azadirachta indica</i>)	63
4. ANALYSE ET DISCUSSIONS	67
Conclusion partielle	70
CONCLUSION	71
BIBLIOGRAPHIE	73
ANNEXES	79

DEDICACE

Ce travail est dédié :

♥ A mon feu père, **OSSIMA ALLOGHO Jean Daniel.**

et

♥ A ma feu mère, **MBIA Germaine.**

Que le Seigneur Dieu Tout Puissant se souviene de vous, qu'il vous accorde le pardon de vos péchés et vous reçoive dans sa lumière.

REMERCIEMENTS

Cette étude entre dans le cadre d'une contribution à une meilleure connaissance de la physiologie des semences de quelques espèces au Burkina à savoir ; *Azadirachta indica*, *Khaya senegalensis*, *Lannea microcarpa* et *Sclerocarya birrea* afin d'améliorer leur durée de conservation et partant assurer la production des semences de qualités pour optimiser le succès des programmes de reboisement. Sa forme actuelle est due au concours de plusieurs personnes, à qui nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude.

A Lambert OUEDRAOGO ex-Directeur Général du CNSF, pour nous avoir accepté dans cet établissement dont il avait la charge et pour tous les moyens mis à notre disposition tout au long de notre stage. Ses conseils et ses suggestions ont été indispensables pour la réalisation de ce travail.

A Moussa OUEDRAOGO, actuel Directeur Général du CNSF, pour ses conseils et son appui dans l'analyse statistique de nos données et ce, malgré ses nombreuses occupations. Il a su nous faire bénéficier de sa grande expérience dans ce domaine.

Aux enseignants de l'IDR, pour leurs conseils, leurs enseignements, leurs encouragements et leur gentillesse tout au long de notre formation.

A Sobère TRAORE, notre Directeur de Mémoire, pour avoir accepté de diriger ce travail, il témoigne de la confiance qu'il place en nous.

A Hien MIPRO, il est le co-directeur de ce Mémoire. Il a été disponible toutes les fois que nous étions dans le besoin.

A Oble NEYA, notre maître de stage, qui a bien voulu nous confier ce travail et nous a guidé dans sa rédaction. Nous sommes heureux de lui exprimer ici tous nos vifs remerciements et pour l'honneur qu'il nous a fait en prenant part à sa réalisation et ce malgré qu'il soit à l'Etranger. L'aboutissement de ce document lui est redevable.

A Haoua OUEDRAOGO/SARY, Directrice Technique du CNSF qui, par ses conseils, son dévouement, sa gentillesse et sa disponibilité, qu'elle trouve ici l'expression de notre haute reconnaissance.

A Mathurin SANON, Chef de Programme Technologie des semences du CNSF, pour ses conseils et suggestions ainsi que pour son entière disponibilité, et ce, malgré ses nombreuses occupations.

Nous voulons également adresser nos plus vifs remerciements à Monsieur Mamadou SIDIBE, Technicien et responsable du laboratoire du CNSF, pour nous avoir initié et orienté aux techniques de laboratoire ainsi que pour sa disponibilité constante.

Nous remercions tout le personnel du CNSF pour leur franche collaboration pendant le déroulement du stage.

Que Monsieur et Madame MASSON, trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nos sincères remerciements s'adressent aussi à :

Yolande ITSIEMBOU, maître es-science en Industrie Agro-alimentaires pour ses conseils, ses encouragements et sa gentillesse.

Maxime OUEDRAOGO, pour nous avoir apporté son soutien moral.

Nos collègues de classe, nos amis et compatriotes et les personnes qui d'une façon ou d'une autre ont contribué à l'élaboration de ce Mémoire, qu'ils soient assurés de notre profonde amitié.

LISTES DES TABLEAUX ET DES FIGURES

1. LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1	Taxonomie et importance socio-économique des espèces étudiées.....	5
Tableau 2	Variation de la teneur en eau et du rapport poids sec/poids frais des semences de <i>Lannea microcarpa</i>	24
Tableau 3	Variation de la teneur en eau et du rapport poids sec/poids frais des semences de <i>Sclerocarya birrea</i>	25
Tableau 4	Variation de la teneur en eau et du rapport poids sec/poids frais des semences de <i>Khaya senegalensis</i>	25
Tableau 5	Evolution de la teneur en eau (en %) des différents lots de semences de <i>Lannea microcarpa</i> après six mois de conservation	43
Tableau 6	Evolution du pouvoir de germination (en %) des différents lots de semences de <i>Lannea microcarpa</i> après six mois de conservation	44
Tableau 7	Combinaisons de températures et de durées d'imbibition.....	55

2. LISTE DES FIGURES

Figure 1	Processus de classification ou de catégorisation des semences.....	17
Figure 2	Effet du stade de maturité des fruits sur la germination des semences de <i>Lannea microcarpa</i>	26
Figure 3	Effet du stade de maturité des fruits sur la germination des semences de <i>Sclerocarya birrea</i>	28
Figure 4	Effet du stade de maturité des fruits sur la germination des semences de <i>Khaya senegalensis</i>	29
Figure 5	Variation de la teneur en eau des semences de <i>Lannea microcarpa</i> au cours du séchage.....	38
Figure 6	Effet de la dessiccation sur la viabilité des semences de <i>Lannea microcarpa</i>	39
Figure 7	Variation de la teneur en eau des semences de <i>Sclerocarya birrea</i> au cours du séchage.....	40
Figure 8	Effet de la dessiccation sur la viabilité des semences de <i>Sclerocarya birrea</i>	41
Figure 9	Effet des conditions de conservation sur la teneur en eau des semences de <i>Sclerocarya birrea</i> après six mois de conservation.....	45
Figure 10	Effet de la température sur la germination des semences de <i>Sclerocarya birrea</i> après six mois de conservation.....	46
Figure 11	Effet de la température d'imbibition sur la germination des semences de <i>Lannea microcarpa</i> (Lot 1).....	58
Figure 12	Effet de la température d'imbibition sur la germination des semences de <i>Lannea microcarpa</i> (Lot 3).....	59
Figure 13	Effet de la température d'imbibition sur la germination des semences de <i>Sclerocarya birrea</i> (Lot 1).....	30
Figure 14	Effet de la température d'imbibition sur la germination des semences de <i>Khaya senegalensis</i>	61
Figure 15	Effet de la température de trempage (pour une durée d'une heure) sur la germination des semences de Neem suivant le niveau de teneur en eau....	63
Figure 16	Effet de la température de trempage (pour une durée de 2 heures) sur la germination des semences de Neem suivant le niveau de teneur en eau....	64
Figure 17	Effet de la température de trempage (pour une durée de 4 heures) sur la germination des semences de Neem suivant le niveau de teneur en eau....	65

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

	Centre National de Semences Forestières
F.A.O	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
I.P.G.R.I	Institut International des Ressources Phytogénétiques
I.S.T.A	Règles Internationales pour les Essais de Semences
P.R.O.T.A	Ressources Végétales de l'Afrique tropicale
U.I.F.R.O	Union Internationale des Instituts de Recherches Forestières

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : RESULTATS DETAILLES DES DIFFERENTS TESTS EFFECTUES SUR LES SEMENCES DE NEEM

Annexe 1.1 : Pourcentage moyen de germination des graines de Neem

Annexe 1.2 : Résultats détaillés de l'ensemble des tests d'imbibition faits avec les différents lots de semences de Neem

ANNEXE 2 : PHOTOGRAPHIES A L'AIDE DE MICROSCOPE ELECTRONIQUE DE SEMENCES DE NEEM (même collection de semences que la nôtre) IMBIBEES A DIFFERENTES TEMPERATURES

Annexe 2.1 : Structure cellulaire d'une semence de Neem trempée dans l'eau à 0°C pour une durée d'une heure

Annexe 2.2 : Structure cellulaire d'une semence de Neem trempée dans l'eau à 0°C pour une durée de quatre heures

Annexe 2.3 : Structure cellulaire d'une semence de Neem trempée dans l'eau à 30°C pour une durée d'une heure

RESUME

L'étude sur les stades de maturité des fruits, Tolérance à la dessiccation, Conservation des semences et Sensibilité au stress d'imbibition des semences d'*Azadirachta indica* de *Khaya senegalensis* de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* a été réalisée afin de contribuer à une meilleure connaissance de la physiologie de ces semences.

Les essais préliminaires sur l'évaluation de la teneur en eau et de la viabilité des semences ont montré que :

- La valeur de la teneur en eau au moment de la maturité des semences est variable et spécifique selon l'espèce considérée.
- Les semences issues des fruits vert-rouge de *Lannea microcarpa* et celles fournies par les fruits murs mais frais tout comme celles provenant des fruits murs mais secs de *Khaya senegalensis* ont atteint leur maturité physiologique. En témoignent leurs bons taux de germination qui sont respectivement de 86, 89 et 99%.

Les tests de tolérance à la dessiccation suivis des essais de conservation ont révélé que :

- Les semences de *Lannea microcarpa*, quel que soit leur stade de développement maintiennent mieux leur viabilité lorsqu'elles sont conservées dans l'incubateur (15-16°C), la chambre froide (4°C) et le congélateur (-18°C) avec des teneurs en eau voisine de 6%. La température ambiante (25°C-30°C) affecte beaucoup leur longévité. Ainsi, elles se comporteraient comme des semences orthodoxes.
- Les semences provenant des fruits jaunes de *Sclerocarya birrea* dont la teneur en eau au moment de la mise en conservation était de l'ordre de 10,2% ont donné également des meilleurs résultats dans l'incubateur (44%), la chambre froide (44%) et le congélateur (54%). Elles sont plus proches des semences orthodoxes que celles récalcitrantes ;

- La période propice à conseiller pour la récolte des fruits de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* peut donc être le moment où les fruits ont un épicarpe vert mais avec un endocarpe bien lignifié.

Quant à la sensibilité au stress d'imbibition des semences, il est ressorti que :

- Les semences de Neem peuvent être séchées à des niveaux de teneur en eau relativement bas (<8%) et garder une très forte viabilité (>80%), si toute fois leur réhydratation est faite à des températures adéquates (30-40°C). Elles ont alors un comportement très proche de celui des semences orthodoxes comme l'ont d'ailleurs relevé certaines études antérieures (Dickie et Smith, 1990 ; Bellefontaine et Roederer, 1992, cités par Sacandé, 2000).
- Les semences de *Khaya senegalensis* sont insensibles au stress d'imbibition dans la frange de températures de 0°C à 50°C et leur faible teneur en eau au moment de la récolte amène à les assimiler à des semences orthodoxes.
- Les semences de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* semblent avoir un comportement de semences orthodoxes mais des travaux supplémentaires sont nécessaires pour une détermination des conditions optimales respectives de leur germination. Les semences de ces deux espèces sont peu sensibles au stress d'imbibition dans les conditions précises de notre étude.

Mots clés : Burkina Faso, Neem, *Khaya senegalensis*, *Lannea microcarpa*, *Sclerocarya birrea* , stade de maturité des semences, teneur en eau, pourcentage de germination, tolérance à la dessiccation, viabilité des graines conservées, sensibilité des semences au stress d'imbibition.

ABSTRACT

Study of the different stages of fruits maturity, desiccation tolerance, storage longevity of seeds and sensitivity to imbibitional stress of *Azadirachta indica*, *Khaya senegalensis*, *Lannea microcarpa* and *Sclerocarya birrea* was realized in order to contribute to a better knowledge of the physiology of these seeds

Preliminary tests on the evaluation of water content and viability of seeds showed that :

- The value of moisture content at maturity time of the seeds is variable and specific according to the considered species.
- Seeds stemming from red-green fruits of *Lannea microcarpa* and those provided by mature fruits but fresh, as well as those coming from mature fruits but dry of *Khaya senegalensis* reached their physiological maturity. Their good germination rates from respectively 86, 89 and 99% are evidences of that.

Desiccation tolerance tests followed by storage tests revealed that :

- *Lannea microcarpa* seeds, whatever their development, better preserve their viability when they are kept in the incubator (15-16°C), the cold room (4°C) and the freezer (-18°C) with moisture content close to 6%. The ambient temperature (25-30°C) much affects their longevity. In this way, they would behave like truly orthodox seeds.
- Seeds coming from yellow fruits of *Sclerocarya birrea* which moisture content, at the time of putting them in storage, was near 10,2%, gave also better results in the incubator (44%), the cold room (44%) and the freezer (54%). They are closer to truly orthodox seeds than to recalcitrant ones.
- The favourable period to be advised for the crop of *Lannea microcarpa* and of *Sclerocarya birrea* fruits therefore can be time when fruits have a green epicarp but with a well lignified endocarp.

As regards seeds sensitivity to imbibitional stress, it emerged that :

- Neem seeds can be dried at moisture content levels relatively low (<8%) and still keep a very high viability (>80%), at the condition that their re-hydration be done

at appropriate temperatures (30-40°C). Thus, they have a behaviour very close to the one of the truly orthodox seeds, as some of previous studies noticed it (Dickie and Smith, 1990; Bellefontaine and Roederer 1992; Sacandé, 2000).

- *Khaya senegalensis* seeds are insensitive to imbibitional stress in the range of temperatures from 0 to 50°C and their low moisture content at harvest time bring to liken them to orthodox seeds.
- *Lannea microcarpa* and *Sclerocarya birrea* seeds seems to have a behaviour of orthodox seeds, but additional research works are needed for fixing respective optimal conditions of their germination. Seeds of the two species are not much sensitive to imbibitional stress in the precise conditions of our study.

Key words : Burkina Faso, Neem, *Khaya senegalensis*, *Lannea microcarpa*, *Sclerocarya birrea*, maturity stage of seeds, moisture content, germination percentage, desiccation tolerance, viability of stored seeds, sensitivity of seeds to imbibitional stress.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

Les arbres forestiers tropicaux jouent un rôle essentiel dans l'économie de nombreux pays subsahariens, du fait de leur valeur réelle et potentielle pour l'agriculture et les autres utilisations. Ils leur procurent non seulement du bois pour des multiples usages (charbon, habitat, bois d'œuvre et de service), mais aussi de quoi se nourrir (fruits, légumes) et se soigner (écorces, feuilles, racines). Les arbres forestiers contribuent également à la protection de l'environnement. Cependant, ces précieuses ressources sont entrain de s'épuiser graduellement car les forêts tropicales continuent à être détruites sans être remplacées. Ces ressources génétiques qui continuent à être exploitées sans que les reboisements ne soient à mesure de venir en compensation, pourraient être alarmant pour la survie des communautés (IPGRI, 1998).

En effet, au Burkina Faso le phénomène de la dégradation des ressources naturelles constitue une préoccupation pour les autorités qui ont compris la nécessité de mettre en place un programme de reboisement qui s'appuie sur un approvisionnement en semences forestières de qualité, d'où la création en 1983 du Centre National de Semences Forestières (C.N.S.F.). L'élément primordial à la survie des arbres forestiers reste et demeure la semence qui a été définie par Campagna (1992) comme étant la "charnière" dans le renouvellement et l'amélioration des forêts. Elle demeure le dépositaire ultime du pouvoir de production des plantes, elle recèle aussi son bagage, son pouvoir d'adaptation au milieu ainsi que les réserves énergétiques essentielles au développement de l'embryon qui deviendra semis et plantule. Evidemment, il ne s'agit pas là des seuls modes de reproduction ou de multiplication des végétaux, mais la reproduction par semence demeure la plus répandue (Robitaille, 1992).

La présente étude qui a été menée sous la supervision du C.N.S.F. , s'inscrit dans le cadre d'une contribution à une meilleure connaissance de la physiologie des semences de quelques espèces au Burkina à savoir : *Azadirachta indica*, *Khaya senegalensis*, *Lannea microcarpa* et *Sclerocarya birrea*.

L'état de connaissances sur la physiologie des semences de Neem (*Azadirachta indica*) est suffisamment avancée. Ce qui n'est pas le cas pour les trois autres espèces. Des essais de conservation de leurs semences ont été entrepris au CNSF,

et les résultats obtenus (non publiés) ont révélé que ces dernières se conservaient mal. Or, le CNSF a besoin des semences de bonne qualité génétique pour satisfaire les programmes de reboisement. D'où la raison importante qui nous amène à étudier la physiologie des semences de ces espèces, car l'on ne maîtrise pas encore bien les mécanismes impliqués dans ce processus.

Séverine

L'étude a pour objectifs de :

- Catégoriser les semences de ces espèces pour ce qui est de leur tolérance à la dessiccation et partant de là améliorer leur durée de conservation.
- Améliorer la technique de réhydratation des semences lors des tests de germination après le séchage et/ou la conservation afin d'assurer une meilleure survie des semences.

Dans une approche plurifactorielle un ou plusieurs des axes de recherche suivants ont été investigués pour chacune des espèces étudiées. Ce sont :

- L'effet du stade de développement des fruits sur les qualités physiologiques des semences
- L'effet de la teneur en eau des semences et de la température de conservation sur la longévité des semences
- La sensibilité des semences au stress d'imbibition et les facteurs influençant cette sensibilité.

Après quelques généralités sur les espèces étudiées, le présent document qui fait l'économie de nos travaux est structuré autour de trois principaux chapitres qui suivent :

❶ Stades de maturité des fruits et qualité physiologique des semences de quelques espèces : *Khaya senegalensis*, *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* ;

❷ Tolérance à la dessiccation et conservation des semences de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* ;

❸ Sensibilité au stress d'imbibition des semences de quelques espèces : *Azadirachta indica*, *Khaya senegalensis*, *Lannea microcarpa* et *Sclerocarya birrea*.

rien terminé l'introduction -

**GENERALITES SUR LES ESPECES
ETUDIEES**

1. QUELQUES UTILITÉS DES ESPECES ETUDIEES

L'étude a porté sur les semences de quatre espèces à savoir : *Azadirachta indica*, *Khaya senegalensis*, *Lannea microcarpa* et *Sclerocarya birrea*. Le tableau 1 donne une synthèse des différentes utilisations de ces espèces par l'Homme.

⇒ ***Azadirachta indica*** A. Juss.

Azadirachta indica couramment appelé Neem est une espèce originaire d'Asie; elle est très largement utilisée dans cette région ainsi qu'en Afrique où elle a été introduite (Bellefontaine, 1992).

La floraison et la fructification ont lieu presque toute l'année, selon les stations, notamment à cause des émondages (Arbonier, 2000). Les fruits sont des drupes ovoïdes, glabres, lisses, de 1,5 à 2 cm de long. Ils sont jaunes à maturité et ne contiennent généralement qu'une graine qui est noyée dans une pulpe visqueuse plus ou moins sucrée (Maydell, 1983). Les graines peuvent contenir un à deux embryons (CNSF, 2003).

⇒ ***Khaya senegalensis*** (Desr.) A. Juss.

Khaya senegalensis couramment appelé acajou de galeries forestières et berges des rivières est une espèce pan-tropicale à l'exception peut être de l'Afrique australe (Aubreville, 1950). La floraison et la fructification ont lieu généralement de février en mars voir jusqu'en avril. Les fruits sont des capsules sèches déhiscentes à maturité. Les graines sont disséminées par le vent et les oiseaux, et la fructification est régulière (Bellefontaine, 1985, cité par Sacandé, 1986). Selon Roussel (1996), en moyenne 7000 graines pèsent 1 kg et la viabilité des semences en chambre froide et conservées en conteneurs hermétiques est de 1 à 2 ans.

⇒ ***Lannea microcarpa*** Engl. et K. Krause

Lannea microcarpa souvent appelé "raisinier" est une espèce continentale. Cette espèce semble marquer une préférence pour les terrains plus frais et plus profonds. On la retrouve aussi plus fréquemment dans les terrains de cultures (Aubreville, 1950).

Le fruit est une drupe, ellipsoïde, d'un pourpre noir pâle, avec une pulpe comestible qui passe de la couleur verte à orange puis rougeâtre à maturité. Environ 5000 graines pèsent 1 kg (Maydell, 1983).

⇒ ***Sclerocarya birrea*** (A. Rich.) Hochst.

Sclerocarya birrea couramment appelé "prunier d'Afrique" a une large dispersion. On le trouve principalement en Afrique subsaharienne en dehors de la zone de la forêt humide, de la Mauritanie et du Sénégal jusqu'en Ethiopie et Erythrée, et vers le sud jusqu'en Namibie, au Botswana, au Zimbabwe, au Mozambique, en Afrique du Sud et au Swaziland (Chauvet, 2002).

La floraison a lieu de janvier en avril voir jusqu'en mai. Le fruit est une drupe globuleuse, de couleur jaune brun à maturité, il mesure de 3 à 4 cm de diamètre. Le noyau du fruit est épais et contient une pulpe fibreuse. Les semences comportent en général deux embryons qui peuvent toutes germer ou pas suivant les noyaux (CNSF, 2003). D'après Sawadogo (1989), la fructification débute vers fin décembre. Les fruits mûrissent d'avril à juin et on a 400 graines par kilogramme (Maydell, 1983).

Tableau 1 : Taxonomie et importance socio-économique des espèces étudiées

Taxonomie et noms des espèces	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Khaya senegalensis</i>	<i>Lannea microcarpa</i>	<i>Sclerocarya birrea</i>
Famille	Meliaceae	Meliaceae	Anacardiaceae	Anacardiaceae
Nom botanique	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.	<i>Lannea microcarpa</i> Engl. et K. Krause	<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.
Synonymes	<i>Melia azadirachta</i> Linn., <i>Melia indica</i> (A. Juss.) Bandis.	<i>Swietenia senegalensis</i> Desr.	<i>Lannea djalonica</i> A. Chev.	<i>Pourpatia birrea</i> (A. Rich.) Aubr., <i>Spondias birrea</i> A. Rich.
Importance socio-économique				
1- Bois de feu et charbon de bois	2	1 *	2	2
2- Bois d'œuvre bois de service	2	2	2	2
3- Aliment de consommation	/	0	1 *	1 *
4- Fourrage	2	2	2	2
5- Pharmacopée	2	2	2	2
6- Protection et amélioration du sol	1 *	/	/	/
7- Plantation haies-vives Brise-vent	1 *	2	/	/

1 : utilisation principale – grande importance
2 : utilisation connue

/ : pas de renseignements
* : utilisation au Burkina Faso

0 : pas d'utilisation

SMIC

2. ETAT DES CONNAISSANCES SUR LA PHYSIOLOGIE DES SEMENCES DES ESPECES ETUDIEES.

2.1 *Azadirachta indica*

La physiologie des semences de Neem a fait l'objet de plusieurs recherches. Ces recherches ont souvent abouti à des résultats contradictoires. Certains auteurs ont classé les semences de Neem comme semences récalcitrantes (Chaisurisri *et al.*, 1986 ; Maithani *et al.*, 1989 ; Ponnuswamy *et al.*, 1990, cités par Bellefontaine *et al.*, 1992) pendant que d'autres les considèrent comme orthodoxes (Gamené, 1987 ; Bellefontaine, 1992 ; CNSF, 1993 ; Neya, 1999). D'autres encore les ont classé comme intermédiaires, c'est le cas par exemple de Hong et Ellis (1998).

Malgré ces nombreuses études entreprises sur les semences de Neem, il demeure tout de même que les graines de Neem ont une longévité très limitée, comme celles de beaucoup d'autres espèces tropicales récalcitrantes ou intermédiaires (Sacandé, 2000).

De récentes études effectuées par Sacandé (2000), relèvent que les semences de Neem ne perdent pas leur viabilité durant le séchage ou encore durant la conservation mais plutôt au cours de la réhydratation des semences conservées au moment des semis. Pour l'auteur, la sensibilité au stress d'imbibition des semences de l'espèce serait la principale cause de leur perte de viabilité.

C'est par rapport à ce dernier aspect que nous nous proposons d'améliorer la technique de réhydratation des semences séchées à travers des tests d'imbibition pour contribuer à la conservation effective des semences de l'espèce.

2.2 *Khaya senegalensis*

Des études faites sur les semences de *Khaya senegalensis* par Hong et Ellis (1998), relèvent que les semences de cette espèce ont un comportement de semences intermédiaires comme celles d'*Azadirachta indica*.

2.3 *Lannea microcarpa*

Dans les conditions ambiantes de conservation, les semences de *Lannea microcarpa* sont tout au plus viables pour une durée de 4 à 6 semaines (Maydell, 1983).

2.4 *Sclerocarya birrea*

Selon Chauvet (2002), la viabilité des graines du prunier d'Afrique est rapidement perdue lors d'un stockage à l'air libre, mais les graines se conservent bien lorsqu'elles sont stockées en air sec et à des températures froides.

Concernant la physiologie des semences de *Khaya senegalensis*, *Lannea microcarpa*, et *Sclerocarya birrea*, nous faisons remarquer que des essais de conservation de leurs graines ont été mis en place au CNSF. Il en est ressorti que leurs semences se conservaient mal (données non publiées). L'importante teneur en eau de ces semences constitue le principal problème dans la conservation des semences de ces espèces et partant un facteur limitant pour la production des plants en pépinière. Or, pour les besoins de reboisement, il est indispensable d'avoir une bonne connaissance de la physiologie des semences. En effet, Sacandé *et al.*, (1992) notent que 90% des boisements artificiels au Burkina Faso, ont en général pour point de départ des semences forestières. L'intérêt essentiel que nous portons à l'étude de ces espèces, est le fait que la physiologie de leurs semences n'est pas encore ou n'est pas bien maîtrisée alors qu'on a besoin des semences pour la production des plants en pépinière pour les programmes de reboisement. En plus le CNSF, en tant qu'une structure spécialisée en matière de semences forestières a la mission de sauvegarder la diversité biologique à travers la maîtrise de la conservation à long terme des semences des espèces forestières locales.

La physiologie de la germination des semences et la conservation des graines de ces trois espèces n'ont pas fait l'objet de nombreux travaux pour avoir une assez bonne compréhension des mécanismes impliqués dans ce processus. Autrement dit, il existe très peu de littératures traitant de ce sujet tant au niveau national qu'international.

3. STRUCTURE ET COMPOSITION DU FRUIT ET DE LA GRAINE

3.1 Définition d'une semence

De façon générale, le terme semence s'applique à tout ce qui se sème et tout ce que la plante dissémine. Il s'agit des fruits, des graines, des spores, des fragments de tige, des rameaux, des bourgeons, etc (Come, 1980, cité par Gamené, 1987). Ces organes sont appelés "unités de dispersion" (Evenari, 1961, cité par Gamené, op.cit.). Cependant, le terme de semence est assez large pour qu'on puisse en donner une définition botanique précise (Somé, 1991). Mais, dans le cadre de la présente étude, le terme de semence désignera la graine débarrassée des enveloppes protectrices du fruit.

3.2 Structure du fruit et de la graine

Le fruit résulte du développement de l'ovaire après fécondation. Il comprend la graine et le péricarpe (paroi du fruit). D'un point de vue physiologique, la distinction entre graine et fruit se situe au niveau du péricarpe que le fruit comporte de plus que la graine. Cette dernière est l'organisme vivant pouvant assurer la régénération des espèces forestières. On peut distinguer dans la graine trois éléments qui sont :

- *L'embryon* : C'est l'élément essentiel de la graine, généralement noyé dans un tissu nutritif qu'est l'albumen. L'embryon lui-même est constitué de trois éléments à savoir :
 - *une radicule* donnant la partie souterraine ;
 - *une gemmule* à l'origine du système aérien ;
 - *des cotylédons* qui donneront des feuilles cotylédonaires.

 - *L'albumen* : c'est le stock de réserves nutritives.

 - *Les téguments* : ce sont les enveloppes protectrices.
-

3.3 Composition chimique de la graine

La composition de la graine varie selon l'espèce et même au sein d'une espèce. Elle est essentiellement déterminée par les facteurs génétiques. Cependant, les facteurs physiques comme l'environnement et les pratiques culturales comme ; la date de semis, la quantité d'eau reçue et la fertilisation influence aussi la composition chimique (Copeland, 1976, cité par Lompo, 1990). D'une façon générale, les différents constituants chimiques de la graine selon Gamené (1987) et Lompo (1990) sont :

- *Les carbohydrates* tels que : l'amidon ; l'hémicellulose ; les composés peptidiques ; etc.
- *Les lipides* : acides gras ; glycérols ; etc...
- *Les protéines* : albumine ; globulines ; glutelines ; prolamine ; etc.
- *D'autres composés comme* : les tannins ; les alcaloïdes ; les régulateurs de croissance (les gibbérelline, les cytokinines, les auxines); les inhibiteurs (la dormine, la coumarine) ; les vitamines.

4. LA GERMINATION

4.1 Définition

La germination d'une semence (dans un essai de laboratoire) désigne la période d'apparition d'une plantule, puis son développement jusqu'à un stade où l'aspect de ses organes essentiels indique si elle aurait été ou non capable de donner ultérieurement une plante satisfaisante dans des conditions favorables de pleine terre (ISTA, 1999).

4.2 Les facteurs affectant la germination

La germination des semences est soumise à une régulation très précise dont la complexité provient à la fois de l'action des différents facteurs du milieu extérieur et de caractéristiques propres aux semences elles-mêmes. Ainsi, la graine ne peut germer que si certaines conditions sont réunies.

4.2.1 Influence des facteurs liés à la graine

Une graine vivante est capable de germer en conditions favorables. Mais, cette germination n'est pas toujours facile ni rapide, et des graines vivantes à l'état de repos ou dormance peuvent requérir un traitement spécial pour pouvoir germer (Owen, 1956, cité par Da, 1989). Les facteurs les plus importants qui influent sur la germination des semences sont :

- *La qualité initiale de la semence*

Elle varie avec la composition chimique de celle-ci. Une graine immature présentera une composition chimique non équilibrée ; ce qui réduit la qualité de la graine et affectera par conséquent sa germination. De même, une graine attaquée ou endommagée au cours des manipulations présentera les mêmes perturbations : aussi bien chimiques (au niveau de la composition) que physiologiques (au niveau de la germination).

- *Les téguments des graines*

L'absorption et la rétention en eau d'une graine dépendent de l'épaisseur de la structure et de la composition chimique de son tégument.

- *Le traitement après récolte*

Les graines doivent suivre un traitement adéquat et rigoureux après la récolte, c'est à dire :

- Maintenir les graines dans des conditions telles qu'elles conservent le plus possible leur énergie germinative ;
- Protéger les graines contre les attaques des rongeurs, des oiseaux et des insectes et des champignons (attaques fongiques, moisissures, etc.).

4.2.2 Influence des facteurs liés à l'environnement

Pour Da (1989) et Lompo (1990), les conditions optimales pour les différents stades de la germination ne sont pas identiques et, très souvent elles peuvent varier d'une espèce à une autre et entre les différentes semences d'un même lot. En conséquence une grande partie des recherches sur les semences a pour objet de

déterminer l'ensemble de conditions assurant la germination la plus homogène, la plus complète et la plus rapide pour la majorité des échantillons d'une même espèce. Certains auteurs ont préféré appeler ces conditions les facteurs externes ou environnementaux de la germination. Les conditions suivantes doivent être réunies dans les essais de germination :

- *La température*

Parmi tous les facteurs du milieu susceptibles d'intervenir dans la germination, la température est sans aucun doute le facteur le plus important. On peut schématiquement distinguer trois types de comportement selon la gamme des températures compatibles avec la germination.

Certaines semences ne germent qu'à des températures fraîches (au voisinage de 0°C) ; ce sont surtout les espèces de climats tempérés.

D'autres semences, au contraire, germent seulement à des températures élevées (voisines de 40°C ou 45°C). Pratiquement toutes les espèces de ce type sont d'origine tropicale ou subtropicale ;

D'autres enfin sont capables de germer dans une très large gamme thermique. Les températures optimales dépendent de l'origine des espèces ; elles sont toujours assez élevées pour les espèces tropicales appartenant à cette catégorie.

N.B. : Le mode d'action de la température est encore très mal connu. Elle intervient soit au niveau de l'embryon pour lever ou induire sa dormance, soit au niveau des enveloppes pour éliminer ou créer une inhibition tégumentaire.

- *L'eau*

Elle est nécessaire à la fois pour imbiber les téguments de manière à les ramollir et à les rendre perméables à l'air, et pour imbiber le cytoplasme et les réserves de manière à permettre une dispersion suffisante des colloïdes et une hydratation des réserves.

Selon Come (1970), cité par Lompo (1990), "une semence totalement immergée est généralement incapable de germer, car si son imbibition se trouve facilitée dans ces conditions, elle n'est plus suffisamment aérée, d'où elle s'asphyxie".

- *L'oxygène*

L'oxygène est également nécessaire pour la germination, car elle s'accompagne d'une brusque augmentation des échanges respiratoires, qui se traduit d'ailleurs par un échauffement des graines.

- *La lumière*

Au cours de leur cycle de développement, les végétaux supérieurs passent par divers stades sur lesquels l'éclairement exerce le plus souvent un contrôle. La germination de la semence n'échappe pas à cette règle. Des études faites sur le comportement des semences de multiples espèces éclairées par de la lumière blanche ont permis de classer ces semences en trois catégories :

Semences à photosensibilité positive : ce sont des semences dont la germination est favorisée par la lumière et inhibée par l'obscurité.

Semences à photosensibilité négative : leur germination est inhibée par la lumière et favorisée par l'obscurité.

Semences non photosensibles : elles germent aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière du jour.

5. LA CONSERVATION DES SEMENCES

L'objectif visé par la conservation est le maintien de la qualité physiologique, génétique et sanitaire initiale des semences jusqu'au moment où elles peuvent être régénérer. Cependant, la durée de conservation est conditionnée par un certain nombre de facteurs liées aussi bien aux semences qu'à l'environnement (Bellefontaine, 1992).

5.1 Les différentes catégories de semences

La longévité des semences varie énormément d'une espèce à une autre même lorsqu'elles sont traitées de la même façon et placées dans les mêmes conditions (Bellefontaine, 1992). D'un point de vue biologique, Roberts (1973), cité par Gamené (1995) a défini deux grandes classes de semences à savoir :

- *Les semences orthodoxes*

Ce sont les plus fréquentes. Ces semences peuvent être séchées jusqu'à des teneurs en eau avoisinant 5% (par rapport au poids frais) et peuvent être conservées avec succès à des basses températures ou celles en dessous du point de congélation pendant de longues périodes. D'une façon générale, plus elles sont déshydratées et plus la température est basse, plus leur viabilité est prolongée. D'après les travaux de Roberts et Ellis (1984), cités par Come (1998), la durée de vie des semences orthodoxes est doublée chaque fois que leur teneur en eau est diminuée jusqu'à 2.5% ou quand la température est abaissée de 6°C. D'ailleurs, l'Institut International des Ressources Phytogénétiques (IPGRI) recommande d'amener leur teneur en eau à $5 \pm 1\%$ et de les placer dans des récipients hermétiquement clos, à une température ne dépassant pas -18°C.

- *Les semences récalcitrantes*

Ce sont celles qui doivent garder une teneur en eau relativement élevée (souvent dans l'intervalle de 20 à 50% par rapport au poids frais) et qui ne peuvent pas être conservées pendant de longues périodes.

Toutefois, on notera que la biologie et la physiologie de la germination des semences récalcitrantes sont beaucoup moins connues que celles des semences orthodoxes.

- *Les semences de classe intermédiaire*

Cette classe comprend les semences qui peuvent survivre à une dessiccation jusqu'à des teneurs en eau relativement basse (environ 10% ou même moins), mais les semences sèches sont endommagées par les basses températures (Ellis *et al.*, (1990a, 1991a, b), cités par Gamené, 1998).

5.2 Les facteurs influençant la conservation

Des facteurs aussi bien imputables aux semences elle-mêmes qu'à l'environnement ont une influence sur le maintien de la viabilité des semences pendant la conservation.

5.2.1 Les facteurs liés aux semences

- *Les facteurs génétiques*

Placées dans les mêmes conditions, les semences auront un comportement différent suivant l'espèce à laquelle elles appartiennent. Donc la longévité des semences est contrôlée génétiquement et varie selon les espèces. Cependant, il faut relever qu'à l'intérieur d'un même genre, on peut rencontrer des espèces plus longévives que d'autres ; c'est par exemple le cas de *Acer saccharum* dont les semences sont récalcitrantes tandis que celles de *Acer platanoïdes* sont orthodoxes (Hong et Ellis, 1990 ; Kraack, 1993, cités par Gamené, 1998). Même pour une même espèce, la longévité des semences peut varier d'une zone à l'autre ; c'est le cas des semences d'*Azadirachta indica* où on peut rencontrer des semences de type orthodoxes, récalcitrantes et intermédiaires (Ponnuswamy *et al.*, 1990 ; Roederer *et al.*, 1990 ; Dickie et Smith, 1992, cités par Sacandé, 2000).

- *La maturité des semences*

Les semences parfaitement mûres restent viables plus longtemps que les semences immatures même placées dans les mêmes conditions de conservation (FAO, 1992). Des semences collectées et qui n'auraient pas atteint leur pleine maturité peuvent ne pas posséder une quantité optimale de matières sèches pour leur conservation et leur germination future ; ou bien elles peuvent manquer de certaines composantes biochimiques essentielles pour la préservation de leur viabilité (Come 1992).

- *La détérioration physiologique*

Une mauvaise manipulation des graines sur les sites de récolte ou durant le transport pourrait provoquer une détérioration physiologique de celles-ci même s'il n'y a pas eu de dommages mécaniques. Par conséquent, elles peuvent perdre assez rapidement leur viabilité.

- *Les moisissures et les insectes*

Les conditions de conservation doivent être bien réunies afin d'empêcher ou de limiter les dégâts causés par les insectes ou les moisissures. D'où les semences qui seront éventuellement attaquées auront une durée de conservation abrégée.

- *La teneur en eau*

Selon Come (1992), elle est le plus important facteur qui influe sur la longévité des semences durant le stockage. La teneur en eau influe sur l'intensité respiratoire des semences. Plus la teneur en eau est élevée, plus l'intensité respiratoire est élevée, plus les phénomènes métaboliques sont élevés, plus les substances emmagasinées diminuent et plus vite les semences se détériorent. Par contre, 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 par conséquent de prolonger leur viabilité.

5.2.2 Les facteurs environnementaux

Parmi les facteurs environnementaux, nous pouvons citer :

- *La température*

C'est l'un des facteurs les plus importants qui affectent le maintien de la viabilité des semences durant leur stockage. Justice et Bass (1979), cités par Gamené (1998) ont déterminé la règle suivante : à chaque fois que la température de stockage est diminuée de 5°C, la longévité des semences se trouve du même coup doublée ; cela est valable pour la tranche de températures comprises entre 0°C et 50°C. Par ailleurs d'après la FAO (1992), la température tout comme la teneur en eau 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.

- *L'humidité relative*

L'humidité relative a également une influence sur la durée de conservation des semences. Plus l'humidité relative est élevée, plus les semences auront tendance à absorber de l'eau et plus vite elles vont se détériorer.

- *L'oxygène et la respiration*

L'oxygène a une influence sur la durée de conservation des semences par la respiration des graines qui est un processus d'oxydation. Pour réduire le taux de

respiration aérobie, la méthode la plus évidente consiste à réduire l'oxygène présent dans l'atmosphère entourant les graines (Neya, 1999).

- *L'éclairement*

Selon la FAO (1992), la lumière notamment le rayonnement ultraviolet a un effet dommageable sur les semences. Donc, il serait souhaitable de conserver les semences photosensibles dans des récipients métalliques opaques plutôt que dans des bocaux ou des bouteilles en verre.

- *Les récipients de conservation*

Selon Neya (1999), la durée de vie 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.

Nous notons à la fin de ce dernier sous-chapitre des généralités qu'il est important avant d'entreprendre la conservation des semences de rechercher à connaître à quelle catégorie elles appartiennent. Ainsi, la meilleure vue d'ensemble des techniques de conservation des semences d'une espèce donnée ⁹¹ sont ~~sont~~ relatées selon un protocole suggéré par Hong et Ellis (1996), cités par IPGRI (1998) suivant la figure ci-après :

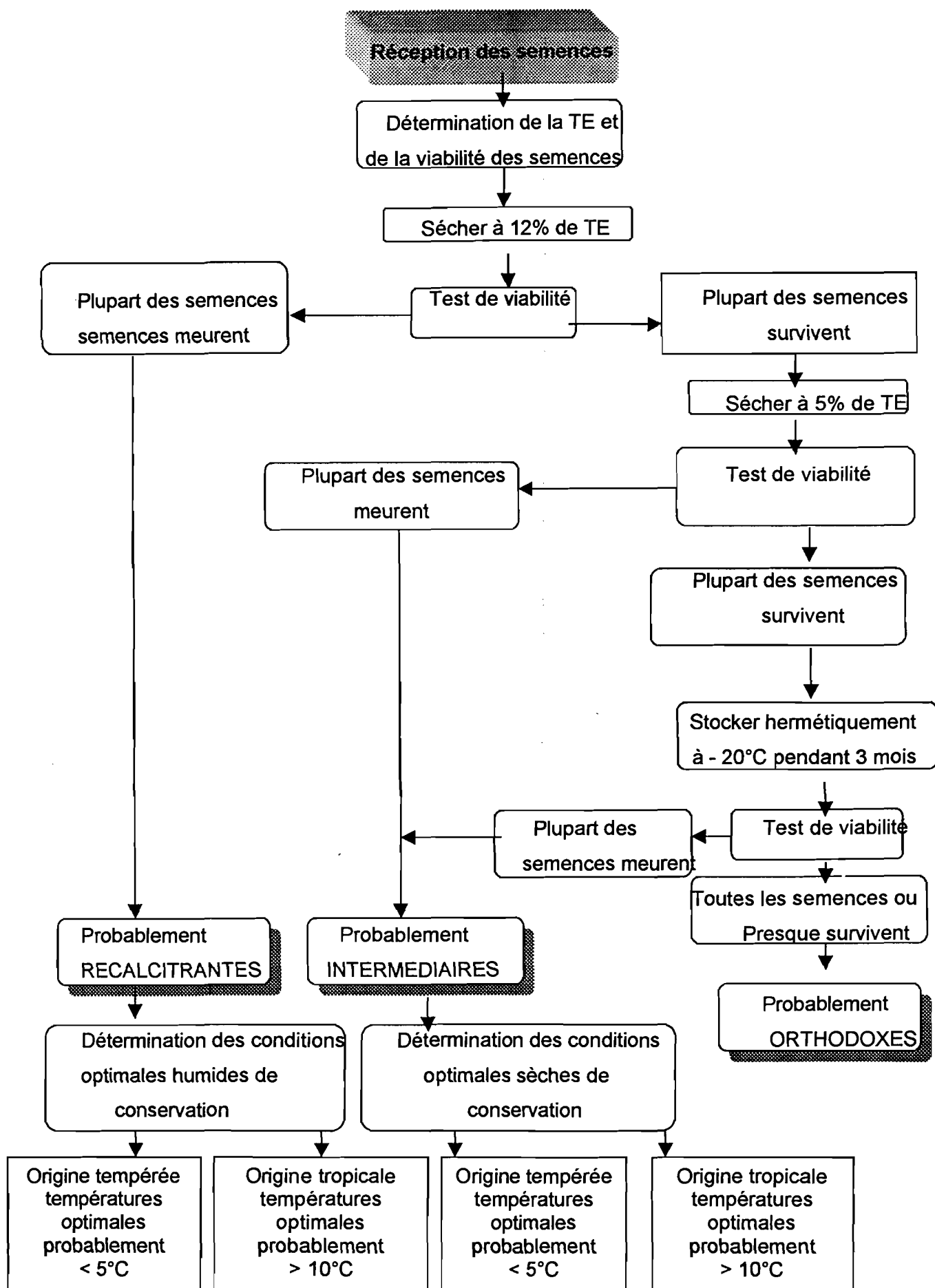


Figure 1 : Processus de classification ou de catégorisation des semences,

Source : IPGRI (1998).

TE = teneur en eau

**Chapitre 1 : STADE DE MATURITE
DES FRUITS ET QUALITES
PHYSIOLOGIQUE DES SEMENCES de
Khaya senegalensis, de *Lannea
microcarpa* et de *Sclerocarya birrea***

Le stade de maturité des fruits à la récolte est l'un des facteurs déterminants de la qualité physiologique des semences. En effet, la maturité des semences détermine leur qualité initiale et partant de leur durée potentielle de conservation. De nombreuses études antérieures notamment sur le Neem ont également mis en évidence l'effet du stade de développement des fruits sur la tolérance à la dessiccation des semences (Sacandé *et al.*, 1996 ; Yameogo, 1997 ; Neya, 1999). La présente étude a porté sur l'effet des stades de maturité des fruits de *Khaya senegalensis*, de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* sur les qualités initiales et le pouvoir de conservation de leurs semences:

1. OBJECTIF

L'objectif majeur de cette partie de nos travaux est de déterminer le stade optimum de récolte de chacune de ces espèces. La détermination d'une telle période a le mérite de mieux planifier les opérations de récolte afin de collecter du matériel de qualité et en quantité suffisante.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Stades de maturité, récolte des fruits et préparation des semences

Les espèces concernées par cette étude sont *Azadirachta indica*, *Khaya senegalensis*, *Lannea microcarpa* et *Sclerocarya birrea*. Nous nous sommes occupés personnellement de la récolte des fruits des 2 premières espèces tandis que celle des 2 dernières a été effectuée par une autre équipe du CNSF bien avant le début de notre stage. Ceci, compte tenu de la période de fructification de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* qui se situait avant le démarrage de nos travaux. A défaut d'un suivi quotidien et continu de tout le processus de développement des fruits de ces espèces, qui du reste est un travail passionnant mais fastidieux (Neya, communication personnelle) pour déterminer le stade exact de développement des fruits, les différents lots au moment des récoltes ont été constitués sur la base de l'apparence visuelle des fruits. Bien qu'ayant quelques lacunes, cette appréciation

fruits, les différents lots au moment des récoltes ont été constitués sur la base de l'apparence visuelle des fruits. Bien qu'ayant quelques lacunes, cette appréciation visuelle est la règle d'usage pour juger de la maturité des fruits lors des expéditions de récolte. Pour des raisons diverses, des sites précis ont été choisis pour la récolte des semences des espèces concernées.

2.1.1 Le choix des sites de récolte

Khaya senegalensis : Les semences de cette espèce ont été collectées à Guenon (Province de Pô). Ce choix se justifie essentiellement par la sécurité du site car une collaboration existe entre le CNSF et un comité villageois de gestion du peuplement semencier dans cette localité. Le nombre et la qualité des arbres sur le site constituent également d'autres atouts.

Lannea microcarpa : Pour cette espèce c'est la forêt classée de Bissiga qui a été retenue pour la récolte des semences. Ce choix s'est justifié par la proximité relative du site et aussi par la sécurité et le nombre important de pieds du peuplement.

Sclerocarya birrea : Après des missions infructueuses de collecte à Bissiga et Pissila, c'est à Dabakiri et dans la forêt classée de Dinderesso dans le Houet que la collecte des fruits de cette espèce a été faite. Nous n'avons donc pas eu vraiment le choix pour ces peuplements car la production fruitière de cette espèce a été particulièrement médiocre au cours de l'année 2002. C'est ce que du moins nous avons constaté sur les quelques sites visités.

2.1.2 Matériel

Le matériel qui a servi à récolter les fruits est constitué essentiellement de :

- une bâche en plastique étalée sous les branches pour séparer les fruits récoltés des autres déjà tombés ;
- un sécateur muni de manche pour la coupe de rameaux hauts ;
- une échelle pour atteindre les fruits en hauteur ou pour monter dans les arbres ;
- des sacs en polyéthylène pour le conditionnement et le transport des fruits ;
- et un véhicule pour le déplacement et le transport.

2.1.3 Méthode

Les critères qui ont servi à la constitution des différents lots de fruits sont la couleur des fruits pour ce qui est de *Lannea microcarpa* et *Sclerocarya birrea* tandis que pour *Khaya senegalensis* les critères fruits frais et fruits secs à la récolte ont été utilisés pour différencier les lots de semences.

Ainsi pour *Lannea microcarpa* trois lots de semences ont été constitués. Ce sont les lots de fruits verts (mais matures car contenant des semences à endocarpe lignifié) , de fruits vert-rouge et de fruits rouge pourpre.

Pour *Sclerocarya birrea* dont les fruits matures sont de couleur jaune, les trois lots constitués sur la base de la couleur sont : fruits verts (avec noyaux lignifiés), fruits vert-jaune et fruits jaunes.

Enfin pour *Khaya senegalensis* les fruits ont été classés en deux lots suivant qu'ils étaient secs ou frais au moment de la récolte.

La récolte a été faite de façon sélective à la main suivant les critères ci-dessus décrits si les fruits étaient accessibles. Elle s'est faite également en secouant manuellement les arbres par les troncs ou les branches basses ; dans ce cas on étale une bâche en plastique sous les arbres à récolter. Cette méthode a l'avantage d'éliminer le ramassage des premiers fruits ou graines déjà tombées et qui sont en général de mauvaise qualité (Turnbull, 1975, cité par Sina et Balima, 1998). En outre, elle évite une perte rapide de viabilité des semences, une attaque d'insectes, de champignons, etc. La collecte s'est faite aussi sur les arbres sur pieds en utilisant un sécateur pour couper les rameaux hauts. C'est une méthode largement utilisée au CNSF et qui ne présente pas d'inconvénient majeur. Pour les arbres assez grands, l'utilisation d'échelle ou encore l'escalade sont quelquefois nécessaires pour atteindre les fruits très haut placés. Dans le cas échéant un tri après récolte a été nécessaire pour constituer les différents lots de fruits.

Les semences issues de la préparation de ces différents lots de fruits portent la référence de ces derniers.

2.1.4 La préparation des graines

Après la récolte, nos échantillons ont été transportés au CNSF au niveau de la salle de préparation des graines. Les méthodes utilisées pour l'extraction des semences varient d'une espèce à une autre. Pour les fruits de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea*, qui sont des drupes, les semences ont été extraites suivant la méthode décrite pour l'extraction des semences de Neem par Sacandé *et al.*, (1996) et Neya, (1999). Après un trempage dans l'eau, les fruits sont dépulpés et les graines ou noyaux obtenus sont nettoyés à l'aide de sable fin pour les débarrasser de tout rudiment de pulpe. Cette opération est suivie d'une courte séance de séchage à l'ombre sur des grilles afin d'essorer l'eau utiliser pour le rinçage des semences.

Pour les graines de *Khaya senegalensis*, l'opération a consisté à briser avec précaution les fruits qui à maturité sont déhiscentes afin de récupérer les semences. Pour les fruits secs nous n'avons pas eu besoin de les briser car l'éclatement des capsules s'est fait de façon naturelle. Une fois les semences hors des capsules un vannage a été nécessaire afin de séparer les bonnes semences des semences vides ou infécondées juste par gravimétrie. Les semences pleines étant plus lourdes.

Après ces premières opérations, une séance de tri a été faite pour les semences de chaque espèce dans le but de débarrasser les lots d'éventuelles impuretés ou de semences ayant subis des dommages mécaniques. Seules les semences ayant des endocarpes intacts (en tout cas à l'œil nu) ont été utilisées pour la suite de nos travaux.

2.2 Teneur en eau et ratio poids sec/poids frais des semences

La teneur en eau (TE) qui varie en général en sens inverse de la matière sèche contenue dans la semence est un élément capital dans l'appréciation de la maturité de la semence (FAO, 1992). La valeur de la TE des semences à maturité est en général un précieux indicateur de la classe à laquelle elles pourraient appartenir (Neya, communication personnelle). Les semences orthodoxes sont caractérisées par des TE basses (10-5%) à maturité tandis que les semences récalcitrantes ont toujours des TE élevées (>30%) à maturité.

2.2.1 Matériels

2.2.1.1 Le matériel végétal

Il se compose de :

- 3 lots de semences de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* ;
- 2 lots de semences de *Khaya senegalensis*.

Ces différents lots ont été constitués suivant les critères décrits plus haut dans le sous chapitre 2.1

2.2.1.2 Le matériel de Laboratoire

Il est constitué de :

- une étuve pour le séchage des semences ;
- une balance électrique pour la pesée des semences ;
- coupelles en aluminium numérotées ;
- fiches de détermination de la teneur en eau des semences.

2.2.2 Méthode

La détermination de la teneur en eau des semences a été faite suivant les règles de l'Association Internationale d'Essais de Semences (ISTA, 1993). Cette méthode consiste à peser avant et après séchage dans une étuve à 103°C pendant 17 heures, les échantillons de semences. Après le séchage à l'étuve et avant la seconde pesée, les coupelles sont mises à refroidir dans un dessiccateur contenant du silica-gel anhydre pendant 45 minutes.

La teneur en eau des semences est alors déterminée suivant la formule:

$$T_e (\%) = (P_f - P_s) / P_f \times 100$$

Avec : P_f = Poids frais (poids avant séchage);

P_s = Poids sec (poids après séchage)

T_e = Teneur en eau.

Si on considère que $P_f = P_s + T_e$, alors on peut estimer les pourcentages relatifs des poids frais et sec de la semence à chaque stade de développement.

2.3 Germination des semences

2.3.1 Matériels

2.3.1.1 Le matériel végétal

Il est le même que celui décrit au point 2.2.1.1

2.3.1.2 Le matériel de Laboratoire

Il est constitué essentiellement de :

- sable de rivière tamisé ;
- boîtes de germination munies de couvercles ;
- l'eau distillée ;
- fiches d'essais de germination.

2.3.2 Méthodologie

Le substrat utilisé pour l'ensemble de nos essais est du sable qui est l'un des substrats recommandés par l'ISTA (ISTA, 1986). Suivant la taille des semences et surtout leur disponibilité, 2 répétitions de 25 graines ou 4 répétitions de 25 graines ont été utilisées suivant les cas. Les semences ont été mises à germer sur des lits de semis imprimés sur le sable humidifié que contenaient les boîtes de germination. Après semis, les boîtes ont été hermétiquement fermées afin de maintenir une humidité suffisante pour la germination des semences. Les boîtes contenant ainsi les semences ont été disposées sur des tables de germination dans les conditions ambiantes du Laboratoire où la température varie entre 25 et 35°C. Après un temps de latence variable suivant les espèces, les semences germées sont relevées chaque 2 jours. Etais considérée comme graine germée, toute semence ayant l'aspect d'une plantule c'est à dire dont la radicule a émergé de 2-3 cm (ISTA, 1999). La durée moyenne de chaque essai est de 28 jours comme il est

recommandé par l'ISTA (1986) pour les essais de germination de la plupart des espèces tropicales. Les pourcentages de germination ont été établis suivant le nombre de semences utilisées pour chaque essai.

2.4 Analyse statistique

Pour discriminer nos différents résultats nous avons fait recours à la méthode statistique simple de comparaison de moyennes. Deux moyennes ont été considérées comme différentes de façon significative lorsque leur différence était supérieure ou égale à deux fois l'écart type de ces moyennes.

3. Résultats

3.1 Teneur en eau et ratio poids/poids frais

3.1.1 *Lannea microcarpa*

Trois répétitions de 5 semences ont été utilisées pour la détermination de la teneur en eau (TE) des semences à chaque stade de développement. Les résultats préliminaires obtenus de l'estimation de la TE ainsi que les ratios poids sec/poids frais calculés à partir de ces résultats sont présentés dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Variation de la teneur en eau et du rapport poids sec/poids frais des semences de *Lannea microcarpa*

Couleur des fruits	Poids frais (P_f) (en grammes)	Poids sec (P_s) (en grammes)	Teneur en eau (en %)	Rapport P_s / P_f
Fruits verts	1,060333	0,712	32,85737 ± 1	0,671487
Fruits vert-rouge	1,027667	0,692667	32,57793 ± 1	0,674018
Fruits rouge pourpre	0,672	0,459333	31,66887 ± 3	0,683531

On constate une légère augmentation du ratio P_s/P_f lorsqu'on passe des semences issues des fruits verts à celles issues des fruits rouge pourpre. Cette augmentation est indicative du processus de maturation des semences selon la FAO, (1992).

3.1.2 *Sclerocarya birrea*

Quinze semences à raison de 3 répétitions de 5 semences ont servi à chaque stade de développement pour l'estimation de la teneur en eau. Le tableau 3 donne les résultats obtenus à l'issu de ces tests.

Tableau 3 : Variation de la teneur en eau et du rapport poids sec/poids frais des semences de *Sclerocarya birrea*

Couleur des fruits	Poids frais (P_f) (en grammes)	Poids sec (P_s) (en grammes)	Teneur en eau (en %)	Rapport P_s / P_f
Fruits verts	17,292	11,768	$31,887 \pm 2$	0,680584
Fruits vert-jaune	18,495	13,215	$28,537 \pm 1$	0,714517
Fruits jaunes	16,373	11,963	$26,189 \pm 1$	0,730654

Tout comme dans le cas des semences de *Lannea microcarpa*, on constate une augmentation plus considérable du ratio P_s/P_f lorsque passe des semences issues des fruits verts à celles issues des fruits jaunes de cette espèce. Cette différence entre stades de développement pourrait être un signe de la différence de maturité physiologique entre les différents lots de semences.

3.1.3 *Khaya senegalensis*

Quinze semences à raison de 3 répétitions de 5 semences ont servi pour l'estimation de la teneur en eau aux deux différents stades de développement. Le tableau 4 fait l'économie des données obtenues.

Tableau 4 : Variation de la teneur en eau et du rapport poids sec/poids frais des semences de *Khaya senegalensis*

Nature des fruits	Poids frais (P_f) (en grammes)	Poids sec (P_s) (en grammes)	Teneur en eau (en %)	Rapport P_s / P_f
Fruits frais	1,247	1,129	$9,3 \pm 0,3$	0,905372
Fruits secs	1,380	1,334	$3,4 \pm 0,2$	0,966666

Des valeurs du ratio P_s/P_f voisines de 1 ont été enregistrées pour les semences de cette espèce. Cela indique une certaine équilibration entre les deux constituants des semences (P_s et P_f). Toutefois, la valeur obtenue pour les semences issues des fruits secs est légèrement supérieure à celle obtenue avec les semences extraites des fruits frais.

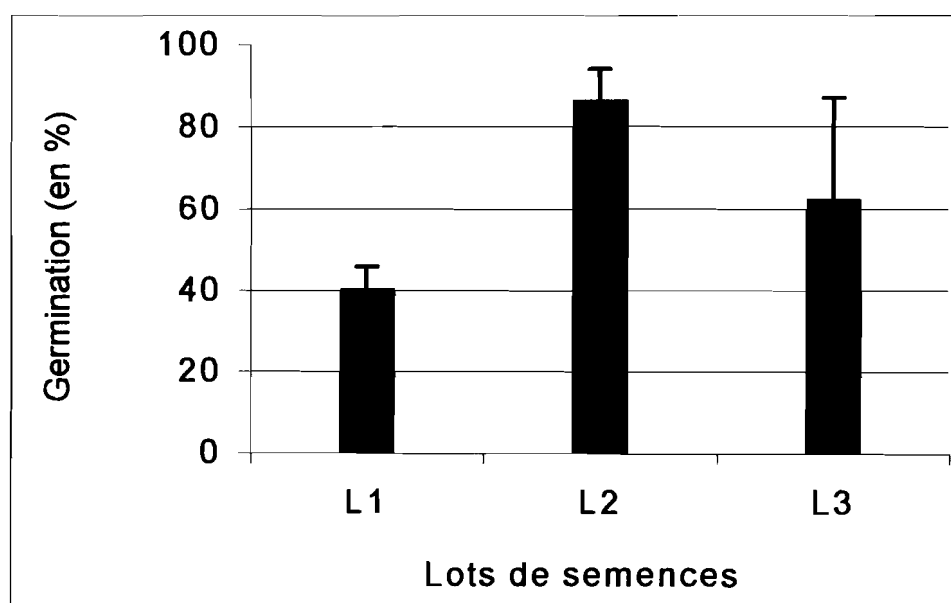
3.2 Maturité des semences et germination

La maturité des semences est un facteur déterminant pour la qualité initiale des semences. Laquelle qualité initiale est déterminant du pouvoir de conservation des semences. Toutefois, l'effet de la maturité des semences sur leur germination peut être très variable d'une espèce à une autre.

3.2.1 *Lanea microcarpa*

La qualité des semences issues des trois lots de fruits identifiés suivant la couleur a été estimée à travers des tests classiques de germination tels que décrits au niveau de la méthodologie. La figure 2 ci-contre illustre les résultats obtenus.

Figure 2 : Effet du stade de maturité des fruits sur la germination des semences de *Lanea microcarpa*



Légende de la figure 2 :

L1 = Semences issues de fruits verts ; L2 = Semences issues de fruits rouge-vert et

L3 = Semences issues de fruits rouge pourpre.

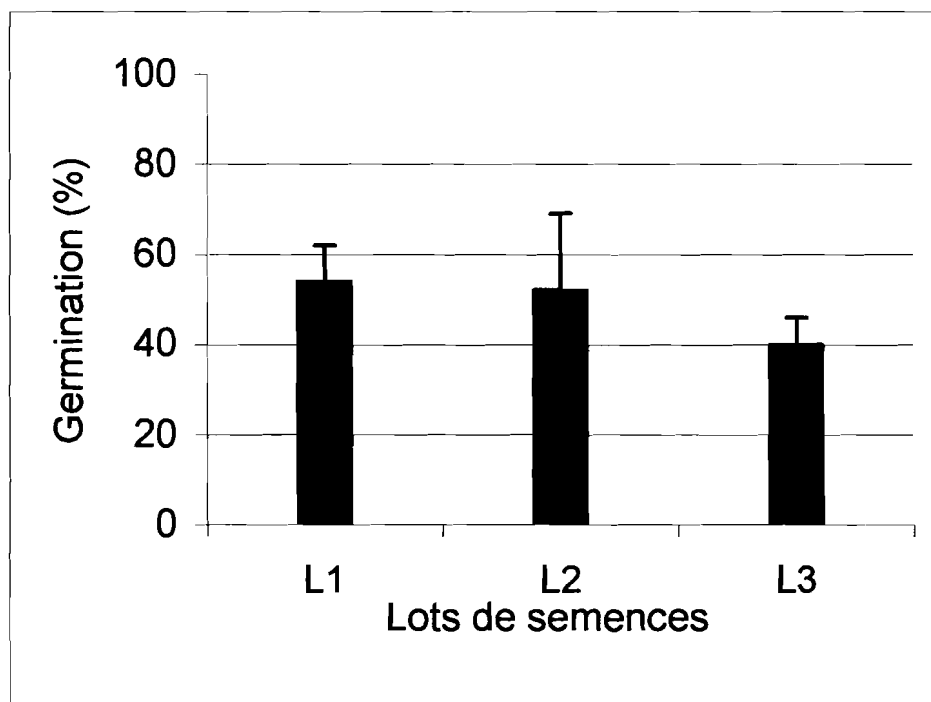
Chaque taux de germination est la moyenne obtenue de 2 répétitions de 25 graines. Les déviations standards sont représentées par les barres. Deux taux de germination sont significativement différents lorsque leur différence est d'au moins 46%.

La moyenne des moyennes calculée pour cette espèce est 63% comme taux moyen de germination avec un écart-type de 23. Le coefficient de variation qui est le rapport entre l'écart type et la moyenne est de 36,5%. Seule la différence entre le taux de germination du lot L1 et celui du lot L2 est significative. La grande valeur de la déviation standard observée entre les répétitions au niveau du Lot 3 pourrait être indicative d'une hétérogénéité de ce lot.

3.2.2 *Sclerocarya birrea*

Les semences de cette espèce qui sont en réalité des noyaux comportent en général chacune deux embryons capables toutes de germer. Les résultats obtenus avec cette espèce représentent alors plutôt des taux de germination potentielle exprimés en pourcentage par rapport au nombre de noyaux semés mais non pas par rapport au nombre d'embryons. Cette considération est valable pour toutes les données concernant la germination de cette espèce. La figure 3 représente les résultats des tests initiaux de germination avec cette espèce suivant le stade de maturité des fruits.

Figure 3 : Effet du stade de maturité des fruits sur la germination des semences de *Sclerocarya birrea*



Légende :

L1 = Semences issues de fruits verts ; L2 = Semences issues de fruits jaune-verts et

L3 = Semences issues de fruits jaunes.

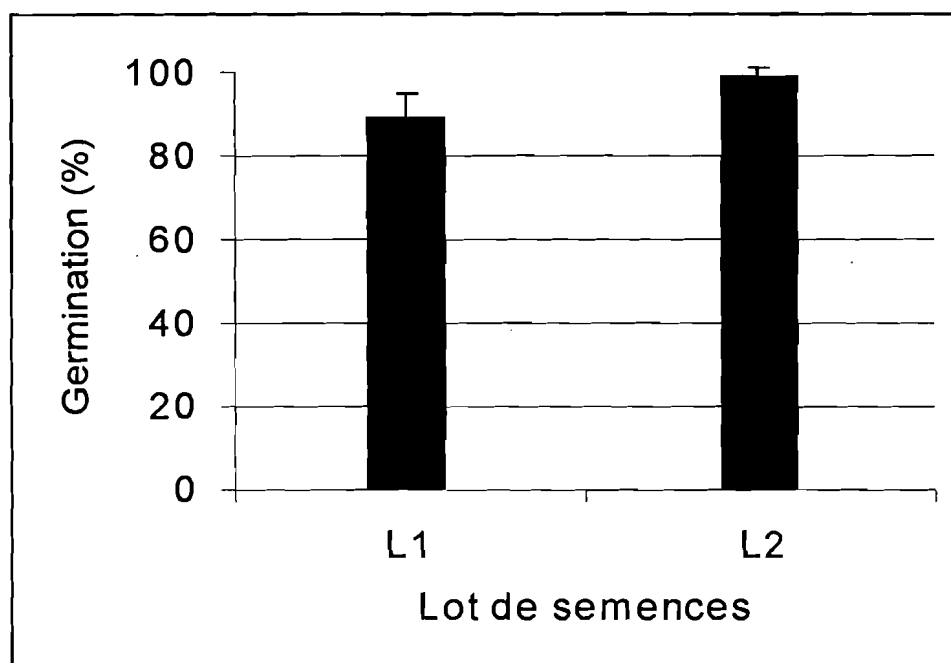
Chaque taux de germination est la moyenne obtenue de 2 répétitions de 25 noyaux. Les déviations standards sont représentées par les barres. Deux taux de germination sont significativement différents lorsque leur différence est d'au moins 14%.

Avec un taux moyen de germination de 47% et un écart type de 8, aucune différence significative n'existe entre les taux de germination obtenus pour les différents lots. Il est cependant à noter le faible taux de germination des semences de cette espèce malgré le fait que chaque noyau pouvait potentiellement donner deux plantules.

3.2.3 *Khaya senegalensis*

Seulement deux lots différents de semences ont pu être constitués pour cette espèce. La figure 4 ci-dessous donne les taux de germination obtenus pour cette espèce.

Figure 4 : Effet du stade de maturité des fruits sur la germination des semences de *Khaya senegalensis*



Légende :

L1 = Semences issues de fruits frais ;

L2 = Semences issues de fruits secs

Chaque taux de germination est la moyenne obtenue de 4 répétitions de 25 semences. Les déviations standards sont représentées par les barres.

Avec un taux moyen de germination de 94% et un écart type de 7, aucune différence significative n'existe entre les taux de germination obtenus pour les deux lots.

4. ANALYSE ET DISCUSSION

4.1 Relation entre poids frais, poids sec, teneur en eau et ratio P_s/P_f des semences

Des différences plus ou moins grandes ont été observées entre les teneurs en eau des semences suivant le stade de maturité des fruits pour chacune des espèces concernées par l'étude (Tableaux 2, 3 et 4). Cette différence est plus importante entre

les lots de semences de *Khaya senegalensis* comparativement aux lots de semences de semences de *Lannea microcarpa* et *Sclerocarya birrea*.

Pour chacune de ces espèces une réduction de la teneur en eau a été constatée lorsqu'on passe du stade le moins mature à un stade plus mature. Cette réduction de la teneur en eau est selon la FAO (1992), un phénomène normal dans le processus de développement des semences. Une observation de la teneur en eau des semences matures de ces espèces a montré une grande différence suivant les espèces. La teneur en eau des semences de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* se situe autour de 30% tandis que celle des semences de *Khaya senegalensis* est inférieure à 10%. Cela trouve son explication dans la nature même des fruits, ceux deux premières espèces étant des drupes tandis que les fruits de *Khaya senegalensis* sont des capsules sèches déhiscentes à maturité.

La teneur en eau des semences à maturité est un bon indicateur de l'éventuelle classe de semences à laquelle elles pourraient appartenir suivant la classification de Roberts (1973). Les semences qui à maturité ont des teneurs en eau relativement basses (<10%) ont tendance à être orthodoxes tandis que les semences dont la dispersion se fait à teneur en eau relativement élevée (30-50%) ont de fortes probabilités d'être récalcitrantes ou intermédiaires. Mais la teneur en eau n'est qu'une indication et seuls des tests de tolérance à la dessiccation et des essais conséquents de conservation peuvent situer sur la classe d'une espèce de semences.

Parlant du rapport P_s/P_f , on a remarqué une croissance bien que souvent minime de ce ratio chez toutes les espèces lorsqu'on passe d'un stade peu mûre à un autre plus mature. Ce même phénomène a été également observé avec les graines de Neem âgées entre 6 et 9 semaines par une étude conduite par Neya (1999). La perte d'eau progressive avec l'âge des semences pourrait s'expliquer par les processus de leur cycle de développement. En résumé, nous pouvons dire que plus les semences sont matures plus elles ont tendance à perdre de l'eau. Le stade de développement des fruits, la teneur en eau des semences, le poids frais et le poids sec sont donc liés. Selon la F.A.O (1992), l'augmentation du poids sec suivant que les semences gagnent en âge peut s'expliquer par une déshydratation progressive des graines qui est un événement terminal normal au cours de la maturation. Autrement dit, on assiste à une accumulation des substances nutritives qui matérialise le gain de maturité des graines au fur et à mesure que les fruits se développent. Cette réserve de substances qui

servira de nutriments pour la semence lors du processus de germination est capitale pour le développement futur de la semence en plantule viable. Toujours selon la F.A.O (1992), la maturité des graines est en rapport étroit avec la perte d'eau qui caractérise la maturation des fruits de nombreuses espèces forestières.

Quand à la valeur même de ce ratio il est fonction de l'espèce concernée. De l'ordre de 0,7 pour *Lannea microcarpa* et *Sclerocarya birrea*, il a atteint 0,9 pour *khaya senegalensis* indiquant une plus grande proportion de matières sèches dans la semence de cette espèce. Tout comme la teneur en eau, la stabilisation du ratio P_s / P_f est un signe de maturité de la semence, en d'autres termes cela indique que très peu ou qu'une nouvelle synthèse de matières n'est faite au niveau de la semence. Alors, on convient que la graine a atteint sa maturité physiologique à partir du moment où elle arrive à équilibrer son poids sec maximum.

4.2 Maturité des fruits et germination des semences.

Les différents résultats (Figures 2, 3 et 4) ont montré que la germination initiale des semences est affectée de façon variable suivant les espèces par la maturité des fruits. Le développement de la graine est un processus qui est étroitement lié à celui du fruit. En effet, nos données ont révélé une différence significative entre les taux de germination obtenus avec les lots de semences de *Lannea microcarpa* tandis qu'aucune différence majeure des taux de germination des semences de *Sclerocarya birrea* et ceux des semences de *Khaya senegalensis* n'a été trouvée.

Le meilleur taux de germination (86%) pour les semences de *Lannea microcarpa* a été enregistré avec les semences issues des fruits vert-rouge. Ceci montre qu'à ce stade de maturité des fruits, les graines qu'elles contiennent ont atteint leur maturité physiologique. Si pour les semences issues des fruits verts on peut parler d'immaturité des fruits pour justifier leur taux de germination relativement faible (40%), cela n'est pas le cas pour les semences fournies par les fruits de couleur rouge pourpre qui, selon toute vraisemblance étaient à un stade de maturité avancé par rapport aux fruits vert-rouge. Leur taux de germination relativement faible pourrait s'expliquer par un vieillissement des semences bien avant la récolte ou encore par une dépréciation de certaines semences entre la récolte et la préparation par suite de fermentation. En effet,

l'état avancé de maturité des fruits a pu être un facteur favorisant leur fermentation. Cela introduisant ainsi une hétérogénéité au sein du lot comme la grandeur de la déviation standard entre les répétitions l'illustre. D'après Mercier (1992), la viabilité des semences dépend également de leur état de maturité lors de la récolte ; les semences immatures ont un moins bon taux de germination et ce dernier diminue plus rapidement que celui des semences matures poursuit-il.

Les taux de germination obtenus avec les semences de *Sclerocarya birrea* étaient dans l'ensemble faibles quel que soit le lot considéré. Aucune différence significative n'a d'ailleurs été trouvée entre les trois taux de germination. La faiblesse de ces taux de germination peut être spécifique à l'espèce, indiquant ainsi une éventuelle dormance des semences. Elle pourrait aussi s'expliquer par des conditions inappropriées de germination provoquant une fonte de semences. En effet, compte tenu de la nature du fruit de cette espèce, les noyaux obtenus des différents lots en plus de leur grande humidité, comportaient toujours quelques résidus de pulpe. Ces résidus ont favorisé le développement de nombreux champignons que nous avons pu constater au cours des essais de germination. Les champignons en dépréciant les semences peuvent constituer le facteur réducteur du pouvoir germinatif des semences. Des travaux postérieurs menés dans ce même cadre notamment les tests de tolérance à la dessiccation et les essais de conservation nous permettront de mieux apprécier l'influence du stade de maturité des fruits sur la qualité des semences.

Quant aux semences de *Khaya senegalensis*, elles ont donné des taux de germination très élevés (89% et 99%) indiquant qu'elles avaient atteint leur maturité au moment de la récolte. En plus la teneur en eau relativement faible de ces semences au moment de la récolte a permis d'empêcher ou de réduire tout phénomène de dégradation des semences.

Nos résultats ont montré plus ou moins que le stade de développement des semences a une influence sur la germination initiale. Une forte corrélation positive existe bien entre le poids frais des graines et le poids sec de celles-ci. En effet, selon Harrington (1972), cité par la F.A.O (1992), la stabilisation du poids sec des graines, est une preuve de leur maturité. Ce qui prouve donc que la maturité des semences est fonction de celle des fruits. Alors nous pensons dans un premier temps que la

collecte des graines de *Lannea microcarpa* peut être pratiquée dès que les fruits ont un épicarpe de couleur vert-rouge et/ou rouge pourpre et ont atteint leur biomasse maximale. Cette constatation autorise la récolte des "raisiniers" dans une optique de reboisement, avant la maturité gustative et donc permet au reboiseur de ne pas être en concurrence avec les populations locales pour la cueillette des fruits. Cette vision est aussi celle des auteurs comme Barnett (1979), Edwards (1979), Stiehl (1981), cités par Mercier (1992), pour qui la récolte des semences est préférable au moment où ces dernières ont atteint leur maturité. Mais ceci reste à vérifier, si cela est vrai lorsque l'on parlera de conservation des semences. La relative faiblesse du taux de germination constaté sur les semences obtenues après dépulpage de fruits verts montre qu'à ce stade de développement, ces graines sont encore immatures physiologiquement. Ou encore, qu'elles n'ont pas encore fini d'accumuler une quantité nécessaire de substances nutritives indispensables à la germination de leur embryon.

La baisse du pourcentage de germination observée sur les semences fournies par les fruits à maturité avancée, pourrait nous laisser penser que peut-être la récolte a eu certainement lieu un peu tardivement et cela a pu induire une dormance des graines. En effet, Bellefontaine *et al.*, (1992), suggèrent qu'il vaut mieux éviter de récolter les fruits très mûrs. Il est donc impératif que les semences destinées à la production de plants soient récoltées en temps opportun. Ici, on peut penser qu'il est possible de récolter les semences viables de *Sclerocarya birrea* à partir du moment où les fruits ont atteint une couleur verte avec un endocarpe bien lignifié jusqu'à ce que les fruits aient atteint la couleur jaune. Encore une fois, ceci restera à vérifier lors de nos essais de tolérance à la dessiccation et de conservation des semences.

Conclusion partielle

Les essais préliminaires nous ont permis d'évaluer la teneur en eau des semences et la viabilité de celles-ci. Le calcul du ratio poids sec/poids frais nous a permis d'estimer la maturité des semences. Les conclusions partielles à l'issue de ces premières recherches peuvent donc se résumer ainsi :

→ La teneur en eau de la semence quelle que soit l'espèce diminue au fur et à mesure que la semence gagne en maturité ;

- Quant à la valeur de la teneur en eau au moment de la maturité des semences, elle est variable et est spécifique de l'espèce considérée ;
- Les variations du ratio P_s / P_f que nous avons observé renforce bien l'idée que la maturité de la graine est liée à celle du fruit ;
- Les semences fournies par les fruits vert-rouge de *Lannea microcarpa* sont physiologiquement matures ;
- Tandis que nos résultats sur les semences de *Sclerocarya birrea* ne nous permettent pas de tirer une conclusion tangible, aucune différence significative n'ayant été trouvée entre les moyennes de germination des graines provenant des différents lots ;
- Pour terminer, les semences issues des fruits mûrs mais frais tout comme des fruits mûrs et secs de *Khaya senegalensis* sont toutes matures physiologiquement. En témoignent leur bons taux de germination (89% et 99%). En plus, la faible teneur en eau des semences matures de l'espèce constitue un frein non négligeable à certains phénomènes de dégradation post-récolte.

Pour nuancer les présentes conclusions de nos travaux nous faisons noter l'hypothèse de Brault et Campagna (1992), selon laquelle la capacité germinative des semences varie selon les espèces, les régions et même à l'intérieur des régions et selon les années de production des semences.

**Chapitre 2 : TOLERANCE A LA
DESSICCATION ET CONSERVATION
DES SEMENCES de *Lanea*
microcarpa et de *Sclerocarya birrea***

Introduction

Le comportement des semences diffère selon les espèces (Bellefontaine, 1992). Certaines espèces supportent parfaitement une dessiccation très poussée (réduction de leur teneur en eau), et peuvent se conserver pendant de longues années (cas des semences orthodoxes). Tandis que d'autres, sont très sensibles à une forte dessiccation et perdent rapidement leur viabilité au cours de la conservation. Cependant, il existe d'autres facteurs tel que l'âge des semences au moment de la récolte qui peuvent influencer la tolérance à la dessiccation et partant la durée de conservation. Au cours de nos présents travaux nous avons investigué l'effet du stade de développement des fruits sur la tolérance à la dessiccation et le pouvoir de conservation des semences. L'influence des facteurs tels que la teneur en eau des semences et la température de conservation a aussi été étudiée. Ce volet de notre étude a porté essentiellement sur les semences de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea*. Les semences de ces deux espèces ont été constituées en divers lots tel que décrit au niveau du chapitre 1 de notre document.

1. OBJECTIF

Dans ce chapitre, il sera question de déterminer l'effet du stade de développement des semences dans la tolérance à la dessiccation et le maintien de leur longévité dans le temps. L'objectif ultime de ces travaux est de contribuer à l'amélioration de la conservabilité des semences des espèces concernées.

2. Matériels et méthodes

2.1 Matériels

⇒ Le matériel végétal

Il est constitué des graines issues de fruits collectés à divers stades de maturité tel que décrit au chapitre 1.

2.2 Méthodes

2.2.1 Tolérance à la dessiccation

La dessiccation des semences peut se définir comme étant l'imposition d'un stress à ces dernières visant tout simplement une réduction de leur teneur en eau. Cette procédure que l'on pourrait appeler plus simplement séchage, est vitale pour la conservation des semences. Deux facteurs sont essentiels au cours du processus de séchage des semences. Il s'agit de la température et de l'humidité relative au niveau du lieu de séchage. Ces deux facteurs conditionnent le taux de séchage ou vitesse de séchage des semences et partant la teneur en eau finale des semences à la fin du séchage. Dans la présente étude, les semences ont été séchées dans les conditions ambiantes du Laboratoire au niveau du CNSF. La température variant entre 25°C et 30°C tandis que l'humidité relative elle, se situe entre 35% et 40%. Des échantillons de semences ont été prélevés à des intervalles réguliers de jours au cours du séchage pour la détermination de la teneur en eau des semences suivant la méthode décrite au chapitre 1. Ces estimations ont permis de suivre la réduction de la teneur en eau (TE) des semences et sont à chaque fois accompagnées d'essais de germination pour l'évaluation de l'impact de la réduction de la TE sur la viabilité des semences. L'ensemble des lots de semences de chaque espèce ont été séchées dans les mêmes conditions ce qui permet la mise en évidence d'un éventuel effet des stades de maturité sur la sensibilité à la dessiccation des semences.

2.2.2 Essais de conservation

Les essais de conservation visaient essentiellement à mettre en exergue l'effet de la température sur le maintien de la viabilité des semences dans le temps. Ainsi les différents lots de semences ont été mis en conservation à 4 températures différentes. A savoir 25°C, 15°C, 4°C, et -18°C. Les semences ont été conditionnées dans des sachets en polyéthylène qui ont été hermétiquement scellés à l'aide d'un "sealer" électrique avant la mise en conservation. Chaque sachet contenait la quantité de semences nécessaire juste pour un seul test périodique. Ceci avait pour but d'éviter les ouvertures répétées du même récipient de conservation. En effet, selon Sacandé et

al., 1996, l'ouverture répétée du récipient de conservation provoque des échanges entre les semences et le milieu environnant, lesquels échanges peuvent influencer la qualité des semences. Des échantillons de chacun des trois lots de semences de *Lannea microcarpa* ont pu être utilisés pour les essais de conservation tels que décrits ci-dessus tandis seules les semences issues des fruits jaunes de *Sclerocarya birrea* ont pu être mises en conservation. Les semences de cette espèce issues des autres types de fruits n'étaient pas en quantité suffisante pour des essais de conservation. A intervalle régulier de trois mois et pendant 6 mois, la qualité des différents lots de semences a été évaluée à travers principalement des estimations de teneur en eau et des essais de germination.

3. RESULTATS

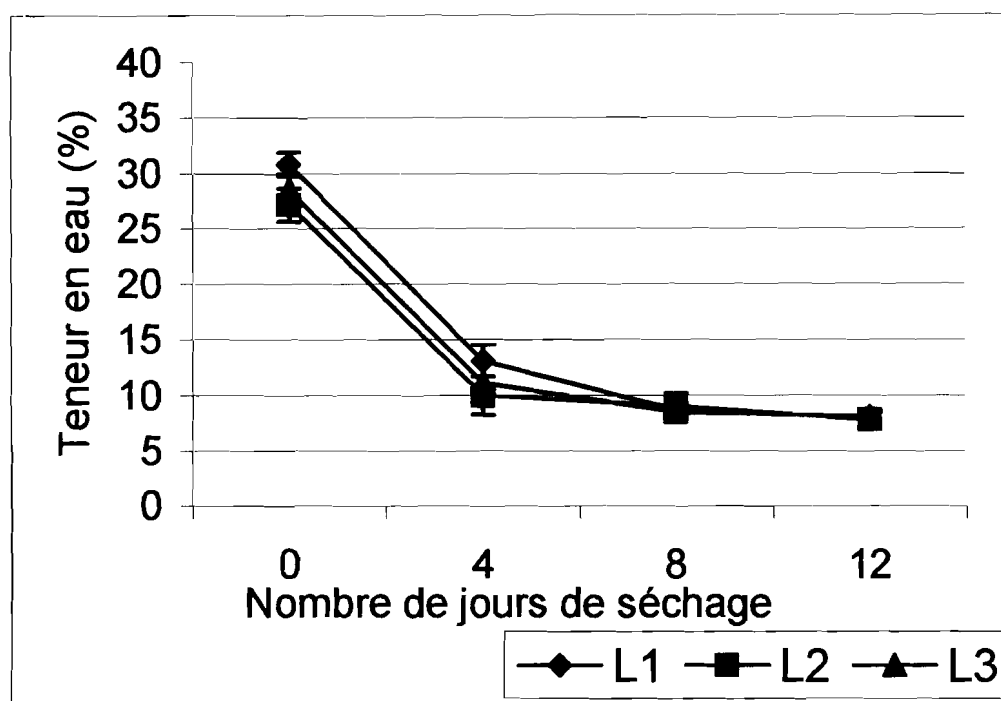
3.1 Stades de développements des fruits et tolérance à la dessiccation des semences

L'effet de la réduction de la teneur en eau sur les semences est estimé par les essais directs de viabilité que sont les tests de germination.

3.1.1 Séchage et teneur en eau des semences de *Lannea microcarpa*

Les semences ont été séchées dans les conditions décrites au niveau du paragraphe 2.1.1 du présent chapitre. Des échantillons ont été prélevés à 4 jours d'intervalles pendant 12 jours de séchage pour l'estimation de la teneur en eau des différents lots de semences. Les résultats obtenus sont illustrés par la figure 5 ci-dessous.

Figure 5 : Variation de la teneur en eau des semences de *Lannea microcarpa* au cours du séchage.



Légende :

L1 = semences issues des fruits verts ; L2 = semences issues des fruits vert-rouge;

L3 = semences issues des fruits rouge pourpre.

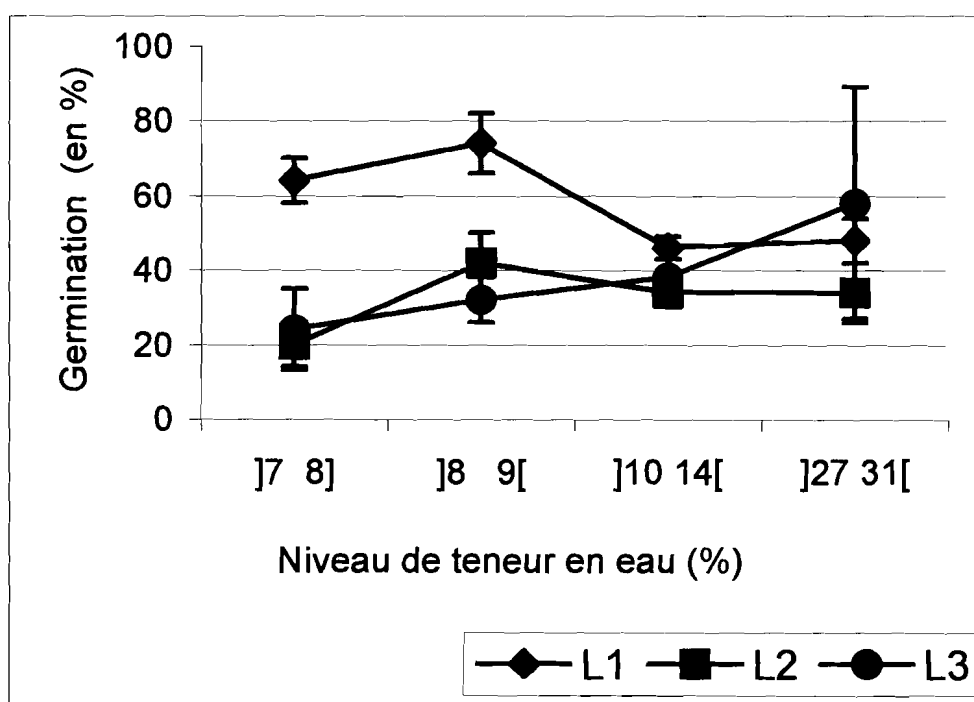
Chaque point est la moyenne de 3 répétitions de 5 graines. Les déviations standards sont représentées par les barres lorsqu'elles sont plus grandes que les points. La différence entre les teneurs en eau des différents lots n'était significative à aucun point de contrôle.

Avec des teneurs en eau initiale de 30,8% ; 27,1% et 28,4 % respectivement pour les lots L1, L2 et L3, les semences de *Lannea microcarpa* ont atteint des niveaux de l'ordre de 10-11% après 4 jours de séchage avant de s'équilibrer à 8% entre 8 et 12 jours de séchage. Elles ont alors connu un fort taux de séchage durant seulement les 4 premiers jours perdant pratiquement les 2/3 de leur teneur en eau initiale respective.

3.1.2 Séchage et germination des semences de *Lanea microcarpa*

En même temps que la teneur en eau était estimée au cours du séchage, 2 répétitions de 25 graines ont été effectuées au niveau de chaque lot de semences pour l'estimation de leur viabilité. Les 3 lots de semences ont réagi différemment à la réduction de leur teneur en eau comme l'indique les résultats obtenus à l'issu des essais de germination.

Figure 6 : Effet de la dessiccation sur la viabilité des semences de *Lanea microcarpa*.



Légende :

L1 = semences issues des fruits verts ; L2 = semences issues des fruits vert-rouge;

L3 = semences issues des fruits rouge pourpre.

Chaque point est la moyenne obtenue de 25 graines semées en duplication. Les déviations standards sont représentées par les barres lorsqu'elles sont plus grandes que les points.

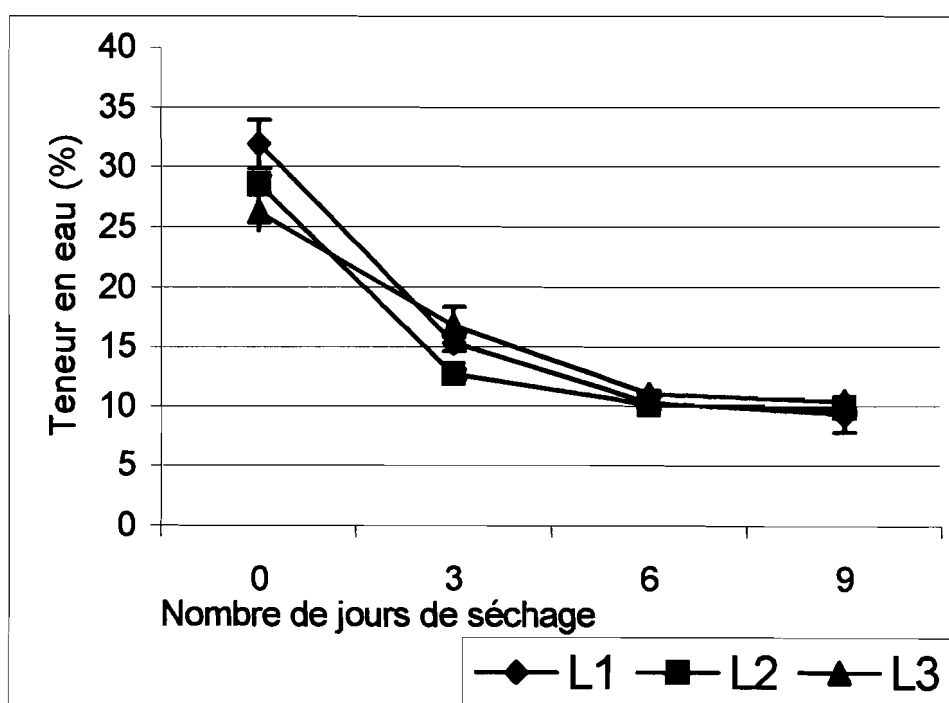
Les taux initiaux de germination respectifs pour les lots L1, L2 et L3 étaient de 48 ; 34 et 58%. Ces taux étaient plutôt faibles comme taux initiaux de germination. Au cours du séchage, pendant que la viabilité des semences des lots L2 et L3 connaissait une forte baisse avec la diminution de leur teneur en eau, la dessiccation

a eu plutôt un effet positif pour la germination des semences issues des fruits verts. Cette corrélation positive entre germination des semences et leur teneur en eau avait été mentionnée au cours d'une étude précédente sur les semences du Neem (Neya, 1999).

3.1.3 Séchage et teneur en eau des semences de *Sclerocarya birrea*

Les semences ont été séchées dans les conditions décrites au niveau du paragraphe 2.1.1 du présent chapitre. Des échantillons ont été prélevés à 3 jours d'intervalles réguliers pendant 9 jours de séchage pour l'estimation de la teneur en eau des différents lots de semences. La figure 7 représente l'évolution de la teneur en eau des différents lots au cours du séchage.

Figure 7 : Variation de la teneur en eau des semences de *Sclerocarya birrea* au cours du séchage.



Légende :

L1 = semences issues des fruits verts ; L2 = semences issues des fruits vert-jaune;
L3 = semences issues des fruits jaunes.

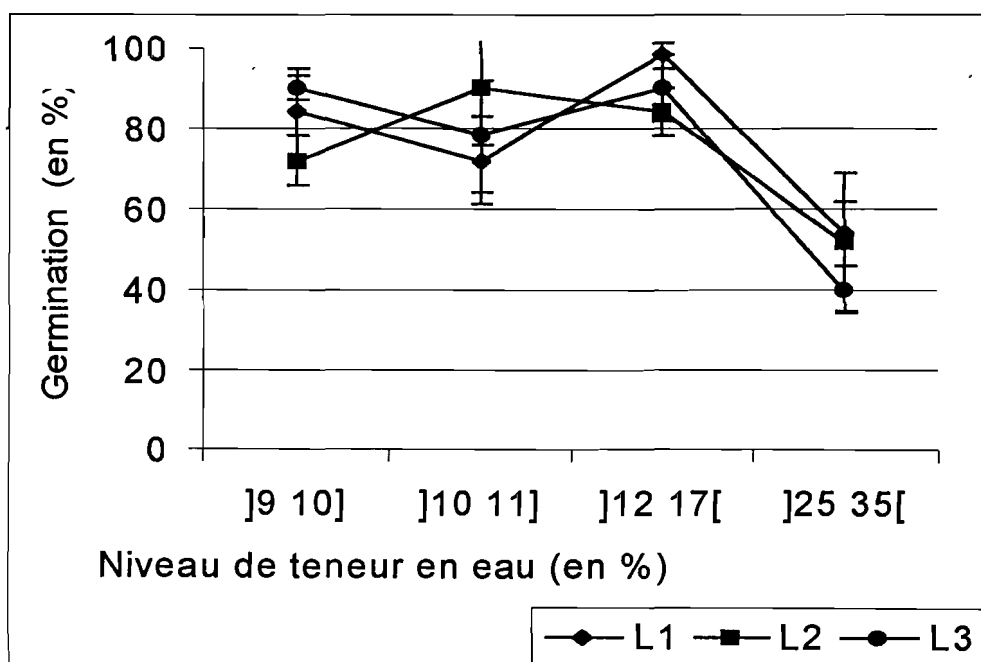
Chaque point est la moyenne de 3 répétitions de 5 noyaux. Les déviations standards sont représentées par les barres lorsqu'elles sont plus grandes que les points. La différence entre les teneurs en eau des différents lots n'a été significative à aucune période de contrôle.

Avec des teneurs en eau initiale de 31,9% ; 28,5% et 26,2 % respectivement pour les lots L1, L2 et L3, les semences de *Sclerocarya birrea* ont atteint des niveaux de l'ordre 14-15% après 3 jours de séchage avant de s'équilibrer à 10% entre 6 et 9 jours de séchage. Elles ont alors connu un fort taux de séchage durant seulement les 3 premiers jours perdant un peu plus de la moitié de leur teneur en eau initiale respective.

3.1.4 Séchage et germination des semences de *Sclerocarya birrea*

Avec le même intervalle régulier de 3 jours comme pour l'estimation de la teneur en eau des semences, 2 répétitions de 25 graines ont été prélevées au niveau de chaque lot de semences pour l'estimation de leur viabilité. Les 3 lots de semences ont réagi de façon similaire et ont révélé un effet bénéfique de la dessiccation sur la germination des semences comme indiqué dans la figure 8.

Figure 8 : Effet de la dessiccation sur la viabilité des semences de *Sclerocarya birrea*.



Légende de la figure 8 :

L1 = semences issues des fruits verts ; L2 = semences issues des fruits vert-jaune;

L3 = semences issues des fruits jaunes.

Chaque point est la moyenne des taux de germination potentielle de 2 répétitions de 25 semences. Les déviations standards sont représentées par les barres lorsqu'elles sont plus grandes que les points. La différence entre les taux de germination des différents lots n'a été significative à aucune période de contrôle. Par contre des différences significatives au cours du séchage existent pour chaque lot.

Avec des taux initiaux de germination de 54%, 52% et 40 % respectivement pour les lots L1, L2 et L3, les semences de *Sclerocarya birrea* tous les lots confondus ont germé à des taux d'environ 80% de leur germination potentielle. Ceci lorsque leur teneur en eau a été réduite à environ 10% après 9 jours de séchage. Cette observation qui n'est pas courante lors des expériences de tolérance à la dessiccation pourrait être indicative d'une dormance des semences fraîches de *Sclerocarya birrea*.

3.2 Température et pouvoir de conservation des semences

Tout comme la teneur en eau des semences, la température est sans doute l'un des facteurs environnementaux les plus déterminants pour la survie des semences en conservation.

3.2.1 Evolution de la teneur en eau des semences de *Lannea microcarpa* suivant la température de conservation

Trois différents lots étaient concernés par ces essais. Les résultats que nous présentons ici ont été obtenus sur les graines conservées pendant 6 mois. Les semences issues des fruits verts, des fruits vert-rouge et des fruits rouge pourpres avaient respectivement 6% ; 6,3% et 6% comme teneur en eau au moment de la mise en conservation aux différentes températures. Les résultats sont présentés dans le tableau 5 qui suit.

Tableau 5 : Evolution de la teneur en eau (en %) des différents lots de semences de *Lannea microcarpa* après six mois de conservation.

Durée de conservation (en mois)	Lots de semences			
	Température de conservation (en°C)	Teneur en eau (en %)		
		Lot1	Lot2	Lot3
3	25 (Armoire labo)	7,2	6,9	6,1
	15 (incubateur)	6,6	7	6,8
	4 (Chambre froide)	6,5	6,6	7,9
	-18 (Congélateur)	8,5	9,6	/
6	25	6,1	5,5	6,6
	15	6,3	6,8	7,5
	4	7,9	7,8	8,2
	-18	6,8	7,8	/

Légende :

Lot1 = Semences issues des fruits verts ; Lot2 = Semences issues des fruits vert-rouge ; Lot3 = Semences issues des fruits rouge pourpre ; / = Essai non mis en place par manque de semences.

Chaque valeur est la moyenne de 5 répétitions de 5 semences.

La teneur en eau des différents lots de semences a connu des variations diverses au cours des six mois de conservation. Des variations qui sont en baisse ou qui sont en hausse suivant les températures de conservation étaient néanmoins minimales pour affecter significativement la qualité initiale des semences. Toutes ces variations étaient inférieures à 3%.

3.2.2 Evolution de la viabilité des semences de *Lannea microcarpa* suivant la température de conservation

Les résultats que nous présentons ont été obtenus après 6 mois de conservation mais les essais sont toujours en cours. Les semences issues des fruits verts, des fruits vert-rouge et des fruits rouge pourpres avaient comme taux de germination respectifs 48%, 67% et 62% au moment de la mise en conservation aux différentes températures. Le tableau 6 donne une synthèse des résultats obtenus.

Tableau 6 : Evolution du pouvoir de germination (en %) des différents lots de semences de *Lannea microcarpa* après six mois de conservation.

Durée de conservation (en mois)	Lots de semences			
	Température de conservation (en °C)	Pouvoir germinatif (en %)		
		Lot1	Lot2	Lot3
3	25 (Armoire labo)	43	21	10
	15 (incubateur)	60	68	60
	4 (Chambre froide)	59	63	63
	-18 (Congélateur)	60	77	/
6	25	13	15	5
	15	56	78	57
	4	54	44	42
	-18	58	76	/

Légende :

Lot1 = Semences issues des fruits verts ; Lot2 = Semences issues des fruits vert-rouge ; Lot3 = Semences issues des fruits rouge pourpre ; / = Essai non mis en place par manque de semences.

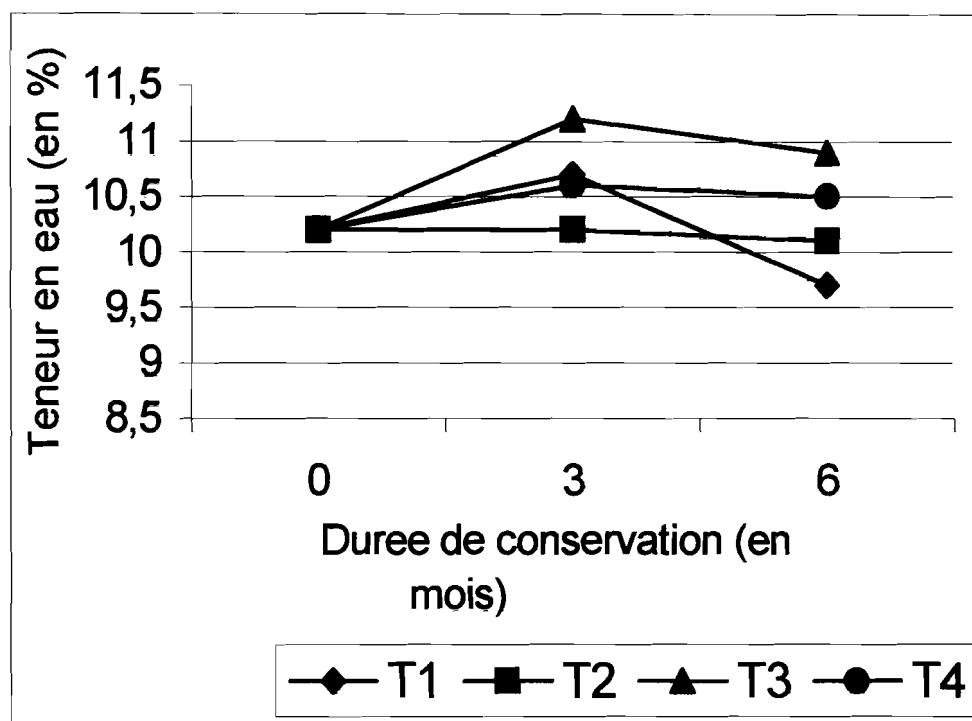
Chaque valeur est le taux moyen de 4 répétitions de 25 semences.

Suivant les lots de semences et surtout la température de conservation, les semences ont diversement maintenu leur viabilité au cours des six mois de conservation. La conservation à 25°C s'est révélée être néfaste pour les semences tous les lots confondus tandis les semences du lot L2 ont semblé mieux se comporter quelle que soit la température de conservation.

3.2.3 Evolution de la teneur en eau des semences de *Sclerocarya birrea* suivant la température de conservation

Pour des raisons d'insuffisance quantitative des deux autres lots, seules les semences du lot L3, semences issues de fruits jaunes ont été mises en conservation aux différentes températures énumérées au point 2.1.2 du présent chapitre. Avec une teneur en eau initiale de 10,2%, les semences conservées ont connu peu de variations de leur teneur en eau comme l'illustre la figure 9 qui suit :

Figure 9 : Effet des conditions de conservation sur la teneur en eau des semences de *Sclerocarya birrea* après 6 mois de conservation



Légende :

T1 = 25°C, semences conservées dans une armoire placée dans les conditions ambiantes du laboratoire. Des variations de température de l'ordre de 3°C à 5°C ont été constatées au cours des essais ;

T2 = 15°C, semences conservées dans un incubateur réglé à cette température. Des variations négligeables de l'ordre de 1°C ont été constatées au cours des essais ;

T3 = 4°C, semences conservées en chambre froide ;

Et T4 = - 18°C, semences conservées dans un congélateur.

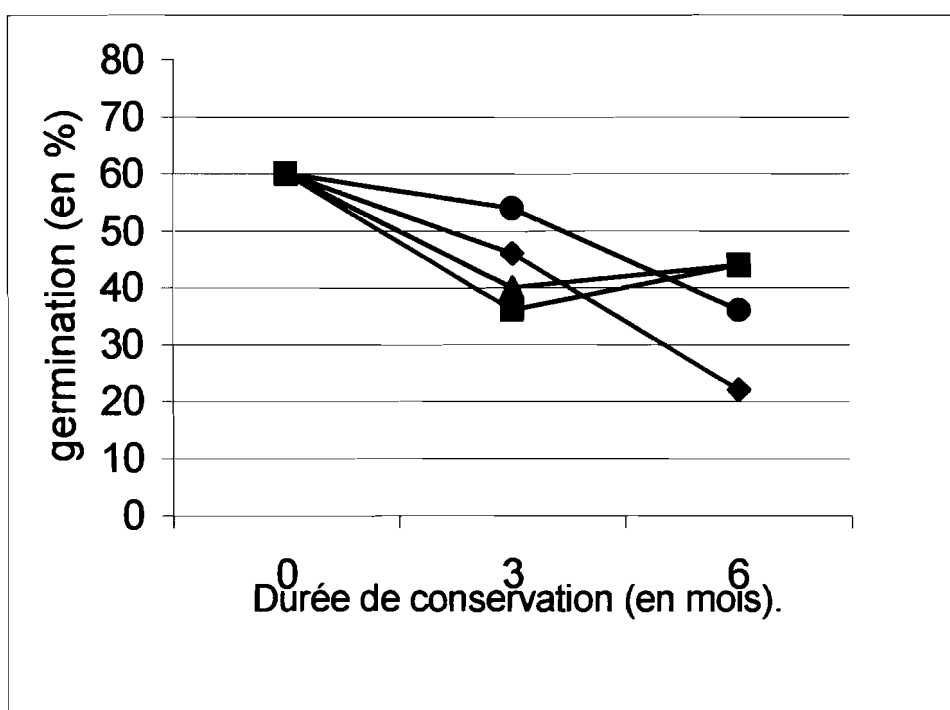
Chaque point est la moyenne de 3 répétitions de 5 semences.

Toutes les variations de la teneur en eau enregistrées quelle que soit la température de conservation étaient inférieures à 1,5%. Ces variations sont peu importantes pour affecter la qualité initiale des semences. En outre, elles témoignent de l'imperméabilité des sachets en polyéthylène utilisés comme récipients de conservation.

3.2.4 Evolution de la viabilité des semences de *Sclerocarya birrea* suivant la température de conservation

Les semences de *Sclerocarya birrea* quelle que soit la température de conservation ont connu une baisse de germination lorsque les taux obtenus au bout de six mois de conservation sont comparés au taux initial de germination du lot qui était de 60%. La figure 10 illustre l'évolution de la viabilité des semences sur 6 mois suivant la température de conservation.

Figure 10 : Effet de la température sur la germination des semences de *Sclerocarya birrea* après six mois de conservation.



Légende :

T1 = 25°C, semences conservées dans une armoire placée dans les conditions ambiantes du laboratoire. Des variations de température de l'ordre de 3 à 5°C ont été constatées au cours des essais.

T2 = 15°C, semences conservées dans un incubateur réglé à cette température. Des variations négligeables de l'ordre de 1°C ont été constatées au cours des essais.

T3 = 4°C, semences conservées en chambre froide et T4 = - 18°C, semences conservées dans un congélateur.

Chaque point est la moyenne des résultats de 2 répétitions de 25 semences.

Bien que les différents taux de germination obtenus des tests périodiques n'aient pas révélé de très grandes différences entre les températures de conservation, il est à noter qu'au bout de six mois de conservation, les semences de *Sclerocarya birrea* ont perdu entre 30% et 60% de leur pouvoir germinatif initial. L'allure de la courbe des semences conservées à 25°C est plus ou moins une ligne droite. Ceci pourrait être indicatif d'une détérioration continue des semences avec le temps montrant ainsi l'effet néfaste des hautes températures sur le maintien de la qualité des semences au cours de la conservation.

4. ANALYSE ET DISCUSSIONS

4.1 Stades de maturité des fruits et tolérance à la dessiccation des semences de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea*

La tolérance à la dessiccation d'une semence est fonction de son espèce, mais cette sensibilité à la dessiccation peut être fortement influencée par le stade de développement de la semence (Figure 6).

Les résultats de nos présents travaux ont montré que le stade de maturité des fruits a très peu ou pas d'effet sur le taux de dessiccation des semences. Autrement dit la vitesse de séchage des semences n'est pas affectée par le stade de maturité des fruits dont elles sont issues. Cette observation est valable aussi bien pour les semences de *Lannea microcarpa* que pour celles de *Sclerocarya birrea* (Figures 5 et 7). Seules les conditions de séchage notamment l'humidité relative du milieu environnant déterminent à la fois le taux de séchage et la teneur en eau d'équilibre des semences. Cela est en accord avec les résultats de Sacandé *et al.*, (1998) qui avaient entrepris le séchage des semences de Neem à divers humidités relatives (RH). La teneur en eau des semences de *Lannea microcarpa* s'est équilibrée à 8% après 12 jours de séchage tandis que les semences de *Sclerocarya birrea* avaient une teneur en eau de 10% au bout de 9 jours de séchage dans les mêmes conditions. Bien que les conditions de séchage (35%-40% HR) n'aient pas permis d'atteindre des niveaux de teneur en eau plus bas, les essais de germination faites avec les semences sèches ont montré que les semences de ces deux espèces tolèrent une dessiccation ne serait-ce qu'aux teneurs en eau respectives ci-dessus

indiquées. Le fait qu'à 8% de teneur en eau aucun lot de semences de *Lannea microcarpa* n'ait donné un taux nul de germination nous permet d'avancer que les semences de cette espèce ne sauraient être qualifiées de récalcitrantes comme l'avait indiqué un rapport de l'IPGRI en 1996. Certes, les lots L2 et L3 ont connu une forte réduction de leur taux de germination avec le séchage mais cela pourrait avoir des raisons autres que l'intolérance à la dessiccation. Une semence récalcitrante typique ne supporte pas une réduction en dessous de 20% de sa teneur en eau (Roberts, 1973). Quant à l'effet bénéfique du séchage constaté sur les semences issues des fruits verts, cela peut s'expliquer par un gain post-récolte de maturité de semences. Des semences issues de fruits verts de Neem avaient révélé exactement le même comportement au cours d'un séchage progressif (Neya, 1999).

Les semences de *Sclerocarya birrea* quant à elles ont plutôt donné des résultats peu courants pour des tests de dessiccation. En effet, l'augmentation du taux de germination des différents lots de semences (Figure 8) montre un effet bénéfique du séchage alors qu'on était en droit de s'attendre à l'effet contraire comme d'ailleurs constaté avec certains lots de semences de *Lannea microcarpa* au cours de cette même étude. Ces résultats, en plus du fait qu'elles ont révélé la tolérance à la dessiccation des semences de cette espèce, nous permettent d'émettre l'hypothèse d'une possible dormance des semences de *Sclerocarya birrea* au moment de leur dispersion. Cette dormance que nous pensons physiologique plutôt que morphologique pourrait être due à la forte teneur en eau et surtout de matières grasses (lipides) des embryons contenus dans les noyaux frais. Cet état humide et gras des embryons même sans inhiber réellement les phénomènes germinatifs de la semence favorise à coup sûr la pourriture du semis, l'apport supplémentaire d'eau du substrat aidant.

En attendant que les résultats des essais de conservation viennent apporter plus de précisions sur les caractéristiques des semences de ces espèces nous pouvons affirmer sans trop de crainte qu'elles sont plus proches des semences orthodoxes que des semences récalcitrantes.

4.2 Stades de développement, température de conservation et survie des semences de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* au cours de la conservation

Les semences sont des organes hygroscopiques. Ce qui veut dire qu'elles peuvent perdre ou absorber de l'eau suivant le milieu environnant où elles sont placées. L'estimation de la teneur en eau des semences au cours de nos essais ont révélé peu de variation de leur contenu d'eau au bout de six mois (Tableau 5, Figure 9). Ceci indépendamment des espèces et des lots de semences en présence. Les récipients de conservation utilisés ont alors bien empêché les échanges avec les milieux de conservation et cela nous permet d'imputer les variations de viabilité des semences aux températures plutôt qu'à des variations considérables de teneur en eau.

Au moment de la mise en conservation, les semences fournies par les fruits verts de *Lannea microcarpa* avaient 6% de teneur en eau (TE), celles issues de fruits vert-rouge 6,3% de TE et celles provenant de fruits rouge pourpres 5,9% de TE. Au bout de 6 mois de conservation la teneur en eau des semences obtenues après dépulpage des fruits verts variait dans l'intervalle de 6% à 7% ; celle des semences de fruits vert-rouge entre 5% et 7% et celle des semences de fruits rouge pourpres entre 6% et 8%.

Au vu de ces résultats, nous pouvons donc dire que la température de conservation, n'influe pas beaucoup sur la teneur en eau des graines quel que soit leur stade de développement. Ces résultats nous permettent d'insister à notre tour sur les conseils de Bellefontaine et Audinet (1992), qui conseillaient que l'emballage des graines devrait se faire dans des sachets en plastique scellés hermétiquement (récipients de conservation des graines retenus dans la présente étude), et dont le contenu d'un sachet servira à effectuer un seul test de teneur en eau et éventuellement de viabilité dans le futur. Cela a pour objectif d'éviter au maximum les échanges d'eau entre le matériel végétal et leur lieu de conservation.

Les résultats de la conservation des semences de *Lannea microcarpa* (Tableau 6) ont montré un effet néfaste des hautes températures (25°C) quel que soit le stade de maturité des semences. Les semences fournies par les fruits verts avec un taux initial de germination de 48% ont maintenu après 6 mois un taux de

viabilité du même ordre lorsqu'elles étaient conservées à 15°C, 4°C ou encore -18°C (56%, 54% et 58% respectivement). Cependant, 6 mois de stockage à 4°C des semences de fruits vert-rouge et rouge pourpres, a réduit la capacité germinative respectivement de 67% à 44% et de 62% à 42%. Néanmoins, les meilleurs pourcentages de germination ont été observés pour les semences conservées dans l'incubateur : 78% pour les semences fournies par les fruits vert-rouge (TE de 6,3% à 6,8%) ; 57% pour les semences issues de fruits rouge pourpres (TE de 6% à 7,5%). Quant aux semences provenant des fruits rouge pourpres, il n'y a pas eu d'essais de conservation au niveau du congélateur par manque de semences de ce lot.

L'analyse statistique des données a révélé qu'il existe effectivement des différences significatives entre les pourcentages de germination en fonction de la température de conservation et suivant le stade de développement des semences.

L'amélioration relative de la survie des semences obtenues après dépulpage des fruits verts de *Lannea microcarpa* pourrait nous laisser croire qu'il est possible de garantir une conservation de longue durée à partir des semences récoltées au stade immature, et ayant atteint leur maturité au cours du séchage. Nos résultats confirment l'idée de Bellefontaine *et al.*, (1992), qui pensent que l'état de maturité des fruits au moment de la récolte ne semble pas être prépondérant, sauf pour les fruits trop mûrs. Nous suggérons que des essais soient encore conduits d'avantage pour vérifier cette présomption sur plusieurs lots de graines provenant de fruits verts.

A partir du moment où une amélioration de survie a été observée quel que soit le stade de développement, et un meilleur maintien de leur viabilité dans les conditions de températures plus ou moins basses, plutôt qu'une perte de la viabilité, la semence de *Lannea microcarpa* ne peut pas être considérée comme récalcitrante. Les semences réellement récalcitrantes auraient été complètement incapables de survivre au séchage à des teneurs en eau variant entre 5% et 6%. Par contre, le niveau de dessiccation que nous avons imposé aux semences au cours de cette étude, ne nous permet pas de dire que si les semences de *Lannea microcarpa* peuvent supporter une réduction jusqu'à 1-2% de leur teneur en eau, chose possible avec des semences véritablement orthodoxes. Mais la présente étude est une étude préliminaire sur la physiologie des semences de cette espèce. Et nous osons croire que des investigations futures plus poussées permettront de tirer une conclusion plus fiable sur le comportement des semences de cette espèce.

Concernant les semences de *Sclerocarya birrea* le nombre limité de lots ne nous permet que tirer des conclusions sur l'effet éventuel de la température sur la viabilité des semences.

L'examen des données sur cette espèce (Figure 10) montre que les semences dont les taux initiaux de teneur en eau et de germination étaient respectivement de 10,2 et 60% ont germé à moins de 50% quelle que soit la température de conservation et ceci après 6 mois de conservation. Néanmoins, les graines conservées dans le congélateur ont donné un pourcentage assez élevé (54%) après 3 mois de stockage, mais au bout de 6 mois leur viabilité a connu une grande réduction. Des pourcentages acceptables ont été observés sur les graines conservées dans l'incubateur et la chambre froide (44% et 44%). Ces résultats sont comparables à ceux de Ponnuswamy *et al.*, (1990), cités par Sacandé (2000), selon qui les semences de Neem partiellement séchées à 10-12% de teneur en eau peuvent être conservées pendant quelques mois seulement, ce qui a conduit à l'idée que cette semence de Neem est récalcitrante.

Nous pensons que les semences de *Sclerocarya birrea* testées dans nos essais, et qui ont maintenu leur viabilité dans les conditions de basses températures semblent donc avoir bien un comportement du type orthodoxe et/ou intermédiaire plutôt que récalcitrant. Car si, elles étaient réellement récalcitrantes, elles auraient été complètement incapables de survivre à une teneur en eau assez relativement basse au moment de leur mise en conservation qui était de l'ordre de 10,2%.

La teneur en eau est certes un élément très important lors de la conservation des semences, mais dans le cas des drupes, des facteurs tels que le temps écoulé entre le dépulpage et le séchage des graines, la méthode de séchage ou encore des coupures de courant comme nous l'avons observé de temps en temps au cours de nos expériences peuvent sans doute interférer sur la viabilité des semences (Bellefontaine et Audinet, 1992).

Conclusion partielle

Une synthèse de cette étude multifactorielle est la suivante :

- La détermination de la teneur en eau au moment de la mise en conservation est capitale ;
- La température de conservation et le stade de développement des semences sont des facteurs décisifs pour la préservation de la viabilité des graines des espèces étudiées ;
- S'agissant des semences de *Lannea microcarpa*, quel que soit leur stade de développement, elles maintiennent mieux leur viabilité lorsqu'elles sont conservées dans l'incubateur (15-16°C), la chambre froide (4°C) et le congélateur (-18°C) avec des teneurs en eau voisine de 6%. La température ambiante (25-30°C) affecte beaucoup leur longévité. Ainsi, elles se comporteraient comme des semences orthodoxes.
- Les semences provenant des fruits jaunes de *Sclerocarya birrea* dont la teneur en eau au moment de la mise en conservation était de l'ordre de 10,2% ont donné également des meilleurs résultats dans l'incubateur (44%), la chambre froide (44%) et le congélateur (36%) après six mois de conservation. Elles sont plus proches des semences orthodoxes que de celles récalcitrantes ;
- La période propice à conseiller pour la récolte des fruits de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* peut donc être le moment où les fruits ont un épicarpe vert mais avec un endocarpe bien lignifié. Quant à leur teneur en eau optimum, nous dirons que des réductions à 8-10% ne sont pas préjudiciables pour la viabilité des semences de ces espèces.

**Chapitre 3 : SENSIBILITE AU STRESS
D'IMBIBITION DES SEMENCES
d'*Azadirachta indica*, de *Khaya
senegalensis*, de *Lannea microcarpa*
et de *Sclerocarya birrea***

Introduction

L'imbibition d'un organe ou organisme anhydre peut se définir comme étant l'absorption d'eau ou de vapeur d'eau par cet organe ou organisme. Parlant spécialement des semences dont le caractère hygroscopique est connu, la phase d'imbibition se révèle être une étape critique pour son développement en plantule normale. Une bonne imbibition sans perte de viabilité durant ce processus peut alors être considérée comme étant une partie du mécanisme de la tolérance à la dessiccation de la semence.

Durant l'imbibition, les semences séchées perdent des solutés intercellulaires au profit du milieu environnant. Cette perte de solutés décline très rapidement dès que l'imbibition de la semence est complète et ne conduit pas à des dommages sévères (Senaratna et Mckersie, 1983 ; Hoekstra et Van Roekel, 1988). Cependant, des dommages irréversibles au niveau membranaire conduisant à une perte de viabilité peut se produire lorsque des organismes anhydres sont trempés dans de l'eau à de basses températures. Nous appelons alors stress d'imbibition toute imbibition qui est faite à des températures inadéquates (basses ou très élevées). Un certain nombre de semences, notamment d'origine tropicale sont sensibles au stress d'imbibition. Des exemples de ces types de semences sont celles de maïs, de sorgho, du coton et du haricot.

Plusieurs recherches ont été conduites sur la physiologie et la conservation des semences de Neem (Poulsen, 1996). De ces études sont souvent apparues de nombreuses contradictions sur la tolérance à la dessiccation et la durée possible de conservation des semences de cette espèce. Plusieurs raisons ont été avancées pour expliquer ces résultats apparemment controversés sur les semences de Neem (Yaméogo, 1997 ; Neya, 1999 ; Sacandé 2000). Parmi les facteurs étudiés nous pouvons citer la provenance des semences (Sacandé *et al.*, 1998), le stade de maturité des semences au moment de la récolte (Yaméogo, 1997; Neya, 1999), le taux de dessiccation et la sensibilité des semences séchées au stress d'imbibition (Sacandé, 2000; Neya, travaux en cours).

Les présents travaux visent alors à apporter plus de compréhension sur les facteurs impliqués dans la sensibilité des semences au stress d'imbibition. Ces travaux sont essentiellement axés sur les semences de Neem mais ont concerné bien que dans une moindre mesure aussi, les semences de *Khaya senegalensis*, celles de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* qui sont soupçonnées d'être aussi sensibles aux températures d'imbibition.

L'objectif global de cette étude est de contribuer à une amélioration de la survie des semences d'origine tropicale sensibles au stress d'imbibition, après le séchage et/ou la conservation. Pour atteindre donc cet objectif, nous nous sommes posé les questions suivantes:

- Pouvons nous améliorer significativement la survie des semences de Neem après séchage et conservation subséquente en appliquant un procédé approprié de réhydratation?
- La sensibilité au stress d'imbibition peut-elle expliquer les résultats controversés sur la conservation des semences de Neem?
- Et pour terminer, les dommages liés à l'imbibition sont-ils des phénomènes courants chez les semences tropicales ayant quelques petites difficultés au cours du séchage et/ou de la conservation : cas de *Khaya senegalensis*, de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea*?

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Matériels

2.1.1 Le matériel végétal

Il est constitué des graines issues de fruits jaunes de Neem.

Pour *Khaya senegalensis* seules les semences issues de fruits secs ouverts à la récolte ont été utilisées.

Pour des raisons d'insuffisance de matériels, seules les semences fournies par les fruits verts de *Sclerocarya birrea*, les semences issues des fruits verts et des fruits rouge pourpres de *Lannea microcarpa* ont fait l'objet de ces tests pour les deux espèces.

2.1.2 Le matériel de Laboratoire

Il comprend :

- une casserole pour chauffer l'eau aux différentes températures ;
- un réchaud électrique pour le chauffage ;
- des bocaux en verres pour le trempage des semences aux températures élevées (30-40°C) ;
- des bocaux en plastique pour le trempage des graines aux températures basses (0-20°C) ;
- un thermomètre pour les mesures de températures, un chronomètre pour estimer les durées de trempage.

2.2 Méthode

L'imbibition des semences est un processus à considérer dans la dessiccation. Une chose est d'extraire l'eau des semences pour pouvoir mieux les conserver mais une autre est aussi de pouvoir leur apporter l'eau pour qu'elles germent correctement. La méthode a consisté à laisser imbiber les semences en les trempant dans l'eau à différentes températures pour des durées variables avant les tests de germination. Le tableau 7 donne les combinaisons de températures et de durées appliquées aux différentes semences.

Tableau 7 : Combinaisons de températures et de durées d'imbibition

Températures d'imbibition (en °C)	0	10	20	40
Durées de trempage (en heure)	1	1	1	1
	2	2	2	2
	4	4	4	4

NB : Le tableau ci-dessus est une synthèse des combinaisons utilisées au cours de nos travaux. Cette synthèse est faite avec le souci d'une bonne présentation de nos résultats et aussi et surtout de nous permettre des comparaisons entre les différents résultats. Il est donc à noter que des températures variables suivant les espèces ont été testées ainsi que des durées intermédiaires à celles présentées dans le tableau. Des précisions seront

apportées au moment de la présentation des résultats obtenus de ces dernières combinaisons.

Une fois le temps de trempage atteint, chaque lot est retiré de l'eau et soumis à un test de germination comme décrit au niveau du chapitre 1 du présent document. Pour les semences de Neem et de *Khaya senegalensis*, 4 répétitions de 25 graines ont été utilisées pour chaque essai isolé tandis que pour *Lannea microcarpa* et *Sclerocarya birrea* 2 répétitions de 25 semences ont été utilisées.

L'effet de la teneur en eau des semences sur la sensibilité au stress d'imbibition a été investigué pour ce qui concerne particulièrement les semences de Neem. Pour ce faire des lots de semences de cette espèce ont été séchées à plusieurs niveaux de teneur en eau suivant la méthode de Sacandé et Groot, 1996; adaptée par Neyra, (1999) pour le séchage des semences de Neem. En résumé, cette méthode consiste à sécher les graines en les mettant en contact avec du gel de silice qui joue le rôle de déshydratant. Le procédé consiste à mélanger une quantité égale de gel de silice sec de couleur bleue (état anhydre) et de graines dans un récipient. Les graines sont régulièrement retirées du gel de silice et pesées pour suivre l'évolution de la baisse de la teneur en eau. Le gel de silice quand à lui, est remplacé à chaque fois qu'il passera de la couleur bleu à la couleur violette ou blanche sale (état hydraté). La teneur en eau ciblée des graines lors du séchage progressif est alors estimée suivant la formule :

$$Pa (g) = (100 - Tei) / (100 - Tec) \times Pi$$

Avec : Pa = poids à atteindre à la Tec;

Tec = teneur en eau ciblée (ou à atteindre) ;

Tei = Teneur en eau initiale des graines (avant séchage) ;

Pi = poids initial des graines (avant séchage).

Source : Screening protocol, Sacandé et Groot (1996)

L'opération de séchage a été faite dans les conditions ambiantes du laboratoire 25-30°C pour la température et 35-40% pour l'humidité relative. Des lots de semences

avec 15, 12 et 8% comme teneur en eau ont donc été constitués par ce procédé à partir d'une teneur en eau initiale de 29%.

Quant aux semences de *Lannea microcarpa* (6,3 et 6% TE) et de *Sclerocarya birrea* (10,2% TE) elles ont été séchées suivant la méthode décrite au chapitre 2 avant d'être soumises aux tests d'imbibition tandis que les semences de *Khaya senegalensis*, elles n'ont subi aucun séchage préalable compte tenu de leur basse teneur en eau initiale (3,4%).

3. RESULTATS

Les dommages d'imbibition lorsqu'ils ont lieu, se produisent essentiellement au niveau des membranes cellulaires (Hoekstra *et al.*, 1992; Hoekstra et Golovina, 1999). Compte tenu du manque d'équipements adéquats sur place pour ce niveau d'investigation, nous nous sommes contentés des tests de germination comme moyen d'estimation des dommages liés au stress d'imbibition. Des travaux en cours sur les mêmes lots de semences apporteront plus de détails sur le type de dommage causé par ce stress provoquant la perte de viabilité des semences (Neya, 2003, données non publiées).

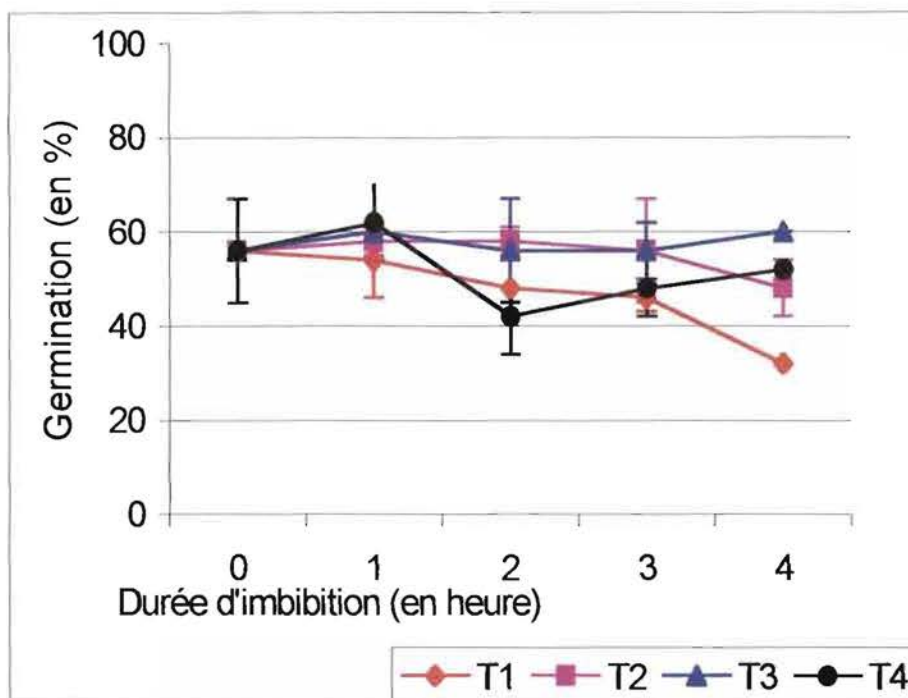
3.1 Effet des températures d'imbibition sur la germination des semences de *Lannea microcarpa*

Pour cette espèce deux lots différents ont été soumis au stress d'imbibition. Les figures 11 et 12 montrent de façon séparée les résultats obtenus de ces deux lots.

3.1.1. Cas des semences issues de fruits verts :

Les semences ont été trempées dans l'eau à des températures de 5, 15, 30 et 40 °C pour des durées de 1, 2, 3 et 4 heures. Les semences utilisées avaient un taux initial de germination de 56%. Nous avons considéré cette donnée comme étant la germination au temps 0 de trempage.

Figure 11 : Effet de la température d'imbibition sur la germination des semences de *Lannea* (Lot 1)



Légende :

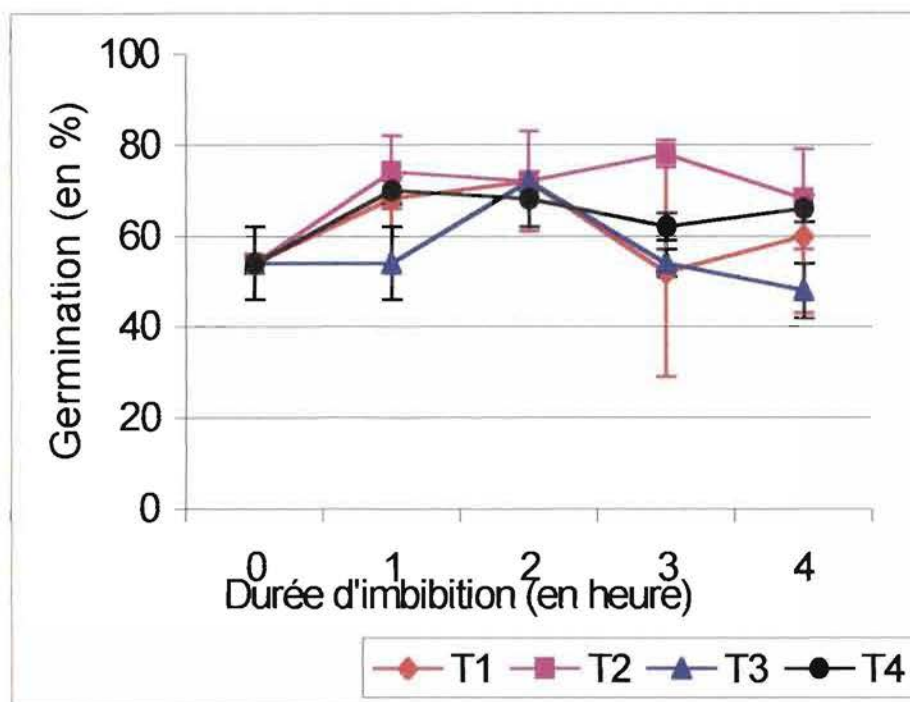
T1 = 5°C, T2 = 15°C, T3 = 30°C, T4 = 40°C

Chaque point est le taux moyen de germination obtenu de 2 répétitions de 25 graines. Les déviations standards sont représentées par les barres lorsqu'elles sont plus grandes que les symboles. Seules les données issues des semences trempées à 5°C semblent être différentes des autres. Aucune analyse statistique particulière n'a été faite sur ces données.

3.1.2. Cas des semences issues de fruits rouge pourpre :

Les tests avec ces semences ont été faits de façon identique à celles du précédent paragraphe 3.1.1. Les semences utilisées avaient un taux initial de germination de 54%. Nous avons considéré cette donnée comme étant la germination au temps 0 de trempage.

Figure 12 : Effet de la température d'imbibition sur la germination des semences de *Lannea* (Lot 3)



Légende :

T1 = 5°C, T2 = 15°C, T3 = 30°C, T4 = 40°C

Chaque point est le taux moyen de germination obtenu de 2 répétitions de 25 graines. Les déviations standards sont représentées par les barres lorsqu'elles sont plus grandes que les symboles.

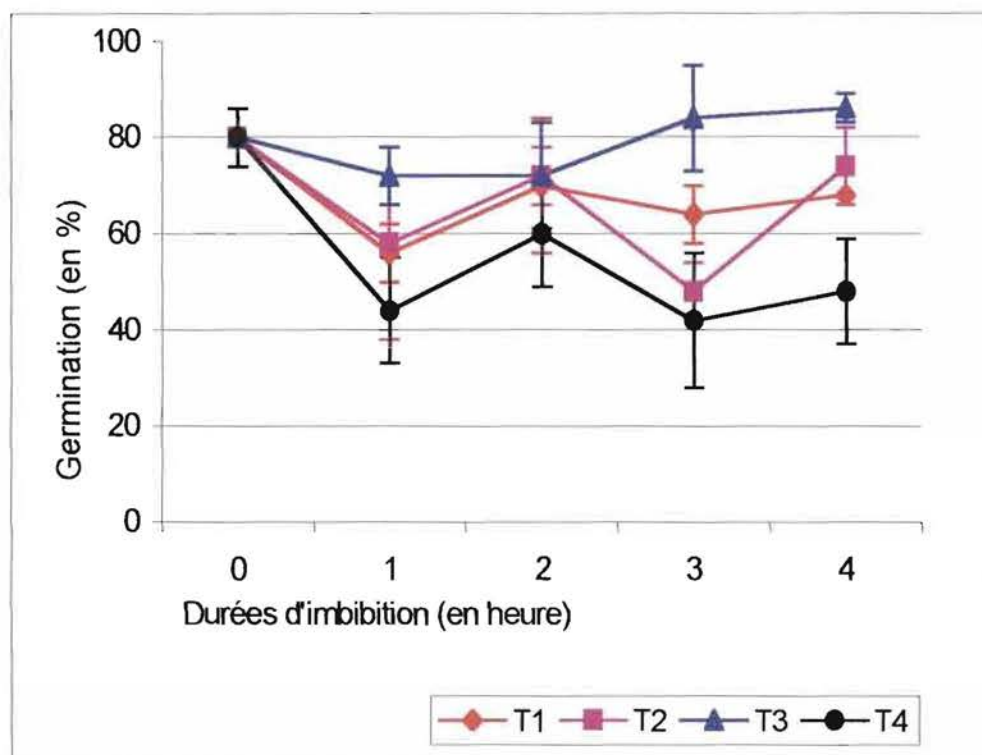
Dans l'ensemble le trempage aux différentes températures a eu un effet bénéfique pour la germination des semences. Bien que les données obtenues des semences imbibées à 15°C semblent se distinguer du reste, aucune différence notable due à la température de trempage ne s'est dégagée.

3.2 Effet des températures d'imbibition sur la germination des semences de *Sclerocarya birrea*

Pour cette espèce un seul lot a été soumis au stress d'imbibition. Avec une teneur en eau de 10,2%, les semences non trempées (témoin) avaient un taux de germination

de 80%. Le procédé expérimental imposé aux semences de cette espèce est le même que celui des semences de *Lannea microcarpa*. Les résultats obtenus sont illustrés par la figure 12.

Figure 13 : Effet de la température d'imbibition sur la germination des semences de *Sclerocarya birrea* (Lot 1)



Legende :

T1 = 5°C, T2 = 15°C, T3 = 30°C, T4 = 40°C

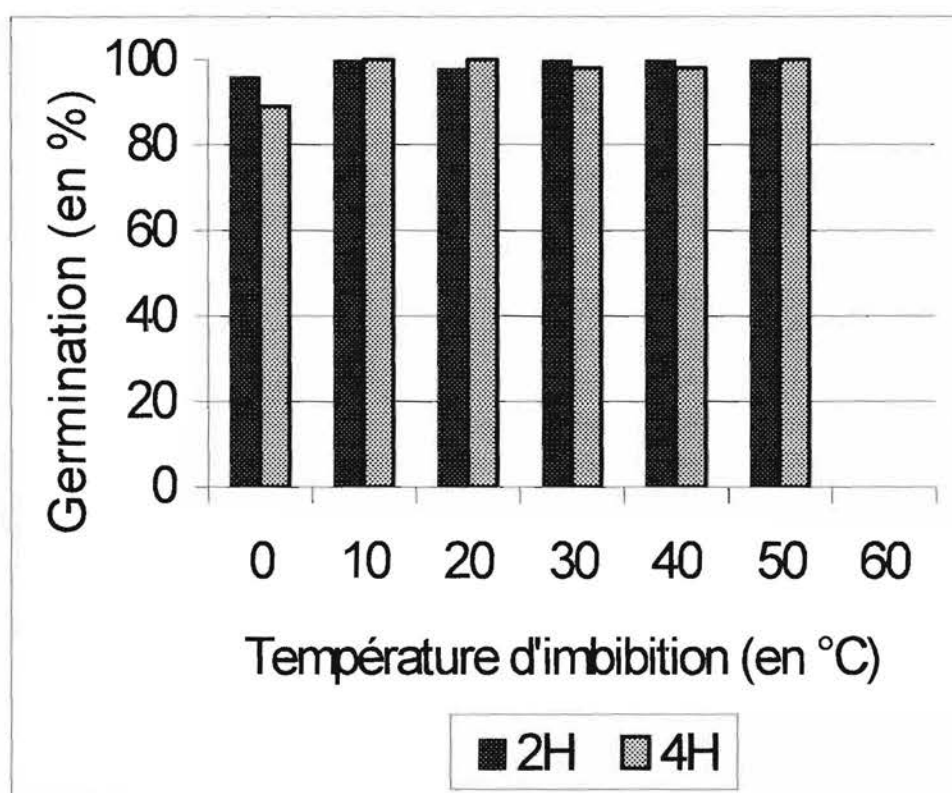
Chaque point est le pourcentage moyen de germination potentielle de 2 répétitions de 25 semences. Les déviations standards sont représentées par les barres lorsqu'elles sont plus grandes que les symboles.

Des résultats obtenus, on a constaté un effet bénéfique du trempage à 30°C avant semis des semences de *Sclerocarya birrea* sur la germination. Les résultats obtenus à partir des semences laisser imbibier à 5°C et 15°C peuvent être traiter d'intermédiaire tandis ceux obtenus des semences trempées à 40°C ont semblé indiquer un effet détrimental de la température d'imbibition sur les semences, réduisant ainsi leur taux de germination à toutes les durées expérimentées.

3.3 Effet des températures d'imbibition sur la germination des semences de *Khaya senegalensis*

Les semences ont été trempées dans l'eau à des températures entre 0 et 60°C pour des durées de 2 et 4 heures. Les semences utilisées avaient un taux initial de germination de 99%. La figure 13 montre les résultats obtenus avec cette espèce.

Figure 14 : Effet de la température d'imbibition sur la germination des semences de *Khaya senegalensis*



Légende :

2 H = deux heures et 4H = quatre heures

Chaque barre est le pourcentage moyen de germination potentielle de 4 répétitions de 25 semences. Les déviations standards entre les répétitions étaient négligeables pour chacune des données.

Aucune semence trempée à 60°C même pour 2 heures seulement avant le semis n'a germé après. Par contre, aucune différence notable n'a été constatée entre la germination des semences imbibées à 0°C (quel que soit le temps de trempage) et

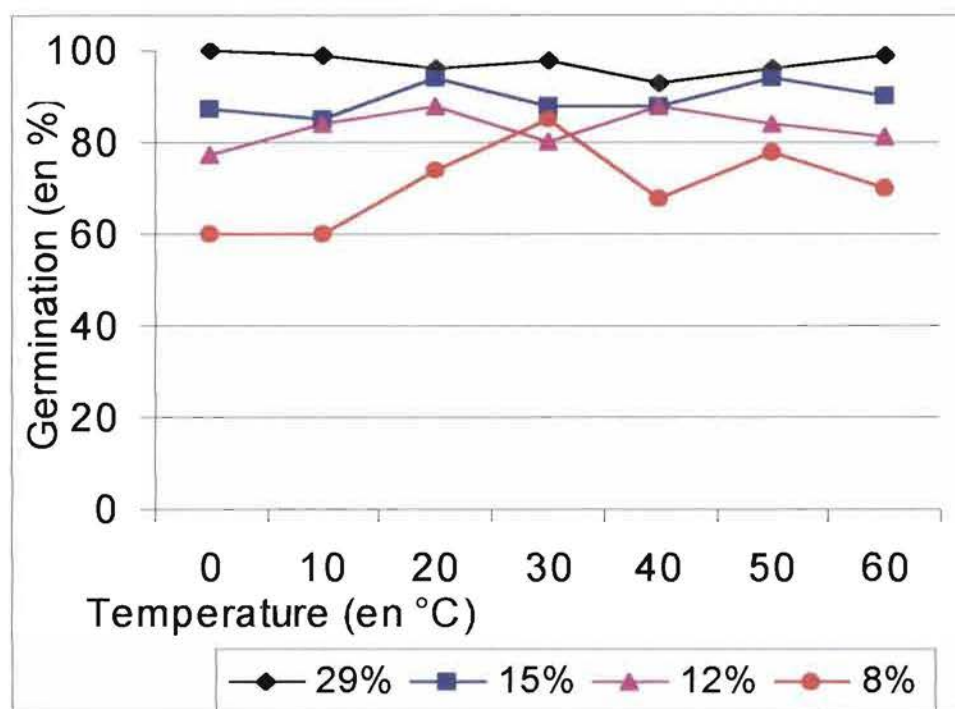
celles des semences trempées aux autres températures. Bien qu'une légère réduction avec le temps ait été constatée, les semences grâce à leurs téguments se sont montrées plus sensibles aux températures élevées (>50°C) qu'à une température aussi basse que 0°C.

3.4 Effet des températures d'imbibition sur la germination des semences de Neem (*Azadirachta indica*)

La semence de cette espèce est utilisée en fait comme modèle pour l'étude des caractéristiques physiologiques des semences forestières locales ayant quelques difficultés de conservation (Neya, communication personnelle). En effet, l'existence de dommage lié à l'imbibition au niveau des semences de cette espèce a déjà été mis en évidence par des études antérieures ou en cours (Sacandé *et al.*, 1998; Neya et collaborateurs, en cours). Notre travail sur les semences de cette espèce visait plutôt à mettre en évidence des facteurs intrinsèques à la semence pouvant influencer la sensibilité au stress d'imbibition. Parmi ces facteurs, nous avons la teneur en eau et le vieillissement des semences dû à la conservation de longue durée. Les résultats ci-dessous que nous présentons sont axés essentiellement sur l'effet de la teneur en eau des semences sur la sensibilité au stress d'imbibition. Pour le second facteur la durée de notre stage ne nous a pas permis de collecter suffisamment de données là dessus.

Des lots de semences de différents niveaux de teneurs en eau après leur trempage à l'eau à des températures variant entre 0 et 60°C pour des durées variables ont donné les taux de germinations présentés au niveau des figures 15, 16 et 17.

Figure 15 : Effet de la température de trempage sur la germination des semences de *Neem* suivant le niveau de teneur en eau.

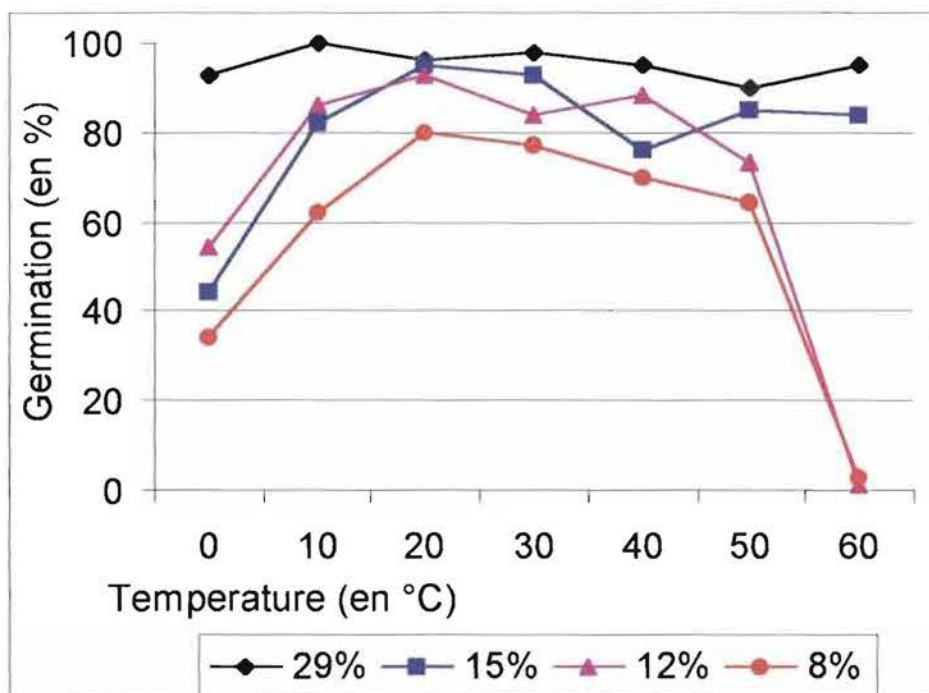


Quatre lots de semences de niveau de teneur en eau 29, 15, 12 et 8% ont été trempées pendant une heure avant le semis aux températures indiquées ci-dessus sur la figure.

Chaque point est le pourcentage moyen de germination obtenu de 4 répétitions de 25 semences.

Les résultats ont mis en évidence une augmentation de la sensibilité au stress d'imbibition avec la réduction de la teneur en eau (TE) des semences. Pendant que les semences de TE élevées (29% et 15%) ont réagi indifféremment aux températures d'imbibition, on a assisté à une réduction de la germination des semences de teneur en eau moindre (12% et 8%) lorsqu'elles étaient trempées à des températures basses avant le semis.

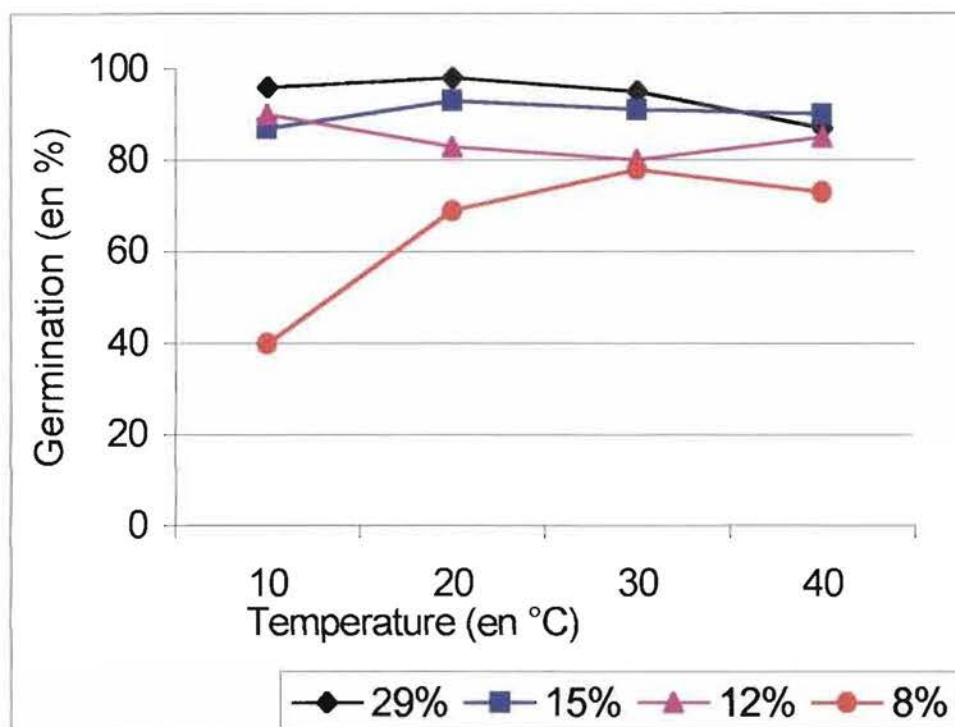
Figure 16 : Effet de la température de trempage sur la germination des semences de *Neem* suivant le niveau de teneur en eau.



Les 4 lots de semences de niveau de teneur en eau 29, 15, 12 et 8% ont été trempées pour une durée de deux heures aux températures indiquées ci-dessus sur la figure avant le semis. Chaque point est le pourcentage moyen de germination obtenu de 4 répétitions de 25 semences.

Les résultats ont montré que seul le lot de semences ayant 29% de TE a germé à sa capacité maximale de germination quelle que soit la température d'imbibition. On a assisté à une forte réduction allant jusqu'à des taux de germination nuls pour certains lots des semences de teneur en eau moindre (12% et 8%) lorsqu'elles étaient laissées imbiber aux températures extrêmes (basses comme élevées).

Figure 17 : Effet de la température de trempage sur la germination des semences de *Neem* suivant le niveau de teneur en eau.



Pour une durée de trempage de 4 heures, les températures extrêmes (0, 50 et 60°C) se sont révélées néfastes pour toutes les semences quelle que soit leur TE. Les 4 lots de semences ont donc été trempés à des températures allant de 10°C à 40°C.

Chaque point est le pourcentage moyen de germination obtenu de 4 répétitions de 25 semences.

Les résultats ont montré que les lots ayant une TE de 12% et plus supporte bien l'imbibition à toutes les températures testées dans l'intervalle 10-40°C. Ces lots ont par conséquent germé avec de forts pourcentages de germination (>80%) quelle que soit la température d'imbibition. On a assisté à une amélioration de la germination du lot de 8% TE avec l'augmentation de la température d'imbibition. Ces dernières ont révélé une grande sensibilité aux températures d'imbibition inférieures à 20°C comme l'illustre la réduction de leur pourcentage de germination (40%) tandis qu'à 30°C comme température de trempage ce taux est doublé (80%).

4. ANALYSE ET DISCUSSIONS

Nos résultats ont montré des sensibilités diverses des semences au stress d'imbibition suivant les espèces. Ces différences s'expliquent sans doute par les différences structurales des semences. Les semences pourvues de téguments épais dont la perméabilité à l'eau est moindre sont peu sensibles (cas des semences de *Lannea microcarpa* et dans une moindre mesure les semences de *Sclerocarya birrea*). En effet les résultats obtenus avec les semences de *Lannea microcarpa* (Figures 11 et 12) n'ont pas permis de mettre en évidence un effet quelconque du stade de maturité sur la sensibilité des semences au stress d'imbibition. Cela montre que, bien que le seul facteur affectant la quantité d'eau absorbée par les semences en un temps donné est la différence de teneur en eau entre les semences et leur milieu environnant. Les échanges entre la semences et son milieu sont essentiellement d'ordre osmotique (Hoekstra *et al.*, 1992). Les raisons des variations de la germination des semences, voire de la mauvaise germination des semences de cette espèce sont alors à chercher ailleurs que dans des dommages d'imbibition. Plusieurs facteurs notamment la température et l'éclairage au cours de la germination peuvent affecter la germination des semences. Une étude sur les conditions optimales de germination des semences de cette espèce pourrait alors donner plus de détails sur les raisons qui justifient les faibles taux enregistrés.

Pour les semences de *Sclerocarya birrea*, bien que la différence entre les taux de germination ne soient pas très grandes suivant les températures de trempage (Figure 13), les résultats ont révélé une légère amélioration de la germination de semences de l'espèce lorsqu'elles étaient trempées avant le semis. Le trempage à 30°C pour les différentes durées testées ont donné les meilleurs résultats tandis qu'à 40°C les semences ont connu une réduction de leur pouvoir germinatif, réduction qui d'ailleurs était croissante avec la durée de trempage. Nos résultats sont semblables à ceux obtenus par Sacandé *et al.*, (1998) qui avaient situé à 30-35°C la meilleure température d'imbibition pour les semences de Neem. Les autres températures testées (5°C et 15°C) pour cette espèce sans se monter réellement néfastes pour les semences de l'espèce peuvent être qualifiées de non optimales pour l'imbibition des semences de *Sclerocarya birrea*.

Les résultats obtenus avec les semences de *Khaya senegalensis* (Figure 14) ont montré qu'elles étaient peu sensibles aux températures comprises entre 0°C et 50°C. L'endocarpe des semences de cette espèce joue alors un rôle protecteur essentiel contre les dommages d'imbibition. Des tests aux températures extrêmes sur le même lot de semences (données non présentées) ont montré que les semences nues (sans endocarpe) sont extrêmement sensibles au stress d'imbibition. La réduction bien que mineure de la germination avec l'augmentation de la durée d'imbibition à 0°C indique que les semences peuvent être sujettes à des dommages si elles sont trempées à des températures relativement basses pour de longues durées (24 à 48 heures). Quant au trempage à des températures > 50°C il est tout simplement à proscrire pour cette espèce vue qu'aucune semence n'a survécu après seulement 2 heures d'imbibition à 60°C. Le prétraitement conseillé pour les semences de *Khaya senegalensis* est le trempage à l'eau pour 48 heures avant le semis sans aucune précision sur la température de l'eau. Cela peut conduire à des confusions et nous pensons qu'à l'avenir certaines précisions doivent être apportées sur les différents prétraitements conseillés par le CNSF pour les différentes semences locales. Les présents résultats ont le mérite alors de relancer la réflexion sur certains types de prétraitements appliqués aux semences avant le semis. Ces prétraitements sont essentiellement le trempage (en général aucune précaution n'est prise pour la température), l'ébouillantage et surtout la cuisson. En effet, ces prétraitements sont comparables à des tests d'imbibition et ainsi, au lieu de lever d'éventuelles dormances des semences, ils peuvent être destructeurs pour ces dernières si des précautions particulières ne sont pas prises lors de leur application.

Pour revenir à l'espèce controversée qu'est le Neem, les résultats obtenus avec cette espèce sont caractéristiques de ceux d'une espèce sensible au stress d'imbibition. Ces résultats ont mis clairement en évidence l'effet de la teneur en eau des semences (Figures 15, 16 et 17) sur leur sensibilité aux températures d'imbibition. Au fur et à mesure que la teneur en eau des semences diminue, la sensibilité des semences à l'imbibition aux basses températures (0-20°C) augmente (Figure 15). Ceci est en parfaite adéquation avec les résultats de Sacandé, (2000) qui indique que les semences de Neem devenaient très sensibles aux températures d'imbibition lorsque leur teneur en eau était réduite en dessous de 12%. Selon Sacandé (op. cit.), la réhydratation contrôlée à des T° élevées (jusqu'à 40°C) améliore considérablement

le pourcentage de germination, ce qui lui permet de conclure que la graine de Neem peut subir une forte déshydratation sans perdre sa viabilité. Toutefois, la teneur en eau en-dessous de laquelle les graines ne germent plus est difficile à déterminer du fait que de telles graines séchées deviennent extrêmement sensibles au stress d'imbibition précédant la germination.

Les figures 15 et 16 ont montré que la durée d'imbibition est également un facteur important dans l'étude des dommages liés aux températures d'imbibition. Cet effet de la durée d'imbibition est beaucoup plus net surtout aux températures extrêmes comme le montre la figure 15. Cette sévérité des dommages aux semences avec l'augmentation de la durée d'imbibition peut s'expliquer par une perte plus importante de solutés par les semences lorsqu'elles sont trempées à des températures non optimales (Hoekstra *et al.*, 1992). Nos résultats basés uniquement sur des tests macroscopiques que sont les essais de germination ne nous permettent pas de pousser plus loin la description des dommages réels causés par le stress d'imbibition aux semences qui y sont sensibles. Cependant notre travail se veut pionnier vu que très peu d'informations existent en général sur la physiologie des semences d'origine tropicale et en particulier sur leur sensibilité à certains stress tels que le stress hydrique, la salinité (tolérance au sel) et bien sûr le stress d'imbibition. Pour le cas précis des semences de Neem, des investigations avec des techniques plus poussées notamment la Résonance Paragnatique Electronique (pour l'étude des membranes cellulaires), la microscopie électronique (pour l'étude des structures cellulaires) et le GCMS (pour l'étude des variations moléculaires dues au stress d'imbibition). Nous vous proposons en annexe quelques images des dommages sur les semences de Neem liés au stress d'imbibition obtenues par microscopie électronique selon Neya *et al.*, (2003).

Conclusion partielle

A partir de nos résultats obtenus nous pouvons avancer les conclusions suivantes :

→ La sensibilité des semences au stress d'imbibition même si elle est très répandue au niveau des semences d'origine tropicale, est très variable pour ce qui est de son degré d'une espèce à une autre ;

→ Les semences de *Neem* peuvent être séchées à des niveaux de teneur en eau relativement bas (<8%) et garder une très forte viabilité (>80%), si toute fois leur réhydratation est faite à des températures adéquates (30-40°C). Elles ont alors un comportement très proche de celui des semences orthodoxes comme l'ont d'ailleurs suggéré certaines études antérieures (Dickie et Smith, 1990 ; Bellefontaine et Roederer, 1992, cités par Sacandé, 2000) ;

→ La sensibilité au stress d'imbibition même si elle n'est pas la raison totale, peut expliquer en partie la controverse dans la littérature sur la tolérance à la dessiccation et la conservation des semences de *Neem* ;

→ Les résultats obtenus avec les semences de *Khaya senegalensis* (Figure 14) ont montré qu'elles étaient peu sensibles aux températures comprises entre 0°C et 50°C. L'endocarpe des semences de cette espèce joue alors un rôle protecteur essentiel contre les dommages d'imbibition ;

→ Quant aux semences de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* nous pensons qu'elles sont des semences orthodoxes mais des travaux supplémentaires sont nécessaires pour une détermination des conditions optimales respectives de leur germination. Les semences de ces deux espèces sont peu sensibles au stress d'imbibition dans les conditions précises de la présente étude.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION

La reforestation à travers surtout les plantations est devenue une pratique courante au Burkina Faso. L'on comprend donc l'importance de la qualité physiologique et génétique et partant d'une bonne germination des graines. Or pour les besoins de réussir les reboisements, il est indispensable d'avoir une bonne connaissance de la physiologie des semences. Et c'est pour avoir une bonne compréhension des mécanismes impliqués dans ce processus, que la présente étude a été menée.

La présente étude intitulée : "Stades de maturité des fruits, Tolérance à la dessiccation, Conservation et Sensibilité au stress d'imbibition des semences d'*Azadirachta indica* de *Khaya senegalensis* de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea*" a montré que :

La récolte des fruits de *Lannea microcarpa* et de *Sclerocarya birrea* après la formation des fruits pouvait se réaliser à partir du moment où les fruits ont un épicarpe vert mais avec un endocarpe bien lignifié jusqu'à ce que ceux-ci atteignent une couleur indiquant le stade de leur maturité totale. La récolte des fruits qui est conseillée au moment où les fruits ont atteint leur biomasse maximale, est une constatation autorisant la collecte des "raisiniers" et des "pruniers d'Afrique" dans une optique de reboisement, avant la maturité gustative et donc permet au reboiseur de ne pas rentrer en compétition avec les populations locales pour la cueillette des fruits.

La maturité des fruits ne semble pas être un facteur décisif en ce qui concerne la germination, mais cela n'est peut être pas vrai lorsque l'on parle de conservation. C'est en tout cas l'avis de Bellefontaine et Audinet (1992), pour qui la maturité des fruits semble être un facteur décisif lorsqu'il s'agit de conservation et non lorsque l'on parle de germination.

Quant aux semences de Neem, leur sensibilité au stress d'imbibition est bien sûre fonction de la température de trempage, mais cette sensibilité est largement affectée par la teneur en eau des semences. Les semences de cette espèce sont parfaitement tolérantes à la dessiccation à condition que des précautions

particulières soient prises au moment de la réhydratation pour leur éviter tout dommage lié à la température d'imbibition.

Cette sensibilité des semences de Neem au stress d'imbibition pourrait en partie justifier les conclusions contradictoires quant au comportement vis à vis de la dessiccation et de la conservation des semences de Neem. De notre avis les semences de cette espèce sont des semences orthodoxes mais qui nécessitent des précautions particulières au cours de leur manipulation.

Quant aux semences de *Khaya senegalensis*, le fait qu'elles soient insensibles au stress d'imbibition dans la franche de températures 0°C à 50°C et leur faible teneur en eau au moment de la récolte nous amènent à les assimiler à des semences orthodoxes. Mais des semences de conservation en cours notamment sur les sensibilités aux basses températures de conservation permettrons de conclure définitivement sur le comportement des semences de cette espèce. Elles ont été qualifiées de semences intermédiaires par Hong et Ellis (1998) à cause de leur sensibilité aux basses températures (de l'ordre de -20°C) de conservation.

Nous tenons à clore notre mémoire par une suggestion qui va dans le sens d'une meilleure sécurisation des installations du CNSF et surtout dans le sens de la trouvaille d'une alternative aux coupures d'électricité. Notre suggestion a le souci de protéger les essais formidables en cours et l'équipement combien chers au niveau du Laboratoire qui à notre avis est la cheville ouvrière de la maison.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

AUBREVILLE A., (1950). Flore forestière soudano-guinéenne A.O.F. – Cameroun – A.E.F. Sociétés d'éditions géographiques, maritimes et coloniales – Paris.

BATIONO E., (1990). Etude de la distribution de *Agnogeissus leiocarpus* (DC) Guill. Et Perr. et de *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. Mémoire de Fin d'Etude, IDR/UPB, 97.

BELLEFONTAINE R. (1992). La conservation de graines de *Triplochyton scleroxylon* K. Schum. Dans Les problèmes de semences forestières notamment en Afrique. Actes finaux du symposium du Groupe de Travail IUFRO P.2.04.00 "Problème de semences". Ouagadougou, Burkina Faso, 23-28 novembre 1992. L.M. Somé et M. de Kam (Eds). Backhuys Publishers, Leiden, the Netherlands. Pp. 275-279.

BELLEFONTAINE R. (1992). Prétraitement des semences forestières. Dans Les problèmes de semences forestières notamment en Afrique. Actes finaux du symposium du Groupe de Travail IUFRO P.2.04.00 "Problème de semences". Ouagadougou, Burkina Faso, 23-28 novembre 1992. L.M. Somé et M. de Kam (Eds). Backhuys Publishers, Leiden, the Netherlands. Pp. 143-153.

BELLEFONTAINE R. et AUDINET M. (1992). La conservation de graines de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.). Dans Les problèmes de semences forestières notamment en Afrique. Actes finaux du symposium du Groupe de Travail IUFRO P.2.04.00 "Problème de semences". Ouagadougou, Burkina Faso, 23-28 novembre 1992. L.M. Somé et M. de Kam (Eds). Backhuys Publishers, Leiden, the Netherlands. Pp. 268-274.

BERHAUT J., (1967). Flore du Sénégal – éditions clairafrique, Dakar. 485 p.

BRAULT N. et J.- P. CAMPAGNA (1992). Le traitement des semences : de la cueillette au <<frigo>>. Dans Les semences forestières. Compte rendu du colloque les 12 et 13 février 1992. Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts, Direction de la recherche, Service du transfert de technologie. Pp. 129-134.

CAMPAGNA J.- P. (1992). La recherche et l'innovation technologique pour la production de semences forestières de qualité. Dans Les semences forestières. Compte rendu du colloque les 12 et 13 février 1992. Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts, Direction de la recherche, Service du transfert de technologie. Pp. 1-2.

CHAUVET M., (2002). Ressources Végétales de l'Afrique Tropicale. Précurseur – Programme PROTA, Wageningen, Pays-bas. Pp. 144 – 148

COME D., (1970). Les obstacles à la germination. Masson et Compagnie – Paris, 160 p.

COME D., (1992). Rôle des facteurs du milieu dans la germination et la survie des semences. Dans Les problèmes de semences forestières notamment en Afrique. Actes finaux du symposium du Groupe de Travail IUFRO P.2.04.00 "Problème de semences". Ouagadougou, Burkina Faso, 23-28 novembre 1992. L.M. Somé et M. de Kam (Eds). Backhuys Publishers, Leiden, the Netherlands. Pp. 131-142.

COMPAORE A., (1991). Détermination des normes définitives de la préparation des graines de : *Acacia albida* Del. – *Acacia nilotica* Var *adansonii* (Guil et Perrot) O. Ktze – *Acacia senegal* (L) Willd – *Prosopis juliflora* (S.W.) D.C. Mémoire de Fin de Cycle, Dinderesso/ ENEF, 61 p.

DA S., (1989). Etude de l'influence de la température et de la lumière sur la germination des semences de *Acacia raddiana*, *Acacia senegal*, *Albizia lebbek* et *Terminalia mantaly*. Etude des prétraitements à leur appliquer et la détermination de leur viabilité par le tétrazolium chloride. Mémoire de Fin d'Etude, IDR/UPB, 89 p.

DEVERNAY S., (1994). Introduction du Neem, arbre exotique au Burkina Faso. Bilan socio-économique. ORSTOM/IRD, Ouagadougou, 59 p.

FAO, (1992). Guide de manipulation des semences forestières. Etude FAO 20/2, ROME 444 p.

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'Etude, IDR/UPB, 94 p.

GAMENE C.S., (1995). Etude de la conservation des semences forestières. Rapport CNSF n°14, ISSN 10186-7065. 25 P.

GAMENE C.S., (1995). Effet de la température, de la teneur en eau et de la méthode de conservation sur la germination et le maintien de la viabilité des semences de quelques espèces forestières récoltées au Burkina Faso. Rapport n° 15 CNSF, 39 p.

GAMENE C.S., (1998). Conservation des semences orthodoxes, intermédiaires et récalcitrantes. IPGRI. Dans Vers une approche régionale des ressources génétiques forestières en Afrique sub-saharienne. Actes du premier atelier régional de formation sur la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques forestières en Afrique de l'Ouest, Afrique centrale et Madagascar, 16-27 mars 1998, CNSF, Ouagadougou. Burkina Faso. A. S. Ouédraogo et J.- M. Boffa, (Eds). IPGRI, Via delle Sette Chiese 142,00145 Rome, Italie. Pp. 162-169.

GAMENE C.S., KRAAK H.L., De Vos C.H.R. (1999). Storage of Neem seeds from Burkina Faso. *Seed Science and Technology*, n° 24. Pp. 124 – 132.

HOEKSTRA F.A., VAN ROEKEL T., (1988). Desiccation tolerance of *Papaver dubium* L. pollen during its development in the anther: possible role of phospholipid composition and sucrose content. *Plant Physiol* 88. Pp 626-632.

HOEKSTRA F.A., CROWE J.H., CROWE L.M., (1992). Germination and ion leakage are linked with phase transitions of membrane lipids during imbibition of *Typha latifolia* pollen. *Plant Physiol* 84. Pp 29-34.

HOEKSTRA F.A., GOLOVINA E.A., (1999). Membrane behaviour during dehydration: Implications for desiccation tolerance. *Russian J. Plant Physiol* 46. Pp 295-306.

HONG and ELLIS, (1998). Contrasting seed storage behaviour among different species of Meliaceae. *Seed Science and Technology*; ISSN 0251-0952; VOL. 26; NO 1; Pp. 77-95.

IPGRI, (2000). Programme de ressources génétiques forestières en Afrique au sud du Sahara. Réseau "Espèces Ligneuses Alimentaires". Compte rendu de la première réunion du Réseau. CNSF, Ouagadougou, Burkina Faso. O. Eyog Matig, O. Gandé Gaoué et B. Dossou, éditeurs. 235 p.

ISTA, (1985). International Rules for Seeds Testing. *Seed science and technology*, n° 13. Pp 239-355.

ISTA, (1993). International Rules for Seeds Testing. Règles internationales pour les essais de semences. *Seed science and technology*, n° 21. Pp 25-30, 37-41.

ISTA, (1996). Screening protocol for comments (updated during workshop 28th March – 2nd April). 5 p.

ISTA, (1999). Règles internationales pour les essais de semences. *Seed science and technology*, Volume 27, Supplement 1. Pp 1-30.

LOMPO M.Y., (1990). Etude de la dormance et identification des inhibiteurs de germination ou de croissance au niveau des semences de *Terminalia avicennioides* Guill et Perr, *Terminalia macroptera* Guill et Perr et *Terminalia mantaly* Perrier. Mémoire de Fin d'Etude, IDR/UPB, 82 p.

MAYDELL H.J. Von., (1983). Arbres et arbustes du Sahel : leurs caractéristiques et leurs utilisations. Edition Eschorn ; 531 p.

MERCIER S. (1992). A chaque espèce, son temps de récolte. Dans Les semences forestières. Compte rendu du colloque les 12 et 13 février 1992. Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts, Direction de la recherche, Service du transfert de technologie. Pp. 103-112.

NEYA O., (1999). Etude des stades de développement des fruits de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.). Mémoire de Fin d'Etudes, IDR/UPB, 57 p.

OUMAROU D., (1991). Etude de l'influence de la température et de la lumière sur la germination des semences de quelques espèces sahéliennes. Mémoire de Fin d'Etudes, IDR/UPB, 63 p.

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 14-22.

ROBITAILLE J. (1992). Des semences de qualité pour optimiser les résultats du programme de reboisement. Dans Les semences forestières. Compte rendu du colloque les 12 et 13 février 1992. Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts, Direction de la recherche, Service du transfert de technologie. Pp. 3-8.

ROUSSEL J., (1996). Pépinières et plantations forestières en Afrique tropicale sèche. Institut sénégalais de recherches agricoles. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.

SACANDE M., (1986). Influence de la température et de la lumière sur la germination des semences de 10 espèces ligneuses récoltées au Burkina Faso. Mémoire de Fin d'Etudes, IDR/UPB, 93 p.

SACANDE M. et SOME L.M., (1992). Influence de la lumière et de la température sur la germination des graines de neuf espèces forestières récoltées au Burkina. Dans Les problèmes de semences forestières notamment en Afrique. Actes finaux du symposium du Groupe de Travail IUFRO P.2.04.00 "Problème de semences". Ouagadougou, Burkina Faso, 23-28 novembre 1992. L.M. Somé et M. de Kam (Eds). Backhuys Publishers, Leiden, the Netherlands. Pp. 180-191.

SACANDE M., VAN PIJLEN J.P., DE VOS C.H.R., HOEKSTRA F.A., BINO R.J., 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. Pp. 103-106.

SACANDE M., VAN PIJLEN J.P., HOEKSTRA F.A., GROOT S.P.C., (1998). A multifactorial study of conditions influencing Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) seeds storage longevity. *Seed science Research* 8. Pp. 473-482.

SACANDE M., (2000). A multifactorial study of conditions influencing the longevity of Neem. In *Stress, storage and survival of Neem Seed*. Pp. 27-40.

SAWADOGO E.C., (1989). Contribution à l'étude de la phénologie et de la collecte de graines de quelques espèces forestières ligneuses au Burkina Faso. Mémoire de Fin d'Etudes, IDR/UPB, 104 p.

SENARATNA T., MCKERSIE B.D., (1983). Characterization of solute efflux from dehydration injured soybean (*Glycine max* L. Merr) seed. *Plant Physiol* 72. Pp 911-914.

SOME N.A., (1991). Etude des phénomènes germinatifs et des plantules de quelques essences locales de Mimosaceae. Mémoire de Fin d'Etude, IDR/UPB, 106 p.

TOLKAMP G.W., BALIMA R., BELEM B., et OUEDRAOGO L.G., (1992). Evaluation d'une première sélection de *Khaya senegalensis* (caïllédrot) au Burkina Faso. Rapport CNSF n°2. 29 p.

YAMEOGO J., (1997). Etude des caractéristiques de conservation des graines de *Azadirachta indica* A. Juss. récoltées au Burkina Faso. Mémoire de Fin d'Etude, IDR/UPB, 89 p.

ANNEXES

ANNEXE 1 : RESULTATS DETAILLES DES DIFFERENTS TESTS EFFECTUES SUR LES SEMENCES DE NEEM

Annexe 1.1 Pourcentage moyen de germination des graines de Neem suivant le niveau de dessiccation

	Niveau de dessiccation (en %)				
	Témoin	15	12	8	4
Teneur en eau réelle après séchage (en %)	29,32	12,64	11,2	8,2	5,02
Taux de germination (en %)	95	82	85	78	70

Annexe 1.2 : Résultats détaillés de l'ensemble des tests d'imbibition faits avec les différents lots de semences de Neem

- Cas des semences fraîches

Tei (%)	T (°C)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)
Témoin 29,32	0	5	93	15	89	30	93	45	98	60	100	90	94	120	97	/	/
	10	30	100	60	99	90	97	120	100	150	100	180	97	210	93	240	96
	20	30	96	60	96	90	99	120	96	150	97	180	88	210	100	240	98
	30	30	100	60	98	90	98	120	98	150	100	180	98	210	100	240	95
	40	30	95	60	93	90	96	120	95	150	92	180	98	210	96	240	87
	50	5	95	15	93	30	96	45	94	60	96	90	98	120	90	/	/
	60	5	93	15	96	30	100	45	89	60	99	90	95	120	95	/	/

- Cas des semences de 12,64% TE

Tec	T (°C)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)
15%	0	5	88	15	91	30	83	45	91	60	87	90	73	120	44	/	/
	10	30	82	60	85	90	88	120	82	150	95	180	93	210	90	240	87
	20	30	89	60	94	90	90	120	95	150	89	180	89	210	94	240	93
	30	30	78	60	88	90	75	120	93	150	93	180	87	210	88	240	91
	40	30	87	60	88	90	89	120	76	150	91	180	93	210	94	240	90
	50	5	93	15	84	30	87	45	77	60	94	90	95	120	85	/	/
	60	5	91	15	90	30	91	45	95	60	90	90	89	120	84	/	/

- Cas des semences de 11,2% TE

Tec	T (°C)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)
12%	0	5	89	15	81	30	83	45	88	60	77	90	77	120	54	/	/
	10	30	86	60	84	90	96	120	86	150	92	180	93	210	89	240	90
	20	30	86	60	88	90	88	120	93	150	87	180	84	210	94	240	83
	30	30	87	60	80	90	83	120	84	150	90	180	83	210	87	240	80
	40	30	87	60	88	90	84	120	88	150	84	180	89	210	92	240	85
	50	5	85	15	92	30	82	45	81	60	84	90	88	120	73	/	/
	60	5	84	15	84	30	80	45	84	60	81	90	12	120	1	/	/

- Cas des semences de 8,2% TE

Tec	T (°C)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)	t (mn)	TGE (%)
8%	0	5	66	15	54	30	53	45	57	60	60	90	35	120	34	/	/
	10	30	61	60	60	90	40	120	62	150	47	180	50	210	54	240	40
	20	30	68	60	74	90	84	120	80	150	73	180	73	210	71	240	69
	30	30	86	60	85	90	84	120	77	150	70	180	84	210	89	240	78
	40	30	66	60	68	90	82	120	70	150	77	180	79	210	70	240	73
	50	5	78	15	71	30	65	45	84	60	78	90	70	120	64	/	/
	60	5	73	15	75	30	64	45	75	60	70	90	50	120	03	/	/

Légende :

Tei = Teneur en eau initiale

Tec = Teneur en eau ciblée

Témoin = graines fraîches

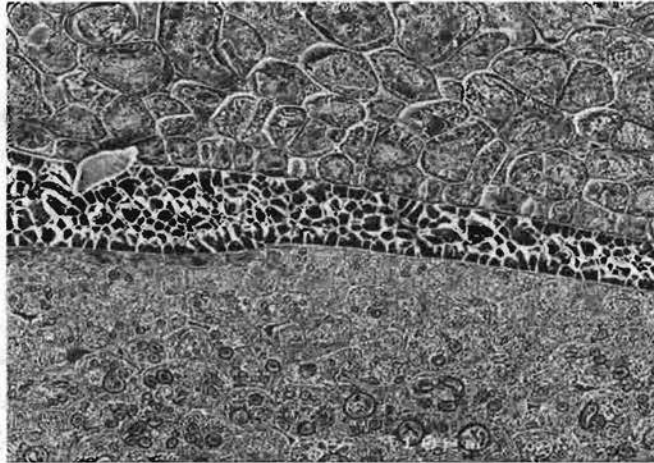
T (°C) = Température de l'eau en degrés Celsius

t(mn) = temps de trempage en minutes

TGE (%) = Taux de germination

ANNEXE 2 : PHOTOGRAPHIES A L'AIDE DE MICROSCOPE ELECTRONIQUE DE SEMENCES DE NEEM (même collection de semences que la nôtre) IMBIBEES A DIFFERENTES TEMPERATURES

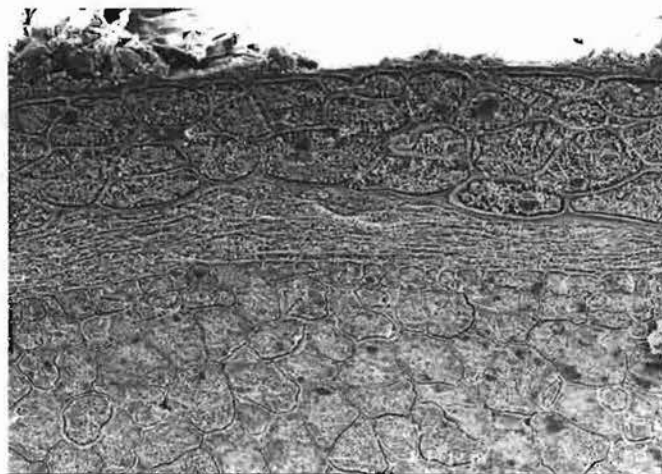
Annexe 2.1 : Structure cellulaire d'une semence de Neem trempée dans l'eau à 0°C pour une durée d'une heure



Source : Neya et co-travailleurs, Laboratory of plant physiology, University of Wageningen, Netherlands.

Après une heure de trempage à basse température ils ont constaté que toute la partie externe (endosperme) de la semence est complètement endommagée (cellules mortes).

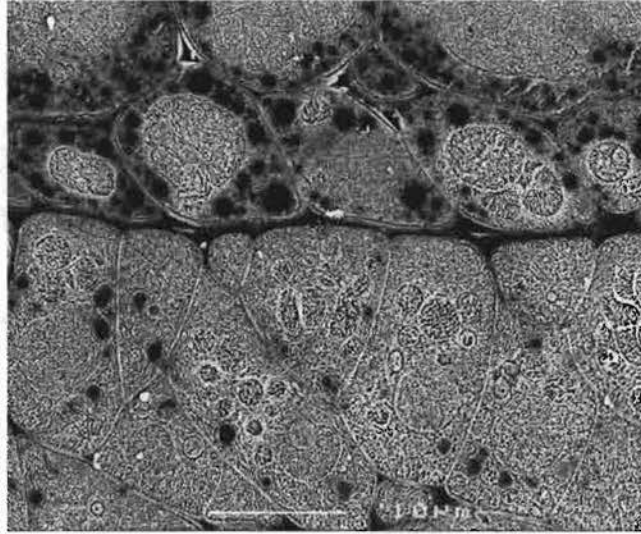
Annexe 2.2 : Structure cellulaire d'une semence de Neem trempée dans l'eau à 0°C pour une durée de quatre heures



Source : Neya et co-travailleurs, Laboratory of plant physiology, University of Wageningen, Netherlands.

Après quatre heures de trempage à basse température ils ont constaté que toute la semence est complètement endommagée (cellules mortes).

Annexe 2.3 : Structure cellulaire d'une semence de Neem trempée dans l'eau à 30°C pour une durée d'une heure



Source : Neya et co-travailleurs, Laboratory of plant physiology, University of Wageningen, Netherlands.

Après une heure de trempage à une température adéquate ils ont constaté que toute la semence présente des cellules viables dans l'ensemble de ses parties constituantes (endosperme, axe embryonnaire et cotylédons).