

RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE  
*Union-Discipline-Travail*

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Nangui Abrogoua

N° d'ordre : 189

UFR des Sciences de la Nature

Pôle de Recherche de Biologie et Amélioration des Productions Végétales

**THESE DE DOCTORAT UNIQUE  
DE L'UNIVERSITE NANGUI ABROGOUA**

Spécialité : **Phytotechnie**

Option : **Biologie et Protection des végétaux**

**Amélioration de l'itinéraire technique de production de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsumara et Nakai (Cucurbitaceae) par l'optimisation du calendrier de semis, la fréquence de désherbage et la fréquence d'application d'insecticide à Manfla (Côte d'Ivoire)**

Présentée par

**GORE BI BOH NESTOR**

*Mémoire soutenu le 02 avril 2014, devant le jury composé de :*

Prof. OTCHOUMOU Atcho,	Professeur Titulaire,	UNA,	Président
Prof. ZORO BI Irié Arsène,	Professeur Titulaire,	UNA,	Directeur de thèse
Prof. N'GUETTA Assanvo Simon-Pierre,	Professeur Titulaire,	UFHB,	Rapporteur
Prof. DOUMBIA Mamadou,	Maître de Conférences,	UNA,	Rapporteur
Prof. TRA BI FEZAN Honora,	Maître de Conférences,	UNA	Examineur
Prof. DEMBELE Ardjouma,	Maître de Recherches,	LANADA,	Examineur

## Résumé

---

La valorisation des cultures locales est reconnue comme une stratégie prometteuse pour la réduction de la pauvreté en milieu paysan. La forme oléagineuse de la cucurbité *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsumara et Nakai (Cucurbitaceae) est une plante très prisée pour ses graines dans les sociétés traditionnelles et modernes africaines. La conduite traditionnelle de sa culture est la cause principale de la faiblesse de son rendement dans les zones de production. Afin d'améliorer sa production, des investigations portant sur trois facteurs de production (calendrier de semis, désherbage et traitement insecticide) ont été menées à Manfla (Gohitafla, Côte d'Ivoire). A cet effet, dix dates de semis ont été testées. Parmi celles-ci, ce sont les semis du 15 mars et du 1<sup>er</sup> avril de la première saison culture et les semis du 1<sup>er</sup> août de la seconde saison culture qui ont permis d'obtenir des rendements élevés. En ce qui concerne le désherbage, trois fréquences et deux traitements témoins ont été expérimentés pendant deux saisons de culture. Les résultats ont indiqué que deux désherbages à la phase végétative, précisément à 50 % des plantes en début de rampement et à 50 % des plantes portant des fleurs mâles sont nécessaires pour améliorer la production de la forme oléagineuse à la première saison de culture. A la seconde saison de culture, en cas de pluviométrie abondante, un troisième désherbage à 50 % des plantes portant des fleurs femelles s'avère utile. Pour le troisième facteur de production (traitement insecticide), nous avons déterminé le nombre minimum d'applications de l'insecticide cypercal EC 50 (à base de cyperméthrine) pour prévenir les pertes du rendement. Il résulte de l'analyse de quatre fréquences d'applications d'insecticide et du traitement témoin que les parcelles pulvérisées deux fois à 50 % de l'émergence des plantules et à 50 % du rampement des plantes donnent les meilleures valeurs du rendement. Toutefois, si la pluviométrie est abondante, une troisième pulvérisation s'avère utile et doit être appliquée à 50 % de la floraison mâle. Aussi, *Asbecesta cyanipennis* (Harold.) (Coleoptera : Chrysomelidae), *Lilioceris livida* (Dalman.) (Coleoptera : Chrysomelidae), *Aulacophora foveicollis* (Weise.) (Coleoptera : Chrysomelidae), *Agelastica alni* (Linn.) (Coleoptera : Chrysomelidae) et *Henosepilachna elaterii* (Rossi) (Coleoptera : Coccinellidae) ont été identifiées comme les principaux insectes ravageurs de cette cucurbité oléagineuse. Sur la base des résultats acquis au cours des trois expérimentations, un itinéraire technique amélioré de production de la forme oléagineuse de *C. lanatus* a été élaboré. Cette approche culturelle a été validée en milieu paysan en la comparant à celle régulièrement pratiquée par les productrices. L'analyse des résultats relatifs à cette expérimentation montre que le rendement en graine des plantes issues des parcelles tests (0,32 t/ha) est en moyenne 2 fois plus élevé que celles des femmes productrices (0,16 t/ha).

**Mots-clés :** *Citrullus lanatus*, Calendrier de semis, Fréquence de désherbage, Fréquence d'application d'insecticide, Système de culture, Rendement, Côte d'Ivoire.

## Remerciements

---

Ce document, qui est un mémoire en vue d'obtenir le grade de Docteur de l'Université Nangui Abrogoua, rentre dans le cadre d'un projet de recherche intitulé « Valorisation des cultures vivrières mineures de la Côte d'Ivoire : cas des pistaches (Cucurbitaceae à graines consommées en sauce) ». Supervisé par la Commission Universitaire pour le Développement (CUD) et financé par la Coopération Belge au Développement (DGCD), ce projet est piloté par l'Université Nangui Abrogoua (UFR des sciences de la nature) en partenariat avec la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (UER de Phytotechnie Inter tropicale et d'horticulture). Que les autorités de ces institutions soient remerciées.

Je voudrais remercier le Professeur Tano yao, président de l'Université Nangui Abrogoua et le Professeur Djé yao, doyen de l'UFR-SN pour m'avoir donné l'autorisation de présenter de cette thèse.

Je voudrais exprimer ma profonde gratitude au Professeur Zoro Bi Irié Arsène mon Maître, promoteur de ce travail, pour son soutien moral, ses conseils judicieux, sa rigueur et son entière disponibilité. Voyez, en ce travail, l'aboutissement de votre effort remarquable.

Je voudrais également remercier le Professeur Otchoumou Atcho (Président du jury), le Professeur N'guetta Assanvo Simon-Pierre (Rapporteur), le Professeur Doumbia Mamadou (Rapporteur), le Professeur Tra Bi Fezan Honora (Examineur) et le Professeur Dembele Ardjouma (Examineur) pour leurs disponibilités et surtout pour leurs critiques et suggestions qui ont largement contribué à parfaire davantage ce document. Je n'oublie pas le Professeur Tanoh Hilaire qui a été un rapporteur de cette thèse.

Je n'oublie pas aussi le Professeur Jean-Pierre Baudoin (Universitaire de Liège Gembloux Agro Bio Tech) et le Professeur Dje Yao pour leur participation à ce travail.

Il m'est agréable de remercier vivement Dr Koffi Kouamé Kevin, Dr Kouakou Kouakou Laurent, Dr Kouassi Kouadio Ignace, Dr Kouonon Léonie Clémence, Dr Kouassi N'dri Jacob, Dr Loukou Leticia, Dr Adjoumani Koffi et Dr Bonny Beket Séverin qui, à travers les critiques et la lecture des versions successives de ce document, ont contribué à l'enrichissement de ma littérature et de ma recherche scientifique.

J'adresse, également, mes sincères remerciements aux étudiants du Groupe de Recherche sur les Cultures Mineures : Yao Kouakou Abessika Georges, Yao Koffi Bertin, Gnamien Yah Gwladys ainsi que tous les autres étudiants du laboratoire.

Je remercie également Dr Quattara Howélé pour la lecture de ce document.

Aux habitants de Manfla, de façon particulière à la famille de Tié Bi Djé Lucien et Gbambelé Bi Zaouli Bernard, je dis sincèrement merci.

J'ai une dette de gratitude toute spéciale envers mes frères, ma mère, mes sœurs et tous ceux qui, de près ou de loin, ont prié pour moi durant toutes ces années.

Je suis particulièrement reconnaissant à ma mère Boli Lou Younan et mon frère aîné Goré Bi Kaoulé Patrice, pour les efforts financiers consentis pour mes études.

Enfin, je réserve une attention particulière à ma compagne Irié Lou Tra Annick, à mon fils Goré Boh Bi Mizan Samuel, à mes filles Goré Boh Lou Fouanan Marie Prudence et Goré Boh Lou Monzan Marie Naomy.

A tous ceux qui m'ont apporté leur soutien et dont j'ai oublié de citer le nom, je vous prie de bien vouloir accepter mes omissions, sachez que ce travail n'aurait pas abouti sans votre soutien.

## Dédicace

---

*Je dédie ce travail à ma mère, **Bolou Lou Younan** et à mon aîné **Goré Bi Kaoulé Patrice** qui ont tant investi dans mon éducation et ma formation.*

*A la mémoire de mon défunt père, **Benié Bi Goré** pour l'attention qu'il m'a toujours accordée tout en souhaitant me voir porter un jour le titre de « Docteur ». C'est à lui que revient le mérite de m'avoir encouragé à poursuivre mes études jusqu'à ce stade. Je dédie également à la mémoire de ma fille **Goré Boh Lou Fezan Marie Françoise**, partie trop tôt.*

## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1. Deux cultigroupes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> .....	8
Figure 2. Appareil végétatif de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> portant des fruits .	10
Figure 3. Appareils reproducteurs d'une plante de la forme oléagineuse <i>Citrullus lanatus</i> .....	11
Figure 4. Diagramme ombrothermique de la région de la Marahoué pour l'année 1999-2008 .....	43
Figure 5. Localisation du site de Manfla dans le département de Zuenoula	47
Figure 6. Diagramme ombrothermique de la région de la Marahoué pour l'année 2006 .....	49
Figure 7. Diagramme ombrothermique de la région de la Marahoué pour l'année 2007 .....	49
Figure 8. Diagramme ombrothermique de la région de la Marahoué pour l'année 2008 .....	50
Figure 9. Variations annuelles de l'humidité de l'air à Manfla pour les années 2006, 2007 et	50
Figure 10. Localisation du site d'étude (UNA) dans le district Abijan.....	52
Figure 11. Diagramme ombrothermique d'Abidjan pour la période 1999-2008.....	53
Figure 12. Diagramme ombrothermique d'Abidjan pour la période 2008 .....	54
Figure 13. Variations annuelles de l'humidité de l'air à Abidjan pour les années 2008 .....	54
Figure 14. Graines moyennes du cultivar wlèwlè .....	57
Figure 15. Dispositif expérimental illustrant les dates de semis et les détails des points de semis dans les parcelles de la première saison de culture. ....	58
Figure 16. Dispositif expérimental illustrant les fréquences de désherbages et les détails des points de semis dans les parcelles .....	71

Figure 17. Dispositif expérimental illustrant les durées de l'enherbement de la phase reproductive et les détails des points de semis dans les parcelles .....	83
Figure 188. Dispositif expérimental relatif à la fréquence d'applications de l'insecticide et les détails des points de semis dans les parcelles .....	91
Figure 19. Coléoptères observés sur les feuilles de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> . a : feuille devoré par l' <i>Agelastica alni</i> ; b : feuille attaquée par <i>Henosepilachna elaterii</i>	94
Figure 20. Dégâts des insectes ravageurs sur la plante de <i>Citrullus lanatus</i> . .....	95
Figure 21. Dispositif expérimental relatif à la validation de l'itinéraire technique en milieu paysan. a : Parcelle test ; b : Parcelle témoin .....	109
Figure 22. Tas de baies et graines de <i>Citrullus lanatus</i> des parcelles tests et témoins. ....	112
Figure 23. Tas de baies et graines de <i>Citrullus lanatus</i> des parcelles tests et témoins. ....	113
Figure 24. Tas de baies et graines de <i>Citrullus lanatus</i> des parcelles tests et témoins. ....	114

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1. Ordres et familles d'insectes inféodés aux Cucurbitaceae .....	34
Tableau 2. Caractéristiques physico-chimiques du sol du site d'étude.....	51
Tableau 3. Traitements réalisés pour évaluer l'influence du calendrier de semis sur le rendement et ses composantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> .....	59
Tableau 4. Résultats des tests multivariés de significativité des trois facteurs sur les paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> .....	62
Tableau 5. Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> en fonction des saisons de culture indépendamment des dates de semis.....	63
Tableau 6. Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> en fonction des dates de semis à la première saison culturale.....	65
Tableau 7. Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> en fonction des dates de semis à la seconde saison culturale.....	66
Tableau 8. Traitements réalisés pour évaluer l'influence de la fréquence de désherbage sur le rendement de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> .....	72
Tableau 9. Résultats des tests multivariés de significativité de deux facteurs sur les paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> .....	73
Tableau 10. Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> en fonction des fréquences de désherbage au cours de la première saison culturale .....	75

Tableau 11. Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> en fonction des fréquences de désherbage au cours de la seconde saison culturale.....	76
Tableau 12. Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> en fonction des saisons de cultures et des fréquences de désherbage.....	77
Tableau 13. Traitements réalisés pour évaluer l'influence de la durée d'enherbement de la phase reproductive sur le rendement de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> .....	83
Tableau 14. Résultats de la MANOVA analysant l'effet de la durée de l'enherbement de la phase végétative sur sept paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> .....	84
Tableau 15. Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> en fonction des durées d'enherbement de la phase reproductive.....	86
Tableau 16. Traitements réalisés pour évaluer l'influence de la fréquence d'applications de l'insecticide sur le rendement de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> .....	91
Tableau 17. Quantité de produit insecticide utilisée en fonction des stades phénologiques sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> .....	92
Tableau 18. Résultats de la MANOVA analysant les effets de la saison de culture et de la fréquence d'application d'un insecticide foliaire sur huit paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> .....	93
Tableau 19. Ordres, familles, espèces et proportions des insectes collectés sur les feuilles, fleurs et fruits des plantes de la cucurbité oléagineuse <i>Citrullus lanatus</i> au sur l'ensemble des parcelles cours des deux saisons de culture à Manfla.....	96
Tableau 20. Influence de la fréquence d'applications d'un insecticide sur les insectes ravageurs de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> . .....	97

Tableau 21. Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> en fonction des fréquences d'applications de l'insecticide à la première saison culturale .....	99
Tableau 22. Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> en fonction des cinq fréquences d'applications de l'insecticide à la seconde saison culturale.....	100
Tableau 23. Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> en fonction des cinq fréquences d'applications de l'insecticide et les saisons culturales.....	101
Tableau 24. Résultats de la MANOVA analysant l'effet de la méthode de culture sur sept paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> .....	111
Tableau 25. Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> en fonction de la surface délimitée .....	111
Tableau 26. Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> en fonction des poquets.....	112
Tableau 27. Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i> en fonction du nombre de plantes .....	113

# TABLE DE MATIERE

---

---

RESUME.....	I
REMERCIEMENTS.....	II
DEDICACE.....	IV
LISTE DES FIGURES.....	V
LISTE DES TABLEAUX .....	VII
TABLE DE MATIERE.....	X
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE .....	5
<b>1. CUCURBITE OLEAGINEUSE <i>CITRULLUS LANATUS</i> (THUNB.) MATSUMARA ET NAKAI (CUCURBITACEAE) .....</b>	<b>6</b>
1.1. ORIGINE, DISTRIBUTION ET DOMESTICATION .....	6
1.2. POSITION SYSTEMATIQUE .....	8
1.3. BOTANIQUE .....	9
1.4. PHENOLOGIE.....	9
1.4.1. <i>Plantule</i> .....	9
1.4.2. <i>Appareil végétatif de la plante adulte</i> .....	9
1.4.3. <i>Appareils reproducteurs de la plante de la forme oléagineuse de <i>Citrullus lanatus</i></i> .....	10
1.4.4. <i>Fructification</i> .....	11
1.5. ÉCOLOGIE DE <i>CITRULLUS LANATUS</i> .....	11
1.5.1. <i>Température</i> .....	11

1.5.2. <i>Pluviométrie et irrigation</i> .....	12
1.5.3. <i>Photopériode</i> .....	12
1.5.4. <i>Humidité relative</i> .....	13
1.5.6. <i>Sol</i> .....	14
1.6. <b>IMPORTANCE SOCIO-ECONOMIQUE DES CUCURBITACEAE</b> .....	14
1.6.1. <i>Importance économique et sociale</i> .....	14
1.6.2. <i>Importance nutritionnelle</i> .....	15
1.6.3. <i>Importance médicinale</i> .....	15
1.6.4. <i>Importance agronomique</i> .....	15
1.7. <b>PHYTOTECHNIE DE <i>CITRULLUS LANATUS</i></b> .....	17
1.7.1. <i>Semis et repiquage</i> .....	17
1.7.2. <i>Entretien</i> .....	17
1.7.3. <i>Récolte</i> .....	18
1.7.4. <i>Traitement post-récolte</i> .....	18
1.8. <b>RENDEMENT</b> .....	19
<b>2. BASES TECHNIQUES DE LA PRODUCTION VEGETALE</b> .....	<b>20</b>
2.1. <b>CALENDRIER DE SEMIS</b> .....	20
2.1.1. <i>Influence des saisons de culture sur la production des plantes cultivées</i> .....	20
2.1.2. <i>Effet de la date de semis sur la production des cultures</i> .....	21
2.1.3. <i>Impact du calendrier de semis sur les ravageurs des cultures</i> .....	22
2.2. <b>PROFONDEUR DE SEMIS DES CULTURES</b> .....	23

2.2.1. <i>Influence de la profondeur de semis sur le rendement des cultures</i> .....	23
2.2.2. <i>Profondeur de semis et caractéristiques des graines</i> .....	24
2.3. FERTILISATION DES CULTURES .....	25
2.3.1. <i>Fertilisants</i> .....	25
2.3.2. <i>Influence des engrais minéraux sur la production des cultures</i> .....	25
2.3.3. <i>Influence des engrais organiques sur la production des cultures</i> .....	26
2.3.4. <i>Influence des engrais minéraux et des engrais organiques sur la production des cultures</i> .....	27
2.4. DENSITE DE SEMIS .....	27
2.4.1. <i>Influence de la densité de semis sur le rendement des cultures</i> .....	27
2.4.2. <i>Influence de la densité de semis sur les mauvaises herbes</i> .....	28
2.4.3. <i>Influence de la densité de semis sur les insectes ravageurs</i> .....	28
2.5. GESTION DES MAUVAISES HERBES .....	29
2.5.1. <i>Influence des mauvaises herbes sur la production des cultures</i> .....	29
2.5.2. <i>Effet de la période d'enherbement sur les Cucurbitaceae</i> .....	30
2.5.3. <i>Méthodes de luttés contre les mauvaises herbes</i> .....	30
2.5.4. <i>Fréquence de désherbage</i> .....	32
2.6. GESTION DES INSECTES.....	33
2.6.1. <i>Insectes inféodés aux Cucurbitaceae</i> .....	33
2.6.1.1. <i>Insectes bénéfiques des Cucurbitaceae</i> .....	34
2.6.1.2. <i>Insectes nuisibles et leurs dégâts sur les Cucurbitaceae</i> .....	34

2.6.2. Méthodes de lutte contre les insectes .....	35
2.6.3. Fréquence d'applications des insecticides.....	39
<b>3. MILIEUX D'ETUDE .....</b>	<b>41</b>
3.1. SITE DE MANFLA .....	41
3.1.1. Environnement physique .....	41
3.1.1.1 Climat.....	41
3.1.1.2. Végétation.....	42
3.1.2. Environnement social.....	43
3.1.2.1. Population agricole.....	43
3.1.2.2. Institutions chargées de la promotion agricole.....	44
3.1.3. Production agricole.....	44
3.1.3.1. Faiblesses de la production.....	44
3.1.3.2. Atouts de la production .....	45
3.1.3.3. Systèmes agricoles impliquant les cucurbites .....	46
3.1.4. Site d'expérimentation.....	46
3.1.4.1. Situation géographique .....	46
3.1.4.2. Pluviométrie, température et humidité.....	48
3.1.4.3. Sol.....	51
3.2. SITE D'ABIDJAN .....	51
3.2.1. Situation géographique .....	51
3.2.2. Pluviométrie, température et humidité.....	51



5.3. DISCUSSION.....	78
<b>6. REPOSE PRODUCTIVE DE LA FORME OLEAGINEUSE DE <i>CITRULLUS LANATUS</i> A L'ENHERBEMENT DE SA PHASE REPRODUCTIVE.....</b>	<b>81</b>
6.1. MATERIELS ET METHODES .....	82
6.1.1. Méthodes .....	82
6.1.2. Méthodes .....	82
6.2. RESULTATS.....	84
6.2.1. Détermination de significativité de la durée d'enherbement sur le redement et ses composante .....	84
6.2.2. Influence de la durée d'enherbement sur le redement et ses composantes.....	84
6.3 DISCUSSION.....	87
<b>7. INFLUENCE DE LA FREQUENCE D'APPLICATIONS D'INSECTICIDE SUR LA PRODUCTION DE LA FORME OLEAGINEUSE DE <i>CITRULLUS LANATUS</i> .....</b>	<b>89</b>
7.1. MATERIELS ET METHODES .....	89
7.1.1. Matériels.....	89
7.1.2. Méthodes .....	90
7.2. RESULTATS.....	93
7.3. DISCUSSION.....	102
<b>ESSAI DE VALIDATION D'UN ITINERAIRE TECHNIQUE AMELIORE DE PRODUCTION DE LA FORME OLEAGINEUSE DE <i>CITRULLUS LANATUS</i> .....</b>	<b>107</b>
8.1. MATERIEL ET METHODES.....	107
8.1.1. Matériel végétal.....	107
8.1.2. Méthodes .....	107

8.2. RESULTATS.....	110
8.3. DISCUSSION.....	114
<b>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>117</b>
<b>RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>119</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>121</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>151</b>

## INTRODUCTION

---

L'un des défis majeurs des pays du tiers monde est de parvenir à assurer la sécurité alimentaire de leur population en constante croissance. Sur un total de 874 millions de personnes sous-alimentées dans le monde, plus de 3/4 (798 millions) vivent dans les pays en développement (Ker, 1995; Kishindo, 1996). L'agriculture tropicale n'a pas toujours atteint des niveaux de productivité suffisants pour résoudre les problèmes de sous-alimentation malgré que ce secteur emploie plus de 85 % de la population active (Baudoin, 2001; Rena, 2007). La politique agricole et les travaux de recherche agronomique conduits dans le passé ont négligé les cultures vivrières au profit des cultures industrielles. Une telle politique a contribué au problème d'insécurité alimentaire dans les pays africains. Dans le contexte de forte croissance démographique, la diversification et l'augmentation de la production alimentaire passent nécessairement par la valorisation des ressources locales (Achu *et al.*, 2005; Taffouo *et al.*, 2007).

La valorisation de la production locale contribue non seulement à promouvoir le marché interne et les exportations, mais elle conduit aussi, de manière significative, à la sécurité alimentaire de millions de personnes qui tirent leur subsistance de l'agriculture. La plupart des pays africains possèdent beaucoup de ressources génétiques non encore exploitées dans le domaine agricole. Parmi celles-ci, figurent les Cucurbitaceae. Cette famille renferme plusieurs espèces connues sous la dénomination « Egussi » dans certains pays de l'Afrique de l'ouest comme le Nigeria (Ojeniyi *et al.*, 2012), le Benin, le Togo et le Ghana (Achigan-Dako *et al.*, 2006). En Côte d'Ivoire, des cinq espèces de cucurbites oléagineuses connues sous le nom générique de « Pistache », *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsumara et Nakai (Cucurbitaceae) est la plus cultivée dans les zones de production (Zoro Bi *et al.*, 2003; Adjoumani *et al.*, 2012). Les graines décortiquées de *C. lanatus* font l'objet d'un important commerce sur les différents marchés locaux et urbains, au même titre que certaines plantes vivrières largement cultivées telles que l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) (Fabaceae), le maïs (*Zea mays* L.) (Poaceae), le voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) (Fabaceae) etc. Elle constitue, aujourd'hui, une source de revenus complémentaire pour les productrices (Zoro Bi *et al.*, 2003).

Malgré l'importance socio-économique et culturelle de cette espèce, sa culture dans les différents agro-systèmes est toujours pratiquée traditionnellement par les femmes sur de

petites superficies (Djè *et al.*, 2006). Les systèmes culturels traditionnels dans les régions tropicales ne permettent pas toujours à la plante d'exprimer son potentiel réel de production. Par conséquent, pour aider à l'amélioration de la production, une phytotechnie plus performante s'avère nécessaire (Tifton *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2012). Généralement, les programmes de recherches visant l'augmentation du rendement des plantes s'orientent, en ce qui concerne les cucurbitacées, vers certains traitements. Ce sont notamment, la date de semis, la fréquence de désherbage, la densité de semis, les traitements horticoles et les fréquences d'applications d'insecticides (Motsenbocker & Arancibia, 2002; Munisse *et al.*, 2011).

La date de semis est un facteur important en ce sens qu'il peut faciliter la croissance des plantes et assurer, ainsi, un rendement économiquement viable de celles-ci (Yoldas & Esiyok, 2007; Miah *et al.*, 2009). Par conséquent, le choix approprié d'une date de semis est indispensable pour garantir un bon niveau de production des cultures. En ce qui concerne les cucurbitacées, au Niger, les travaux de Fatondji *et al.* (2008) ont montré que la production de la forme oléagineuse de *C. lanatus* est élevée quand les semis sont réalisés le 1<sup>er</sup> septembre. En effet, cette date coïncide avec le début de la période des pluies et l'absence d'insectes dans les champs. En revanche, cette production baisse quand les semis interviennent le 15 septembre.

Le deuxième facteur à contrôler est celui des mauvaises herbes. En effet, elles constituent un obstacle sérieux pour l'augmentation du rendement des cultures en général et des Cucurbitaceae en particulier. Terry *et al.* (1997) ont montré que *Amaranthus hybridus* (L.) (Amaranthaceae) avec une densité de six plantes par mètre carré, réduit le rendement de *Cucumis melo* (L.) (Cucurbitaceae) et *C. lanatus* de 100 %. Les travaux de recherche antérieurs ont indiqué que la maîtrise de la fréquence de désherbage d'une culture donnée est fondamentale pour l'augmentation de son rendement. Ainsi, selon Alabi *et al.* (2004), pour obtenir un rendement élevé de manioc (*Manihot esculenta* Crantz.) (Euphorbiaceae) trois désherbages sont nécessaires.

La présence des mauvaises herbes dans les champs est susceptible de causer des problèmes phytosanitaires. En effet, les adventices constituent un réservoir potentiel d'organismes nuisibles notamment les insectes (Capinera, 2005). Certains insectes sont connus pour leur capacité de détérioration et de réduction du rendement des Cucurbitaceae (Edelson *et al.*, 2002; Edelson *et al.*, 2003). *Acalymma vittatum* (Fabricius.) (Coleoptera : Chrysomelidae) et *Diabrotica undecimpunctata howardi* (Barber.) (Coleoptera : Chrysomelidae) sont deux coléoptères redoutables de cette culture (Foster & Brust, 1995; Hoffmann *et al.*, 2000). Les pertes de production engendrées par ceux-ci sont de l'ordre de 5 à

100 % pour *C. lanatus*, *C. melo* et *Cucurbita pepo* (L.) (Cucurbitaceae) (Pair *et al.*, 2004; Alder & Hazzard, 2009). Pour éliminer ces insectes tout en maintenant l'équilibre environnemental, un contrôle de la fréquence d'application d'insecticide s'avère nécessaire. À Cameron et à Hidalgo (Texas), une moyenne de quatre ou cinq applications d'insecticide est utilisée pour protéger les plantes de Cucurbitaceae contre les insectes ravageurs (Barrientos & Anciso, 1996).

À ce jour, très peu d'information est disponible dans la littérature sur de l'influence de ces trois facteurs sur la production de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Ce manque d'information serait certainement lié à la longue absence des Cucurbitaceae dans les principaux programmes de recherches de plusieurs pays (Taffouo *et al.*, 2007; Munisse *et al.*, 2011). En Côte d'Ivoire, les travaux relatifs aux Cucurbitaceae en général et à la forme oléagineuse de *C. lanatus* en particulier ont porté, essentiellement, sur les analyses biochimiques des graines (Loukou *et al.*, 2007) et sur la biologie des plantes (Zoro Bi *et al.*, 2006; Adjoumani *et al.*, 2012). Ainsi, dans le but d'améliorer la situation socio-économique du monde rural en Côte d'Ivoire, le Groupe de Recherche sur les Cultures Mineures (GRCM) de l'Université Nangui Abrogoua (UNA) a initié un projet dont l'objectif principal est l'amélioration des systèmes de production agricole des cultures mineures dont le type oléagineux de *C. lanatus*. C'est dans cette perspective que se situe le présent travail qui vise à l'intensification des systèmes de production agricole afin d'augmenter la production de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Cette intensification se fait par l'introduction de nouvelles technologies. La région de la Marahoué, précisément le village de Manfla, est caractérisée par sa forte production de la forme oléagineuse de *C. lanatus* comparativement aux autres espèces notamment *Lagenaria seceraria* (Cucurbitaceae). Cependant, aujourd'hui une baisse continue du rendement (18,51 Kg/ha) de cette plante est notée comparativement à celles des autres pays comme le Bénin (300 Kg/ha) et le Nigerai (325 Kg/ha). En effet, cette culture est régulièrement confrontée aux actions néfastes des mauvaises herbes et aux attaques des insectes ravageurs. À ces deux facteurs, est couplée la difficulté du choix de la bonne date de semis dû à la variation climatique. La non-maîtrise de ces trois facteurs *via* le système traditionnel constitue une source de démotivation des femmes productrices de cette plante dans ladite région. Alors, l'introduction d'une phytotechnique appropriée prenant en compte la date de semis, la fréquence d'applications d'insecticide et la fréquence de désherbage sera nécessaire pour améliorer les revenus des populations paysannes. Les résultats de cette recherche seront proposés à l'Agence Nationale d'Appui au Développement Rural

(ANADER) qui se chargera de les vulgariser auprès des paysans. Pour atteindre cet objectif général, trois objectifs spécifiques ont été assignés à l'étude.

Le premier objectif a consisté à identifier la fréquence de désherbage qui assure un bon rendement de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. En effet, la maîtrise de la fréquence de désherbage constitue la première étape de toute méthode de lutte économiquement viable contre les adventices, qu'elle soit physique (désherbage) ou chimique (herbicide). Les données issues de telles investigations permettront d'élaborer des calendriers d'interventions précis, ce qui évitera les gaspillages d'efforts et de temps aux productrices.

Le deuxième objectif est axé sur la détermination de la fréquence d'applications d'insecticide qui optimise le rendement et ses principales composantes chez la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Cette étude permettra de proposer aux producteurs un nombre minimum de traitements d'insecticides pour prévenir des pertes significatives de rendement, sans être préjudiciable pour les insectes pollinisateurs.

Le troisième objectif de cette étude est de déterminer le calendrier de semis de la forme oléagineuse de *C. lanatus* qui optimise sa production. Les résultats de ces investigations devraient permettre de proposer aux producteurs, une période favorable de semis, selon la saison de culture au cours de l'année.

Outre l'introduction, la conclusion et les perspectives, le présent mémoire comprend deux grandes parties.

La première partie consacrée à la revue bibliographique, présente les généralités sur l'espèce *C. lanatus*, les pratiques culturales et la description du site d'étude. Il permet de présenter l'état des connaissances utiles à la compréhension des essais effectués et de mieux connaître le milieu d'étude.

La deuxième partie présente les expérimentations réalisées. Elle comprend le matériel végétal et les méthodologies utilisées pour l'acquisition des données, les résultats obtenus et leur discussion.

---

---

# **Première partie : Revue bibliographique**

---

---

## **Cucurbite oléagineuse *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsumara et Nakai (Cucurbitaceae)**

---

La forme oléagineuse de *C. lanatus* occupe une importante place dans la vie culturelle, économique et alimentaire des populations africaines (Zoro Bi *et al.*, 2003; Achigan-Dako *et al.*, 2006). Aussi, elle est l'une des espèces de Cucurbitaceae les plus cultivées dans de nombreuses régions tropicales. En Côte d'Ivoire, elle est la plus produite par les paysans mais son rendement demeure encore très faible comparativement à celles qui sont produites dans les autres pays notamment le Benin et le Nigeria (Achigan-Dako *et al.*, 2006; Ogbonna, 2013). L'augmentation de sa production pourrait aboutir à l'amélioration du revenu des productrices. Pour atteindre cet objectif, nous avons procédé dans un premier temps à une revue des travaux réalisés sur la plante afin de mieux orienter nos investigations. Dans le présent chapitre, un aperçu général est donné sur l'origine, la distribution, la domestication, la biologie, l'écologie, l'importance socio-économique et la phytotechnie de la forme oléagineuse de *C. lanatus*.

### **1.1. Origine, distribution et domestication**

La diversité des formes spontanées et la présence des espèces sauvages de *C. lanatus* sur le continent africain ont permis de supposer que cette espèce est d'origine africaine (Bisognin, 2002; Janick *et al.*, 2007). Cependant, son origine exacte sur le continent africain reste encore confuse. Trois zones sont souvent citées comme étant son origine. Les études archéologiques conduites par Wasylikowa et Van der veen (2004) et Cox et Van der veen (2008) ont indiqué l'Afrique du Nord (l'Égypte et la Lybie) comme un centre d'origine de la plante. L'Afrique du Sud a aussi été mentionnée comme un centre d'origine de *C. lanatus* (Dane & Lui, 2007). Enfin, Guner et Wehner (2004) ont suggéré qu'elle serait native de l'Afrique centrale.

Les études de Dane *et al.* (2004) et Dane et Lui (2007), basées sur l'ADN chloroplastique de cette espèce ont permis de suggérer que les formes cultivées et sauvages ont divergé, indépendamment, à partir de l'ancêtre *C. ecirrhosus* (Cogn.) (Cucurbitaceae) en Namibie.

Toutes ces études permettent de dire que la distribution de *C. lanatus* se serait faite à partir de l'Afrique pour gagner le reste du monde. En effet, elle a été introduite au VIII<sup>e</sup> siècle en Inde et au X<sup>e</sup> siècle en Chine. Il a fallu attendre trois siècles de plus pour qu'elle soit introduite en Europe. Concernant l'Amérique, son introduction a eu lieu au XVII<sup>e</sup> siècle (Wasylikowa & Van der veen, 2004).

Les Cucurbitaceae font partie des premières cultures domestiquées par l'homme. Les expéditions archéologiques dans la région d'Oaxaca, au Mexique, indiquent que *Cucurbita pepo* (L.) (Cucurbitaceae) a été associée à l'homme dès 8500 ans Avant Jésus Christ (AJC). Cette domestication visait, surtout, l'alimentation de la population à travers les fruits ou les graines (Bisognin, 2002).

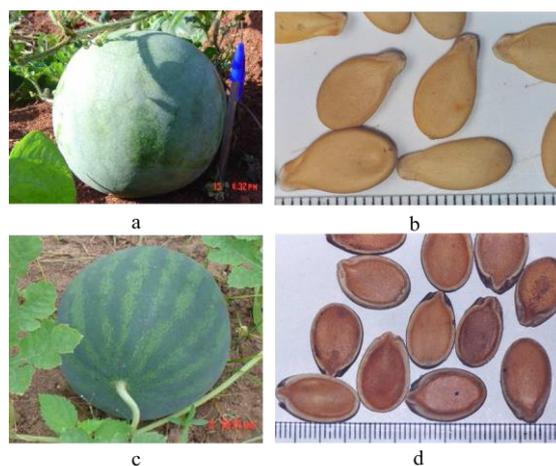
Dans le monde en général et en Afrique particulier, de nombreuses espèces de Cucurbitaceae sont cultivées pour leurs fruits ou pour leurs graines. C'est notamment le cas de *C. lanatus*. Cette espèce existe sous deux types : le type sucré et le type oléagineux (Levi *et al.*, 2002; Dane & Lui, 2007).

Le type sucré est produit pour ses gros fruits possédant une pulpe très sucrée. Ils sont présents dans la plupart des pays d'Afrique (Jensen *et al.*, 2011; Mujaju & Fatih, 2011). Dans certains pays comme le Botswana, le Zimbabwe et le Mozambique, ce type est connue sous le nom local de « tsamma » (Dane & Lui, 2007). Ces fruits sont beaucoup consommés pendant les périodes de famine et de sécheresse comme source d'alimentation et d'eau aussi bien par les hommes que par les animaux (Guner & Wehner, 2004; Sultana *et al.*, 2004). Ils sont très riches en vitamine A, C et en  $\beta$ -carotène. De plus, ils peuvent fournir une importante quantité d'énergie (26 Kcal) et 93 % d'eau à l'organisme (Van der vossen *et al.*, 2004; Yau *et al.*, 2010).

Le type oléagineux est principalement localisé en Afrique de l'Ouest (Nigeria, Bénin, Côte d'Ivoire, Togo et Ghana). Néanmoins, il est aussi signalé en Afrique Centrale et Australe (Zoro Bi *et al.*, 2003; Achigan-Dako *et al.*, 2006). En Côte d'Ivoire, il est cultivé dans les régions des savanes du Nord, dans les régions pré-forestières du Centre, de l'Est et du Sud (Ndabalishye, 1995; Zoro Bi *et al.*, 2006). En dehors de l'Afrique, le type oléagineux de cette espèce est également produit sur le continent Asiatique, notamment, en Chine et en Inde (Erdem & Yuksel, 2003; Wang *et al.*, 2004).

## 1.2. Position systématique

*C. lanatus* est une espèce de la famille des Cucurbitaceae. Elle appartient au genre *Citrullus* qui compte quatre espèces dont deux sont cultivées : *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad (Cucurbitaceae) et *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum et Nakai (Cucurbitaceae) à laquelle appartient le type oléagineux (Van der vossen *et al.*, 2004). Cette espèce est subdivisée en trois sous espèces (Fursa, 1981): ssp. *vulgaris* (Schrad.) Fursa ; ssp. *lanatus* (Thunb.) Matsum et Nakai ; ssp. *mucospermus* (Fursa). En Afrique et particulièrement en Côte d'Ivoire, les études antérieures conduites sur le type oléagineux avaient indiqué qu'il appartenait à la sous espèce *lanatus* et à la variété *citroïdes* (Bailey.) Mansf (Zoro Bi *et al.*, 2006; Loukou *et al.*, 2007). Cependant, les études de Van der vossen *et al.* (2004) et de Dane et Lui (2007) ont montré que le type oléagineux appartient, plutôt, à la sous espèce *mucospermus*. Toutefois, la grande variabilité morphologique des formes cultivées en Côte d'Ivoire, a permis de définir deux cultigrupes bien distincts (**Figure 1**) (Zoro Bi *et al.*, 2003; Zoro Bi *et al.*, 2006). Le premier est constitué de trois cultivars désignés communément «wlèwlè» définis sur la base de la taille des graines (petites, moyennes et grosses). Ces cultivars présentent des graines qui sont des pépins de 10 mm de longueur sur 5 mm de largeur avec une épaisseur de 2 mm. La graine est lisse et son extrémité proximale est effilée. Les fruits sont de couleur verte presque uniforme. Le second cultigrupe est constitué d'un seul cultivar désigné «bebou» par les baoulé du Centre du pays. Les fruits sont verts avec des bandes longitudinales (marbrures) vert foncé. Leurs graines sont grosses, ovoïdes, aplaties avec un bord épais et rugueux d'environ 1cm de largeur sur 1,7 cm de longueur.



**Figure 1.** Deux cultigrupes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* (Zoro Bi *et al.*, 2006).

a : fruit du wlèwlè ; b : graines du wlèwlè ; c : fruit du bebou ; d : graines du bebou

### 1.3. Botanique

*C. lanatus* est une plante herbacée annuelle et rampante. Sa tige principale est ramifiée avec des tiges secondaires. Les tiges possèdent des vrilles spiralées, permettant à la plante de s'accrocher ou de grimper sur des supports variés. Ses feuilles sont découpées avec 5 à 7 lobes, eux-mêmes subdivisés. Les plantes ont une racine fasciculé (Guignard, 1996; Akoègninou *et al.*, 2006). *C. lanatus* possède un nombre chromosomique diploïde  $2n = 22$  ;  $n = 11$  (Bisognin, 2002).

### 1.4. Phénologie

#### 1.4.1. Plantule

Cinq à six jours après semis, les feuilles cotylédonaires des plantules présentent un limbe subsessile, de forme oblongue au sommet légèrement émarginé (Zoro Bi *et al.*, 2003). Ce limbe, assez épais, mesure en moyenne 35 mm de longueur et 22 mm de largeur. Chez le type oléagineux, les nervures principales et secondaires sont bien visibles sur les feuilles de la plantule. Les premières feuilles sont alternes et simples. Elles sont portées par un pétiole mesurant 10 à 15 mm de longueur couvert de poils laineux. Le limbe est découpé en trois ou cinq lobes pennés arrondis (Le Bourgeois & Merlier, 1995).

#### 1.4.2. Appareil végétatif de la plante adulte

*C. lanatus* est une plante dont la tige, longue et rampante, est recouverte de poils laineux dans les parties jeunes (**Figure 2**). Cette tige dont l'axe est ramifié peut mesurer 3 à 4 m de longueur (Le Bourgeois & Merlier, 1995).

Elle porte des feuilles alternes généralement triangulaires dont la taille du limbe varie de 8 à 12 cm dans sa longueur sur une largeur de 6 à 8 cm. La longueur du pétiole est estimée entre 5 et 15 cm (Zoro Bi *et al.*, 2003).

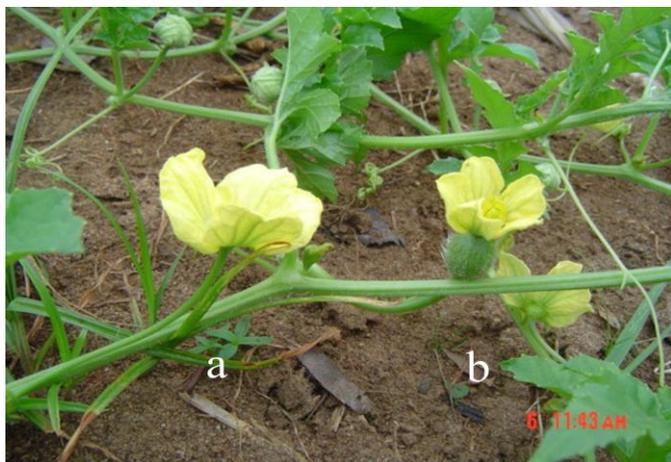


**Figure 2.** Appareil végétatif de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* portant des fruits (Zoro Bi *et al.*, 2003).

#### 1.4.3. Appareils reproducteurs de la plante de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*

L'espèce allogame et entomogame c'est-à-dire qu'elle dépend principalement des insectes pollinisateurs notamment les abeilles (*Apis Mellifera* L.) (Hymenoptera : Apidae) (Njoroge *et al.*, 2004; Nicodemo *et al.*, 2009; Taha & Bayoumi, 2009). *C. lanatus* est une plante monoïque c'est-à-dire que le même pied porte à la fois des fleurs mâles et des fleurs femelles (**Figure 3**) (Guignard, 1996; Zoro Bi *et al.*, 2006). Elle peut aussi être andromonoïques c'est-à-dire que la même plante porte à la fois des fleurs mâles et des fleurs hermaphrodites, mais ne porte pas de fleurs femelles (Guner & Wehner, 2004; Gusmin & Wehner, 2008). L'espèce n'est pas cependant pas auto-incompatible. Malgré une protandrie de trois semaines, les floraisons mâle et femelle se chevauchent au sein d'une même plante eu égard à la longue durée de la floraison, rendant les autofécondations indirectes possibles en absence d'auto-incompatibilité : le pollen d'une fleur féconde une fleur différente appartenant au même individu (Van Epenhuijsen, 1974; Zoro Bi *et al.*, 2006). Le taux de l'alofécondation est alors essentiellement fonction des déplacements des insectes chez cette espèce entomogame. Le ratio des cultivars de *C.lanatus* var *lanatus* varie de 4 à 5 fleurs staminées à une fleur pistillée. La parthénocarpie naturelle n'a jamais été rapportée chez cette espèce (Emuh & Ojeifo, 2011; Ogbonna, 2013). Cependant, la mise à fruits sans pollinisation est possible : au moyen de régulateurs de croissance. Les inflorescences mâles de *C. lanatus* apparaissent trente jours après le semis. Trente six jours après semis (JAS), la moitié des plantes d'un champ entrent en floraison (Achigan-Dako *et al.*, 2006). Les fleurs mâles avec un pédoncule allongé (3,5 cm) apparaissent les premières, suivies des fleurs femelles avec un décalage minimum de sept jours (Gusmini & Wehner, 2005; Achigan-Dako *et al.*, 2006). Les fleurs mâles, plus nombreuses produisent du pollen

et ne restent ouvertes que pendant une seule journée. Les fleurs femelles possèdent un ovaire infère porté par un pédoncule plus court (1,5 ou 2 cm). Après la réception du pollen sur le stigmate, elles se transforment en fruits après la fécondation (Guner & Wehner, 2004). Par contre, celles qui n'ont pas été pollinisées par les insectes, notamment les abeilles (*Apis mellifera* L.), avortent.



**Figure 3.** Appareils reproducteurs d'une plante de la forme oléagineuse *Citrullus lanatus* (Zoro Bi *et al.*, 2006).

a: fleur mâle, b: fleur femelle

#### 1.4.4. Fructification

Cette phase intervient juste après la fécondation de la fleur femelle. La plante adulte de *C. lanatus* peut porter trois à dix fruits, voire plus. Ces fruits sont des baies de forme ovoïde, allongée ou sphérique de couleur vert foncé ou vert clair. Ils contiennent de nombreuses graines. Le nombre de graines varie entre 300 et 400. La longueur, la largeur et l'épaisseur de ces graines varient en fonction des cultivars de cette espèce. A maturité, le tégument est léger, lisse et de couleur blanche ou brune (Le Bourgeois & Merlier, 1995; Zoro Bi *et al.*, 2003).

### 1.5. Écologie de *Citrullus lanatus*

#### 1.5.1. Température

La température est un des facteurs essentiels pour le succès des cultures tropicales. *C. lanatus* qui est une plante des régions chaudes, a fait l'objet de plusieurs études afin de déterminer la plage de températures convenables des semis jusqu'à la fructification (Benzioni *et al.*, 1991). Ainsi, il a été montré que les graines de *C. lanatus* germent à la température de

17 °C la nuit. Au cours de la journée, elles ont besoin d'une température située entre 20 °C et 32 °C pour germer. La différence de température pourrait s'expliquer l'importance de quantité de lumière et rayonnement solaire dont les plantes auraient besoin pour la fabrication de la matière glucidique (Edwards *et al.*, 1986; Eifediyi & Remison, 2010). Toutefois, les basses (<15 °C) et hautes (>32 °C) températures retardent ou inhibent leur germination (Thanos & Mitrakos, 1992; Van der vossen *et al.*, 2004). Après la germination de la graine, la plante a besoin pour sa croissance, pour la production des fleurs et pour le développement des fruits, d'une température située entre 28 et 35 °C (Locascio *et al.*, 1989; Benzioni *et al.*, 1991).

Cependant, la température à elle seule ne peut pas garantir la production de cette plante. La pluviométrie est également un élément clé à maîtriser.

### **1.5.2. Pluviométrie et irrigation**

*C. lanatus* se développe dans les régions agro-écologiques où la pluviométrie est moyenne. Ainsi, elle est présente dans la région sahélo-soudanienne où la pluviométrie annuelle est comprise entre 600 et 800 mm. Mais en Afrique australe (Kalahari), la plante se développe avec une pluviométrie comprise entre 400 et 650 mm (Van der vossen *et al.*, 2004). Dans certains pays de l'Afrique occidentale, *C. lanatus* se développe normalement avec des pluviométries supérieures à 800 mm (Achigan-Dako *et al.*, 2006; Koffi *et al.*, 2009).

En absence de pluie, l'irrigation des plantes constitue une alternative pour assurer leur production. En effet, les travaux réalisés en Asie par Wang *et al.* (2004) ont montré que pendant la saison sèche (126 mm) un apport supplémentaire de 45 mm et de 68 mm d'eau permettent d'augmenter le rendement de *C. lanatus* respectivement de 36 et 46 % comparativement aux plantes non traitées. Toutefois, les périodes déterminantes en eau pour les plantes s'observent surtout en début de floraison et de fructification (Erdem & Yuksel, 2003).

### **1.5.3. Photopériode**

La photopériode est la durée de la phase d'éclairement au cours d'un cycle de 24 heures. Elle joue un rôle dans l'écologie des êtres vivants. On distingue la photopériode courte caractérisée par la prédominance de la phase obscure ou scotophase et la photopériode longue pour laquelle la photophase ou phase d'éclairement est plus longue que la scotophase (Jackson, 2009). Selon la durée de la photopériode, on distingue généralement deux groupes de végétaux respectivement les nyctipériodiques et les héméropériodiques. Les travaux de

Danielson *et al.* (1944) ont montré que la durée de 16 heures est nécessaire aux plantules de *C. sativus* pour assurer leurs développements. La phase d'éclairement d'une journée étant estimée à 12 heures, on pourrait supposer que les espèces de la famille des Cucurbitaceae sont des héméropériodiques. L'importance du temps d'éclairement des cucurbites serait probablement lié à la floraison échelonnée chez ces espèces (Van der vossen *et al.*, 2004). L'adaptation des plantes à cette photopériode est essentielle lors du passage des plantes du stade végétatif (croissance, développement) au stade reproductif (floraison, fructification). En d'autres termes, c'est elle qui contrôle la germination des végétaux, leur croissance et leur floraison (Jarillo *et al.*, 2008). Parfois, elle agit en synergie avec la température. En effet, les travaux de Yougan *et al.* (2002) ont montré qu'avec une température de 25 °C et une photopériode de 16 heures, on enregistre une prolifération des fleurs femelles et une baisse des fleurs mâles de *C. pepo*. Cette tendance est inversée quand la température passe à 32 °C. Ce résultat implique que la production de cette cucurbit est tributaire de la photopériode. En clair, la maîtrise de ce facteur pourrait guider le choix de la date de semis des cultures. Toutefois, ces données restent encore indisponibles pour l'espèce *C. lanatus*.

#### **1.5.4. Humidité relative**

L'humidité relative constitue également un autre facteur climatique susceptible d'influencer la production des cultures. Elle désigne la quantité de vapeur d'eau qui se trouve dans une particule d'air. Elle varie avec les cultures et aussi la température (Ford & Thorne, 1974; Mortensen, 1986). Lorsque sa valeur est élevée cela affecte la phase reproductive des cultures. En effet, les travaux de Bekhradi *et al.* (2011) ont montré qu'avec un taux d'humidité de 95 % à 23 °C, une baisse de la floraison et de la fructification est noté chez *C. moschata*. Aussi, les fortes valeurs d'humidité relative sont souvent source de prolifération d'insectes ravageurs. C'est le cas avec *Aulacophora foveicollis* (Lucas) (Coleoptera : Chrysomelidae) dont la population croit avec l'augmentation de l'humidité relative du milieu (Khan *et al.*, 2012). Ce résultat s'expliquerait par l'abondance de la nourriture pour ces insectes notamment les feuilles. Dans certain cas, la faible valeur de l'humidité relative est indicateur de besoin en eau des cultures. En effet, Li *et al.* (2003) ont montré que 34 % d'humidité est la valeur seuil pour commencer l'irrigation des plantes de l'espèce *C. lanatus*. Sur la base de ces résultats, l'intervalle (34-95 %) pourrait être préconisé aux producteurs des différentes espèces des Cucurbitaceae. Mais, en réalité l'obtention de cet intervalle n'est

possible qu'en milieu contrôlé. En dehors des facteurs climatiques, un sol approprié peut être nécessaire pour la culture de cette plante.

### **1.5.6. Sol**

Les racines fasciculées et la tige rampante des plantes de *C. lanatus* nécessitent un type particulier de sol pour son développement. En effet, Le Bourgeois et Merlier (1995) ont indiqué que cette plante croît mieux sur les sols sableux, peu profonds (60 cm) et bien drainés, avec un pH neutre ou légèrement acide c'est-à-dire situé entre pH 5,5 et 7,5. De plus, ce sol doit être également riche en matière organique.

Ce type de sol est fréquemment présent en zone savanicole où le rendement de la plante est 2 ou 3 fois plus important qu'en forêt (Chigumira & Grubben, 2004; Van der vossen *et al.*, 2004). Par ailleurs, sa culture peut se faire sur des sols alluviaux, hydromorphes ou ferrugineux, comme c'est le cas au Cameroun (Ayodele & Salami, 2006). Mais elles sont très rarement présentes sur les sols ferrugineux dégradés possédant un horizon superficiel sableux (Van der vossen *et al.*, 2004; Fatondji *et al.*, 2008).

L'intérêt de la culture des Cucurbitaceae par les paysans est lié à leur importance économique, alimentaire, médicinale et agronomique (Janick *et al.*, 2007).

## **1.6. Importance socio-économique des Cucurbitaceae**

### **1.6.1. Importance économique et sociale**

L'Afrique occidentale et centrale sont les plus grandes régions de production des cucurbites oléagineuses. Les espèces les plus cultivées sont la forme oléagineuse de *C. lanatus* et *Lagenaria siceraria* (Molina.) Standl (Cucurbitaceae) (Achigan-Dako *et al.*, 2006; Achigan-Dako *et al.*, 2008). Selon Van der vossen *et al.* (2004), en 2002, la production annuelle de la forme oléagineuse de *C. lanatus* était estimée à environ 5000-7000 t au Nigeria. En Côte d'Ivoire, aucune statistique officielle n'est disponible sur la production de cette espèce. Cependant, les travaux de Zoro Bi *et al.* (2003) avaient montré que les graines nettoyées et séchées de la forme oléagineuse de *C. lanatus* se vendaient à 1500 F CFA/Kg aussi bien sur les marchés ruraux qu'urbains. Ainsi, la mise en place d'une politique agricole visant l'amélioration de la production de cette espèce, pourrait constituer une source de revenu supplémentaire pour les producteurs (Zoro Bi *et al.*, 2006).

Toutefois, la culture cette cucurbitace reste exclusivement réservée aux femmes (Zoro Bi *et al.*, 2003; Djè *et al.*, 2006). Les récents travaux réalisés par Achigan-Dako *et al.* (2008) au Bénin ont montré l'intérêt des hommes pour le développement des cucurbitacées oléagineuses.

### **1.6.2. Importance nutritionnelle**

Les Cucurbitaceae, notamment les types oléagineux sont utilisés comme ingrédient principal lors des cérémonies populaires dans les sociétés traditionnelles africaines. C'est le cas des graines de la forme oléagineuse de *C. lanatus* qui sont transformées en pâte servant d'ingrédient principal de sauce lors des fêtes d'ignames chez les Akans en Côte d'Ivoire (Koffi *et al.*, 2009). En Égypte et au Soudan, les graines de la forme oléagineuse de *C. lanatus* sont grillées et directement consommées par la population (Cox & Van der Veen, 2008).

Les graines de la forme oléagineuse de *C. lanatus* sont très riches en protéines, lipides et glucides. En effet, les travaux de Loukou *et al.* (2007) ont montré qu'elles contiennent 29,23 % de protéines, 56,67 % de lipides et 9,87 % de glucides.

### **1.6.3. Importance médicinale**

Les Cucurbitaceae ont aussi des vertus thérapeutiques. C'est ainsi que les fruits de la forme oléagineuse de *C. lanatus* sont utilisés pour le traitement des maux de ventre et la purification du sang. Les graines sont également utilisées comme des vermifuges. Les feuilles sont utilisées pour traiter les maux de gorges (Van der Vossen *et al.*, 2004; Achigan-Dako *et al.*, 2006). Par ailleurs, les travaux de Rahman (2006) ont montré que les graines de *C. pepo* pourraient traiter les personnes souffrant de la prostate. D'autres études ont aussi indiqué que l'huile extraite des graines de *Lagenaria sphaerica* (Sond.) Naudin (Cucurbitaceae) est utilisée pour soigner plusieurs maladies notamment les maux de tête, l'hémorroïdes et la constipation (Rahman *et al.*, 2008; Chinyere *et al.*, 2009).

### **1.6.4. Importance agronomique**

Les Cucurbitaceae en dehors de leur importance économique et nutritionnelle, peuvent également jouer un autre rôle dans le domaine de l'agriculture. Elles sont utilisées comme moyens de lutte contre les insectes ravageurs de certaines cultures. C'est notamment le cas de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Solanaceae). Les travaux de Muqit *et al.* (2008) ont montré que *Cucumis sativus* (L.) (Cucurbitaceae) est une excellente plante piège pour assurer la protection des plantes de la tomate contre les attaques des aleurodes (*Bemisia tabaci*

Genn.) (Homoptera : Aleyrodidae). Ces insectes seraient plus attirés par les plantes de *C. sativus* que celles des tomates. Cette attractivité est liée probablement à l'abondance de feuilles chez la cucurbitée que les plantes de la tomate (Crawley, 1989). De même, Alder et Hazzard (2009) ont montré que *Cucurbita maxima* (Duchesne.) (Cucurbitaceae) et *C. pepo* peuvent servir de plantes pièges contre *Acalymma vittatum* pour prévenir les pertes de rendement de *C. moschata* (Duchesne.) (Cucurbitaceae).

En outre, le paillage des champs à base des résidus de Cucurbitaceae contribue dans une large mesure à la réduction des mauvaises herbes. A cet effet, les travaux d'Akintoye *et al.* (2011) ont montré que l'utilisation des résidus de *C. lanatus*, de *C. sativus* et de *C. pepo* permet de réprimer les mauvaises herbes dans la culture du gombo. Outre l'usage des résidus, les plantes des Cucurbitaceae sont également utilisées dans les associations culturales dans le but de réduire ou supprimer l'impact des adventices en dessous du seuil de nuisibilité. Les travaux de Mandumbu et Karavina (2012) ont montré qu'à la densité de 12400 plantes/ha (soit 33 % de la densité du maïs) *C. pepo* permet de réduire la biomasse des adventices dans le champ de maïs. Aussi, Jones (2003) recommande une densité de 20000 plantes/ha de la forme oléagineuse de *C. lanatus* pour empêcher la compétition des mauvaises herbes avec les pieds de maïs. Selon cet auteur, une telle densité est suffisante pour réduire la fréquence de désherbage dans le champ de maïs. Il pourrait passer de trois désherbages à un désherbage. Toutefois, la réduction de la biomasse des mauvaises herbes pourrait s'expliquer dans le champ de maïs par le nombre élevé de pieds de cucurbitée. En effet, les cucurbites sont des plantes rampantes qui se comportent comme des plantes de couverture. Leur feuillage abondant couvre le sol et empêchent le développement des adventices. Ainsi, l'ombrage rapidement créé par les cucurbites inhibe la germination et/ou la croissance des adventices. La faible germination et/ou croissance des adventices peut être causée par la réduction de la qualité et de la quantité de lumière due à la canopée (Hauggaard *et al.*, 2006). Aussi, il convient de signaler que la forme oléagineuse de *C. lanatus* est régulièrement cultivée en association aussi bien avec les cultures de subsistances que de rentes. C'est le cas avec le coton (*Gossypium hirsutum* L.) (Malvaceae) lesau Bénin, (Achigan-Dako *et al.*, 2006; Achigan-Dako *et al.*, 2008), du niébé au Tchad, l'igname, le manioc et la bananier (*Musa paradisiaca* L.) (Musaceae) au Nigeria (Ayotamuno *et al.*, 2007; Moniruzzaman *et al.*, 2007). A notre connaissance, la capacité des Cucurbitaceae à pouvoir maintenir l'humidité du sol, protéger le sol contre l'érosion et à enrichir le sol n'a pas encore fait l'objet d'étude. Cependant, le caractère rampant et les feuilles abondantes des Cucurbitaceae pourraient

inspirer des visant à explorer la capacité d'enrichissement du sol par ces plantes. Une telle étude a déjà été effectuée chez certaines plantes de couverture. Ainsi, les travaux de Hall *et al.* (2010) ont permis de montrer que *Arachis pintoii* (Golden glory.) (Fabaceae), *Calopogonium mucunoides* (Desv.) (Fabaceae), *Canavalia ensiformis* (L.) (Fabaceae) et *Centrosema macrocarpum* (Benth.) (Fabaceae) enrichissent le sol en lui apportant de la matière organique. Sanchez *et al.* (2007) ont également montré l'amélioration de la propriété du sol par *Trifolium fragiferum* (L.) (Fabaceae). Cette plante a permis d'augmenter le niveau de la matière organique dans le sol de 1,5 à 31,27 g/Kg après six ans d'expérimentation. Ce résultat pourrait s'expliquer par l'accumulation des feuilles mortes de *T. fragiferum* au niveau du sol.

## **1.7. Phytotechnie de *Citrullus lanatus***

### **1.7.1. Semis et repiquage**

Dans les zones de culture traditionnelle, les graines constituent le seul organe de multiplication de cette plante. Elles sont semées à raison de trois ou quatre par poquet à des profondeurs variant de 3 à 4 cm à plat ou sur billon. Après le semis, au stade deux ou quatre feuilles, les plantes sont démarquées pour n'en laisser qu'une ou deux au maximum par poquet (Jones, 2003; Ifeoma *et al.*, 2008).

Cependant, le repiquage des plantules est aussi recommandé pour faire la culture de *C. lanatus*. Dans ce cas, l'établissement d'une pépinière est nécessaire. Lorsque les plantules sont suffisamment grandes c'est-à-dire au stade trois ou quatre feuilles, elles sont directement repiquées dans des poquets préalablement établis. Selon le mode de semis choisi par le producteur, trois mesures d'espacement entre les poquets sont aménagés : 2 sur 2 m, 4 sur 1 m et 2 sur 1 m. Toutefois, c'est l'espacement de 4 sur 1 m qui donne une production acceptable. En effet, les Cucurbitaceae étant des plantes rampantes, elles ont probablement besoin d'une grande surface à explorer pour avoir les ressources du milieu (Ayodele & Salami, 2006; Seyed & Milani, 2006).

### **1.7.2. Entretien**

L'enherbement constitue pour les plantes de *C. lanatus* un problème majeur se posant tout le long de son cycle. Compte tenu de la grande sensibilité des plantes aux herbicides, le désherbage manuel reste à ce jour la seule pratique recommandée aux producteurs (Melifonwu, 1994; Kolo *et al.*, 2012).

Les insectes constituent également une autre source de menace pour cette culture. A cet effet, des insecticides sont utilisés au cours du développement des plantes (Foster & Brust, 1995).

Les perturbations climatiques occasionnent l'irrégularité des pluies dans les agro-systèmes. Afin de contourner cet obstacle, les plantes doivent être irriguées avec 50 mm d'eau/semaine. En effet, selon Wang *et al.* (2004), l'irrigation des plantes en saison sèche donne de très bons résultats. Selon les travaux de ces auteurs, l'apport de 45 mm d'eau permet une augmentation du rendement de 36 %. Cet accroissement passe à 46 % avec 68 mm. Enfin, l'apport de l'engrais organique ou minérale permet non seulement d'améliorer les propriétés physico-chimiques du sol mais contribue significativement à un meilleur développement des plantes de *C. lanatus*. Selon les travaux de Dauda *et al.* (2008), l'utilisation d'engrais est essentielle pour augmenter la production de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. En fonction de la fertilité du sol, on recommande les apports suivants : 50–100 kg/ha de N, 20–40 kg/ha de P et 40–80 kg/ha de K pendant la phase végétative. Mais les engrais minéraux peuvent être appliqués en surface, sous forme de NPK 10–10–10 lors de la première fructification (Chigumira & Grubben, 2004; Ndoro *et al.*, 2007).

### **1.7.3. Récolte**

La récolte consiste en la collecte des fruits issus des plantes après le dessèchement de leur couvert végétal. Cependant, plusieurs auteurs ont montré que cette récolte peut être réalisée dès que le pédoncule des fruits passe de la couleur verte à la couleur jaune ou marron. La maturité des fruits intervient généralement quatre mois après le semis (Zoro Bi *et al.*, 2003; Van der vossen *et al.*, 2004). Quant aux graines, elles commencent à acquérir leur maturité à partir du 35<sup>ème</sup> jour après fécondation (Nerson, 2002). Sur une plante adulte, trois à dix fruits peuvent être récoltés (Achigan-Dako *et al.*, 2006).

### **1.7.4. Traitement post-récolte**

La fermentation est la phase au cours de laquelle les producteurs cherchent à recueillir les graines qui sont solidement incrustées dans la pulpe du fruit par plusieurs stratégies. A cet effet, ils font des entailles sur les fruits matures à l'aide d'une machette afin d'accélérer leur décomposition. Mais, cette approche a pour inconvénient la perte de plusieurs graines. Pour remédier à cela, il est recommandé d'effectuer le concassage des fruits à l'aide de gourdin.

Toutefois, quelque soit la méthode utilisée, la décomposition complète des fruits dure cinq à sept jours (Zoro Bi *et al.*, 2003).

Après ce temps de décomposition, les graines sont extraites manuellement des fruits et placées dans des récipients perforés pour être ensuite lavées (Seyed & Milani, 2006). Les graines ainsi obtenues sont immédiatement séchées à 34 °C. Selon (Nerson, 2007), les graines doivent être séchées à des températures inférieures à 35 °C.

Les graines devant servir de semences sont conservées par les producteurs dans divers types de récipients comme les paniers, lesalebasses, les canaris et les sacs. Cette manière traditionnelle de conserver les graines les expose aux insectes réduisant le pouvoir germinatif de celles-ci. Dans ces conditions, certains auteurs recommandent le traitement des semences avec la combinaison de fongicide et d'insectides.

## **1.8. Rendement**

Le rendement est un indicateur de la performance ou de la productivité. Il est fortement influencé par les pratiques culturales et les cultivars utilisés (Van der vossen *et al.*, 2004). Ainsi, les évaluations effectuées au Bénin indiquent que le rendement en graines décortiquées de *C. lanatus* varie de 300 Kg/ha chez la variété Kakoun à 380 Kg/ha chez la variété Kilonon (Achigan-Dako *et al.*, 2006). Les mêmes auteurs rapportent que les rendements en graines décortiquées sont d'environ 240 et 260 Kg/ha respectivement chez les variétés Kakoun et Kilonon. En Côte d'Ivoire, le rendement moyen en graines décortiquées obtenu suite à des essais en station expérimentale chez la forme oléagineuse de *C. lanatus* est de 18,51 Kg/ha (Zoro Bi *et al.*, 2003). L'augmentation de la production de cette espèce en Côte d'Ivoire nécessite l'amélioration des pratiques culturales traditionnelles par la maîtrise du calendrier de semis, de l'enherbement et des insectes.

## Bases techniques de la production végétale

---

Pour nourrir une population mondiale en constante augmentation, il faut accroître sans cesse la production agricole. Cet objectif ne peut être atteint que par l'augmentation de la production des cultures via l'amélioration du système de production des cultures (Boiffin *et al.*, 2000; Njoku *et al.*, 2009). Dans les pays africains, les pratiques agricoles restent encore très traditionnelles. De tels systèmes ne permettent pas aux cultures d'exprimer leur potentiel réel de production. Il en résulte une baisse de la production des cultures (Baudoin, 2001; Tiftonnell *et al.*, 2008). Pour accroître la production des cultures, il est nécessaire de mettre en place une phytotechnie appropriée dans les exploitations agricoles. Il a été montré par plusieurs auteurs que la maîtrise des facteurs agricoles constitue la clé du succès de la production des cultures (Agbaje *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2012). En effet, elles sont responsables de la fluctuation du rendement des cultures dans les agrosystèmes. Dans ce chapitre, il a été passé en revue, l'influence de quelques facteurs techniques de production sur le rendement des cultures en général et des Cucurbitaceae en particulier le calendrier de semis, la profondeur de semis, la densité de semis, la fertilisation, la fréquence de désherbage et la fréquence d'application d'insecticide. Les informations exposées dans le présent chapitre ont guidé dans la conception et la mise en œuvre des essais phytotechniques visant l'amélioration du rendement de la forme oléagineuse de *C. lanatus*, ainsi que l'interprétation des résultats.

### 2.1. Calendrier de semis

#### 2.1.1. Influence des saisons de culture sur la production des plantes cultivées

La saison de culture est un facteur essentiel dans la production de plusieurs espèces végétales. Elle désigne la période de l'année pendant laquelle les plantes peuvent pousser, se développer et produire normalement. Toutefois, cette période est dépendante des facteurs climatiques, notamment la température et la pluviométrie (Troiani *et al.*, 2004). La pluviométrie reste un facteur déterminant pour les agriculteurs. En régions tropicales, c'est d'elle que dépend le démarrage des cultures. Selon sa durée et sa fréquence dans l'année, une ou deux saisons de cultures sont définies : saison précoce (première saison) et saison tardive (seconde saison) (Agbaje *et al.*, 2008).

Au Mozambique, l'étude réalisée par Munisse *et al.* (2011) dans les régions productrices de la forme oléagineuse de *C. lanatus*, ont indiqué que la culture de cette plante débute avec la saison de pluie. De même, au Benin les travaux de Achigan *et al.* (2008) sur cette même espèce a également révélé que sa culture débute avec les premières pluies de l'année.

La même observation a été faite avec d'autres cultures. En Arabie Saoudite, Al-Moshileh (2007) a indiqué que la culture d'oignon (*Allium cepa* L.) (Liliaceae) est plus productive à la première saison de culture qu'à la seconde saison du fait de la courte photopériode et de la basse température. Au Nigeria, la même tendance a été observée sur les oignons par Adepke *et al.* (2007).

Cependant, les facteurs climatiques ne sont pas les seuls à prendre en compte pour déterminer les saisons de culture. Elle est parfois guidée par l'action des insectes ravageurs et des maladies fongiques. Au Zimbabwe, les paysans sèment *Cucurbita maxima* (Duschesne.) (Cucurbitaceae) et *C. moschata* (Duschesne.) (Cucurbitaceae) à la première saison de culture (février-avril) pour éviter le froid et les maladies fongiques de la saison tardive (Ndoro *et al.*, 2007).

### **2.1.2. Effet de la date de semis sur la production des cultures**

La date de semis désigne le jour de la mise en terre des graines (semence). Le choix de ce jour est fonction de la saison de culture et de la durée du cycle de la plante. Elle constitue un intrant essentiel dans les systèmes d'exploitation agricole. La réussite de tout programme d'amélioration exige une maîtrise parfaite de celui-ci (Miah *et al.*, 2009). En effet, les différentes étapes phénologiques des plantes (germination, floraison, fructification) sont influencées par les dates de semis (Zhang *et al.*, 2010). Cette influence se ressent à travers la variation du pourcentage de germination et la vigueur des plantules. Toute chose qui contribue très souvent à la perte du rendement des cultures (Al-Harbi *et al.*, 1997; Nurse *et al.*, 2004). Ainsi, la détermination de la ou des dates de semis pour les cultures s'avère importante afin de prévenir la perte de leur rendement (Reddy, 2003). Les travaux antérieurs relatifs aux dates de semis ont été orientés pour la plupart vers les cultures de rente et quelques cultures vivrières de grandes consommation (Aslam *et al.*, 2005; Mengistu & Yamoah, 2010). En revanche, ceux abordant la problématique de la production des Cucurbitaceae sont très peu répandus dans la littérature. Ainsi, au Pakistan, l'étude de Khan *et al.* (2001), a montré que le rendement de *Citrullus vulgaris* (Schrad.) (Cucurbitaceae) est

élevé quand les semis sont effectués entre le 15 et le 20 mars. En effet, ce mois est caractérisé par une pluviométrie abondante avec une température basse. Une telle condition climatique aurait permis une bonne germination des semences et une bonne levée des plantules. Au Niger, Fatondji *et al.* (2008) ont proposé la date du 1<sup>er</sup> septembre pour assurer un bon rendement de la forme oléagineuse de *C. lanatus* par les paysans. Pendant cette période la pluviométrie est abondante et les insectes causent moins de dégâts aux plantes. Ces résultats suggèrent la nécessité de réaliser les semis des graines des différentes espèces de Cucurbitaceae pendant la saison de pluie afin d'obtenir une meilleure production. Toutefois, ces dates diffèrent fortement en fonction des pays producteurs. En effet, les conditions climatiques varient d'un pays à un autre. Les données d'une telle étude restent encore non disponibles pour les cucurbites oléagineuse notamment *C. lanatus* en Côte d'Ivoire.

### **2.1.3. Impact du calendrier de semis sur les ravageurs des cultures**

Dans les agrosystèmes, les mauvaises herbes, les maladies fongiques, les maladies bactériennes et les insectes sont très souvent responsables de la perte du rendement des cultures (Reddy, 2003). Il a été montré par plusieurs auteurs que la maîtrise de la date de semis par les agriculteurs peut constituer un moyen de lutte contre les adventices et les insectes ravageurs des cultures. Ainsi, Williams (2006) conseille aux producteurs de maïs de Urbana (USA) de réaliser les semis dans le mois de juin (semis tardif) au lieu du mois de mai (semis précoce). Pendant cette période de l'année, les mauvaises herbes sont peu denses et par conséquent peu nuisibles au développement des pieds de maïs. Juraimi *et al.* (2009) ont également montré que les semis de tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) (Poaceae) dans le mois de juillet permettent d'obtenir un rendement élevé de cette culture. En effet, dans la zone d'étude (Ethiopie), le mois de juillet est caractérisé par une pluviométrie abondante. Cette abondance des pluies aurait conduit à une croissance rapide des pieds de tef pour prendre de l'avance sur les adventices. Par ailleurs, au Ghana, pour prévenir les attaques de *Cercospora arachidicola* (Hori.) (Mycosphaerellaceae) sur les feuilles de l'arachide, Naaba *et al.* (2005) recommandent les semis de cette culture au début de la saison des pluies (juin). En effet, les incidences de ces champignons sur les plantes pendant cette période sont moindres que les semis de la deuxième saison de culture. Pour mieux lutter contre ces ravageurs de cultures, les chercheurs procèdent de plus en plus à l'intégration de plusieurs pratiques culturales (Blandino *et al.*, 2008; Saucke *et al.*, 2008). Les approches proposées visent surtout à rendre les moyens de lutte contre les ravageurs des cultures plus performants afin de maximiser la

production des cultures. Les travaux de Bouhssini *et al.* (2008) ont montré que l'effet combiné de trois facteurs de production (date de semis, variété de mil et traitement insecticide) permet d'augmenter la production de mil tout en réduisant la population de *Liriomyza cicerina* (R.) (Diptera : Agromyzidae). Par contre, ces facteurs, appliqués individuellement, n'influencent pas la population de *L. cicerina*.

Ainsi, le choix judicieux de la date de semis est important mais il n'est pas suffisant pour accroître le rendement des cultures. D'autres facteurs tels que la profondeur de semis peuvent également influencer la production des plantes cultivées.

## **2.2. Profondeur de semis des cultures**

### **2.2.1. Influence de la profondeur de semis sur le rendement des cultures**

La maîtrise de la profondeur de semis constitue une étape fondamentale pour réussir la production de toutes cultures. C'est d'elle que dépend la germination des graines, l'émergence des plantules et le rendement des cultures. Les cultures réagissent différemment aux profondeurs de semis. Ainsi, les travaux de Ahmad *et al.* (1988) ont montré que les semis de blé (*Triticum aestivum* L.) (Poaceae) réalisés à la profondeur 10 cm permettent d'obtenir 71 % de plantules contre 47 % de plantules pour les semis superficiels (5 cm). De même, Mahdi *et al.* (1998) ont montré que les semis des graines de blé réalisés à la profondeur de 6 cm entraînent la perte de 5 % du rendement contre 40 % pour les semis effectués à 2 cm de profondeurs. Le rendement élevé obtenu avec les grandes profondeurs s'expliquerait par la présence d'une plus grande humidité dans le sol (Hosseini *et al.*, 2009). C'est certainement cette humidité contenue dans les couches profondes du sol qui aurait favorisé la germination rapide et massive des graines de blé. De plus, les semis profonds protègent les graines contre l'ensoleillement. En effet, selon Jajarmi (2009) et Buriro *et al.* (2011), la température est un facteur d'inhibition de la germination des graines de blé. Par ailleurs, les graines de citrouille cannellée (*Telfairia occidentalis* Hook F.) (Cucurbitaceae) donnent un pourcentage de germination élevé et un meilleur rendement avec les semis effectués à 6 cm (Ifeoma *et al.*, 2008). En effet, à cette profondeur, les animaux et les oiseaux ne parviennent pas à extraire les graines avant leur germination. Ainsi, Brown *et al.* (2003) avaient recommandé les semis profonds aux producteurs de blé en Australie pour maximiser leur production tout en prévenant les attaques des souris (*Mus domesticus* Rutt.) (Rodentia : Muridae).

En revanche, certaines cultures enregistrent une meilleure germination des graines quand elles sont semées proche de la surface du sol. C'est le cas de la fétuque élevée (*Festuca*

*arundinacea* Schreb.) (Poaceae). Cette plante donne un rendement de 1,7 t/ha quand les semis sont effectués à 1,25 cm contre 0,78 t/ha pour les semis réalisés à 3,75 cm. Les conditions d'humidité favorable (pluie) au moment des semis auraient favorisé la germination rapide et massive des graines proches de la surface du sol (Dejong & Best, 1979; Hosseini *et al.*, 2009). Des résultats similaires ont également été obtenus avec l'étude de Molatudi et Mariga (2009) sur le maïs (*Zea mays* L.) (Poaceae). En effet, leur étude a révélé la décroissance du pourcentage de germination des graines de maïs avec l'augmentation de la profondeur de semis.

### **2.2.2. Profondeur de semis et caractéristiques des graines**

Pour optimiser la germination des graines à différentes profondeurs, il est nécessaire de prendre en compte les caractéristiques physiques et biologiques des graines. La vitesse de la germination des graines dans le sol est fonction de leur masse (ou poids) (Ahmad *et al.*, 1988; Ailstock *et al.*, 2010). Les travaux de Haskins et Gorz (1975) ont montré que les grosses graines de mélilot (*Melilotus officinalis* L.) (Fabaceae) (5,3 g) germent plus vite que les moyennes (3,96 g) et les petites (2,53 g) graines à la profondeur de 5,7 cm. De plus, le pourcentage de germination des grosses graines de mélilot est largement supérieur (47 %) à celui des deux autres catégories (22 et 21 % respectivement). L'avantage des grosses graines serait lié à la grande quantité de réserves nutritives contenues dans celles-ci. Une autre étude similaire a été effectuée sur les graines de maïs. Cette étude a également montré que les grosses graines de maïs germent plus vite que les petites graines (Pommel, 1990). Cependant, le poids des graines n'est pas toujours suffisant pour avoir une bonne germination des graines. L'étude de Belgacem *et al.* (2006) a montré que les jeunes graines (récoltes récentes) de stipa (*Stipa lagascae* R.) (Poaceae) ont un pourcentage de germination plus élevé à 4 ou 6 cm de profondeur que les graines âgées. Ce résultat suggère la réalisation d'un test de viabilité et de germination des graines quand cela est possible avant de commencer les semis.

Si les sols cultivables sont trop pauvres en éléments nutritifs, malgré la bonne qualité des graines, le paysan peut assister à la baisse de sa production. Dans une telle situation, la fertilisation des sols pourrait être une solution envisageable pour relever le niveau de la production des cultures.

## **2.3. Fertilisation des cultures**

### **2.3.1. Fertilisants**

Le besoin de nourrir la population croissante dans les pays tropicaux amène les agriculteurs africains à exercer une pression continue sur les sols cultivables (Tittonell *et al.*, 2008). Dans un tel contexte, la jachère qui était le moyen traditionnel de restauration de la fertilité des sols est moins pratiquée à cause de la forte demande en terres cultivables. Ainsi, on assiste à la baisse du rendement des cultures dans les agrosystèmes due au faible niveau de fertilité des sols. Dans le cadre des investigations visant à remédier à de telles insuffisances, plusieurs auteurs ont montré l'importance de l'utilisation des fertilisants pour améliorer le rendement des cultures (Zougmore *et al.*, 2003; Agbaje & Akinlosotu, 2004). La fertilisation consiste à apporter aux sols pauvres, les éléments minéraux nécessaires au développement de la plante. Cet apport peut se faire par les engrais minéraux ou par les engrais organiques.

### **2.3.2. Influence des engrais minéraux sur la production des cultures.**

Les engrais minéraux sont des substances d'origine minérales pouvant contenir au moins l'un des trois principaux éléments nutritifs (N, P, K) (Soltner, 2003). L'avantage de l'utilisation de l'engrais est d'apporter aux plantes les compléments d'éléments nutritifs nécessaires, de façon à améliorer leur croissance et à augmenter leur rendement. En effet, dans le sol ces éléments nutritifs peuvent être disponibles en quantité limitée. L'apport d'engrais minéraux au sol contribue à améliorer le rendement de plusieurs cultures notamment les Cucurbitaceae. Ainsi, les travaux de Junior *et al.* (2009) ont montré l'augmentation du rendement de la forme oléagineuse de *C. lanatus* par l'utilisation d'engrais azotés. En effet, selon Olaniyi (2008) les engrais azoté induisent l'augmentation des fleurs femelles et la fructification des plantes de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Aussi, la présence de l'azote dans le sol permet de lutter contre les maladies fongiques telles que le chancre gommeux des tiges et le mildiou provoqués respectivement par *Didymella bryoniae* (Aversw.) Rehm (Pleosporales : Didymellaceae) et *Pseudoperonospora cubensis* (Berck. et Curt.) Rostov (Péronosporales : Péronosporaceae) (Santos *et al.*, 2009). Par ailleurs, on assiste à une augmentation de la production de la forme oléagineuse de *C. lanatus* quand l'azote et le phosphore sont apportés simultanément au sol (Schultheis & Dufault, 1994; Olaniyi & Tella, 2011). Ainsi, Olaniyi (2008) a montré que l'apport de l'engrais contenant 0,06 N t/ha et 0,013 P t/ha a permis d'augmenter le rendement de *C. lanatus* de 60 %. En effet, l'azote et le

phosphore sont des minéraux qui interviennent dans le processus de la croissance et du développement des plantes. Cependant, pour une utilisation rationnelle des engrais, la connaissance des périodes de leur apport est importante. A cet effet, les travaux de Olaniyi et Fagbahide (2007) ont montré que l'engrais doit être apporté aux plantes de *C. lanatus* au moment du semis et en début de l'émergence des tiges. Les engrais minéraux, bien que présentant des atouts pour une bonne production, restent peu utilisés par les paysans à cause de leur prix élevé sur les marchés. De ce fait, ils font recours de plus en plus aux engrais organiques.

### **2.3.3. Influence des engrais organiques sur la production des cultures**

La fertilisation organique désigne l'ensemble des techniques qui consistent à apporter des fertilisants sous la forme organique (végétale ou animale). Ils peuvent aussi être synthétisés sous forme d'urée (El-Hassani & Persoons, 1994). La matière organique améliore la fertilité du sol en agissant sur ses propriétés physico-chimiques et biologiques (N'Dayegamiye & Côté, 1996; Ojeniyi *et al.*, 2012). Plusieurs types d'engrais organiques sont utilisés par les paysans et les chercheurs pour accroître la production des cultures. Les travaux de Ogbonna et Obi (2007) ont montré qu'avec 10 tonnes de fumier de poulets par hectare, la production de la forme oléagineuse de *C. lanatus* augmente de 62 %. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que le fumier est beaucoup plus concentré en éléments fertilisants (Dauda *et al.*, 2008). En effet, les aliments des volailles sont fortement supplémentés en oligo-éléments notamment en zinc et en cuivre (Ayoola & Adeniyi, 2006; Adeleye *et al.*, 2010). En outre, 60 à 70 % de l'azote et du phosphore consommés par les poulets se retrouvent dans les déjections (Magagula *et al.*, 2010; Okunlola *et al.*, 2011). Le fumier de poulet présente l'avantage d'avoir une action lente. Par ailleurs, Aguyoh *et al.* (2004) ont montré que 5,4 t/ha de fumier de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) (Asteraceae) favorisent une augmentation du rendement de *C. lanatus* de 31 %. *T. diversifolia* est un engrais vert très riche en azote et en phosphore. Or les engrais verts sont caractérisés par leur capacité de décomposition très rapide pour mettre à la disposition des plantes les éléments nutritifs. Les fumiers de porc pourraient aussi être envisagés pour l'amélioration de la production des Cucurbitaceae. Ces engrais sont très riches en divers éléments minéraux utiles pour une meilleure croissance des plantes. En effet, l'étude de Texier *et al.* (1997) a montré qu'une tonne de fumier à base de déjection de porc apporte au sol 0,009 N, 0,008 P, 0,012 K, 0,030 Ca, 0,010 Mg, 0,010 S et 0,0001 B t/ha.

### **2.3.4. Influence des engrais minéraux et des engrais organiques sur la production des cultures**

L'apport des engrais minéraux ou organiques peuvent parfois être sans succès pour l'amélioration du rendement des cultures. Dans ce cas de figure, l'apport simultané des deux types d'engrais est nécessaire. Ainsi, les travaux de Ojeniyi *et al.* (2012) ont montré une augmentation de la production du manioc de 133 % (21 t/ha) lorsqu'on apporte au sol 2,5 t/ha de fumier de poulet et 0,045 t/ha d'engrais minéral (NPK). De même, Eifediyi et Remison (2010) ont montré l'accroissement de la production de *Cucumis sativus* (L.) (Cucurbitaceae) de 166,42 % (0,043 t/ha) avec 10 t/ha de fumier de porc et 0,4 t/ha d'engrais minéral comparativement au témoin. Ces résultats s'expliqueraient par une synergie entre les deux types d'engrais utilisés sur les parcelles expérimentales.

## **2.4. Densité de semis**

### **2.4.1. Influence de la densité de semis sur le rendement des cultures**

Le rendement des cultures dépend dans une large mesure de la densité de semis (Sanders *et al.*, 1999; Abdel-Rahman *et al.*, 2012). Les résultats des travaux de plusieurs auteurs ont montré l'augmentation du rendement de la forme oléagineuse de *C. lanatus* avec la densité optimale de semis (Reiners & Riggs, 1997; Maynard & Scott, 1998). En effet, en densité optimale, le nombre élevé de pieds de cucurbites avec leur feuillage abondant empêche les rayons solaires d'accéder au sol. De plus, les cucurbites étant des plantes rampantes, elles se comportent comme des plantes de couverture. Ainsi, le sol serait en permanence humide au pied des plantes, ce qui conduit à leur meilleur développement et éventuellement à un bon rendement. Selon Nerson (2007), l'eau est un facteur indispensable pour maximiser le rendement des Cucurbitaceae notamment la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Toutefois, le rendement en densité optimale est plus important quand le paysan prend en compte la fertilisation du sol. En effet, les travaux de Ogbonna et Obi (2007) ont montré qu'avec une densité de 4444 plantes/ha et 10 t/ha de fiente de poulet, le rendement de la forme oléagineuse de *C. lanatus* passe de 39 (forte densité) à 60 %. Ce résultat suggère l'effet positif des deux facteurs de production sur le rendement. De même, l'étude de Baloch *et al.* (2010) a révélé que le blé produit 6 t/ha lorsque les semis sont réalisés le 25 octobre avec une densité de 1224 plantes/ha. Cependant, la forte densité, bien qu'accroissant le nombre de fruits, entraîne une baisse du poids des baies et des graines chez *C. melo* et *C. pepo* (Maynard

& Scott, 1998; Nerson, 2002). La chute du poids des fruits et du poids des graines en forte densité chez ces deux espèces s'expliquerait par une forte compétition entre les pieds (compétition intraspécifique) pour les ressources du milieu disponibles (Casper & Jackson, 1997). Par contre, chez la pastèque (*C. lanatus*) dont les graines ne sont pas consommées en sauce, la taille du pépin n'est que légèrement affectée par la forte densité (NeSmith, 1993).

#### **2.4.2. Influence de la densité de semis sur les mauvaises herbes**

L'une des voies à explorer pour lutter contre les adventices est certainement le renforcement de la capacité des plantes elles-mêmes pour supprimer les mauvaises herbes (Seefeldt & Armstrong, 2000; Zerner *et al.*, 2008). La maîtrise de la densité de semis c'est-à-dire le nombre de plantes par unité de surface, pourrait constituer une approche intéressante pour atteindre cet objectif. Plusieurs auteurs ont montré que l'accroissement de la densité de semis réduit la biomasse des mauvaises herbes (Weiner *et al.*, 2001; Olsen *et al.*, 2005). Par exemple, l'augmentation de la densité du blé réduit la biomasse de *Chenopodium album* (L.) (Chenopodiaceae) et de *Lolium multiflorum* (Lam.) (Poaceae) (Olsen *et al.*, 2006). Un tel résultat pourrait s'expliquer par l'effet de l'ombrage produit par les pieds de blé. En effet, le feuillage dense du blé réduirait la quantité de lumière indispensable à la réalisation de la photosynthèse pour une bonne croissance de ces adventices. Cette réduction de l'activité photosynthétique diminue le métabolisme des adventices. Par conséquent, elle provoque une baisse de leur biomasse (Adipala *et al.*, 2002). Wiatrak et Chen (2011) ont également montré la baisse des mauvaises herbes par l'accroissement de la densité du soja (*Glycine max* (L.) Merr.) (Fabaceae).

#### **2.4.3. Influence de la densité de semis sur les insectes ravageurs**

La lutte contre les insectes peut être réalisée par la manipulation des densités de semis des cultures. En effet, il existe une relation entre la densité des cultures et la population des insectes (Yamamura, 1999). Ainsi, les travaux de Altieri *et al.* (1978) ont montré que l'augmentation de la densité du maïs permet de réduire la population de *Empoasca kraemeri* (Ross. et Moore.) (Fabaceae) de 26 %. Cependant, l'accroissement de la densité des plantes n'influence pas toujours la population des insectes ravageurs. En effet, l'étude de Powell *et al.* (1993) a montré que en forte densité le rendement de *C. pepo* n'est pas influencé par les attaques des insectes (*Bemisia tabaci* Genn.) (Homoptera : Aleyrodidae). En générale, la plupart des insectes s'attaquent plus aux feuilles des plantes que les tiges, toute chose qui

concourt à la baisse de l'activité photosynthétique de celles-ci (Crawley, 1989). Ainsi, le maintien du rendement malgré les attaques des insectes pourraient s'expliquer soit par la tolérance des plantes aux attaques ou par l'abondance de la nourriture sur les parcelles d'études (Fomekong *et al.*, 2008).

## **2.5. Gestion des mauvaises herbes**

### **2.5.1. Influence des mauvaises herbes sur la production des cultures**

Les mauvaises herbes sont des plantes indésirables qui poussent dans les champs sans y être semées et qui entrent en compétition avec la ou les plantes cultivées pour les éléments nutritifs du sol, de la lumière, de l'eau et de l'espace (Casper & Jackson, 1997). L'abondance et la diversité des adventices constituent des contraintes majeures à la production agricole mondiale et plus particulièrement celle des pays en voie de développement (Kavaliauskaite & Bobinas, 2006; Ekeleme *et al.*, 2011). Parmi les cultures sensibles aux mauvaises herbes figurent en bonne place les Cucurbitaceae. Il a été montré par plusieurs auteurs que les Cucurbitaceae sont très sensibles aux mauvaises herbes (Freeman *et al.*, 2007; Gilbert *et al.*, 2008). Cette sensibilité des cucurbites varie fortement en fonction du type de mauvaises herbes et de leur densité. Une baisse de 90 % du rendement de *C. lanatus* due à *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop (Poaceae) a été observée lorsque sa densité est de 250 plantes par m<sup>2</sup> (Locascio *et al.*, 1989; Adkins *et al.*, 2010). Par ailleurs, avec une densité de 6 plantes de *Amaranthus hybridus* (L.) (Amaranthaceae) par m<sup>2</sup>, une perte totale de la récolte (100 %) a été noté chez *C. lanatus* et de *C. melo* (Terry & Stall, 1992).

Dans les champs, la compétition est souvent couplée ou non au phénomène d'allélopathie (Nelson & Smoot, 2010). L'allélopathie est la libération des substances chimiques produites par les plantes, pouvant nuire selon divers mécanismes, à la germination ou à la croissance des plantes voisines d'autres espèces. Les travaux de Buker *et al.* (2003) ont montré que l'émission de ces substances allélopathiques par *Cyperus esculentus* (L.) (Cyperaceae) entraîne une réduction de moitié du rendement de *C. lanatus*. Toutefois, des recherches récentes ont indiqué l'existence de cette propriété allélopathique chez certaines Cucurbitaceae, notamment l'espèce *C. lanatus* (Hao *et al.*, 2007) et *C. sativus* (Chon *et al.*, 2005; Thi *et al.*, 2008).

### **2.5.2. Effet de la période d'enherbement sur les Cucurbitaceae**

La baisse du rendement des cultures est souvent le résultat du choix de la période de désherbage des champs. L'ampleur des dégâts causés par les adventices varie en fonction de la période d'enherbement des cultures (Dangwal *et al.*, 2010). Les travaux de Terry et Stall (1992) ont montré que la baisse de la production de *C. melo* est due à l'enherbement au stade plantule et au stade de l'émergence des tiges. En effet, les infestations qui interviennent pendant ces deux stades provoquent un retard de croissance et une perte de la vigueur des plantes, ce qui entraîne une réduction du rendement. Terry *et al.* (1997) ont également indiqué que la période de sensibilité des plantes de *C. melo* se prolonge jusqu'au stade de la floraison mâle. Un tel résultat pourrait indiquer qu'au cours de ces trois stades, les plantes disposent encore de peu de moyens pour lutter contre les adventices. Par ailleurs, Adkins *et al.* (2010) ont révélé que lorsque l'enherbement de la forme oléagineuse de *C. lanatus* intervient pendant la floraison femelle et la phase de fructification, le rendement des plantes n'est plus affecté par l'action néfaste des mauvaises herbes. En effet, pendant ces deux phases phénologiques, le couvert végétal des plantes est suffisamment dense pour étouffer les mauvaises herbes. Ainsi, pour prévenir la perte de la production des cultures en général et des Cucurbitaceae en particulier, il est nécessaire de lutter contre les mauvaises herbes.

### **2.5.3. Méthodes de luttes contre les mauvaises herbes**

#### **2.5.3.1. Faux-semis**

Le faux-semis est une méthode de désherbage qui peut être employée dans la culture des Cucurbitaceae. Il est réalisé après la récolte et avant le semis de la culture cible. Cette technique consiste à préparer le sol en faisant des lits de semences plusieurs jours, voire quelques semaines, avant le semis (Melander *et al.*, 2005). Cette préparation vise essentiellement à faire germer les semences de mauvaises herbes et les détruire dès qu'elles ont germé (Rasmussen, 2004; Riemens *et al.*, 2007). Lonsbary *et al.* (2003) ont montré que le moment approprié de mise en place du faux-semis pour la protection de *C. sativus* est de 20 à 30 jours avant le semis. Pratiqué à cette période, le faux-semis permet une meilleure répression des mauvaises herbes et une augmentation du rendement. Toutefois, cette méthode de lutte contre les adventices est partielle. Elle permet juste aux plantes d'être plus compétitives avec les futures adventices sur les parcelles. Ainsi, pour garantir le rendement de la culture concernée, l'application d'autres méthodes est indispensable.

### 2.5.3.2. Paillage

Le paillage constitue une méthode alternative pour la protection des cultures. Cette opération consiste à recouvrir le sol, au pied des plantes cultivées, avec des matières végétales ou synthétiques (plastique polyéthylène) (Necibi *et al.*, 1992; Ban *et al.*, 2009). L'usage principal du paillage est de réprimer les populations de plantes nuisibles. De plus, cette pratique permet de maintenir l'humidité du sol. Les travaux de Mahmood et Cheemat (2004) ont montré que l'utilisation de 15 t/ha de la paille de sorgho permet de réduire de 53 % la densité de la population de souchet rond (*Cyperus rotundus* L.) (Cyperaceae). Karaye et Yakubu (2008) ont également montré que 9 t/ha de pailles de riz permet de réduire la population de *Eleusine indica* (L.) Gaert (poaceae). En effet, la couche épaisse de la paille qui couvre le sol empêche les rayons solaires d'accéder aux adventices afin de réaliser leur photosynthèse. Ceci pourrait conduire à long terme à la réduction de leur population. Cependant, la période propice pour installer les pailles se situe pendant la période de germination des graines des mauvaises herbes (Jodaugienė *et al.*, 2006). Le paillage peut aussi être utilisé comme moyen de lutte contre les insectes nuisibles des cultures. Ban *et al.* (2009) ont montré une réduction de la population de *Toxoptera aurantii* (Hemiptera : Aphididae) (Boyer de Fonscolombe.) et de *Aphis gossypii* (Glover.) (Hemiptera : Aphididae) par du plastique en polyéthylène noir et blanc dans les champs de *C. lanatus*. De plus, Necibi *et al.* (1992) ont montré que la présence des plastiques noirs dans le champ de *C. melo* réduit la population de *Acalymma vittatum* (Fabricius.) (Coleoptera : Chrysomelidae) et de *Diabrotica undecimpunctata howardi* (Barber.) (Coleoptera : Chrysomelidae). Cette méthode est efficace pour les petites parcelles. En effet, elle demande beaucoup d'efforts supplémentaires aux paysans (achats de plastiques ou recherche d'une grande quantité de pailles). Aussi, quand la couche de paille ne couvre pas totalement le sol, elle peut entraîner des infestations de mauvaises herbes. Cette infestation peut être plus importante quand les pailles se décomposent plus rapidement.

### 2.5.3.3. Herbicides

A l'image des autres cultures (de rentes et de subsistance), l'usage des herbicides pour la gestion des mauvaises herbes dans la production des Cucurbitaceae est essentiel. Cependant, avec les cultures maraîchères et particulièrement les Cucurbitaceae, cette approche est très difficile à réaliser à cause du manque ou du nombre très limité d'herbicides homologués. Cette restriction serait en partie due à la grande sensibilité de ces plantes aux

herbicides. En Afrique, les coûts très onéreux, le manque de maîtrise et la peur de la toxicité des herbicides limitent le contrôle des adventices par la méthode chimique (Adenawoola *et al.*, 2005).

#### **2.5.3 4. Désherbage manuel**

L'abondance et la diversité des adventices constituent des contraintes majeures dans les systèmes de culture. De ce fait, elles constituent le premier facteur limitant de la production agricole. En Afrique, le sarclage manuel reste la méthode de lutte contre les mauvaises herbes la plus répandue. Le désherbage manuel consiste en l'élimination des mauvaises herbes par leur arrachage ou par un grattage superficiel à la main ou à l'aide des houes (Reddy, 2003; Rahman *et al.*, 2012). Cette opération a l'avantage d'aérer le sol et de faciliter la pénétration de l'eau de pluie ou d'irrigation dans le sol (Ojo, 1997). Cette pratique est largement utilisée pour la culture des Cucurbitaceae. C'est le cas de *C. pepo*. En effet, Lanini et Le Strange (1991) ont montré une augmentation du rendement de cette espèce à travers le désherbage manuel. De même, Van der voosen *et al.* (2004) recommandent le désherbage manuel pour l'entretien de *C. lanatus*. Toutefois, cette pratique est une activité fastidieuse, nécessitant plusieurs heures de travail (Darida & Kuchinda, 2004; Darida & Hamza, 2005). Selon Chikoye *et al.* (2002), au Nigeria, les producteurs de coton consacrent 70 % de leur temps de travaux champêtres au désherbage. Une main d'œuvre très abondante (200 à 400 hommes / jours par hectare) est souvent nécessaire pour le sarclage manuel des champs (Chivinge, 1990). Pour éviter une perte de temps et d'efforts aux paysans tout en améliorant la production, diverses stratégies sont recherchées. Celle régulièrement pratiquée est l'élimination des mauvaises herbes pendant des périodes déterminantes du développement de la plante (Alabi *et al.*, 2004; Adenawoola *et al.*, 2005).

#### **2.5.4. Fréquence de désherbage**

Dans les systèmes agricoles traditionnelles, l'une des causes de la baisse du rendement des cultures souvent ignoré par les paysans est certainement la non maîtrise de la fréquence de désherbage (El-Naim *et al.*, 2010; Hassan *et al.*, 2010). La fréquence de désherbage des mauvaises herbes est spécifique à chaque culture (Tariful *et al.*, 1998; Alabi *et al.*, 2004). En effet, la sensibilité des cultures aux adventices est fortement influencée par la pluviométrie, le type de sol, la densité et le type d'adventices (Chivinge, 1990; Melifonwu, 1994). L'avantage de cette pratique est d'indiquer aux agriculteurs les périodes propices de désherbage des

cultures pour prévenir les pertes de rendement liés aux mauvaises herbes (Adenawoola *et al.*, 2005). Plusieurs auteurs ont montré la nécessité de déterminer la fréquence de désherbage pour les cultures afin d'accroître leur production (Hassan *et al.*, 2010; Workayehu *et al.*, 2011). Ainsi, les travaux de El-Naim *et al.* (2012) ont montré une augmentation de 91,27 % (1,13 t/ha) du rendement de la roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) (Malvaceae) lorsque les parcelles sont désherbées trois fois respectivement les 15, 30 et 45 jours après semis. Des résultats similaires ont également été enregistrés avec l'étude de Alabi *et al.* (2004) sur le manioc (*Manihot esculenta* Crantz.) (Euphorbiaceae). Selon ces auteurs, les désherbages réalisés à 4, 7 et 11 semaines après le planting, donnent un meilleur rendement (29,5 t/ha). En effet, selon Ojo (1997), le désherbage répété favorise une bonne aération et une circulation de l'eau dans le sol. Ainsi, les racines fasciculées des plantes pourraient pénétrer facilement dans ce sol rendu friable pour accéder aux éléments minéraux en absence de toute compétition (Casper & Jackson, 1997).

## **2.6. Gestion des insectes**

### **2.6.1. Insectes inféodés aux Cucurbitaceae**

L'identification et la maîtrise des insectes responsables de la perte du rendement des cultures est une étape importante avant d'engager toute forme de lutte contre ceux-ci. Ainsi, plusieurs études sur les Cucurbitaceae ont indiqué que 36 familles d'insectes appartenant à 7 ordres visitent régulièrement les plantes de cette famille (**Tableau 1**) (Dogramaci *et al.*, 2004; Fomekong *et al.*, 2008). Ces insectes sont pour la plupart des phytophages qui s'attaquent à toutes les parties de la plante (Crawley, 1989). Cependant, deux grands groupes d'insectes se dégagent en fonction de leurs impacts sur les plantes. Le groupe des insectes bénéfiques et ceux des insectes nuisibles (Fomekong *et al.*, 2008; Mziray *et al.*, 2010).

**Tableau 1.** Ordres et familles d'insectes inféodés aux Cucurbitaceae (Fomekong *et al.*, 2008)

Ordres	Familles
Coléoptère	Chrysomelidae, Coccinellidae, Bruchidae Cleridae Cucurlionidae, Cerambacydae, Tenebrionidae
Hémiptère	Pentatomidae, Coreidae, Pyrrhocoridae, Tingidae, Reduviidae, Dinidoridae Alydidae, Miridae, Largidae, Lygaidae, Membracidae, Cercopidae
Hyménoptère	Vespidae, Formicidae, Apidae, Braconidae, Eumenidae
Orthoptère	Acrididae, Tetrigidae, Pyrgomorphidae, Gryllidae
Odonate	Anisoptère, Gomphidae, Coenagrionidae
Diptère	Tephritidae, Diopsidae
Lépidoptère	Acreaidae, Pieridae

### 2.6.1.1. Insectes bénéfiques des Cucurbitaceae

Les insectes pollinisateurs jouent un rôle primordial à l'échelle mondiale. Ils sont directement responsables de la reproduction de 80 % d'espèces végétales monoïques (Delaphane & Mayer, 2000; Ela & Messi, 2012). Plusieurs études ont montré que l'espèce *Apis mellifera* (L.) (Hymenoptera : Apidae) est le principal pollinisateur de la forme oléagineuse de *C. lanatus* (Sampson & Cane, 2000; Taha & Bayoumi, 2009). En dehors de cette espèce, d'autres agents de pollinisation ont également été identifiés. Ce sont notamment les abeilles appartenant aux genres *Xylocopa*, *Halictid* et *Hypotrigona* (Andrews *et al.*, 2007; Nicodemo *et al.*, 2009). Outre les insectes bénéfiques, des insectes nuisibles peuvent être repertoriés également dans les zones de culture.

### 2.6.1.2. Insectes nuisibles et leurs dégâts sur les Cucurbitaceae

Parmi les ravageurs des cultures, les insectes jouent un rôle déterminant dans la production. En effet, ils sont directement ou indirectement la cause de la perte de 70 % de la récolte des cultures dans les zones tropicales où les systèmes de culture sont encore traditionnels (Kumar, 1991; Kekeunou *et al.*, 2006). *Anasa tristis* (De Geer.), (Hemiptera : Coreidae) *Acalymma vittatum* (Fabricius.) (Coleoptera : Chrysomelidae) et *Diabrotica undecimpunctata howardi* (Barber.) (Coleoptera : Chrysomelidae) sont les principaux responsables de la baisse de la production des Cucurbitaceae dans les champs (Hoffmann *et*

al., 2000; Alder & Hazzard, 2009). Ils s'attaquent aux quatre principaux stades phénologiques de la plante dont la plantule, la tige, la floraison et la fructification (Edelson *et al.*, 2002; Edelson *et al.*, 2003). De plus, ils sont également les vecteurs des pathogènes des plantes. *A. tristis* est le vecteur de la bactérie *Serratia marcescens* (Bizio.) (Enterobacterales : Enterobacteriaceae) qui entraîne le jaunissement des tiges des plantes (Wayadande *et al.*, 2005). Les pertes de production de *C. lanatus* et *C. mélo* dues à cette bactérie au Texas varient entre 5 et 100 % (Pair *et al.*, 2004). Quant à *A. vittatum* et *D. undecimpunctata*, ils sont les vecteurs de *Erwinia tracheiphila* (Smith.) Holland (Enterobacterales : Enterobacteriaceae) responsables du flétrissement des plantes (Kirk & Fleischer, 2006). Ils peuvent être aussi responsable de la transmission du virus de la mosaïque chez *C. sativus* (Pitblado & Lucy, 1994). D'autres insectes comme *Cerotoma trifurcata* (Forster.) (Coleoptera : Chrysomelidae) et *Dacus bivitatus* (Bigot.) (Diptera : Tephritidae) s'attaquent également aux plantes des Cucurbitaceae (Koch *et al.*, 2004; Fomekong *et al.*, 2008). Face aux attaques multiples des insectes, la protection des plantes s'avère nécessaire pour prévenir la perte de leur rendement. Plusieurs méthodes sont utilisées par les agriculteurs pour lutter contre les insectes ravageurs.

## **2.6.2. Méthodes de lutte contre les insectes**

### **2.6.2.1. Pièges à insectes**

Les pièges à insectes sont utilisés dans les pays développés comme moyens de lutte contre les insectes ravageurs des cultures (Muqit *et al.*, 2008; Alder & Hazzard, 2009). Cependant, dans la littérature, les informations relatives à l'utilisation des pièges à insectes par les paysans africains sont inexistantes. Par contre, deux types de pièges existent ce sont notamment les plantes pièges et les pièges à phéromones.

L'utilisation de plantes pièges est une solution envisageable et potentiellement efficace comme moyen de lutte contre les insectes. Le principe des plantes pièges repose sur la différence d'attractivité de certaines plantes par rapport à un ravageur. Une plante piège sera plus attractive pour un ravageur que la culture elle-même (Hladun & Adler, 2008; Hormchan *et al.*, 2009). Muqit *et al.* (2008) ont montré que l'aubergine (*Solanum melongena* L.) (Solanaceae) et le concombre (*C. sativus*) sont d'excellents plantes pièges pour protéger la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Solanaceae) contre les aleurodes (*B. tabaci*). De même, Alder et Hazzard (2009) recommandent les plantes de *C. maxima* comme plante piège pour protéger *C. moschata* contre *A. vittatum*.

L'utilisation de pièges à phéromones peut également aider à réguler le niveau de la population des insectes. Ce type de piège est constitué de pièges ordinaires et de la phéromone. Les phéromones sont des substances chimiques émises par la plupart des animaux et certains végétaux. Ceux-ci agissent comme des messagers entre les individus d'une même espèce. Cette phéromone joue un rôle essentiel pendant les périodes d'accouplement des ravageurs. Ainsi, les pièges à bases de phéromones sont souvent utilisés pour perturber les possibilités de rencontre entre les insectes mâles et femelles au moment de leur reproduction. Cette méthode vise surtout à réduire la population des insectes cibles dans les champs ou dans les agrosystèmes. Les pièges à phéromones ont été utilisés par Jackson *et al.* (2005) pour lutter contre les insectes de la courge. Cette technique est intéressante pour des niveaux de populations faibles ou modérés que le piégeage massif va permettre de réduire et maintenir sous le seuil de nuisibilité.

#### **2.6.2.2. Densité de semis**

L'accroissement de la population des plantes par unité de surface constitue un excellent moyen de contrôle des insectes ravageurs (Hilje *et al.*, 2001). Selon Yamamura (1999), il existe une relation entre la densité des cultures et la densité des insectes. Ainsi, les travaux de Dossall *et al.*(1996) ont montré que l'accroissement de la densité du canola (*Brassica rapa* L.) (Brassicaceae) provoque une réduction des infestations des mouches de crucifères *Delia radicum* (L.) (Diptera : Muscoïdæ) et de *D. floratus* (Fallen.) (Diptera : Muscoïdæ). Cette baisse de la population des insectes serait due aux petites tiges du canola en forte densité. En effet, les adultes des mouches de crucifères font exclusivement leur ponte dans les plantes de canola à tiges plus grosses.

Cependant, la forte compétition (intra-spécifique) entre les pieds des plantes en forte densité pourraient constituer une source de la baisse du rendement des cultures malgré la réduction de la population des insectes ravageurs.

#### **2.6.2.3. Date de semis**

La fluctuation de la population, le pourcentage d'infestation des insectes et le rendement des cultures dépendent de la date semis (Morrill & Kushnak, 1999; Hossain *et al.*, 2009). Ainsi, la maîtrise de la date de semis se présente comme un facteur indispensable pour accroître la production des cultures en milieu paysan. La bonne pratique consiste à effectuer les semis des cultures pendant l'absence des insectes ravageurs (Blandino *et al.*, 2008). Les

travaux de Ibrahim et Adesiyun (2009) au Nigeria ont montré que les semis d'oignon dans le mois de décembre donnent un rendement de 48 t/ha contre 2 t/ha pour les semis en mars. La forte production d'oignon dans le mois de décembre est due à une faible taille de la population d'insectes ravageurs pendant les stades sensibles du développement des plantes. En effet, selon les auteurs, le mois de décembre est caractérisé par l'absence de *Thrips tabaci* (L.) (Thysanoptera : Thripidae), le principal ravageur de cette culture. De même Soro *et al.* (2011) recommandent les semis d'oignon au Burkina Faso dans le mois de septembre plutôt que le mois de décembre afin d'éviter les infestations par les larves de *Helicoverpa armigera* (Hübner.) (Lepidoptera : Noctuidae). Cette pratique est une approche préventive car elle n'influe pas directement sur la population des insectes ravageurs.

#### **2.6.2.4. Plantes résistantes**

Une plante est dite résistante lorsqu'elle est moins endommagée ou moins infestée que les autres plantes se trouvant dans les mêmes conditions environnementales d'un champ (Gatehouse, 2008). Cette résistance est conférée naturellement aux plantes selon trois mécanismes. Il s'agit notamment de la tolérance, de l'antibiose et de l'antixénose (Kumar, 1991; Laamari *et al.*, 2008). Elle peut être apportée artificiellement aux plantes sensibles par les rétrovirus, par les plasmides, par la reproduction, par l'hybridation et par le génie génétique, en introduisant dans leur patrimoine génétique des gènes de résistance à un insecte donné (Groot & Dicke, 2002; Alves *et al.*, 2006). Par exemple, les travaux de Dhillon et Wehner (1991) ont montré que *C. melo* possède des gènes de résistances contre les mouches (*Dacus cucurbitae* Coquillett.) (Diptera : Tephritidae) et les insectes (*Aulacophora foveicollis* Lucas.) (Coleoptera : Chrysomelidae). De même, les plantes de *Citrullus colocynthis* (Cucurbitaceae) résistent aux attaques de *Tetranychus urticae* (Koch.) (Acari : Tetranychidae) (Lopez *et al.*, 2005). L'utilisation des plantes résistantes permet de maintenir à un niveau bas les populations d'insectes et de réduire les pertes du rendement des cultures. Cette pratique est importante pour les petits paysans dont les ressources financières sont limitées de sorte qu'ils ne peuvent acquérir des intrants agricoles. L'identification ou la mise au point de plantes résistante est difficile. L'expérimentation peut porter à la fois sur plusieurs variétés d'une plante cible et s'étendre sur des années. C'est le cas de la recherche des variétés résistantes de fève (*Vicia faba* L.) à *Aphis craccivora* Koch (Laamari *et al.*, 2008). Sur 7156 variétés de fèves testées pendant quatre ans par El-Defrawi *et al.* (1991) 114 variétés ont été retenues pour leur résistance à *A. craccivora*. La résistance conférée aux plantes est spécifique car

orientée vers un seul insecte. Pour rendre la protection de la plante complète, cette lutte est additionnée à la lutte chimique notamment l'utilisation des insecticides (Ambang *et al.*, 2009).

#### **2.6.2.5. Insecticides**

Dans les régions tropicales où les conditions climatiques sont plus favorables à la prolifération des insectes, il est pratiquement impossible d'obtenir une bonne récolte sans l'utilisation des insecticides sur les cultures (Kumar, 1991; Omongo *et al.*, 1998). L'introduction des pesticides dans le domaine agricole a contribué à l'amélioration de la production des cultures dans les pays fortement touchés par la famine. Il constitue la principale stratégie de protection des cultures dans les zones tropicales (Kekeunou *et al.*, 2006). Plusieurs types d'insecticides sont utilisés pour combattre les insectes des cultures. La gestion des insectes des Cucurbitaceae implique une gamme variée d'insecticides foliaires tels que le carbaryl (1-naphthyl methylcarbamate ; Carbamate) et les pyrethriinoïdes de synthèse (Foster & Brust, 1995; Hoffmann *et al.*, 2000). En Inde, le principal responsable de la baisse du rendement de *C. melo* et de *C. lanatus* est *A. vittatum*. Pour freiner l'action néfaste de cet insecte, Foster et Brust (1995) ont traité les plantes avec le carbofuran (2,2-diméthyl-2,3-dihydro-1ou benzofuran-7-yl methylcarbamate, Carbamate) ce qui a donné un rendement plus élevé que celles non traitées. Le rendement élevé sur les parcelles traitées serait dû à la baisse de la population de ces insectes. Une étude similaire conduite par Jasinski *et al.* (2009) ont aussi montré que l'imidaclopride (Chloronicotinile) réduit la population de *A. vittatum* sur les plantes de *C. melo*.

En Côte d'Ivoire et dans certains pays de l'Afrique de l'Ouest, le cypercal EC 50, un insecticide à base du cyperméthrine (pyrethriinoïdes de synthèse), est utilisé par les paysans pour prévenir les attaques des insectes sur de nombreuses cultures. Ce sont principalement l'aubergine, le piment (*Capsicum annuum* L.) (Solanaceae) , la tomate, l'oignon, le maïs et la pastèque (*Citrullus lanatus*) (Nicaise *et al.*, 2010; Mbete *et al.*, 2011). Cet insecticide a un large spectre d'action si bien qu'il est efficace contre plusieurs insectes. De plus, il présente l'avantage d'être moins toxique et biodégradable (Boukar & Boumard, 2010). Cependant, l'utilisation des insecticides est rentable lorsqu'ils sont appliqués pendant les périodes déterminantes du développement de la plante. Les travaux de Kamara *et al.* (2007) ont montré que la maîtrise de la fréquence d'application permet d'augmenter le rendement du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Fabaceae) de 75 à 125 %.

### 2.6.3. Fréquence d'applications des insecticides

La biologie florale et la grande dépendance des Cucurbitaceae des insectes pollinisateurs imposent la prise de précautions avant l'engagement de toute lutte contre les insectes ravageurs (Delaphane & Mayer, 2000; Ela & Messi, 2012). De telles préoccupations avaient été résolues avec l'optimisation de la fréquence d'applications d'insecticide sur le niébé par Ajeigbe et Singh (2006) et Karungi *et al.* (2000). En effet, ces auteurs préconisent l'utilisation des insecticides aux stades phénologiques sensibles des plantes pour éviter les insectes pollinisateurs. La prise en compte de cette pratique selon Kamara *et al.* (2007) permet également de réduire le nombre des applications des insecticides sur les cultures. Cette approche permet aux paysans de mieux planifier les périodes de lutte contre les insectes ravageurs des cultures et d'assurer une bonne production. Elle varie avec la zone de culture, la matière active chimique et l'espèce de Cucurbitaceae (Hubbell, 1997; Sibanda *et al.*, 2000). Les travaux de Damicone *et al.* (2007) ont suggéré une application d'insecticide à base de perméthrine pour contrôler la population de *A. tristis* sur *C. pepo* à Oklahoma (USA). A Cameron et à Hidalgo (Texas, USA), les paysans utilisent une moyenne de quatre à cinq applications d'insecticide pour protéger les plantes de Cucurbitaceae contre les insectes ravageurs (Barrientos & Anciso, 1996; Pair *et al.*, 2004). Le nombre élevé d'applications d'insecticide par ces paysans serait lié à l'abondance de pluie pendant la saison des cultures. En effet, l'eau de pluie peut neutraliser la rémanence des insecticides. Les ressources financières limitées obligent parfois les agriculteurs africains à faire recours aux insecticides traditionnels pour combattre les insectes. Ainsi, au Nigeria, Oke (2008) recommande trois applications de lambda-cyhalothrine sur *C. sativus* contre le *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett.) (Diptera : Tephridae).

En somme, il résulte de cette synthèse bibliographique que l'augmentation du rendement des cultures requiert la maîtrise de plusieurs facteurs de production. Cependant, pour l'agriculture paysanne utilisant très peu d'intrants, la maîtrise de la population d'insectes ravageurs et des mauvaises herbes apparaît déterminante pour assurer de bons rendements. Selon Rena (2007), la première cause de l'insécurité alimentaire dans le monde est l'impact néfaste des ravageurs sur les plantes cultivées. Les pertes de rendement des cultures dues à ce facteur sont estimées à 25 % dans les pays tropicaux contre 5 % dans les pays développés (Kekeunou *et al.*, 2006; Ekeleme *et al.*, 2009). De plus, la variation climatique de plus en plus perceptible joue un rôle fondamental dans le succès de la production des cultures (Erda *et al.*,

2005; Agbola & Ojeleye, 2007). Dans ce contexte, pour maintenir le niveau de production des cultures, la détermination du calendrier de semis devient un impératif pour les agriculteurs (Cassman, 1999; Hilje *et al.*, 2001). Ainsi, dans le cadre de l'amélioration de la production de la forme oléagineuse de *C. lanatus*, ces trois facteurs de production ont fait l'objet d'étude.

## Milieux d'étude

---

La présente étude s'est déroulée principalement sur le site de Manfla. Ce village est situé dans le département de Zuenoula précisément dans la sous préfecture de Gohitafla. Un second site c'est-à-dire site expérimental de l'Université Nangui Abrogoua (UNA) a été également nécessaire pour la réalisation des essais relatifs à la réponse productive de la forme oléagineuse de *C. lanatus* à l'enherbement de sa phase reproductive.

### 3.1. Site de Manfla

Le développement agricole d'une région est basé sur la valorisation des ressources génétiques locales disponibles, en tenant compte des besoins de la population au niveau socio-économique et alimentaire (Taffouo *et al.*, 2007). Dans la région de la Marahoué, les paysans et les autorités ont mis en place des politiques et des actions de développement communes pour sauvegarder l'agriculture en difficulté (Kone *et al.*, 2008; Kouassi & Zoro Bi, 2009). En effet, cette agriculture est fortement influencée par les facteurs démographiques et agro-climatiques. Dans ce chapitre, les caractéristiques écologiques et socioéconomiques de la zone d'étude seront décrites en donnant les potentialités agronomiques sur lesquelles nous allons nous appuyer pour proposer une innovation.

#### 3.1.1. Environnement physique

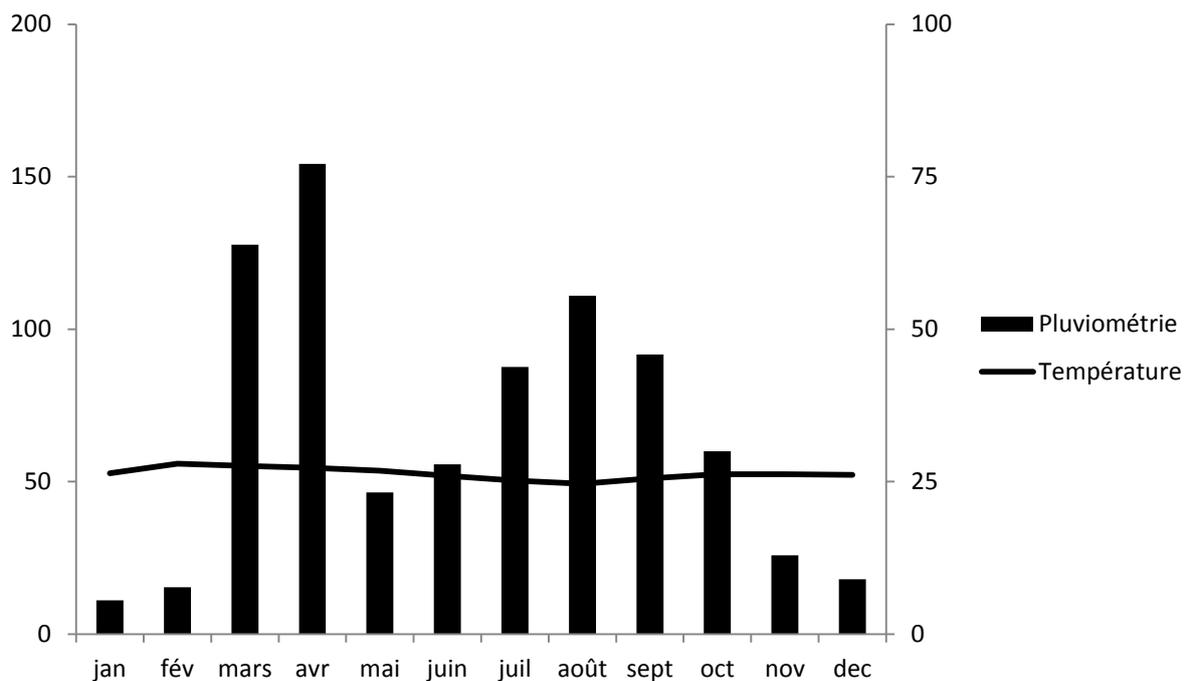
##### 3.1.1.1 Climat

Le climat est décrit avec les données de la température, de l'humidité relative et celles des précipitations. Les données ont été obtenues avec le concours de la SODEXAM (Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique) d'Abidjan. L'ensemble de la zone est sous l'influence d'un climat tropical humide de type sub-soudanien. Le diagramme ombrothermique est d'après Rey (1960), la représentation graphique de la variation annuelle comparée de la pluviométrie et de la température d'un lieu, l'échelle des précipitations (mm) étant le double de celle des températures (°C). Il permet de déterminer les mois écologiquement secs lorsque la courbe des précipitations passe sous celle des températures. Ainsi, le climat de cette zone d'étude est caractérisé par quatre saisons dont deux saisons pluvieuses séparées par une petite sèche de mai à juin et d'une longue saison

sèche qui débute de novembre et prend fin en février (**Figure 4**) (Kouassi & Zoro Bi, 2009). Les températures moyennes annuelles sont assez élevées (26,32 °C) avec des oscillations de faible amplitude. La pluviométrie moyenne annuelle est de 804,49 mm. Contrairement à la température, une grande irrégularité interannuelle est observée au niveau de la pluviométrie. Cette irrégularité provoque la non-maîtrise des activités agricoles par les paysans. La variabilité des précipitations est le principal facteur limitant la production agricole dans la zone. Ces facteurs contribuent à fragiliser les systèmes de production qui sont encore pratiqués traditionnellement.

### 3.1.1.2. Végétation

Le paysage de Manfla (Zuenoula) est dominé par une végétation de transition (soudano-guinéenne). Cette végétation est composée d'une savane arborée à trois strates (Eponon *et al.*, 2000). La strate arbustive (*Piliostigma thoningii* Schum (Milne-Redh.) (Fabaceae), *Afromosia laxiflora* (Benth. ex Bak.) Harms (Fabaceae), la strate herbeuse (*Andropogon gayanus* (Kunth.) (Poaceae), *Imperata cylindrica* (L.) P. (Beauv.) (Poaceae), *Pennisetum sp* (F. Muel.) *Hyparrhenia sp.* (Andersson.) (Poaceae) et la strate arborée constituée de forêts en bordure des rivières et ayant l'aspect d'une forêt dense. Cependant ce type de forêt est rare et a une superficie restreinte. On y trouve également une forêt claire avec une strate herbeuse constituée en majorité par l'adventice néotropicale *Chromoleana odorata* (L.) R. M. King et H. Rob (Asteraceae). La strate des grands arbres comprend des espèces comme le fromager (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Malvaceae)), l'iroko (*Chrorophora excelsa* (welw.) .C. C.Berg. (Moraceae)), le samba (*Triplochiton scleroxylon* (K. Schum.) (Sterculiaceae)) et le fraké (*Terminalia superba* (Engl. et Diels. (Combretaceae)). Cependant, la parcelle sur laquelle, nous avons installé notre experimentation était une jachère constituée principalement de *Chromoleana odorata* (L.) R. M. King et H. Robins (Asteraceae), *Panicum maximum* Jacq (Poaceae), *Ageratum conyzoides* (L) (Asteraceae) et *Imperata cylindrica* (L) Beauv (Poaceae) (Kouassi & Zoro Bi, 2009).



**Figure 4.** Diagramme ombrothermique de la région de la Marahoué pour l'année 1999-2008 (Source : SODEXAM, 1999-2008).

### 3.1.2. Environnement social

#### 3.1.2.1. Population agricole

La population de la Marahoué est composée en grande majorité d'autochtones Gouro vivant essentiellement de l'agriculture. Cette région est également peuplée par les allochtones venus d'autres régions de la Côte d'Ivoire (Baoulés, Sénoufos, Bétés et autres) et par les allogènes (Burkinabés, Maliens, Béninois, Nigériens, Ghanéens et autres). Les pratiques agricoles restent toujours traditionnelles avec des techniques de production rudimentaires (Haxaire, 2003).

Aujourd'hui, avec le changement climatique couplé avec la pression parasitaire, le rendement des cultures a considérablement diminué dans cette partie du pays (Erda *et al.*, 2005; Fulvie *et al.*, 2009). L'alimentation de base du peuple Gouro de la région de la Marahoué est l'igname. Cependant, au cours des périodes de soudure, le manioc, la banane et les céréales (riz, maïs) sont largement consommés. La superficie du champ d'igname varie en fonction des ressources financières disponibles et la taille de la famille. L'igname est généralement cultivée en association avec le gombo, l'aubergine, la tomate, le piment et le maïs (Haxaire, 2003).

A coté de ces cultures vivrières se développent des cultures industrielles telles que le cotonnier (*Gossipum hirsutum* L.) (Malvaceae), le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.), (Malvaceae) le caféier (*Coffea canephora* L.) (Rubiaceae) et l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) (Anacardiaceae). Sur le plan culturel, le groupe ethnique est majoritairement animiste et reste attaché aux valeurs culturelles ancestrales.

### **3.1.2.2. Institutions chargées de la promotion agricole**

Les politiques agricoles de la Côte d'Ivoire se sont alignées sur les impératifs des bailleurs de fonds à travers les programmes d'ajustement structurel. C'est ainsi qu'en Côte d'Ivoire, diverses structures ont été créées pour promouvoir le développement agricole. Ces organismes avaient pour mission principale, d'améliorer la productivité agricole par l'introduction de nouvelles technologies. Deux structures agricoles interviennent dans la région : la CIDT (Compagnie Ivoirienne pour le Développement des Textiles) et l'ANADER (Agence Nationale d'Appui au Développement Rural).

La CIDT a pour rôle de vulgariser la politique agricole et l'approvisionnement à crédit, des producteurs en intrants et en équipements agricoles. Elle est en contact permanent avec les organisations paysannes aussi bien sur le plan technique (préparation de la campagne, vulgarisation des innovations) que sur le plan administratif. En réalité, l'intervention de la CIDT se limite à la culture et à la distribution des graines de coton et des insecticides aux paysans.

L'ANADER est une structure mixte en charge de l'exécution des activités d'encadrement et de vulgarisation agricole en milieu paysan. La mission principale qui lui est assignée est de fournir des services agricoles efficaces aux paysans. Cet objectif doit contribuer à la réalisation d'un objectif global de lutte contre la pauvreté par l'accroissement de la production agricole de façon durable.

### **3.1.3. Production agricole**

#### **3.1.3.1. Faiblesses de la production**

L'accroissement de la population a conduit à l'extension des superficies cultivables. Ainsi, cette grande pression anthropique a conduit à la réduction continue de la fertilité des sols cultivables (Kone *et al.*, 2008; Tittonell *et al.*, 2008). Dans la région de la Marahoué, la production des cultures se fait encore traditionnellement par les paysans (Boiffin *et al.*, 2000; Kouassi & Zoro Bi, 2009). Une telle pratique culturelle présente des insuffisances pour faire

face aux effets néfastes des mauvaises herbes et des insectes sur les cultures notamment *C. lanatus* dans les champs. Ces deux facteurs constituent la principale cause de la baisse de la production de cette espèce (Buker *et al.*, 2003; Kekeunou *et al.*, 2006). De plus, la variation climatique constitue également un autre obstacle à la production de *C. lanatus* (Khan *et al.*, 2001). En effet, les femmes productrices sont en permanence confrontées à la détermination de la période propice de semis de cette cucurbité oléagineuse. Ainsi, la baisse de la fertilité des sols et la non maîtrise des techniques culturales par paysans entraînent la baisse significative de la production agricole dans ladite région (Reddy, 2003). Cette diminution de la production agricole en milieu paysan est à la base de la précarité de la vie. La récurrence de la pauvreté des producteurs limite leur accès aux intrants agricoles, notamment les engrais minéraux, les herbicides et les insecticides. Les cultures comme *C. lanatus* et l'arachide, malgré le rôle important qu'elles jouent sur le plan socio-économique, occupent encore des superficies très petites.

### **3.1.3.2. Atouts de la production**

L'agriculture constitue la principale activité économique pratiquée par la population. Les cultures de rente et les cultures vivrières de grande consommation (igname, riz et le maïs) sont conduites par les hommes (Haxaire, 2003). Après la récolte de l'igname, la même superficie sera allouée successivement à l'arachide et aux cucurbités oléagineux, particulièrement *C. lanatus*. Cette espèce est la plus répandue dans la région de la Marahoué. En effet, la « sauce pistache » est très appréciée par la population surtout pendant les fêtes de fin d'année et d'autres cérémonies populaires. De plus, la vente des graines constitue pour les femmes productrices une source de revenus additionnels (Zoro Bi *et al.*, 2003; Zoro Bi *et al.*, 2006). L'intensification des cultures locales reste encore l'une des meilleures possibilités pour l'amélioration de la rentabilité économique de l'agriculture (Achu *et al.*, 2005; Taffouo *et al.*, 2007). La variabilité de la végétation constitue un atout pour l'agriculture de la région. La présence des structures étatiques permet une modernisation et un appui à la responsabilisation des paysans. Les infrastructures routières moyennement développées dans la région constituent un avantage majeur pour la vente de la production des cultures. Aujourd'hui, la demande nationale en denrées alimentaires est tellement forte qu'une augmentation du rendement de ces cultures par une politique agricole et économique bien élaborée, permettra aux populations de vivre des conditions de vie améliorées. La main-d'œuvre familiale constitue la principale énergie pour la production agricole. L'union des producteurs donne

aussi la possibilité à ses membres d'avoir des financements pour améliorer leur production. Tous ces facteurs réunis, constituent un véritable atout pour cette région qui est essentiellement agricole.

### **3.1.3.3. Systèmes agricoles impliquant les cucurbites**

La nature rampante des tiges et les feuillages des cucurbites oléagineuses en général et de *C. lanatus* en particulier a constitué un avantage en agriculture (Achigan-Dako *et al.*, 2008). Ainsi, elles sont cultivées en association aussi bien avec les cultures de subsistance que de rentes (Ifeoma *et al.*, 2008; Munisse *et al.*, 2011).

Dans la région de la Marahoué et précisément à Manfla, les paysans cultivent régulièrement cette espèce avec le manioc, le maïs et les légumes (gombo, aubergines et les piments). Mais l'igname est plutôt cultivée avec l'espèce *Cucumeropsis mannii* (Naudin.) (Cucurbitaceae). De plus, *C. lanatus* est également cultivée en association avec l'anacarde pendant les deux ou trois premières années après semis.

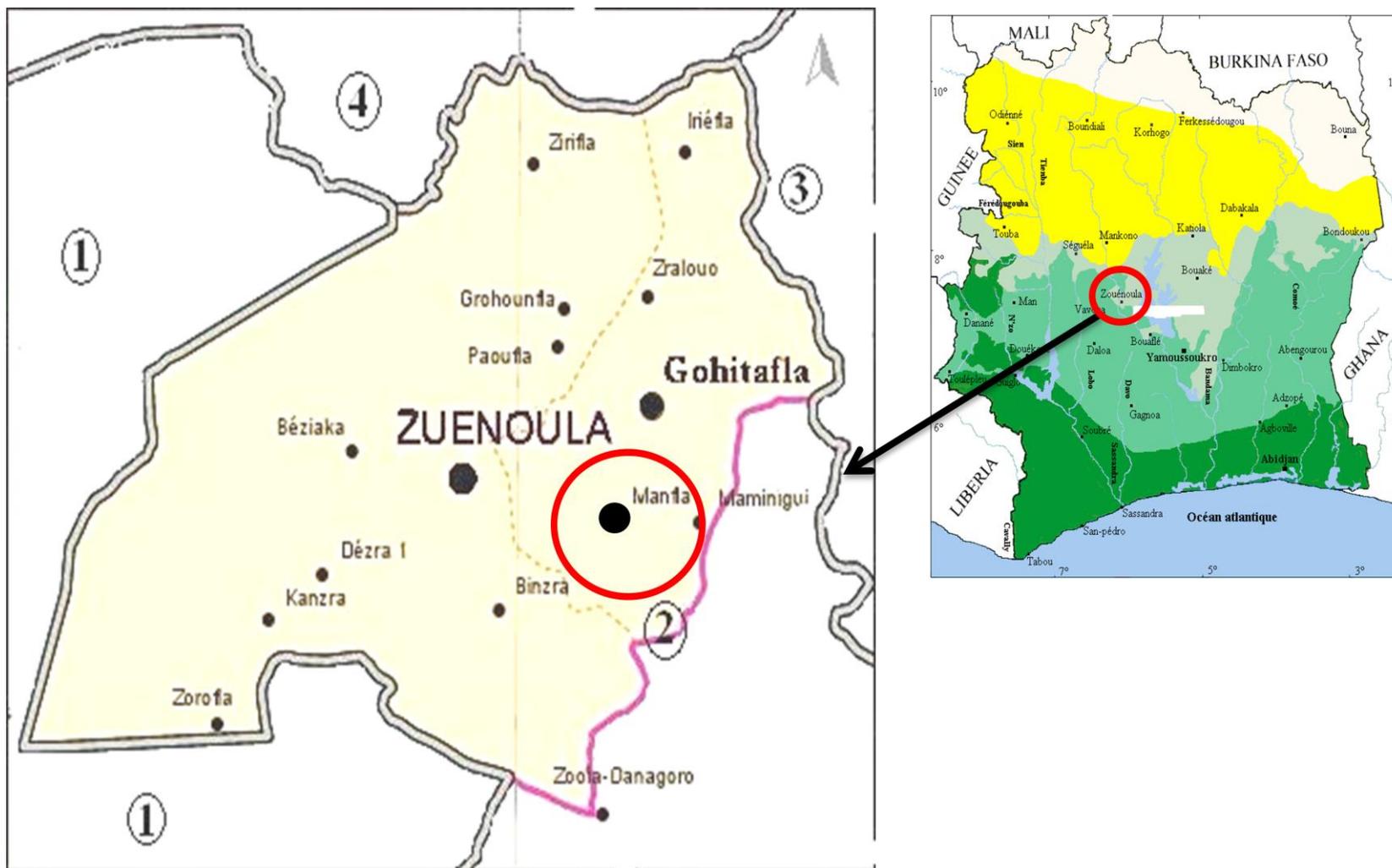
À l'Est de la Côte d'Ivoire, *C. lanatus* est associé avec le caféier et le cacaoyer et au Nord avec le cotonnier (Zoro Bi *et al.*, 2003). L'avantage d'une telle approche se justifierait par la réduction du temps de désherbage des paysans et par l'enrichissement du sol par en matière organique (Jones, 2003; Achigan-Dako *et al.*, 2008).

Cependant, *C. lanatus* est parfois cultivée seule c'est-à-dire en culture pure sur de petite superficie, en jardin de case ou sur des surfaces plus étendues (0,25 ou 0,5 ha) dans les champs. Dans ce cas, elle est produite comme culture principale. Ainsi, la cucurbite peut s'intégrer dans la rotation culturale « jachère – igname – arachide – cucurbite » ou « jachère – arachide – cucurbite » (Zoro Bi *et al.*, 2003).

### **3.1.4. Site d'expérimentation**

#### **3.1.4.1. Situation géographique**

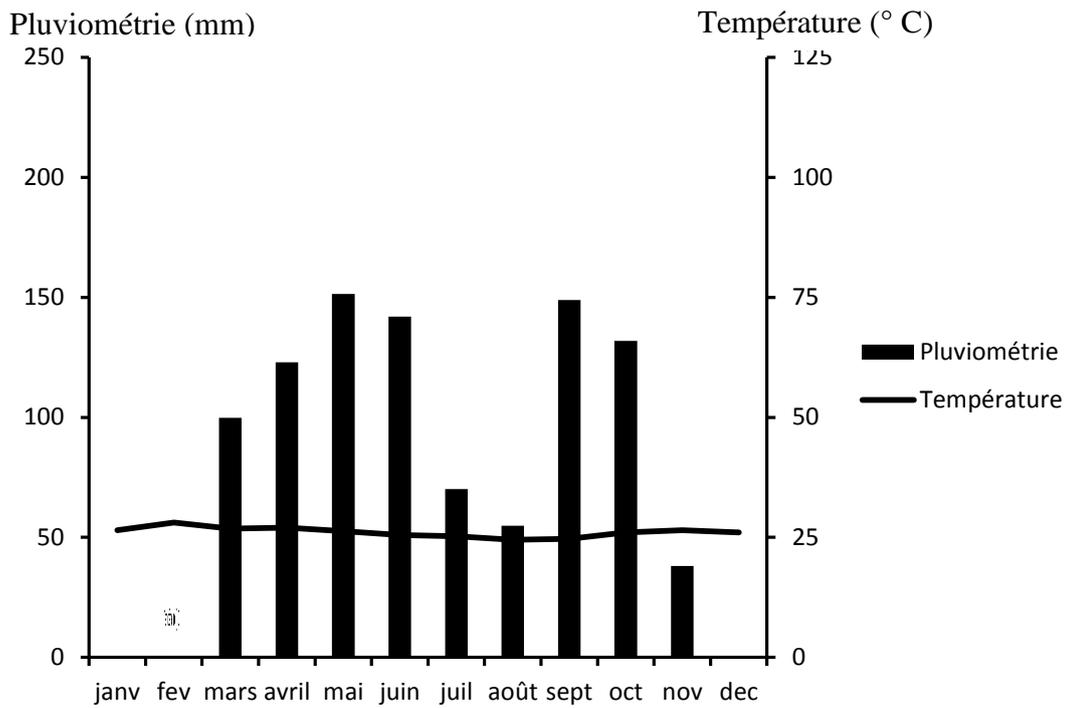
Les expérimentations ont eu lieu à Manfla pendant trois années (2006, 2007 et 2008). Ce village est situé dans la sous-préfecture de Gohitafla, dans le département de Zuénoula (**Figure 5**). Ce département est situé au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire à environ 400 km d'Abidjan entre le 6°49' Nord et le 5°43' Ouest. Le choix de ce village se justifie par le fait qu'il constitue une zone de forte production de *C. lanatus*.



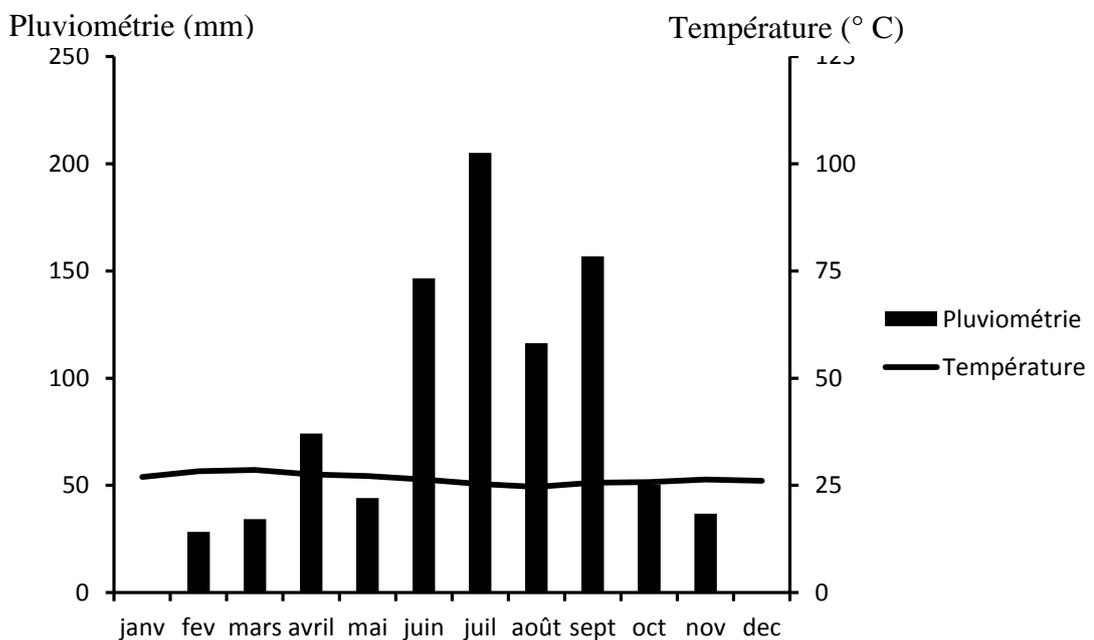
**Figure 5.** Localisation du site de Manfla dans le département de Zuenoula (Source: (Monnier, 1983)) Échelle : 1/800000

### 3.1.4.2. Pluviométrie, température et humidité

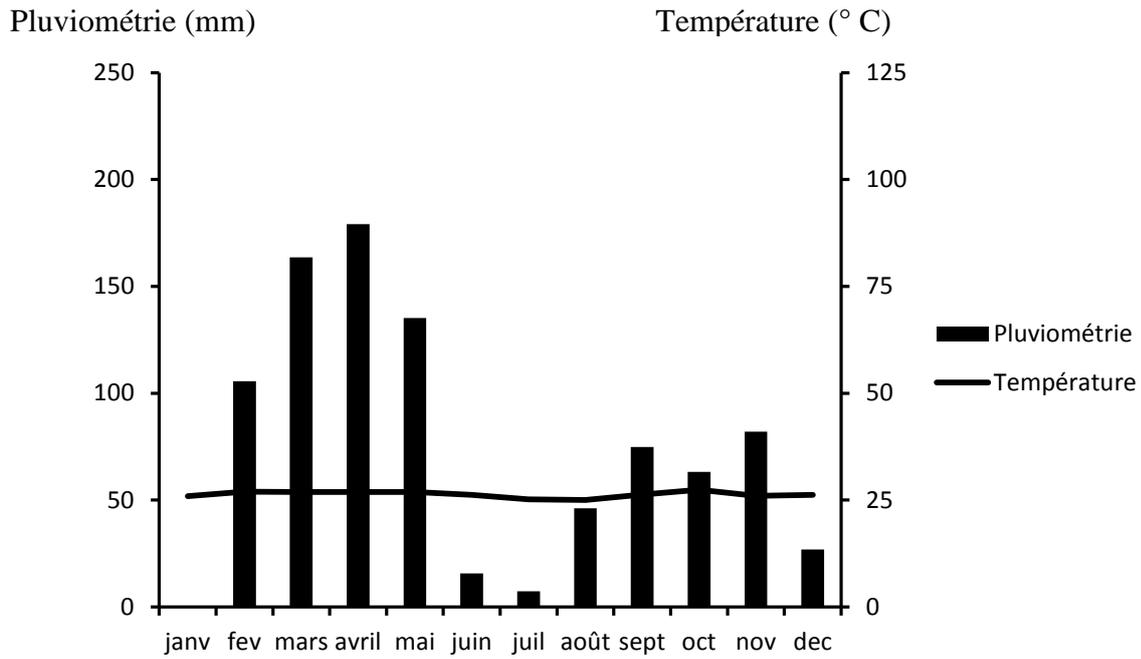
Le village de Manfla est situé dans une zone moyennement arrosée. Les données de pluviométrie recueillies auprès du service de climatologie de la Sodexam indiquent que Manfla a été caractérisée par une forte pluviométrie allant jusqu'à 586 mm de pluie pour 2006, 504 mm pour 2007 et 899,74 mm en 2008. Les températures moyennes de 26,1, 26, 6 et 26,37 °C ont été obtenues, respectivement au cours de ces trois années. Ces données ont permis de déterminer une saison sèche (novembre-février) et une saison pluvieuse (mars-octobre) en 2006 (**Figure 6**). Au cours de l'année suivante (2007), quatre saisons de culture ont été distingué c'est-à-dire une grande saison sèche (octobre-mars), une petite saison de pluie avril, une petite saison sèche en mai et une grande saison de pluie (juin-septembre) (**Figure 7**). La dernière année d'étude a été marquée par deux saisons sèches c'est-à-dire une la petite de décembre à janvier et une grande de juin à août et deux saisons pluvieuses respectivement la grande de février à mai et la petite de septembre à novembre (**Figure 8**). Les fluctuations des moyennes de l'humidité relative de l'air sont aussi élevées que celles des précipitations (**Figure 9**). En effet, les valeurs varient de 71 à 87 % pour 2006, de 46 à 85 % pour 2007 et de 54,7 à 87 % pour 2008 avec une moyenne de 80, 76 et 79,14 % respectivement. Les valeurs les plus faibles ont été enregistrées en janvier et février et les plus fortes valeurs ont été obtenues en août pour les trois années de culture.



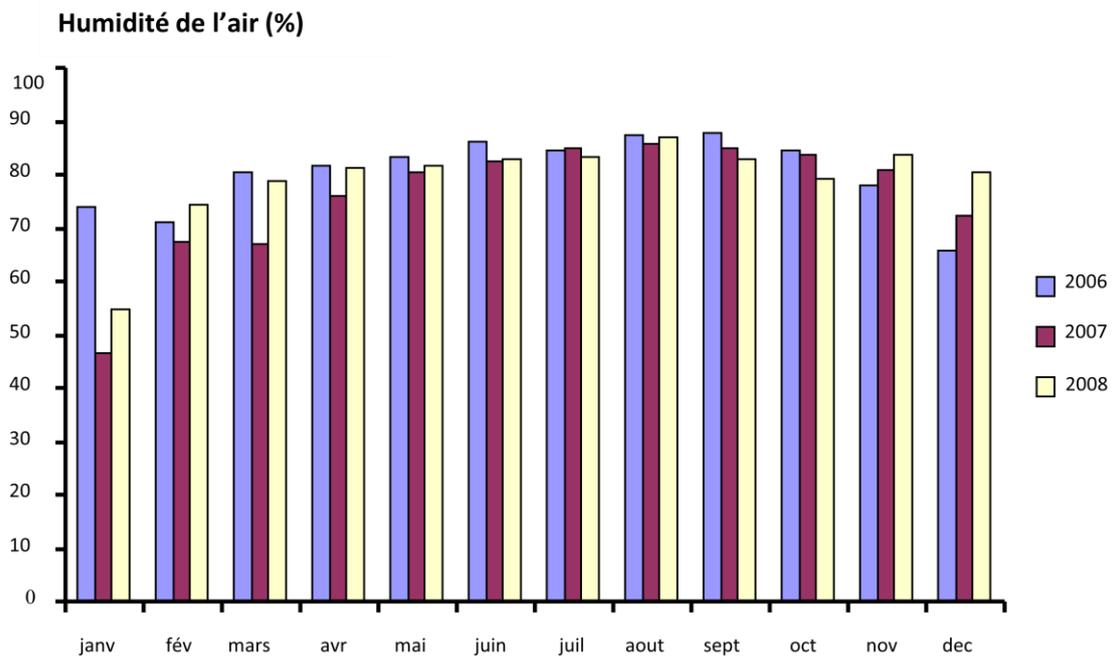
**Figure 6.** Diagramme ombrothermique de la région de la Marahoué pour l'année 2006 (Source : SODEXAM, 2006).



**Figure 7.** Diagramme ombrothermique de la région de la Marahoué pour l'année 2007 (Source : SODEXAM, 2007).



**Figure 8.** Diagramme ombrothermique de la région de la Marahoué pour l'année 2008 (Source : SODEXAM, 2008).



**Figure 9.** Variations annuelles de l'humidité de l'air à Manfla pour les années 2006, 2007 et 2008 (Source : SODEXAM, 2006, 2007 et 2008).

### 3.1.4.3. Sol

Les parcelles ayant servi pour l'installation des expérimentations étaient une jachère depuis au moins deux années. Les principales caractéristiques physico-chimiques de ces sols sont indiqués dans le **tableau 2**. Les sols du site sont pauvres en argile et en matière organique. C'est un sol très sableux à texture sablo-limoneuse, légèrement acide et pauvre en azote et en phosphore.

**Tableau 2.** Caractéristiques physico-chimiques du sol du site d'étude (Kouassi & Zoro Bi, 2009)

Éléments	Caractéristiques physico-chimiques
Sable	57 %
Limon	36 %
Argile	7 %
PH	6,45
Carbone organique	6 %
Calcium	450 mg/kg
Phosphore	$24,4.10^3$ mg/kg
Azote	$3,5.10^3$ mg/kg

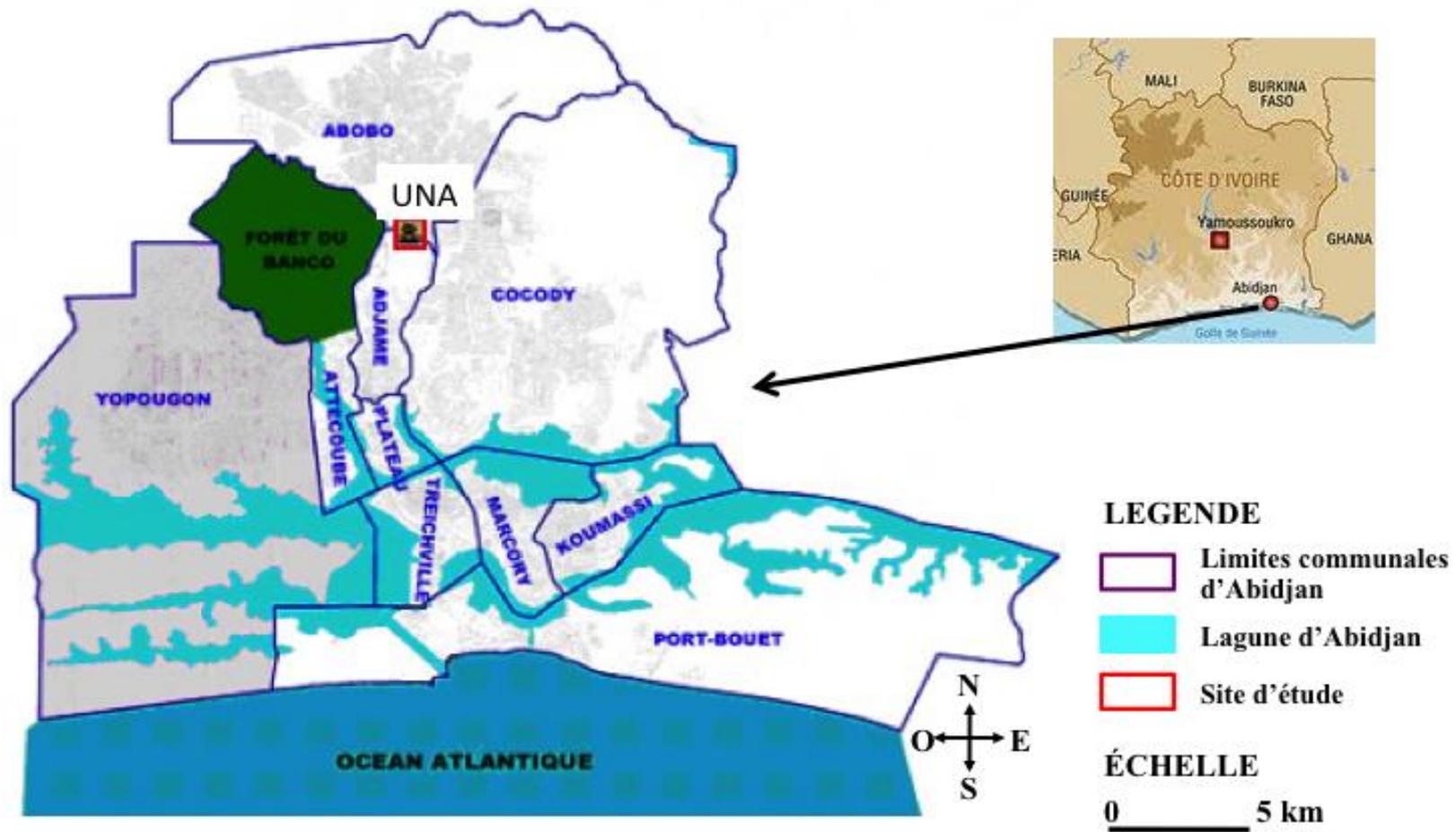
## 3.2. Site d'Abidjan

### 3.2.1. Situation géographique

L'étude conduite dans la ville d'Abidjan (**Figure 10**) a eu lieu précisément à la station expérimentale de l'Université Nangui Abrogoua. Ce site est situé entre 5°17' et 5°31' de latitude Nord et entre 3°45' et 4°31' de longitude Ouest (Zoro Bi & Kouakou, 2004).

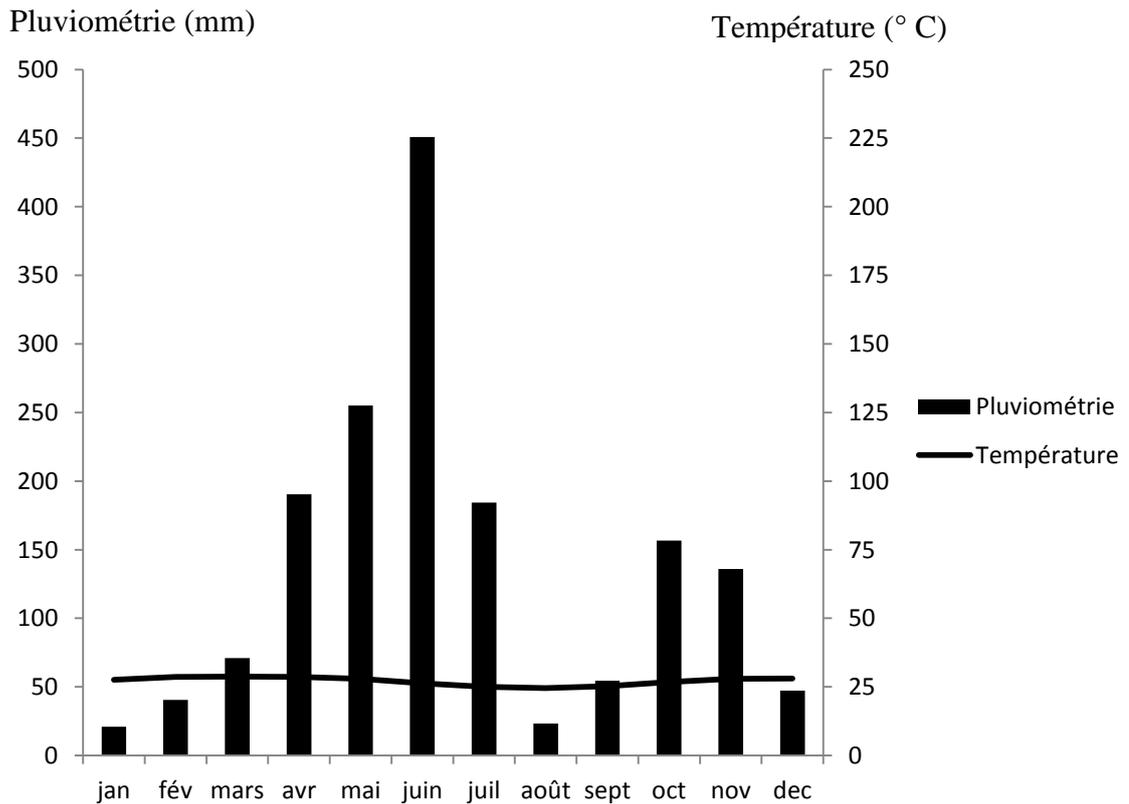
### 3.2.2. Pluviométrie, température et humidité

Le climat de la ville d'Abidjan correspond à celui du Sud de la Côte d'Ivoire. C'est un climat de type tropical humide (Durand & Skubich, 1982) avec des intensités de précipitations qui définissent quatre saisons dont deux saisons des pluies et deux saisons sèches. La grande saison des pluies s'étend d'avril à juillet (4 mois), la petite saison des pluies dure deux mois (octobre et novembre). Quant à la grande saison sèche, elle couvre 4 mois (décembre à mars), tandis que la petite saison sèche dure deux mois (août à septembre) (**Figure 11**) (Durand & Skubich, 1982).

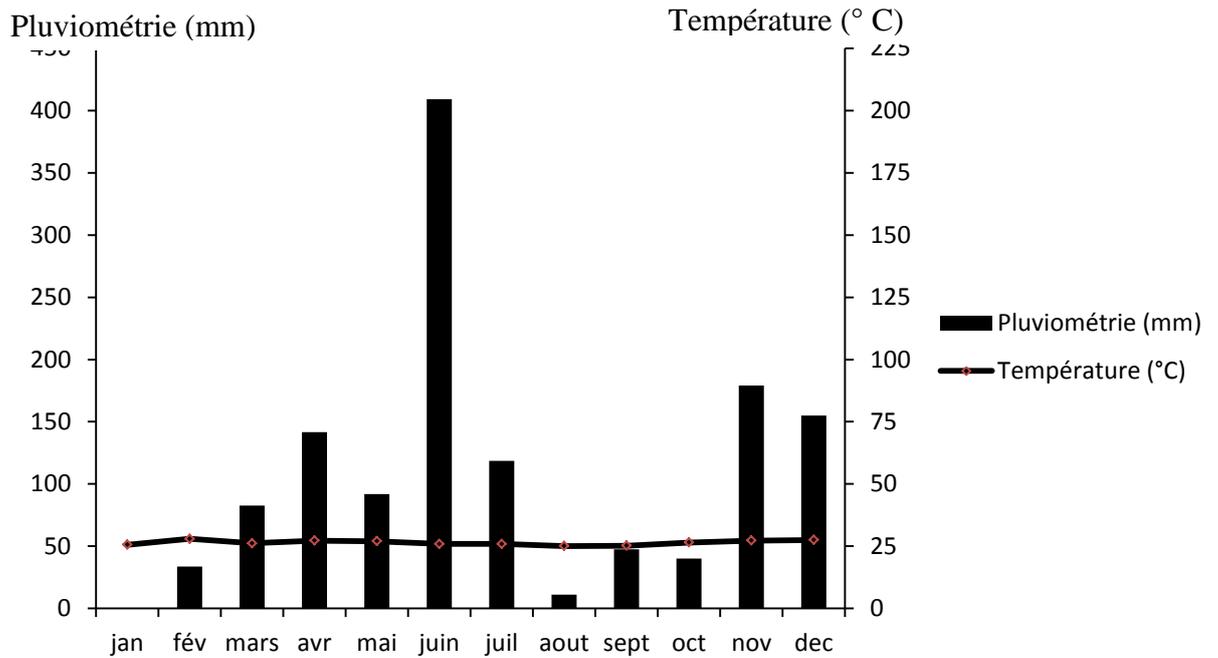


**Figure 10.** Localisation du site d'étude (UNA) dans le district Abidjan (Source: (Zoro Bi & Kouakou, 2004))

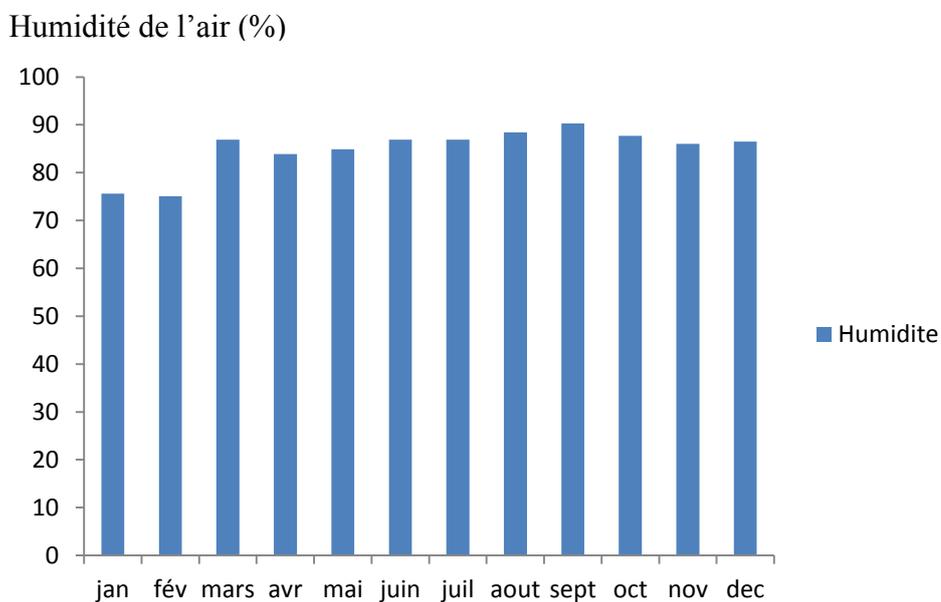
Les essais ont été conduits de mars à juillet 2008 à la ferme expérimentale de l'Université Nangui Abrogoua (Abidjan). Les données de pluviométrie recueillies auprès du service de climatologie de la Sodexam indiquent que la ville d'Abidjan a été arrosée au cours de l'année 2008 avec une moyenne de 1310,9 mm de pluie et une température 26,46 °C (Figure 12). Sur ce site, l'humidité relative mesurée indique une moyenne de 84,92 % (Figure 13).



**Figure 11.** Diagramme ombrothermique d'Abidjan pour la période 1999-2008 (SODEXAM, 1999-2008)



**Figure 12.** Diagramme ombrothermique d'Abidjan pour la période 2008 (SODEXAM, 2008)



**Figure 13.** Variations annuelles de l'humidité de l'air à Abidjan pour les années 2008 (Source : SODEXAM, 2008).

### **3.2.3. Végétation**

La ville d'Abidjan est caractérisée par trois types de végétation dans la région d'Abidjan (Monnier, 1983). Une forêt ombrophile sur sable tertiaire (Forêts du Banco et de l'Anguédogou), des formations hydromorphes (forêts marécageuses et mangroves) et les savanes de basses côtes (Avit *et al.*, 1999). En dehors, de ces végétations, on y trouve des végétations aménagées dans la ville d'Abidjan. Ces dernières sont constituées par de vastes espaces où l'on a entrepris des cultures vivrières intra-urbaines, des cultures fruitières, maraîchères et horticoles. La végétation de notre site d'étude à l'Université Nangui Abrogoua est la continuité du parc national du Banco. Aujourd'hui, elle a été profondément modifiée et l'on y rencontre des jachères (Kouonon *et al.*, 2009).

### **3.2.4. Sols**

Le district d'Abidjan est situé dans un bassin sédimentaire. Au Nord, on y rencontre des hauts plateaux sablo-argileux du continental terminal, tandis qu'au Sud, se trouve un ensemble de bas plateaux sablo-argileux. Sur le plan géologique et du point de vue de la lithologie, le district d'Abidjan est constituée, de haut en bas, de sables argileux, de sables moyens et de sables grossiers (Yao-kouamé & Allou, 2008). Les sols du district d'Abidjan sont constitués de sols ferralitiques (ferralsols) et de sols hydromorphes (fluvisols) dans des zones marécageuses (Yao-kouamé & Allou, 2008). Le pH du sol est plus acide en surface qu'en profondeur, et la teneur en matière organique varie de 2 à 3 %. Ces sols doivent leur hydromorphie aux fortes précipitations.

---

---

## **Deuxième partie: Expérimentations**

---

---

## Amélioration de la production de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* par la mise au point d'un calendrier de semis

---

### Objectif

En production végétale, la non maîtrise des facteurs de production comme le désherbage, la gestion des insectes, le calendrier de semis et la fertilisation est souvent responsable de la baisse du rendement des cultures, qui est particulièrement importante dans les systèmes agricoles traditionnels (Malik *et al.*, 2006; Alam *et al.*, 2007). Parmi ces facteurs, le calendrier de semis a une grande influence sur la production, surtout dans les régions tropicales où la pluviométrie varie pendant l'année. En effet, chaque culture a ses propres exigences climatiques (Salmasi *et al.*, 2006; Gholami *et al.*, 2007). Dans ce contexte, la maximisation du rendement de toute culture repose sur la détermination des dates propices de semis. La présente étude a été entreprise pour définir la période de semis convenable pour un bon rendement production de *C. lanatus*. L'application des résultats de ces investigations devrait permettre aux producteurs d'améliorer, à court et à long termes, leur revenu.

### 4.1. Matériel et méthodes

#### 4.1.1. Matériel végétal

Le matériel biologique utilisé est constitué du cultivar wlèwlè de *C. lanatus*, qui présentent des graines de taille moyenne (**Figure 14**). Elles sont issues de l'accession NI119 de la collection de l'Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire).

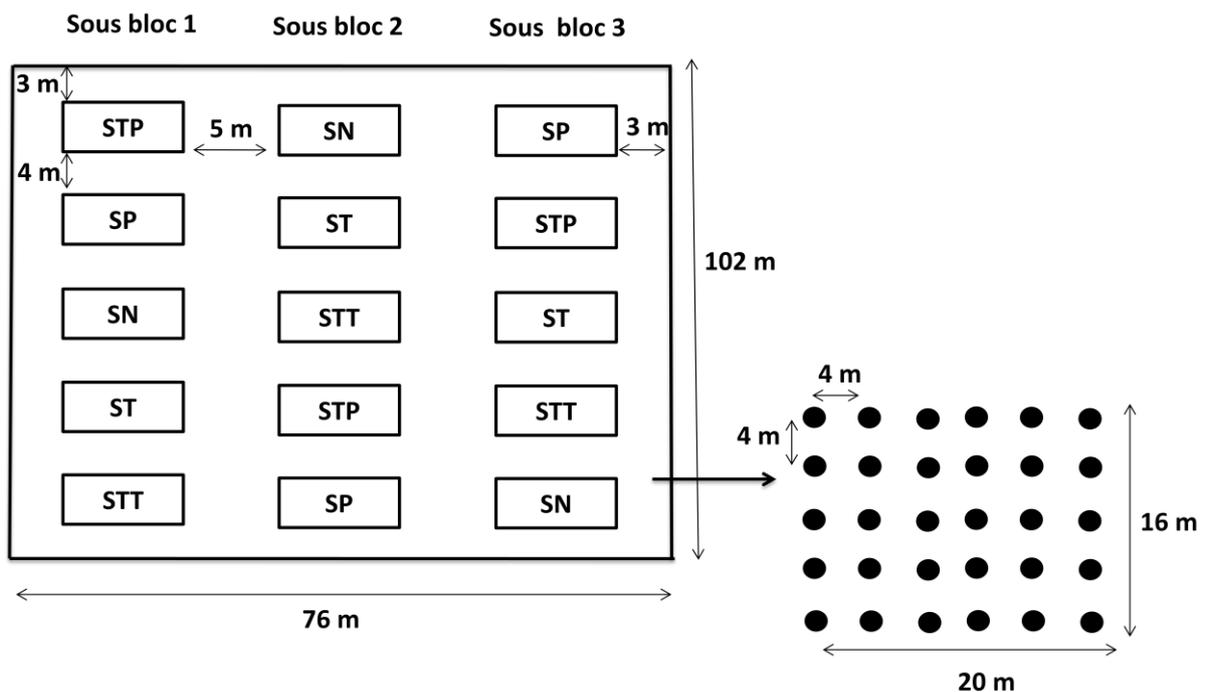


**Figure 14.** Graines moyennes du cultivar wlèwlè

## 4.1.2. Méthodes

### 4.1.2.1. Mise en place des parcelles

Les essais ont été réalisés sur un terrain de 0,775 ha (76 sur 102 m). La préparation du terrain a consisté en un défrichage manuel. Après le défrichage, des piquetages ont été effectués pour marquer les points de semis. Le dispositif expérimental est un bloc aléatoire complet avec trois sous blocs et une répétition par sous bloc. Chaque sous bloc est représenté par cinq parcelles élémentaires. Ainsi, sur l'ensemble des trois sous blocs, 15 parcelles élémentaires (20 sur 16 m) ont été mises en place. Chacune des parcelles comportait 30 points de semis. Les trois sous blocs sont séparés de 5 m et les parcelles à l'intérieur d'un sous bloc, de 4 m (**Figure 15**). Une bordure de 3 m de largeur a été aménagée autour de l'ensemble des trois sous blocs.



**Figure 15.** Dispositif expérimental illustrant les dates de semis et les détails des points de semis dans les parcelles de la première saison de culture.

STP : Semis très précoce (15 mars), SP : Semis précoce (1<sup>er</sup> avril), SN : Semis normaux (15 avril), ST : semis tardif (1<sup>er</sup> mai), STT : Semis très tardif (15 mai)

#### 4.1.2.2. Traitements

Les expérimentations ont été réalisées deux saisons de culture sur deux ans (2006 et 2007), soit au total quatre séries d'essais. Les essais de la première saison ont été établis du 15 mars au 15 mai et les semis ont été effectués à 15 jours d'intervalle. Les essais de la seconde saison de culture ont été conduits du 1<sup>er</sup> juin au 1<sup>er</sup> août, toujours avec 15 jours d'intervalle. Ainsi cinq dates de semis ont été effectuées durant chaque saison de culture (**Tableau 3**). Ces dates de semis ont été choisies par référence aux pratiques culturales des productrices de la zone d'étude. Trois ou quatre graines ont été semées par poquet, à 3 cm de profondeur avec un espacement de 4 m sur 4 m en tenant compte du caractère rampant des tiges de cette cucurbitè. Après la germination, les plantes ont été démarquées de sorte qu'il n'en reste qu'une seule (la plus vigoureuse) par poquet. Aussi l'insecticide cypercal EC 50 a été appliqué à l'aide d'un pulvérisateur à pression entretenue de capacité douze litres chaque semaine. Ces traitements ont été réalisés le matin (10 heures) en absence de pluie, de forte température et de vent violent. Les bouilles d'insecticides ont été préparées selon la dose indiquée par le fabricant c'est-à-dire 0,8 l/ha et 40 ml/15 l eau.

**Tableau 3.** Traitements réalisés pour évaluer l'influence du calendrier de semis sur le rendement et ses composantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*

Traitements	Caractéristiques
STP1 (15 mars)	Semis très précoces de la première saison
SP1 (1 <sup>er</sup> avril)	Semis précoces de la première saison
SN1 (15 avril)	Semis normaux de la première saison
ST1 (1 <sup>er</sup> mai)	Semis tardifs de la première saison
STT1 (15 mai)	Semis très tardifs de la première saison
STP2 (1 <sup>er</sup> juin)	Semis très précoces de la deuxième saison
SP2 (15 juin)	Semis précoces de la deuxième saison
SN2 (1 <sup>er</sup> juillet)	Semis normaux de la deuxième saison
ST2 (15 juillet)	Semis tardifs de la deuxième saison
STT2 (1 <sup>er</sup> août)	Semis très tardifs de la deuxième saison

#### 4.1.2.3. Conduite des essais

Le désherbage a été effectué à la daba pendant trois stades phénologiques déterminants (plantules, rampement des tiges et floraison mâle) de la plante. A ces trois stades précités, les parcelles ont été également pulvérisées avec le cypercal EC 50 (un insecticide à base de cyperméthrine) pour empêcher les attaques des insectes sur les plantes. Aucun fertilisant n'a été utilisé pour l'amendement des parcelles avant et après semis. La récolte des fruits a été réalisée, pour chaque traitement, quand la couleur initiale du pédoncule qui est verte devient jaunâtre ou marron. Cette récolte a lieu environ quatre mois après le semis. Pour chaque date de semis, quand cela est possible, cinq fruits ont été récoltés aléatoirement sur chacune des 30 plantes de la parcelle.

#### 4.1.2.4. Paramètres mesurés

Sept paramètres considérés comme des composantes de rendement chez les cucurbites ont été mesurés (Koffi *et al.*, 2009). Il s'agit de la longueur de la plante (LoPl), du nombre de fruits par plante (NFrP), du poids des fruits par plante (PoFr), du nombre de graines par fruit (NGFr), du poids de 100 graines non décortiquées (P100), du poids des graines par fruit (PoGr), et du rendement (Rdt).

**Longueur de la plante (LoPl) :** La tige principale est marquée très tôt avec un plastique de couleur bleu ou noir. A l'aide d'un mètre ruban de 50 m, cette tige est mesurée de la base à l'extrémité de la plante. Cette mesure est effectuée à la maturité lorsque la plante est marquée par un jaunissement de l'ensemble des feuilles.

**Nombre de fruits par plante (NFrP) :** A la maturité, tous les fruits sont récoltés et regroupés en fonction des plantes pour être comptés. Une moyenne est ensuite établie pour le traitement.

**Poids des fruits (PoFr) :** Le poids moyen des fruits matures est déterminé directement sur le terrain à l'aide d'une balance de sensibilité 25 g et de marque EKS. Cette mesure a porté sur cinq fruits par plante, choisis aléatoirement. Une moyenne est ensuite établie par plante, puis par traitement.

**Poids des graines par fruit (PoGr) :** Après extraction, les graines issues de chaque fruits ont été séchées séparément au soleil jusqu'à poids constant, ce qui correspond à 6 à 8% d'humidité relative. Le poids des graines a été obtenu en pesant l'ensemble des graines contenues dans un fruit à l'aide d'une balance de précision de marque BEL Engineering (LB 9004) ayant une sensibilité de 1 mg. Une moyenne est ensuite établie pour l'ensemble des fruits d'une plante, puis pour le traitement.

**Poids de 100 graines (P100) :** Le poids de 100 graines a été déterminé en constituant d’abord des lots de 100 graines issues d’un seul fruit. Les lots établis sont pesés à l’aide d’une balance de précision de sensibilité de 1 mg. Une moyenne est ensuite établie pour le fruit, puis l’ensemble des fruits d’une plante, et enfin pour le traitement.

**Nombre de graines par fruit (NGFr) :** Le nombre de graines par fruit est déterminé par comptage manuel. Une moyenne est ensuite établie pour l’ensemble des fruits d’une plante, puis pour le traitement.

**Rendement en graines (Rdt) :** Le rendement en graines séchées et non décortiquées, exprimé en Kg / ha a été déterminé en appliquant la formule suivante :

$$Rdt = \frac{(POGr \times NFrP)}{320m^2} 10000m^2$$

PoGr : poids moyen des graines de la cucurbité par baie

NFrP : nombre moyen de fruits par parcelle élémentaire

320 m<sup>2</sup> : superficie de chaque parcelle élémentaire

10000 m<sup>2</sup> = 1 hectare

#### 4.1.3. Analyse statistiques

L’analyse multiple de la variance (MANOVA) a été utilisée en vue d’étudier l’effet global de l’année de culture, de la saison de culture et de la date de semis et de leurs interactions sur les paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. La MANOVA est appropriée quand l’analyse de la variance (ANOVA) doit prendre en compte plusieurs variables (Haase & Ellis, 1987). Dans la pratique, une variable dépendante unique maximisant les différences entre les traitements est créée à partir de la combinaison de l’ensemble des variables analysées. Ce test obéit aux mêmes exigences expérimentales et mathématiques que l’ANOVA (Potthoff & Roy, 1964; Haase & Ellis, 1987; Sokal & Rohlf, 1995). Dans le cas de la présente étude, une fois que la MANOVA a révélé l’effet significatif d’un facteur, des ANOVA sont effectuées pour chaque paramètre examiné afin d’identifier celui ou ceux qui contribuent à l’effet du facteur considéré. Pour chaque variable discriminante identifiée, des comparaisons multiples sont faites en effectuant le test de la plus petite différence significative (*ppds*). Ce test permet d’identifier le ou les traitements qui diffèrent significativement les uns des autres (Dagnelie, 1998). La signification de la différence des moyennes est déterminée en comparant la probabilité *P* associée à la statistique du test de Fischer-Snedecor au seuil théorique de  $\alpha = 0,05$ . Ainsi lorsque  $P \geq 0,05$ , il n’existe pas de différence significative, par contre lorsque  $P \leq 0,05$ , il existe une différence

significative entre les différentes moyennes. Tous les tests ont été effectués grâce au logiciel SAS (SAS, 1999).

## 4.2. Résultats

### 4.2.1. Détermination de la significativité de trois facteurs sur le rendement et ses composantes

Le **tableau 4** montre que le facteur année de culture n'est pas significatif ( $P = 0,291$ ), c'est-à-dire la production de cette cucurbité ne varie pas d'une année à l'autre tout comme l'interaction année de culture x date de semis ( $P = 0,283$ ). Par contre, les facteurs saison de culture, date de semis et toutes les autres interactions sont significatifs. En d'autre terme, le producteur doit tenir compte de la saison de culture et de la date de semis pour avoir une production meilleure. Etant donné que l'année de culture n'a pas un effet significatif, les données sur les deux ans d'essais ont été combinées. Aussi, les deux saisons étant caractérisées par des pluviométries différentes, les dates de semis ont été analysées séparément. Finalement, dans ce chapitre l'analyse des résultats se fera selon la saison de culture et du calendrier de semis pour chaque saison.

**Tableau 4.** Résultats des tests multivariés de significativité des trois facteurs sur les paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*

Facteurs	Statistiques	
	F	P
Année	1,36	0,291
Saison	4,58	0,006
Date de semis	2,90	0,040
Année x saison	2,73	0,049
Année x date de semis	1,38	0,283
Saison x date de semis	4,54	0,007
Année x saison x date de semis	2,76	0,047

### 4.2.2. Influence des saisons de culture sur le rendement et ses composantes

Des différences significatives entre les saisons de culture ont été notées pour les sept caractères testés (**Tableau 5**). Des sept caractères, six ont des valeurs élevées à la première saison. Ce sont le rendement en graines, la longueur des plantes, le nombre de fruits, le poids des fruits, le nombre de graines et le poids des graines. Seul le poids de 100 graines a enregistré sa valeur élevée à la seconde saison. En milieu paysan, les paramètres comme le

nombre de fruits, le nombre de graines et le rendement en graines sont d'un intérêt pour les producteurs. Ainsi, pour faire une bonne récolte en terme de graines et de fruits, ils doivent réaliser les semis à la première saison de culture. C'est également à cette période que les grossistes et détaillants devront faire les achats des graines.

**Tableau 5.** Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* en fonction des saisons de culture indépendamment des dates de semis

Variables	Moyennes		Statistiques	
	Saison 1	Saison 2	F	P
Rdt (t/ha)	0,25±0,16 <sup>a</sup>	0,10±0,04 <sup>b</sup>	12,15	0,002
Lopl (m)	4,34±1,46 <sup>a</sup>	3,68±1,17 <sup>b</sup>	51,87	<0,001
NFrP	11,74±8,53 <sup>a</sup>	5,08±3,24 <sup>b</sup>	204,87	<0,001
PoFr (g)	1241,91±534,99 <sup>a</sup>	1059,20±450,12 <sup>b</sup>	112,07	<0,001
NGFr	464,44±228,52 <sup>a</sup>	404,40±183,58 <sup>b</sup>	66,18	<0,001
PoGr (g)	25,66±14,27 <sup>a</sup>	23,21±11,53 <sup>b</sup>	28,16	<0,001
P100 (g)	5,33±1,16 <sup>b</sup>	5,66±1,01 <sup>a</sup>	70,83	<0,001

Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres sur la ligne sont statistiquement égales selon le test de la comparaison multiple de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Rdt : Rendement (t/ha), Lopl : Longueur de la plante (m), NFrP : Nombre de fruits par plante, PoFr : Poids du fruit (g), NGFr : Nombre de graines par fruit, PoGr : Poids de graines par fruit (g), P-100 : Poids de cent graines (g), ± : écart-type

#### 4.2.3. Influence du calendrier de semis sur le rendement et ses composantes

Les résultats des tests statistiques réalisés à partir des données de la première saison de culture montrent une différence entre les cinq dates de semis pour le rendement et ses composantes (**Tableau 6**). Les semis très précoces (STP1) et précoces (SP1) ont simultanément de fortes valeurs de rendement, de la longueur de la plante et du nombre de graines. Les valeurs les plus élevées du nombre et du poids des fruits ont été obtenues des semis précoces (SP1). Les grosses graines ont été produites avec les semis très précoces (STP1). Le poids de 100 graines a la valeur maximale avec les semis tardifs (ST1). On retient que les producteurs pour avoir une meilleure production de cette cucurbit, devront semer soit le 15 mars ou le 1<sup>er</sup> avril à la première saison de culture.

A l'exception du rendement et de la longueur de la plante, les cinq autres caractères ont permis de différencier totalement les cinq dates de semis pour les essais de la deuxième saison de culture (**Tableau 7**). Les valeurs élevées du nombre de fruits, du poids des graines, du poids de 100 graines et du nombre de graines sont issues des parcelles où les semis ont été faits très tardivement (STT2). Le poids des fruits et le nombre de graines ont leurs valeurs

maximales avec les semis réalisés très tôt (STP2). En somme, ce sont les semis du 1<sup>er</sup> août qui permettront aux producteurs de produire beaucoup de fruits et contenant plusieurs graines au cours de cette saison de culture.

**Tableau 6.** Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* en fonction des dates de semis à la première saison culturale

Dates de semis	Moyennes							
	Rdt (t/ha)	Lopl (m)	NFrP	PoFr (g)	NGFr	PoGr (g)	P100 (g)	
<b>STP1</b>	0,41±0,07 <sup>a</sup>	4,91±1,24 <sup>a</sup>	14,70±7,31 <sup>b</sup>	1377,26±496,65 <sup>b</sup>	525,86±194,74 <sup>a</sup>	30,63±12,32 <sup>a</sup>	5,72±0,97 <sup>b</sup>	
<b>SP1</b>	0,40±0,11 <sup>a</sup>	4,88±1,30 <sup>a</sup>	16,93±10,55 <sup>a</sup>	1455,45±475,03 <sup>a</sup>	526,72±226,16 <sup>a</sup>	28,54±14,19 <sup>b</sup>	5,27±1,09 <sup>c</sup>	
<b>SN1</b>	0,13±0,08 <sup>b</sup>	4,52±1,12 <sup>b</sup>	10,86±6,12 <sup>c</sup>	841,81±362,67 <sup>d</sup>	307,61±183,02 <sup>c</sup>	14,31±9,43 <sup>c</sup>	4,56±1,09 <sup>d</sup>	
<b>ST1</b>	0,11±0,09 <sup>b</sup>	3,10±1,29 <sup>c</sup>	5,10±3,02 <sup>d</sup>	1227,91±592,65 <sup>c</sup>	477,87±233,71 <sup>b</sup>	28,86±14,96 <sup>ab</sup>	5,89±1,12 <sup>a</sup>	
<b>STT1</b>	0,11±0,06 <sup>b</sup>	3,46±1,56 <sup>c</sup>	4,75±2,65 <sup>d</sup>	1315,65±541,54 <sup>bc</sup>	502,07±237,43 <sup>ab</sup>	28,83±13,51 <sup>ab</sup>	5,82±0,99 <sup>ab</sup>	
<b>Statistiques</b>	<i>F</i>	11,36	37,91	48,13	132,11	94,03	132,55	108,35
	<i>P</i>	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne sont statistiquement égales selon le test de la comparaison multiple de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Rdt : Rendement (t/ha), Lopl : Longueur de la plante (m), NFrP : Nombre de fruits par plante, PoFr : Poids du fruit (g), NGFr : Nombre de graines par fruit, PoGr : Poids des graines par fruit (g), P100 : Poids de cent graines (g), STP1 : Semis très précoce de la première saison, SP1 : Semis précoce de la première saison, SN1 : Semis normaux de la première saison, ST1 : Semis très tardif de la première saison, STT1 : Semis très tardif de la première saison, ± : écart-type

**Tableau 7.** Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* en fonction des dates de semis à la seconde saison culturale

Dates de semis	Moyennes							
	Rdt (t/ha)	Lopl (m)	NFrP	PoFr (g)	NGFr	PoGr (g)	P100 (g)	
<b>STP2</b>	0,06±0,01 <sup>a</sup>	3,31±0,84 <sup>a</sup>	3,29±1,95 <sup>c</sup>	1223,64±534,50 <sup>a</sup>	463,01±200,11 <sup>a</sup>	24,63±10,80 <sup>ab</sup>	5,48±1,08 <sup>c</sup>	
<b>SP2</b>	0,09±0,01 <sup>a</sup>	3,76±0,91 <sup>a</sup>	4,96±2,71 <sup>b</sup>	920,93±451,36 <sup>c</sup>	350,03±192,12 <sup>c</sup>	19,05±11,60 <sup>c</sup>	5,33±0,99 <sup>c</sup>	
<b>SN2</b>	0,10±0,02 <sup>a</sup>	3,77±1,10 <sup>a</sup>	4,92±2,98 <sup>b</sup>	1076,23±478,15 <sup>b</sup>	407,57±181,99 <sup>b</sup>	23,72±11,81 <sup>b</sup>	5,76±0,90 <sup>b</sup>	
<b>ST2</b>	0,09±0,06 <sup>a</sup>	3,60±1,16 <sup>a</sup>	5,08±4,02 <sup>b</sup>	1041,19±408,53 <sup>b</sup>	413,48±179,32 <sup>b</sup>	22,57±10,83 <sup>b</sup>	5,35±0,99 <sup>c</sup>	
<b>STT2</b>	0,12±0,04 <sup>a</sup>	3,81±1,46 <sup>a</sup>	6,09±3,14 <sup>a</sup>	1084,46±402,23 <sup>b</sup>	407,80±170,40 <sup>b</sup>	26,34±12,56 <sup>a</sup>	6,05±0,96 <sup>a</sup>	
<b>Statistiques</b>	<i>F</i>	0,82	1,83	6,31	10,83	8,73	12,22	32,33
	<i>P</i>	0,546	0,123	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne sont statistiquement égales selon le test de la comparaison multiple de Duncan ( $P \leq 0,05$ ).  
Rdt : Rendement (t/ha), Lopl : Longueur de la plante (m), NFrP : Nombre de fruits par plante, PoFr : Poids du fruit (g), NGFr : Nombre de graines par fruit, PoGr : Poids de graines par fruit (g), P100 : Poids de cent graines (g), STP2 : Semis très précoce de la deuxième saison, SP2 : Semis précoce de la deuxième saison, SN2 : Semis normaux de la deuxième saison, ST2 : Semis très tardif de la deuxième saison, STT2 : Semis très tardif de la deuxième saison, ± : écart-type

### 4.3. Discussion

La détermination d'une date propice de semis est fondamentale pour l'amélioration de la production de toute culture (Troiani *et al.*, 2004; Gholami *et al.*, 2007). Ainsi, l'influence de la date de semis sur le rendement et les paramètres de rendement de la forme oléagineuse de *C. lanatus* a été étudiée au cours de cette expérimentation. Les valeurs des paramètres agronomiques testées sont plus élevées avec les semis du 15 mars (très précoces) et du 1<sup>er</sup> avril (précoces) pendant la première saison de culture. Ces deux mois marquent le début des pluies dans la zone d'étude. Dans ces conditions, les semis très précoces et précoces ont bénéficié des premières pluies de l'année, favorisant une bonne germination et un meilleur développement des plantes. En effet, les travaux de Kortse *et al.* (2012) ont montré que lorsque les semis de *C. lanatus* sont réalisés pendant la saison pluvieuse les plantes restent vigoureuses et donnent un rendement élevé. L'importance de la pluie dans la réussite de la culture de *C. lanatus* est également maîtrisée par les paysans. L'étude réalisée par Munisse *et al.* (2011) dans trois localités productrices de cette espèce au Mozambique a montré que les paysans font leur semis en début de la saison de pluie. Il en est de même pour les producteurs de *C. lanatus* au Benin (Achigan-Dako *et al.*, 2008). De plus, Nerson (2007) et Erdem *et al.* (2003) ont montré que la pluie est un facteur indispensable pour assurer un meilleur rendement de *C. lanatus*.

Par ailleurs, il faut indiquer que pour les semis très précoces, la période d'intense nouaison et de remplissage des fruits qui interviennent entre le 45<sup>ème</sup> et le 60<sup>ème</sup> jour après semis coïncident avec le début du mois de mai (Zoro Bi *et al.*, 2003; Achigan-Dako *et al.*, 2006). Ce mois est caractérisé par des pluies moins violentes, ce qui évite la chute des fleurs femelles. Par conséquent, les plantes ont pu produire un nombre important de fruits contenant beaucoup de graines ce qui aurait permis d'enregistrer des rendements relativement élevés. Lorsque le nombre de fruits par plante et de graines par fruit sont élevées chez les Cucurbitaceae, le rendement est élevé (Nerson, 2007). L'augmentation du rendement de *Brassica campestris* (L.) (Brassicaceae) avait été expliquée par les valeurs élevées du nombre de fruits par plante, le nombre de graines et le poids de 1000 graines (Bhuiyan *et al.*, 2008). En fait, ces variables sont désignées comme étant les composantes majeures du rendement de plusieurs cultures (Svecnjak *et al.*, 2006; Nerson, 2007).

En dehors du rendement, au cours de cette saison de culture, les semis très tardifs et tardifs ont enregistré de faible valeur du nombre de fruits. Aussi, les semis très précoces et précoces ont permis d'avoir les meilleurs poids des fruits et du nombre de graine. Concernant,

le poids des graines et le poids de cent graines, ils ont donné de forte valeur à la fois avec les semis tardifs et précoces. Ce résultat suggère que la qualité des graines n'est pas influencée par la quantité des fruits récoltés. En d'autre terme, les plantes de la forme oléagineuse de *C. lanatus* assureraient leur survie ou leur reproduction par deux grandes stratégies. D'une part en période de stress (raréfaction de pluie et ressources disponibles), les cucurbites adoptent la stratégie R c'est-à-dire qu'elles allouent la totalité de leur ressource disponibles à la pérennisation de la lignée. Dans ces conditions, elles produisent très peu de fruits. D'autre part, elles adoptent la stratégie K c'est-à-dire lorsque les conditions du milieu sont optimales (Gadgil & Solbrig, 1972; Grime, 1977). Ces résultats pourraient constituer une base de réflexion pour les généticiens ou sélectionneurs dans l'optique de rechercher les gènes résistants à la sécheresse.

Pendant la deuxième saison de culture allant de juillet à décembre, des rendements élevés ont été enregistrés avec les semis du 1<sup>er</sup> août (très tardifs). Cette saison est moins pluvieuse et débute avec le mois d'août (Kouassi & Zoro Bi, 2009). Les valeurs élevées des paramètres pourraient s'expliquer par l'achèvement rapide de la phase végétative des plantes avant la fin des périodes de pluies. L'établissement d'un couvert végétal très dense pendant la période appropriée a permis de créer un microclimat humide aux pieds des plantes (Bond & Burston, 1996). Cette humidité aurait contribué au développement des fruits et au remplissage des graines (Van der vossen *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2004). De plus, la floraison et la fructification interviennent en début du mois d'octobre où les pluies sont moins fréquentes, ce qui évite les chutes de fleurs femelles. En effet, Miah *et al.* (2009) ont observé que les pluies diluviennes pendant la floraison des cultures conduisent à la baisse de leurs rendements.

Toutefois, le rendement de la première saison de culture est supérieur à celui de la seconde saison de culture. La différence de rendement observée entre les deux saisons de culture serait liée à l'importance de la quantité de pluie enregistrée pendant la première saison de culture (516,6 mm contre 343,73 mm à la seconde saison). Une telle observation a été faite par Khan *et al.* (2001) et Fatondji *et al.* (2008) sur cette même espèce. En effet, ils ont indiqué que la première saison de culture plus abondante en pluie est plus productive que la seconde saison.

Dans la zone d'étude, les paramètres mesurés n'ont pas permis de faire une différence entre les deux années de cultures. De tel résultat ont été enregistré par Sugot *et al.*, (2004) sur les plantes de *Beta vulgaris* (L.) (Chenopodiaceae). Ils avaient expliqué ce resultat par la faible variation de la pluviométrie et la température d'une année à autre.

## **Conclusion partielle**

La détermination du calendrier de semis est une approche phytotechnique essentielle qui contribue à l'amélioration de la production des cultures. En milieu paysan, le manque d'attention à ce facteur de production a souvent conduit à la baisse du rendement des cultures. C'est particulièrement le cas des cucurbites oléagineuses en milieu rural dans les zones tropicales. La présente étude a été initiée pour la détermination d'une date propice de semis de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Il ressort de cette étude que pour améliorer le rendement de cette plante, la culture doit être réalisée pendant la première saison. De plus, les semis doivent être effectués entre le mi-mars et le début du mois d'avril. Cette période correspondant au début de la saison des pluies dans la zone d'étude. Cependant, si les paysans souhaitent produire la plante à la seconde saison de culture, ils devront attendre le début du mois d'août qui correspond à la petite saison des pluies.

La sensibilité des Cucurbitaceae en général et *C. lanatus* en particulier à l'enherbement ont été rapportées par plusieurs auteurs. Ainsi, pour maintenir un niveau de production satisfaisant de cette espèce, il apparaît indispensable d'initier une autre étude visant à assurer la protection des plantes contre les mauvaises herbes.

## Détermination d'une fréquence de désherbage pour l'amélioration de la production de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*

---

### Objectif

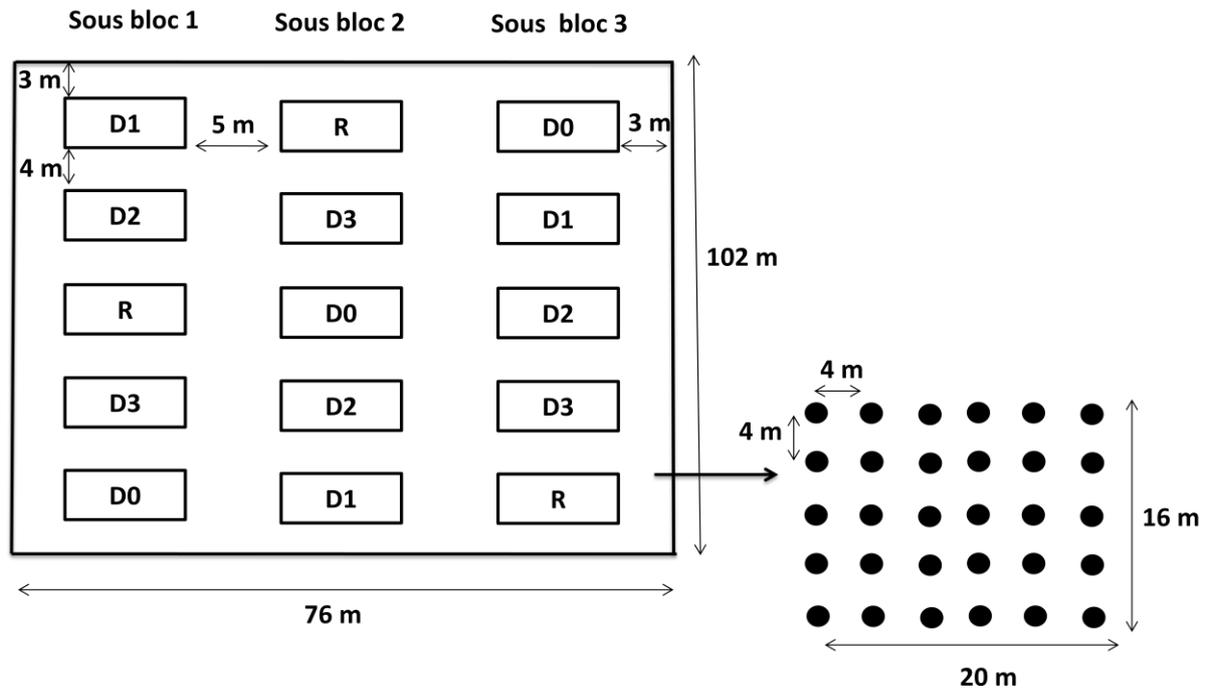
Le désherbage manuel est une opération fastidieuse qui nécessite une importante main d'œuvre et du temps aux paysans (Chivinge, 1990; Chikoye *et al.*, 2002). Ainsi, la mise en place d'une stratégie efficace de désherbage est nécessaire afin d'alléger les travaux des producteurs tout en améliorant la production des cultures. Le désherbage pendant des périodes précises du cycle de développement des cultures a déjà été testé pour plusieurs plantes et a permis d'améliorer leurs productions (El-Naim *et al.*, 2010; Hassan *et al.*, 2010). La présente, étude réalisée dans ce contexte, vise à déterminer la fréquence de désherbage nécessaire pour améliorer la production de la forme oléagineuse de *C. lanatus*.

### 5.1. Matériel et méthodes

#### 5.1.1. Dispositif expérimental et conduite culturale

Le dispositif expérimental est un bloc aléatoire complet avec trois sous blocs et une répétition par sous bloc (**Figure 16**). Les expérimentations ont eu lieu en 2006, pendant deux saisons de cultures. Après la mise en place des parcelles, le semis a été effectué, pour ce qui concerne la première saison de culture, le 21 mars, jour de la première pluie. Pour la deuxième saison de culture, le semis a été effectué le 15 juillet. Les expériences relatives aux dates de semis et à la fréquence de désherbage ont eu lieu la même année. Par conséquent, les meilleures dates de semis obtenues à l'issue de l'essai relatif au calendrier de semis ne pouvaient pas être appliquées pour la détermination de la fréquence de désherbage. Les semis ont été faits à plat et sans fertilisant selon le mode de culture des productrices de la région. Dans le dispositif conçu, différents traitements ont été testés. Les traitements ont consisté à nettoyer les mauvaises herbes avec une daba à trois stades phénologiques : quand la moitié des plantes ont rampé, quand la moitié des plantes ont porté des fleurs mâles et quand la moitié des plantes ont porté des fleurs femelles. Au total, cinq traitements comprenant deux témoins (D1, D2, D3, D0 et Dr) ont été définis (**Tableau 8**). Sur les parcelles témoins positifs,

le désherbage a été effectué chaque trois jours. L'insecticide cypercal EC 50 a été appliqué régulièrement à l'aide d'un pulvérisateur à pression entretenue, de capacité 12 litres d'eau (à dos), chaque semaine en absence de pluie, de forte température et de vent violent. Les bouilles d'insecticides ont été préparées en respectant la dose indiquée par le fabricant c'est-à-dire 0,8 l/ha et 40 ml/15 l eau.



**Figure 16.** Dispositif expérimental illustrant les fréquences de désherbages et les détails des points de semis dans les parcelles

**Tableau 8.** Traitements réalisés pour évaluer l'influence de la fréquence de désherbage sur le rendement de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*

Traitements	Caractéristiques
Témoin négatif (D0)	Les plantes de ces parcelles sont restées constamment enherbées du semis jusqu'à la récolte des fruits
Traitement 1 (D1)	Les parcelles ont été désherbées uniquement lorsque la moitié des plantes ont commencé à ramper.
Traitement 2 (D2)	Les parcelles ont été désherbées aux deux stades phénologiques consécutifs : lorsque la moitié des plantes rampent et lorsque la moitié des plantes portent les fleurs mâles.
Traitement 3 (D3)	Les parcelles ont été désherbées aux stades : lorsque la moitié des plantes rampent, lorsque la moitié des plantes portent les fleurs mâles et lorsque la moitié des plantes portent des fleurs femelles.
Témoin positif (Dr)	Les plantes de ces parcelles ont bénéficié d'un désherbage régulier chaque trois jours du semis jusqu'à la récolte des fruits

### 5.1.2. Analyse statistique

L'analyse multivariée de la variance (MANOVA) a été utilisée en vue d'étudier l'effet global de la saison de culture et de la fréquence de désherbage ainsi que leur interaction sur les paramètres agronomiques. Ce test a permis d'identifier les facteurs qui ont un effet global significatif, y compris l'interaction. Les facteurs significatifs ainsi retenus ont fait l'objet d'analyses de la variance à un facteur (ANOVA1) pour chacune des sept variables testées. Les caractères étudiés sont les mêmes que ceux évoqués dans le chapitre 4. La signification du test est déterminée en comparant la probabilité ( $P$ ) associée à la statistique  $F$  de Fischer-Snedecor au seuil  $\alpha = 0,05$ . Lorsqu'une différence est observée entre les différentes fréquences de désherbage pour un paramètre donné, des comparaisons multiples des moyennes ont été effectuées en utilisant le test de la plus petite différence significative (*ppds*). Cette analyse a permis de ressortir la fréquence de désherbage qui donne les meilleurs caractères agronomiques testés. Tous les tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel SAS et utilisant le modèle linéaire non généralisé (SAS, 1999).

## 5.2. Résultats

### 5.2.1. Détermination de la significativité de la saison de culture et de la fréquence de désherbage sur le rendement et ses composantes

L'analyse des données regroupées dans le **tableau 9** indique que les deux facteurs testés (saison de culture et fréquence de désherbage) et leur interaction sont très hautement

significatifs ( $P < 0,001$ ). En clair, ces facteurs conditionnent la production de cette cucurbitè. Les paramètres climatiques (pluviométrie et température) caractérisant les deux saisons de cultures ont été très différents pour l'année 2006. La tendance des résultats relatifs à la fréquence de désherbage observée n'est pas la même au niveau des deux saisons de cultures. Par conséquent, les données issues de l'étude de l'effet de la fréquence de désherbage sur les deux saisons de culture seront analysées séparément.

**Tableau 9.** Résultats des tests multivariés de significativité de deux facteurs sur les paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*

Facteurs	Statistiques	
	F	P
Saison	11,611	<0,001
Fréquence de désherbage	5,972	<0,001
Saison x fréquence de désherbage	11,919	<0,001

### 5.2.2. Influence de la fréquence de désherbage sur le rendement et ses composantes

Les résultats des tests statistiques ont montré que les sept caractères testés ont été influencés par les fréquences de désherbage pour les essais de la première saison de culture (**Tableau 10**). Les valeurs élevées du nombre de fruits par plante ont été obtenues avec les parcelles désherbées trois fois. Le rendement en graine, le poids des fruits, le nombre de graines, le poids des graines et le poids de 100 graines ont présenté des valeurs similaires aussi bien sur les parcelles désherbées trois fois que sur celles désherbées deux fois. Enfin, on a noté que sur les parcelles régulièrement désherbées, les plantes ont eu des tiges plus longues. On retient que à la première saison de culture les producteurs pour gaspiller peu de temps et d'efforts tout en espérant une bonne production devront désherber leurs parcelles deux fois.

Au cours de la seconde saison de culture, la fréquence de désherbage a influencé significativement cinq des sept caractères analysés (**Tableau 11**). Le rendement en graine et le poids de cent graines n'ont pas permis de discriminer les cinq fréquences de désherbage. Des cinq variables qui ont montré des différences entre les fréquences de désherbage, on a noté que le poids des fruits, le nombre des graines et le poids des graines ont donné leurs fortes valeurs aussi bien sur les parcelles désherbées trois fois que celles régulièrement désherbées. Par ailleurs, les plantes qui proviennent des parcelles désherbées trois fois ont produit beaucoup plus de fruits. En somme, les producteurs devront désherber leurs parcelles trois fois à la seconde saison de culture pour obtenir une quantité importante de graines.

### **5.2.3. Interaction entre la saison de culture et de la fréquence de désherbage**

Les tests statistiques ont montré que tous les caractères sont influencés par l'interaction entre la saison de culture et la fréquence de désherbage (**Tableau 12**). Cinq des sept caractères ont enregistré leur plus grande valeur aussi bien sur les parcelles désherbées deux fois que celles désherbées trois fois au cours de la première saison de culture. Ce sont le rendement en graines, la longueur des plantes, le poids des graines, le poids des fruits, le nombre de graines et le poids de 100 graines. Concernant le nombre de graines par fruit, sa valeur la plus élevée a été obtenue respectivement à la première saison de culture sur les parcelles désherbées deux et trois fois et à la seconde saison de culture sur les parcelles désherbées trois fois et celles régulièrement désherbées. Les plantes qui proviennent des parcelles désherbées trois fois à la première saison de culture ont produit plus de fruits. On retient que les producteurs doivent toujours faire la culture de cette plante à la première saison de culture. A cette période, ils devront faire seulement deux désherbages.

**Tableau 10.** Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* en fonction des fréquences de désherbage au cours de la première saison culturale

Fréquences de désherbages	Moyennes							
	Rdt (t/ha)	Lopl (m)	NFrP	PoFr (g)	NGFr	PoGr (g)	P100 (g)	
<b>D0</b>	0,01±0,01 <sup>d</sup>	1,90±0,89 <sup>d</sup>	1,53±0,99 <sup>e</sup>	632,74±39,32 <sup>d</sup>	232,83±130,51 <sup>c</sup>	13,34±7,89 <sup>c</sup>	5,78±1,08 <sup>bd</sup>	
<b>D1</b>	0,11±0,02 <sup>cd</sup>	3,90±1,29 <sup>c</sup>	6,50±4,65 <sup>d</sup>	983,08±530,69 <sup>c</sup>	334,93±199,09 <sup>b</sup>	20,30±12,69 <sup>b</sup>	5,93±1,19 <sup>b</sup>	
<b>D2</b>	0,36±0,01 <sup>ab</sup>	4,37±0,90 <sup>b</sup>	15,63±10,4 <sup>b</sup>	1228,86±441,17 <sup>a</sup>	426,26±188,78 <sup>a</sup>	27,35±13,31 <sup>a</sup>	6,35±1,08 <sup>a</sup>	
<b>D3</b>	0,49±0,07 <sup>a</sup>	4,43±1,01 <sup>ab</sup>	18,89±11,58 <sup>a</sup>	1233,59±499,41 <sup>a</sup>	460,06±202,18 <sup>a</sup>	29,68±13,77 <sup>a</sup>	6,29±1,25 <sup>a</sup>	
<b>Dr</b>	0,24±0,18 <sup>bc</sup>	4,78±1,14 <sup>a</sup>	12,17±7,34 <sup>c</sup>	1072,78±432,44 <sup>b</sup>	371,65±209,50 <sup>b</sup>	20,90±13,10 <sup>b</sup>	5,46±1,09 <sup>d</sup>	
<b>Statistiques</b>	<b>F</b>	10,58	68,85	31,69	26,95	19,85	28,71	21,17
	<b>P</b>	0,011	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne sont statistiquement égales selon le test de la comparaison multiple de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Rdt : Rendement (t/ha), Lopl : Longueur de la plante (m), NFrP : Nombre de fruits par plante, PoFr : Poids du fruit (g), NGFr : Nombre de graines par fruit, PoGr : Poids des graines par fruit (g), P100 : Poids de cent graines (g), D0 : Zéro désherbage, D1 : Un désherbage, D2 : Deux désherbages, D3 : Trois désherbages, Dr : Désherbage régulier, ± : écart-type.

**Tableau 11.** Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* en fonction des fréquences de désherbage au cours de la seconde saison culturale

Fréquences de désherbages	Moyennes							
	Rdt (t/ha)	Lopl (m)	NFrP	PoFr (g)	NGFr	PoGr (g)	P100 (g)	
<b>D0</b>	0,01±0,04 <sup>a</sup>	1,22±0,85 <sup>d</sup>	1,63±0,71 <sup>c</sup>	520,37±451,92 <sup>c</sup>	193,11±215,54 <sup>c</sup>	11,93±11,67 <sup>c</sup>	6,15±1,31 <sup>a</sup>	
<b>D1</b>	0,02±0,02 <sup>a</sup>	2,36±0,96 <sup>c</sup>	2,05±1,41 <sup>c</sup>	754,33±500,92 <sup>b</sup>	277,03±191,28 <sup>c</sup>	18,04±12,26 <sup>bc</sup>	5,86±1,12 <sup>a</sup>	
<b>D2</b>	0,08±0,04 <sup>a</sup>	3,24±1,32 <sup>b</sup>	4,14±3,16 <sup>b</sup>	829,19±449,33 <sup>b</sup>	378,23±182,37 <sup>b</sup>	21,43±11,18 <sup>b</sup>	5,54±0,89 <sup>a</sup>	
<b>D3</b>	0,10±0,10 <sup>a</sup>	3,89±1,70 <sup>a</sup>	4,92±3,43 <sup>b</sup>	1083,53±561,46 <sup>a</sup>	436,22±225,57 <sup>a</sup>	25,72±14,53 <sup>a</sup>	5,70±0,99 <sup>a</sup>	
<b>Dr</b>	0,13±0,10 <sup>a</sup>	3,29±1,23 <sup>b</sup>	6,85±5,28 <sup>a</sup>	1058,77±476,27 <sup>a</sup>	449,22±204,86 <sup>a</sup>	25,99±12,27 <sup>a</sup>	5,76±0,90 <sup>a</sup>	
<b>Statistiques</b>	<b>F</b>	2,78	35,15	14,17	16,11	15,68	11,83	2,11
	<b>P</b>	0,146	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,078

Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne sont statistiquement égales selon le test de la comparaison multiple de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Rdt : Rendement (t/ha), Lopl : Longueur de la plante (m), NFrP : Nombre de fruits par plante, PoFr : Poids du fruit (g), NGFr : Nombre de graines par fruit, PoGr : Poids des graines par fruit (g), P100 : Poids de cent graines (g), D0 : Zéro désherbage, D1 : Un désherbage, D2 : Deux désherbages, D3 : Trois désherbages, Dr : Désherbage régulier, ± : écart-type.

**Tableau 12.** Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* en fonction des saisons de cultures et des fréquences de désherbage

Saisons	Fréquences de désherbages	Moyennes						
		Rdt (t/ha)	Lopl (m)	NFrP	Pofr (g)	NGFr	PoGr (g)	P100 (g)
S1	D0	0,01±0,01 <sup>c</sup>	1,90±0,89 <sup>d</sup>	1,53±1,01 <sup>d</sup>	632,74±396,32 <sup>e</sup>	232,83±130,51 <sup>d</sup>	13,34±7,89 <sup>d</sup>	5,78±1,08 <sup>bc</sup>
	D1	0,11±0,02 <sup>bc</sup>	3,90±1,30 <sup>b</sup>	6,50±4,69 <sup>c</sup>	983,08±530,69 <sup>c</sup>	334,93±199,09 <sup>c</sup>	20,30±12,69 <sup>c</sup>	5,93±1,19 <sup>b</sup>
	D2	0,36±0,01 <sup>ab</sup>	4,37±0,91 <sup>b</sup>	15,63±10,55 <sup>b</sup>	1228,86±441,17 <sup>a</sup>	426,26±188,79 <sup>a</sup>	27,35±13,31 <sup>a</sup>	6,35±1,08 <sup>a</sup>
	D3	0,49±0,07 <sup>a</sup>	4,43±1,02 <sup>ab</sup>	18,89±11,68 <sup>a</sup>	1233,59±499,41 <sup>a</sup>	460,06±202,18 <sup>a</sup>	29,69±13,77 <sup>a</sup>	6,29±1,25 <sup>a</sup>
	Dr	0,24±0,17 <sup>b</sup>	4,78±1,15 <sup>a</sup>	12,17±7,40 <sup>b</sup>	1072,78±432,44 <sup>b</sup>	371,65±209,50 <sup>bc</sup>	20,90±13,10 <sup>c</sup>	5,47±1,09 <sup>c</sup>
S2	D0	0,01±0,01 <sup>c</sup>	1,22±0,90 <sup>e</sup>	1,63±0,74 <sup>d</sup>	520,37±451,92 <sup>de</sup>	193,11±215,54 <sup>d</sup>	11,93±11,67 <sup>d</sup>	6,15±1,32 <sup>ab</sup>
	D1	0,02±0,01 <sup>c</sup>	2,36±0,97 <sup>d</sup>	2,05±1,43 <sup>d</sup>	754,33±500,92 <sup>e</sup>	277,03±191,28 <sup>d</sup>	18,04±12,26 <sup>cd</sup>	5,86±1,12 <sup>bc</sup>
	D2	0,08±0,04 <sup>c</sup>	3,24±1,34 <sup>c</sup>	4,14±3,19 <sup>cd</sup>	829,19±449,33 <sup>d</sup>	378,23±182,37 <sup>b</sup>	21,43±11,18 <sup>c</sup>	5,54±0,89 <sup>c</sup>
	D3	0,10±0,01 <sup>bc</sup>	3,89±1,71 <sup>b</sup>	4,92±3,46 <sup>cd</sup>	1083,53±561,46 <sup>b</sup>	436,22±225,57 <sup>a</sup>	25,72±14,53 <sup>b</sup>	5,70±0,99 <sup>bc</sup>
	Dr	0,13±0,09 <sup>bc</sup>	3,29±1,24 <sup>bc</sup>	6,85±5,33 <sup>c</sup>	1058,77±476,27 <sup>bc</sup>	449,22±204,86 <sup>a</sup>	25,99±12,28 <sup>b</sup>	5,76±0,91 <sup>bc</sup>
Statistiques	<i>F</i>	11,59	27,86	20,27	24,56	15,87	18,15	14,61
	<i>P</i>	<0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne sont statistiquement égales selon le test de la comparaison multiple de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Rdt : Rendement (t/ha), Lopl : Longueur de la plante (m), NFrP : Nombre de fruits par plante, PoFr : Poids du fruit (g), NGFr : Nombre de graines par fruit, PoGr : Poids des graines par fruit (g), P100 : Poids de cent graines (g), S1 : Saison 1, S2 : Saison 2, D0 : Zéro désherbage, D1 : Un désherbage, D2 : Deux désherbages, D3 : Trois désherbages, Dr : Désherbage régulier ; ± : écart-type.

### 5.3. Discussion

La connaissance de la fréquence de désherbage est fondamentale pour alléger les travaux des paysans tout en augmentant la productivité de leurs cultures (Tariful *et al.*, 1998; Adenawoola *et al.*, 2005).

La présente étude a montré que pendant la première saison de culture, deux désherbages des parcelles, respectivement quand la moitié des plantes rampent et quand la moitié des plantes portent des fleurs mâles, permettent d'enregistrer des valeurs élevées du rendement. La période critique de désherbage des cultures est la période du cycle de développement des cultures pendant laquelle le désherbage doit être effectué pour prévenir la baisse de leur rendement (Knezevic *et al.*, 2002; Mohammadi & Amiri, 2011). Cette période a été définie par Nerson (1989) pour l'espèce *C. melo*. Elle est située entre la levée des plantules et le pic de la floraison femelle. Les deux désherbages réalisés sur les parcelles de la forme oléagineuse de *C. lanatus* sont bien inclus dans la période indiquée par cet auteur. On peut en déduire que les plantes au cours des essais, sont restées compétitives face aux mauvaises herbes.

Au cours de la saison de culture suivante, le prolongement du désherbage à 50 % des plantes portant des fleurs femelles a été nécessaire pour accroître les valeurs du rendement et ses composantes. Le stade de la floraison femelle des cucurbites oléagineuses correspond au pic du développement végétatif des plantes. A ce stade, elles présentent plus de tiges ramifiées et un feuillage dense qui couvre régulièrement le sol, ce qui peut réduire significativement ou même supprimer les adventices. Il a été montré, à cet effet, que les plantes qui possèdent un feuillage dense étouffent les adventices à émergence tardive (Bond & Burston, 1996; Haramto & Gallanddt, 2005). Des résultats similaires ont été obtenus par Alabi *et al.* (2004) sur le manioc. Ils ont montré que trois désherbages respectivement à 4 ; 7 et 11 semaines après le planting des boutures permettent d'augmenter le rendement de cette plante de 94,24 % (29,5 t/ha). Selon ces auteurs, à partir de la 11<sup>ème</sup> semaine, les plantes commencent à développer une canopée très dense qui ralentit le développement des mauvaises herbes après ce stade.

La différence de tendance observée entre les deux saisons de cultures pourrait être liée à la variation des conditions climatiques du milieu au cours de cette année. En effet, la pluviométrie a été plus abondante à la première saison de culture (541 mm) qu'à la seconde saison de culture (443 mm). Des résultats similaires ont été obtenus par Chivinge (1990) sur

le maïs et par Melifonwu (1994) sur le manioc. Ils ont montré que la fréquence de désherbage de ces cultures dépend des conditions climatiques, notamment la pluviométrie.

Les résultats ont également montré qu'au niveau du témoin négatif, le rendement et ses composantes sont faibles. La baisse de rendement au niveau de ces parcelles pourrait s'expliquer par la forte compétition entre les plantes et les adventices pour l'utilisation de l'espace, la lumière et les éléments minéraux. Les résultats obtenus sont similaires à ceux de Ponce et Santini (2004). En effet, ces auteurs ont montré que l'enherbement précoce affecte aussi bien la phase végétative que la phase reproductive des plantes, ce qui aboutit à des réductions significatives de la capacité productive des plantes. Cette observation a été largement argumentée par plusieurs auteurs (Parish, 1990; Magagula *et al.*, 2010).

Contrairement aux résultats escomptés, le témoin positif (désherbage régulier des parcelles jusqu'à la maturité des plantes) a montré des rendements relativement faibles aux deux saisons. Cela pourrait s'expliquer par la chute des fleurs femelles et l'avortement des fruits immatures provoqué par les perturbations des plantes pendant les désherbages répétés. Des résultats similaires ont été obtenus par Ojo (1997) sur les plantes de l'amarante (*Amaranthus cruentus* L.) (Amaranthaceae). En effet, cet auteur a montré la sensibilité des plantes d'amarante aux perturbations dues au désherbage régulier, ce qui entraîne la baisse du rendement de cette espèce. Par ailleurs, les travaux de Bacci *et al.* (2006) et Bhatt et Tewari (2006) ont également montré qu'en dehors des mauvaises herbes et des insectes, la chute des fleurs femelles et des fruits est responsable de la baisse de la production de *C. sativus*.

Il serait aussi possible qu'en absence de toute compétition avec les mauvaises herbes la prolifération des tiges aient occasionnée un autre type de compétition. Il s'agit de la compétition intra spécifique qui se serait installée entre les plantes sur les différentes parcelles (Biro, 1972; Mangla *et al.*, 2011). Dans ce cas, la limitation des ressources du milieu pourrait expliquer, en partie, la baisse du rendement et ses composantes. En effet, les travaux de Khoramivafa *et al.* (2006) ont montré l'existence de compétition intra-spécifique entre les plantes de *C. pepo*.

L'interaction saison de culture et fréquence de désherbage a indiqué que les valeurs élevées du rendement et ses composantes proviennent des parcelles désherbées deux fois pendant la première saison de culture. Ce résultat suggère la nécessité de la prise en compte simultanée de ces deux facteurs pour améliorer la production de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. En effet, lorsque les semis sont réalisés à la première saison de culture qui correspond à la grande saison de pluie, les plantes bénéficient d'une quantité importante de

pluie pour assurer une croissance et une extension rapide des tiges (Nerson, 2007; Kortse *et al.*, 2012). Dans ces conditions, les deux désherbages ont été suffisantes pour éviter aux plantes la compétition avec les mauvaises herbes (Alabi *et al.*, 2004; El-Naim *et al.*, 2010).

### **Conclusion partielle**

Le désherbage, à travers son incidence sur la productivité des cultures, représente un des facteurs essentiels de production, surtout dans les systèmes traditionnels. Dans la zone d'étude, les adventices constituent une contrainte majeure à lever pour optimiser la production des cultures, notamment celles des Cucurbitaceae. Pour pallier à cette contrainte, la détermination d'une stratégie de lutte pouvant permettre à la fois d'améliorer la production de cette culture et mieux planifier les différentes activités champêtres des productrices est nécessaire. Dans la présente étude, il a été montré que la fréquence de désherbage des parcelles de la forme oléagineuse varie en fonction des saisons de culture. Ainsi, deux désherbages des parcelles quand la moitié des plantes rampeent et quand la moitié des plantes portent des fleurs mâles sont nécessaires à la première saison. A la seconde saison de culture, il en faut trois respectivement quand la moitié des plantes rampeent, quand la moitié des plantes portent des fleurs mâles et quand la moitié des plantes des fleurs femelles. Les productrices n'ont donc pas besoin de réaliser un désherbage régulier pour espérer avoir une meilleure production.

La présente étude a montré que la limitation des opérations de désherbage à des phases précoces du cycle de vie de la plante pourrait suffire pour garantir son rendement. Il se trouve même qu'en situation de pluviométrie élevée, il faut arrêter le désherbage avant l'apparition des fleurs femelles qui donneront des fruits. On se demande alors si l'enherbement de la phase reproductive de cette plante ne réduit pas de façon substantielle sa performance productive. Cette question est d'autant plus pertinente que l'essai sur la fréquence de désherbage n'a pas été répété pour chaque saison de culture. Pour confirmer nos résultats, nous avons conduit un autre essai dont le but a été de déterminer l'influence de l'enherbement de la phase reproductive de cette culture sur sa production. Cette étude fait l'objet du prochain chapitre.

## Réponse productive de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* à l'enherbement de sa phase reproductive

---

### Objectif

Dans les systèmes de culture traditionnelle, les mauvaises herbes constituent l'une des principales causes de la baisse du rendement (Melifonwu, 1994; Mandumbu & Karavina, 2012). L'ampleur des dégâts causés par ces adventices varie en fonction de la période de l'enherbement des cultures (Khan *et al.*, 1993; Ciuberkis *et al.*, 2007). Dans ce contexte, l'identification des stades phénologiques les plus sensibles à l'enherbement est un préalable à la mise au point de toute stratégie de désherbage. En effet, ce travail facilite la planification des programmes de désherbages des cultures (Adigun, 2005). Dans la pratique, le travail revient à identifier les périodes propices de désherbage, c'est à dire les périodes en dehors desquelles l'enherbement des plantes n'entraîne pas une baisse significative du rendement. Les travaux de Kavaliauskaite et Bobinas (2006) sur *Beta vulgaris* (L.) (Chenopodiaceae) ont, ainsi, montré que le désherbage de la phase végétative permet d'augmenter le rendement de cette culture, même si par la suite, la phase reproductive subit un enherbement. Les résultats des études relatives à l'influence de la fréquence de désherbage sur la production de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* (Chapitre 5) semblent corroborer ceux obtenus par Kavaliauskaite et Bobinas (2006). La présente étude a été initiée pour, non seulement consolider les premiers résultats, mais également déterminer, avec plus de précision, la période propice de désherbage de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. L'application des résultats permettra aux productrices de mieux rationaliser les travaux champêtres, pour éviter les gaspillages d'effort, de moyens et de temps tout en garantissant un rendement économiquement viable.

## 6.1. Matériels et méthodes

### 6.1.1. Méthodes

Le matériel biologique est le même que celui présenté dans le chapitre 4.

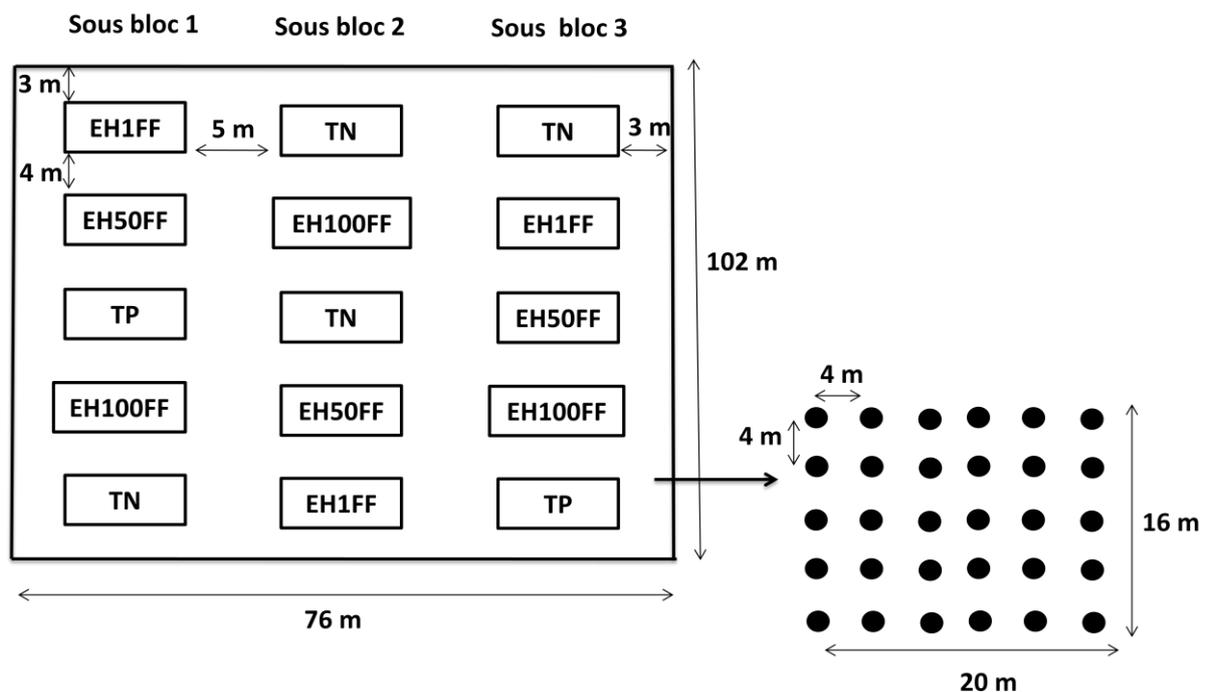
### 6.1.2. Méthodes

#### 6.1.2.1. Dispositif expérimental et les traitements

Un dispositif expérimental en bloc aléatoire complet avec trois sous blocs et une répétition par sous bloc a été conçu pour tester les différents traitements (**Figure 17**). Cinq traitements ont été définis (**Tableau 13**). Ils ont consisté en un enherbement total (Témoin négatif : TN), un désherbage régulier (Témoin positif : TP) et des interruptions de désherbage à trois stades du cycle reproducteur des plantes de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Les trois stades du cycle reproducteur auxquels le désherbage a été interrompu sont l'apparition de la première fleur femelle dans la parcelle élémentaire considérée (EH1FF), l'apparition des fleurs femelles sur 50 % des plantes de la parcelle (EH50FF) et l'apparition des fleurs femelles sur 100 % des plantes de la parcelle (EH100FF). Il est bon d'indiquer qu'avant l'interruption du désherbage c'est-à-dire la phase végétative ces trois parcelles ont été régulièrement désherbées chaque trois jours. Il en est de même pour les témoins positifs. Les semis ont été réalisés le 2 avril avec une distance de 4 m à une profondeur de 3 cm sans fertilisant et les parcelles ont été régulièrement pulvérisées chaque semaine avec le cypercal EC 50 pour prévenir les attaques des insectes ravageurs. Les pulvérisations ont été faites généralement le matin (10 heures) au cours d'une journée sans vent, sans pluie et en absence de forte température. Ces applications d'insecticides ont été réalisées à l'aide d'un pulvérisateur à pression entretenue (à dos) de capacité douze litres. Concernant, les bouilles d'insecticides la préparation a été faite en respectant le dosage indiqué par le fabricant c'est – à – dire 0,8 l/ha et 40 ml/15 l.

**Tableau 13.** Traitements réalisés pour évaluer l'influence de la durée d'enherbement de la phase reproductive sur le rendement de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*

Traitements	Caractéristiques
Témoin négatif (TN)	Les plantes de ces parcelles sont restées constamment enherbées du semis jusqu'à la récolte des fruits
Traitement 1 (EH1FF)	Le désherbage de ces parcelles a été interrompu à partir de l'apparition de la première fleur femelle sur une plante
Traitement 2 (EH50FF)	Le désherbage de ces parcelles a été interrompu dès que la moitié des plantes ont eu au moins une fleur femelle.
Traitement 3 (EH100FF)	Le désherbage de ces parcelles a été interrompu lorsque toutes les plantes ont donné au moins une fleur femelle.
Témoin positif (TP)	Les plantes de ces parcelles ont bénéficié d'un désherbage régulier chaque trois jours du semis jusqu'à la récolte des fruits



**Figure 17.** Dispositif expérimental illustrant les durées de l'enherbement de la phase reproductive et les détails des points de semis dans les parcelles

### 6.1.2.2. Analyses statistiques

L'analyse multivariée de la variance (MANOVA) a été utilisée en vue d'étudier l'effet de la durée de l'enherbement de la phase reproductive de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Au cas où ce test a révélé un effet significatif de ce facteur une analyse de la variance à un facteur (ANOVA1) a été effectuée pour chacune des sept variables afin d'identifier celui ou ceux qui contribuent à l'effet de la durée de l'enherbement. La signification du test est

déterminée en comparant la probabilité ( $P$ ) associée à la statistique  $F$  de Fischer-Snedecor au seuil  $\alpha = 0,05$ . Lorsqu'une différence est observée entre les différentes durées d'enherbement de la phase reproductive pour un paramètre donné, des comparaisons multiples des moyennes ont été effectuées en utilisant le test de la plus petite différence significative (*ppds*). Cette analyse a permis de ressortir la durée d'enherbement qui donne les meilleurs caractères agronomiques testés. Tous les tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel SAS (SAS, 1999).

## 6.2. Résultats

### 6.2.1. Détermination de significativité de la durée d'enherbement sur le redement et ses composantes

Le facteur durée de l'enherbement de la phase reproductive de la forme oléagineuse de *C. lanatus* a un effet hautement significatif sur les sept paramètres agronomiques testés ( $P < 0,001$ ) En d'autre terme, la durée de l'enherbement est facteur susceptible d'influencer la production de cette cucurbité (**Tableau 14**).

**Tableau 14.** Résultats de la MANOVA analysant l'effet de la durée de l'enherbement de la phase végétative sur sept paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*

Facteur	Statistiques	
	$F$	$P$
Durée de l'enherbement	8,516	<0,001

### 6.2.2. Influence de la durée d'enherbement sur le redement et ses composantes

Les résultats des tests statistiques ont montré une différence hautement significative entre les cinq durées d'enherbement de la phase reproductive pour les sept caractères analysés (**Tableau 15**). Les durées d'enherbement EH1FF, EH50FF, EH100FF et TP ont donné de fortes valeurs de rendement et du nombre de fruit par plante. Les meilleures valeurs du poids de fruits ont été obtenues avec les durées d'enherbement EH1FF, EH50FF et EH100FF. Les graines lourdes et le nombre élevé de graines par fruit sont produits avec les durées d'enherbement EH50FF, EH100FF et TP. Les plantes ayant produit les plus longues tiges avec des valeurs élevées de poids de 100 graines proviennent des parcelles régulièrement désherbées (TP). On retient que les producteurs doivent impérativement désherber leurs

parcelles à la phase végétative car l'enherbement de la phase reproductive ne perturbe la production de cette cucurbité.

**Tableau 15.** Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* en fonction des durées d'enherbement de la phase reproductive

Traitements	Moyennes							
	Rdt (t/ha)	Lopl (m)	NFrP	PoFr (g)	NGFr	PoGr (g)	P100 (g)	
<b>TN</b>	0,03±0,03 <sup>b</sup>	3,39±0,76 <sup>c</sup>	2,40±2,00 <sup>b</sup>	620,83±27,59 <sup>c</sup>	166,90±120,35 <sup>c</sup>	7,48±5,95 <sup>c</sup>	4,18±1,19 <sup>d</sup>	
<b>EH1FF</b>	0,48±0,16 <sup>a</sup>	3,95±0,83 <sup>b</sup>	7,96±3,76 <sup>a</sup>	958,80±302,76 <sup>ab</sup>	304,19±15,69 <sup>b</sup>	14,54±8,71 <sup>b</sup>	4,67±1,07 <sup>c</sup>	
<b>EH50FF</b>	0,50±0,23 <sup>a</sup>	4,03±1,31 <sup>b</sup>	7,59±3,04 <sup>a</sup>	970,26±368,00 <sup>ab</sup>	335,78±198,26 <sup>a</sup>	16,45±10,62 <sup>a</sup>	4,83±0,86 <sup>bc</sup>	
<b>EH100FF</b>	0,53±0,10 <sup>a</sup>	3,90±1,17 <sup>b</sup>	7,94±3,23 <sup>a</sup>	986,31±301,92 <sup>a</sup>	335,04±152,69 <sup>a</sup>	16,51±8,40 <sup>a</sup>	4,87±0,96 <sup>b</sup>	
<b>TP</b>	0,49±0,06 <sup>a</sup>	4,52±0,92 <sup>a</sup>	7,86±3,06 <sup>a</sup>	925,30±327,73 <sup>b</sup>	347,70±181,64 <sup>a</sup>	17,00±10,15 <sup>a</sup>	5,14±0,87 <sup>a</sup>	
<b>Statistiques</b>	<b>F</b>	6,69	5,48	16,47	15,34	14,17	3,49	14,09
	<b>P</b>	0,007	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne sont statistiquement égales. Rdt : Rendement (t/ha), Lopl : Longueur de la plante (m), NFrP : Nombre de fruits par plante, PoFr : Poids du fruit (g), NGFr : Nombre de graines par fruit, PoGr : Poids de graines par fruit (g), P100 : Poids des cent graines (g), TN : Témoin négatif (enherbement continu), TP : Témoin positif (désherbage continu), EH1FF : Enherbement à partir de l'apparition de la première fleur femelle sur une plante, EH50FF : Enherbement dès que la moitié des plantes ont eu au moins une fleur femelle, EH100FF : Enherbement lorsque toutes les plantes ont donné au moins une fleur femelle, ± : écart-type

### 6.3 Discussion

Le succès de tout programme de désherbage efficace nécessite, au préalable, l'identification de la phase sensible des cultures à l'enherbement (Knezevic *et al.*, 2002; Adigun, 2005; Adkins *et al.*, 2010).

La présente étude a porté sur l'influence de l'enherbement de la phase reproductive du cycle de *C. lanatus* sur le rendement et ses composantes. Il ressort que les meilleurs rendements ont été obtenus sur les parcelles dont les interruptions de désherbage ont eu lieu respectivement dès l'apparition de la première fleur femelle (EH1FF), l'apparition des fleurs femelles sur la moitié des plantes (EH50FF) et l'apparition des fleurs femelles sur toutes les plantes (EH100FF). Ce résultat indique clairement que la phase reproductive des plantes de cette cucurbitée n'est pas influencée par l'enherbement des mauvaises herbes. Autrement dit, la limitation du désherbage à la phase végétative est nécessaire et suffisante pour lui assurer un bon rendement. Ces résultats sont similaires à ceux de Adkins (2010). Cet auteur a montré que les plantes de *C. lanatus* restent compétitives par rapport aux adventices tout en maintenant un bon niveau de production quand le désherbage intervient pendant le premier mois après semis. Il en est de même, pour l'étude de Terry et Stall (1992) qui recommandent le désherbage des parcelles de *C. melo* pendant les trois semaines après la levée afin d'éviter une réduction significative du rendement de cette espèce. Par ailleurs, certains auteurs travaillant sur d'autres cultures, notamment le taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) (Araceae), le piment et le haricot mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek.) (Fabaceae) ont également indiqué que la phase sensible des cultures aux adventices est située pendant la phase végétative des plantes (Gurnah, 1985; Ponce & Santini, 2004; Sangakkara *et al.*, 2008).

Nous avons également noté que les rendements restent identiques quel soit la durée d'enherbement considérée (EH1FF, EH50FF et EH100FF). Un tel résultat pourrait, s'expliquer, en partie par le nombre de fruit par plante qui est identiques avec les trois traitements. En effet, ce paramètre intervient dans les calculs du rendement des cultures, en général, et des Cucurbitaceae en particulier (Svecnjak *et al.*, 2006; Nerson, 2007). Il serait aussi probable que l'importance du couvert de végétal au stade de la floraison femelle aurait également contribué à l'obtention d'un tel résultat (Croster & Witt, 2000).

Les parcelles régulièrement désherbées n'ont pas enregistré de rendement significativement plus élevé que les trois durées d'enherbement. Ce résultat implique qu'il n'est pas nécessaire de réaliser le désherbage des parcelles pendant tout le cycle du développement de la plante. Toutefois, si une attention particulière n'est pas accordée aux

fleurs femelles et aux jeunes fruits lors de l'opération de désherbage, comme c'est souvent le cas en milieu paysan, il est possible d'observer une baisse de rendement sur des parcelles régulièrement désherbées. En effet, des chutes de fleurs femelles et des fruits immatures sont occasionnées pendant le désherbage répété (Ojo, 1997). Cet auteur a indiqué la baisse du rendement des grains de l'amarante par la chute des fleurs femelles et des fruits.

Les résultats ont également montré que sur les parcelles régulièrement enherbées, les valeurs du rendement et ses composantes sont faibles. La baisse du rendement au niveau de ces parcelles pourrait s'expliquer par la limitation des ressources du milieu tel que les éléments minéraux, la lumière et l'espace provoqué par la forte compétition entre les plantes de la cucurbité oléagineuse et les adventices (Parish, 1990; Melifonwu, 1994). Ce résultat est similaire à celui obtenu avec les travaux de Melifonwu (1994) sur le manioc.

### **Conclusion partielle**

La connaissance de la phase sensible du développement des cultures aux mauvaises herbes est essentielle pour faciliter l'exécution de tout programme de désherbage. L'absence de telle information en milieu paysan, a très souvent été à la base de la baisse de la production des plantes cultivées. C'est particulièrement le cas de la cucurbité oléagineuse *C. lanatus*. La présente étude, a été initiée pour évaluer l'effet des adventices sur la phase reproductive de cette cucurbité pour garantir un rendement économiquement acceptable. Il ressort des travaux effectués que la phase reproductive de cette espèce n'est pas influencée par les mauvaises herbes. En clair, le désherbage des parcelles pour cette culture peut se limiter à la phase végétative des plantes. De plus, les interventions s'étalant sur tout le cycle de culture n'induisent pas nécessairement une augmentation significative du rendement.

Les différents travaux relatifs à la gestion des mauvaises herbes ont montré la nécessité de réaliser le désherbage pendant la phase végétative des plantes pour assurer une meilleure production. On se demande alors si la maîtrise des mauvaises herbes seule est suffisante pour maintenir, en tout temps, la production de la forme oléagineuse *C. lanatus*. En effet, dans les différentes zones de production de cette cucurbité, les insectes ravageurs ont été identifiés par les productrices comme l'une des principales contraintes à la production de cette plante. Dans ce contexte, la détermination d'une stratégie de lutte économiquement supportable contre les insectes ravageurs est à envisager pour améliorer la production de la plante modèle. Cette étude fera l'objet du prochain chapitre.

## **Influence de la fréquence d'applications d'insecticide sur la production de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus***

---

### **Objectif**

Dans les pays tropicaux, les insectes ravageurs constituent l'une des causes principales de la perte du rendement des cultures, particulièrement les cucurbites à graines oléagineuses (Fomekong *et al.*, 2008; Sapkota *et al.*, 2010). L'utilisation des insecticides, dans les exploitations agricoles traditionnelles, a contribué largement à la réduction de l'impact des insectes ravageurs sur les plantes cultivées (Kumar, 1991; Kekeunou *et al.*, 2006). Cependant, l'efficacité et le succès de cette lutte tiennent compte de la biologie de la plante et de la situation socio-économique des utilisateurs (Omongo *et al.*, 1998; Kamara *et al.*, 2007). En outre, en matière d'utilisation des pesticides, les normes environnementales doivent être respectées au niveau de la qualité et la quantité afin d'assurer la durabilité de la production des cultures (Alavanja *et al.*, 2003; Hanke & Jurewicz, 2004). Afin de proposer un guide de lutte contre les insectes ravageurs, à la fois respectueux de l'environnement et économiquement viable, nous avons déterminé le nombre minimal d'applications d'un insecticide (cypercal EC 50 (cyperméthrine)) permettant d'assurer un bon niveau de production.

### **7.1. Matériels et méthodes**

#### **7.1.1. Matériels**

Le matériel biologique utilisé au cours de cette expérimentation est constitué de graines moyennes graines de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Pour la collecte des insectes sur les différentes parcelles, les pièges à insectes ont été utilisés. Ce sont, notamment, des assiettes en plastique de couleur jaune contenant l'eau savoneuse et des filets fauchoirs. En effet, la couleur attire plusieurs insectes. Des piluliers ont été également utilisés pour la conservation des insectes dans de l'alcool à 70 %. Un pulvérisateur à dos avec d'une capacité de douze litres, un sceau, un doseur et de l'eau ont nécessaires pour atteindre l'objectif fixé.

## 7.1.2. Méthodes

### 7.1.2.1. Dispositif expérimental et traitements

La fréquence d'applications de l'insecticide foliaire cypercal EC 50 (cyperméthrine) a été testée pendant la première et la seconde saison de culture, au cours de l'année 2007, sur le site de Manfla. Le terrain ayant servi à l'expérimentation est une ancienne jachère qui présente les caractéristiques physico-chimiques regroupées dans le **tableau 2** (Chapitre 3). Le dispositif expérimental est un bloc aléatoire complet avec trois sous blocs et une répétition par sous bloc. Sur l'ensemble des trois blocs, 15 parcelles élémentaires de 20 m sur 16 m ont été mises en place (**Figure 18**). Chacune des parcelles a fait l'objet d'un traitement spécifique.

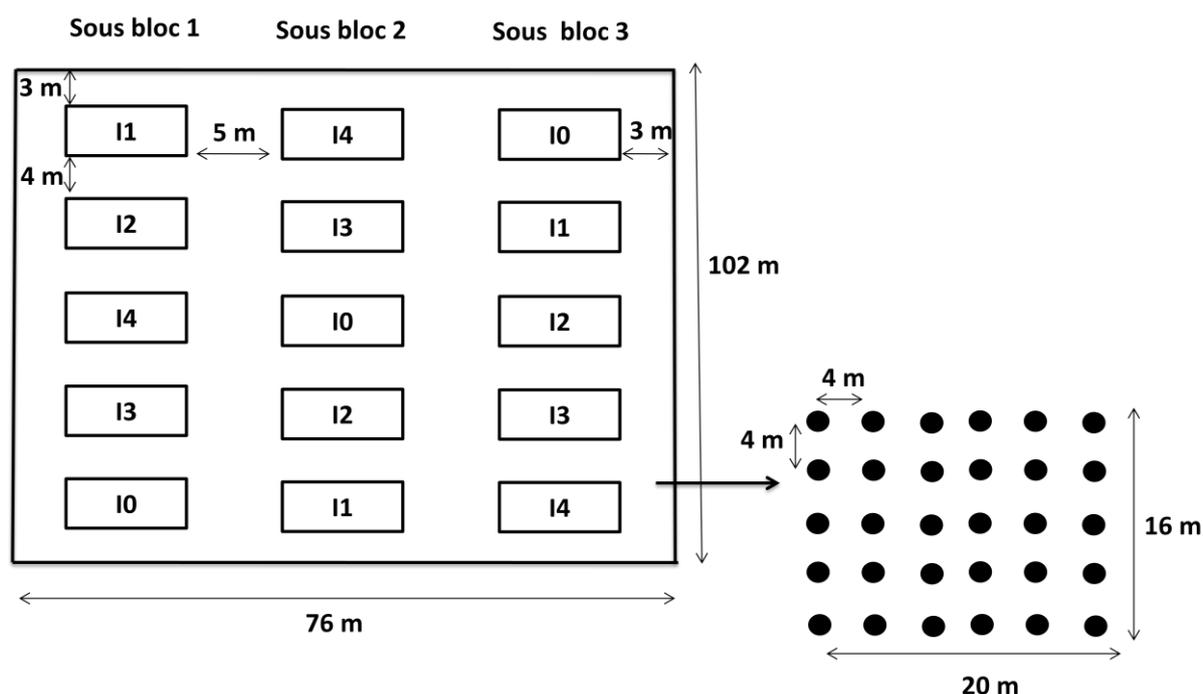
Les expérimentations ont consisté en des applications de cypercal EC 50 sur les parcelles à quatre stades phénologiques : quand la moitié des plantules ont émergées, quand la moitié des plantes ont rampé, quand la moitié des plantes ont porté des fleurs mâles et quand la moitié des plantes ont portés des fleurs femelles. Ainsi, quatre fréquences d'applications (I1, I2, I3, I4) et un traitement témoin (I0) ont été définis (**Tableau 16**).

Aussi l'insecticide cypercal EC 50 a été appliqué à l'aide d'un pulvérisateur à pression entretenue de capacité douze litres (à dos) chaque semaine (10 heures) en absence de pluie, de forte température et de vent violent (**Tableau 17**). Les bouilles d'insecticides ont été préparées en respectant la dose indiquée par le fabricant c'est-à-dire 0,8 l/ha et 40 ml/15 l.

Pour la capture des insectes, trente assiettes jaunes ont été disposées aussi bien entre sur les lignes que sur les lignes des parcelles. Toutefois, la moitié de ces pièges était enfoui dans le sol pour la capture des insectes du sol. Des filets fauchoirs ont été également nécessaires pour capturer les insectes volants chaque deux jours à 6 h, 10 h, 12 h, 14 h et 16 h et 18 h. A la fin de l'expérience, tous les insectes collectés ont été enregistrés, puis acheminés dans le laboratoire d'entomologie de l'INPHB-ESA (Yamoussokro) pour leur identification. De plus, les différentes parcelles ont été désherbées régulièrement chaque trois jours pour éviter la compétition des mauvaises herbes avec les plantes d'intérêts.

**Tableau 16.** Traitements réalisés pour évaluer l'influence de la fréquence d'applications de l'insecticide sur le rendement de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*

Traitements	Caractéristiques
Traitement (I0)	Les plantes de ces parcelles n'ont pas été pulvérisées des semis jusqu'à la récolte les fruits
Traitement (I1)	Les parcelles ont été pulvérisées uniquement lorsque la moitié des plantules ont commencé à émerger
Traitement (I2)	Les parcelles ont été pulvérisées deux fois exactement à deux stades phénologiques consécutives : quand la moitié des plantules ont émergé et quand la moitié des ont rampé
Traitement (I3)	Les parcelles ont été pulvérisées trois fois respectivement aux stades : quand la moitié des plantules ont émergé, quand la moitié des plantes ont rampé et quand la moitié des plantes ont porté des fleurs femelles.
Traitement (I4)	Les plantes de ces parcelles ont été pulvérisées à chacun des quatre stades phénologiques respectivement aux stades plantules en emergence, tiges en rampement, plantes portant des fleurs mâles et plantes portant des fleurs femelles



**Figure 188.** Dispositif expérimental relatif à la fréquence d'applications de l'insecticide et les détails des points de semis dans les parcelles

**Tableau 17.** Quantité de produit insecticide utilisée en fonction des stades phénologiques sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*

Stades phénologiques	Nombre de parcelles	Quantité d'insecticide appliquée (l/ha)	Quantité d'insecticide restante après application (l/ha)
Plantules en émergence (50 %)	12	31,25	4,75
Tiges en rampement (50 %)	9	41,56	6,44
Apparition des fleurs mâles (50 %)	6	125	7
Apparition des fleurs femelles (50 %)	3	125	7

### 7.1.2.2. Collecte des données

Huit caractères agronomiques dont sept (longueur de la plante, nombre de fruits par plante, poids des fruits par plante, nombre de graines par fruit, poids de 100 graines non décortiquées, du poids des graines par fruit et du rendement) sont présentés dans le chapitre 4 ont été mesurés lors de cette expérimentation. Le pourcentage de survie des plantes (PctS) qui constitue le huitième caractère est calculé selon la formule suivante :

$$PctS = \frac{PS}{30} \times 100$$

PctS : Pourcentage de survie des plantes,  
 PS : Nombre de plantes ayant survécues aux attaques des insectes jusqu'à la production  
 30: Nombre totale de plante sur la parcelle

### 7.1.2.3. Analyses statistiques

L'analyse multivariée de la variance (MANOVA) a été utilisée afin d'étudier l'effet global de la saison de culture, de la fréquence d'applications de l'insecticide et de leur interaction sur les paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Ce test a permis d'identifier les facteurs qui ont un effet global significatif, y compris l'interaction. Les facteurs ainsi retenus ont fait l'objet d'analyses de la variance à un facteur (ANOVA1) pour chacune des huit variables testées. Les données de la huitième variable (pourcentage de survie des plantes) ont été transformées en arcsine pour homogénéiser la variance. La signification du test est déterminée en comparant la probabilité ( $P$ ) associée à la statistique  $F$  de Fischer-Snedecor au seuil  $\alpha = 0,05$ . Lorsqu'une différence est observée entre les différentes fréquences d'applications de l'insecticide pour un paramètre donné, des comparaisons multiples de moyennes ont été effectuées en utilisant le test de la plus petite différence significative ( $ppds$ ). Cette analyse permet de ressortir la fréquence d'applications de l'insecticide qui donne les meilleurs caractères agronomiques testés. Tous les tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel SAS (SAS, 1999).

## 7.2. Résultats

### 7.2.1. Détermination de la significativité de deux facteurs sur le rendement et ses composantes

Le **tableau 18** indique que les deux facteurs testés (saison de culture et fréquence d'application de l'insecticide) et leur interaction sont hautement significatifs ( $P < 0,01$ ). En d'autre terme, lorsque les producteurs ne sement pas à la bonne saison de culture et ne respectent pas le nombre de pulvérisation d'insecticide, ils perdront la production de la culture en cours. La tendance des résultats relatifs à la fréquence d'application de l'insecticide observée n'est pas identique pour les deux saisons de culture (**Annexe 1 et 2**). Par conséquent, les données issues de l'étude de l'effet de la fréquence d'application de l'insecticide sur les deux saisons de culture seront analysées séparément.

**Tableau 18.** Résultats de la MANOVA analysant les effets de la saison de culture et de la fréquence d'application d'un insecticide foliaire sur huit paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*

Facteurs	Statistiques	
	F	P
Saison	5,121	<0,001
Fréquence d'application de l'insecticide	8,601	0,001
Saison x fréquence d'application de l'insecticide	5,087	0,002

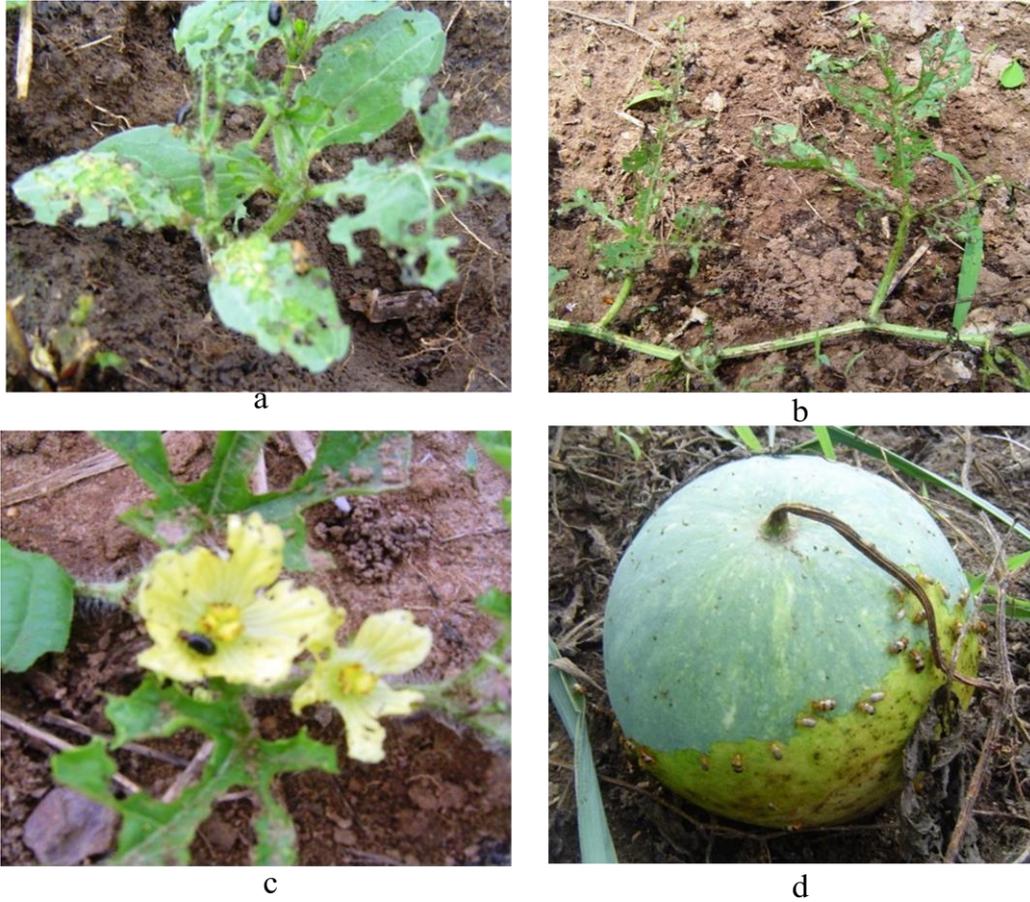
### 7.2.2. Insectes collectés sur les plantes et leurs dégâts

La collecte des insectes réalisée sur les différentes parcelles a permis d'inventorier puis d'identifier 32 espèces appartenant à 19 familles et 9 ordres. Au total, 1990 spécimens d'insectes ont été inventoriés sur l'ensemble des parcelles au cours des deux saisons de cultures (**Tableau 19**). Parmi ces insectes, les coléoptères et les hyménoptères sont les plus nombreux avec respectivement 50,6 et 33,47 %. Les sept autres ordres sont relativement faibles avec les proportions suivantes : diptères (9,55 %), orthoptères (3,77 %), hétéroptères (1,21 %), lépidoptères (0,85 %), dictyoptères (0,30 %), dermaptère (0,15 %) et odonates (0,10 %). L'ordre des coléoptères est constitué des chrysomélidés, notamment *Asbecesta cyanipennis* (Harold.) (Coleoptera : Chrysomelidae), *Liliocerus livida* (Dalman.) (Coleoptera : Chrysomelidae), *Aulacophora foveicollis* (Weise.) (Coleoptera : Chrysomelidae) et *Agelastica alni* (Linn.) (Coleoptera : Chrysomelidae), et les coccinellidés avec l'espèce *Henosepilachna elaterii* (Rossi) (Coleoptera : Coccinellidae) (**Figure 19**).

Ces insectes s'attaquent aux feuilles, fleurs et fruits des plantes de cette cucurbit. Les attaques des feuilles interviennent à la fois aux stades plantules et rampement des tiges. Les feuilles sont dévorées et trouées à plusieurs endroits du limbe (**Figure 20 a et b**). Il en résulte une forte réduction de la croissance des plantes attaquées ou de leur dessèchement (mort). Au niveau des fleurs, les insectes dévorent aussi bien le périanthe (sépalés et pétales) que les pièces fertiles (étamines et pistils) (**Figure 20 c**). En conséquence, toutes les fleurs attaquées par les insectes avortent. Concernant, les fruits, lorsque les attaques interviennent sur les fruits immatures, on assiste à leur malformation ou avortement sur les plantes. Les attaques au niveau des fruits matures sont caractérisées par la destruction du péricarpe entraînant une déshydratation certaine de ceux-ci (**Figure 20 d**). Toutefois, les quatre coléoptères pullulent aux stades végétatifs (plantule et tige). L'espèce *H. elaterii* prolifère pendant la phase de la fructification. On a aussi noté une réduction de la proportion des insectes ravageurs en fonction de l'augmentation des fréquences d'applications de l'insecticide. Sur les parcelles témoins et celles pulvérisées une, deux, trois, et quatre fois on a obtenu respectivement 30,91 ; 24,45 ; 18,49 ; 14,51 et 11,63 % d'insectes ravageurs (**Tableau 20**). Les hyménotères, les diptères, les lépidotères sont présents sur les plantes pendant la phase de la floraison. On retient que plusieurs insectes sont présents sur les plantes de cette cucurbit. Parmi ceux-ci les chrysomelidae et les coccinelidae ont été identifié comme les principaux insectes ravageurs. Aussi, certains insectes comme les hyménotères (abeilles) sont indispensables pour faire la pollinisation des plantes. Dans ces conditions, la pulvérisation des parcelles doit se faire avec mesure.



**Figure 19.** Coléoptères observés sur les feuilles de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*.  
a : feuille devoré par l'*Agelastica alni* ; b : feuille attaquée par *Henosepilachna elaterii*



**Figure 20.** Dégâts des insectes ravageurs sur la plante de *Citrullus lanatus*.  
a : feuilles des plantule dévorées; b : feuilles dévorées sur une tige ; c : fleur dévorées  
et d : péricarpe du fruit attaqué

**Tableau 19.** Ordres, familles, espèces et proportions des insectes collectés sur les feuilles, fleurs et fruits des plantes de la cucurbitace oléagineuse *Citrullus lanatus* au sur l'ensemble des parcelles cours des deux saisons de culture à Manfla

Ordre	Famille	Espèce	Organes cibles	Période d'infestation	Nombre insectes (%)		
Coléoptères	Chrysomelidae	<i>Agelastica alni</i>	Feuilles, fleurs, fruits	Plantule, tiges	5,53		
		<i>Lilioceris livida</i>	Feuilles, fleurs	Plantule, tiges,	13,97		
		<i>Asbecesta cyanipennis</i>	Feuilles, fleurs, fruits	Plantule, tiges, fleurs	20		
		<i>Aulacophora foveicollis</i>	Feuilles, fleurs	Plantule, tiges,	9,55		
	Coccinellidae	<i>Henosepilachna elaterii</i>	Feuilles, fruit	Fruit	1,01		
		Tenebrionidae	<i>Ctenopius sulphureus</i>	Fleurs	Floraison	0,50	
	Meloidae	<i>Mylabris holosericea</i>	Fleurs	Floraison	0,05		
		Hyménoptères	Formicidae	<i>Camponotus ligniperda</i>	Fleurs	Floraison	4,12
	<i>Formica rufa</i>			Fleurs	Floraison	4,52	
	<i>Lasius fuliginosus</i>			Fleurs	Floraison	4,87	
<i>Messor barbarus</i>	Fleurs			Floraison	5,83		
Apidae	<i>Pachycondyla sp</i>		Fleurs	Floraison	4,52		
	<i>Apis mellifera</i>		Fleurs	Floraison	9,60		
	Diptère		Agromyzidae	<i>Agromyza lucida</i>	Fleurs	Floraison	4,52
				<i>Agromyza ambigua</i>	Fleurs	Floraison	2,86
			Syrphidae	<i>Pipizella annulata</i>	Fleurs	Floraison	1,01
				<i>Leucozoma glauca</i>	Fleurs	Floraison	0,35
Muscidae	<i>Atherigona soccata</i>	Fleurs	Floraison	0,80			
	Lépidoptères	Plutellidae	<i>Plutella xylostella</i>	Fleurs	Floraison	0,85	
Orthoptères			Pyrgomorphidae	<i>Zonocerus variegatus</i>	Feuilles	Tiges	2,66
		Acrididae		<i>Euthystina brachiptera</i>	Feuilles	Tiges	0,60
			Tettigoniidae	<i>Ruspolia nitidula</i>	Feuilles	Tiges	0,15
		<i>Leptophyes punctatissima</i>		Feuilles	Tiges	0,15	
Hétéroptères		Pyrrhocoridae	<i>Ephippiger ephippiger</i>	Feuilles	Tiges	0,20	
			<i>Dysdercus melanoderes</i>	Feuilles	Tiges	0,30	
		Nepidae	<i>Dysdercus voelkeri</i>	Feuilles	Tiges	0,10	
			<i>Laccotrephes frabricii</i>	Feuilles	Tiges	0,80	
Dictyoptères		Mantidae	<i>Iris oratoria</i>	Feuilles	Tiges	0,15	
	<i>Ameles spallanziana</i>		Feuilles	Tiges	0,10		
	Blattellidae	<i>Ectobius sylvestris</i>	Feuilles	Tiges	0,05		
Odonates	Coenagionidae	nd	Fleurs	Floraison	0,10		
Dermaptère	Carcinophoridae	nd	Fleurs	Floraison	0,15		

**Tableau 20.** Influence de la fréquence d'applications d'un insecticide sur les insectes ravageurs de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*.

Fréquences d'applications d'insecticide	Proportions d'insectes collectés (%)
I0	30,91
I1	24,45
I2	18,49
I3	14,51
I4	11,63

### 7.2.3. Influence de la fréquence d'applications de l'insecticide sur la production

Tous les paramètres mesurés à l'exception du pourcentage de survie des plantes et la longueur des plantes ont été significativement influencés par la fréquence d'applications de l'insecticide au cours de la première saison de culture (**Tableau 21**). La valeur la plus élevée du nombre de fruits par plante a été enregistrée sur les parcelles pulvérisées trois fois. Le poids du fruit n'a pas permis de faire une différence entre les parcelles traitées trois fois et quatre fois. Cependant, sur les parcelles pulvérisées deux, trois et quatre fois, il a été noté de très fortes valeurs pour le rendement en graine, le nombre de graine par fruit, le poids des graines et le poids de 100 graines. On retient que les producteurs pour avoir une bonne production de cette cucurbité à la première saison de culture, doivent réaliser deux pulvérisations des parcelles.

Les tests statistiques ont montré que sur les huit caractères testés, cinq permettent de faire une différence entre les fréquences d'applications de l'insecticide au cours de la seconde saison de culture (**Tableau 22**). Les parcelles pulvérisées trois et quatre fois ont donné des valeurs élevées pour le rendement en graine et le pourcentage de survie des plantes. Concernant le poids du fruit, le nombre de graines par fruit et le poids des graines, les valeurs les plus élevées ont été enregistrées sur les parcelles pulvérisées quatre fois. Au cours de cette seconde saison de culture, les producteurs devront faire trois pulvérisations de leurs parcelles pour avoir un meilleur rendement de cette cucurbité.

### 7.2.4. Interaction entre la saison de culture et la fréquence d'applications de l'insecticide

Les tests statistiques ont montré que tous les paramètres agronomiques sont influencés par l'interaction entre la saison de culture et la fréquence d'applications de l'insecticide (**Tableau 23**). Cinq des huit paramètres testés ont enregistré leurs plus grandes valeurs sur les parcelles pulvérisées deux, trois et quatre fois au cours de la première saison de culture. Ce

sont le rendement en graines, la longueur des plantes, le nombre de graines, le poids de graines et le poids de 100 graines puis le nombre de fruits par plante. Concernant, le nombre de fruits par plante et le poids des fruits, leurs meilleures valeurs ont été obtenues à la première saison de culture sur les parcelles pulvérisées trois fois. La huitième variable testée c'est-à-dire, le pourcentage de survie des plantes, a donné sa valeur la plus élevée à la première saison de culture avec tous les traitements et également à la seconde saison de culture sur les parcelles pulvérisées trois et quatre fois.

On retient que les producteurs pour garantir la production de cette cucurbité devront choisir la première saison de culture et à cette période ils appliqueront deux pulvérisations des parcelles. C'est au cours de cette période que les grossistes et demi grossistes devront faire les achats des graines de cette cucurbité.

**Tableau 21.** Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* en fonction des fréquences d'applications de l'insecticide à la première saison culturale

Fréquences d'applications de l'insecticide	Moyennes								
	Rdt (t/ha)	PctS (%)	Lopl (m)	NFrP	PoFr (g)	NGFr	PoGr (g)	P100 (g)	
<b>I0</b>	0,32±0,08 <sup>c</sup>	93,33±11,55 <sup>a</sup>	3,96±1,10 <sup>a</sup>	5,36±2,47 <sup>c</sup>	777,29±483,12 <sup>d</sup>	263,02±205,04 <sup>c</sup>	16,42±13,73 <sup>b</sup>	5,86±1,38 <sup>b</sup>	
<b>I1</b>	0,40±0,10 <sup>b</sup>	96,67±11,55 <sup>a</sup>	3,86±1,18 <sup>a</sup>	6,41±3,33 <sup>bc</sup>	994,39±528,59 <sup>c</sup>	305,77±211,86 <sup>b</sup>	18,09±13,88 <sup>b</sup>	5,57±1,20 <sup>b</sup>	
<b>I2</b>	0,55±0,20 <sup>ab</sup>	100,00±0,00 <sup>a</sup>	4,31±0,98 <sup>a</sup>	6,05±2,83 <sup>bc</sup>	1107,08±537,80 <sup>b</sup>	408,44±200,48 <sup>a</sup>	25,48±13,58 <sup>a</sup>	6,06±1,27 <sup>ab</sup>	
<b>I3</b>	0,76±0,14 <sup>a</sup>	97,78±3,85 <sup>a</sup>	4,34±0,89 <sup>a</sup>	8,56±3,79 <sup>a</sup>	1293,30±469,54 <sup>a</sup>	388,20±177,49 <sup>a</sup>	23,90±10,88 <sup>a</sup>	6,19±1,24 <sup>a</sup>	
<b>I4</b>	0,65±0,16 <sup>ab</sup>	100,00±0,00 <sup>a</sup>	4,32±1,19 <sup>a</sup>	6,77±3,81 <sup>b</sup>	1342,93±372,89 <sup>a</sup>	407,95±161,49 <sup>a</sup>	24,33±9,99 <sup>a</sup>	6,07±1,11 <sup>a</sup>	
<b>Statistiques</b>	<b>F</b>	4,85	0,63	2,06	5,66	78,43	35,67	32,83	12,55
	<b>P</b>	0,020	0,651	0,087	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne sont statistiquement égales selon le test de la comparaison multiple de Duncan ( $P \leq 0,05$ ).  
Rdt : Rendement (t/ha), PctS : Pourcentage de survie des plantes, Lopl : Longueur de la plante (m), NFrP : Nombre de fruits par plante, PoFr : Poids du fruit (g), NGFr : Nombre de graines par fruit, PoGr : Poids de graines par fruit (g), P100 : Poids des cent graines (g), PctS : Pourcentage de survie des plantes, I0 : Zéro application de l'insecticide, I1 : Une application de l'insecticide, I2 : Deux applications de l'insecticide, I3 : Trois applications de l'insecticide, I4 : Quatre applications de l'insecticide, ± : écart-type

**Tableau 22.** Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* en fonction des cinq fréquences d'applications de l'insecticide à la seconde saison culturale

Fréquences d'applications de l'insecticide	Moyennes								
	Rdt (t/ha)	PctS	Lopl (m)	NFrP	PoFr (g)	NGFr	PoGr (g)	P100 (g)	
<b>I0</b>	0,10±0,05 <sup>b</sup>	40,00±8,82 <sup>c</sup>	3,42±0,84 <sup>a</sup>	5,08±2,42 <sup>a</sup>	801,58±371,64 <sup>b</sup>	240,19±168,52 <sup>c</sup>	13,58±10,17 <sup>c</sup>	5,57±1,08 <sup>a</sup>	
<b>I1</b>	0,12±0,04 <sup>b</sup>	61,11±11,71 <sup>b</sup>	3,10±0,69 <sup>a</sup>	3,74±2,08 <sup>a</sup>	679,21±339,01 <sup>c</sup>	249,15±152,67 <sup>c</sup>	13,71±9,28 <sup>c</sup>	5,41±0,96 <sup>a</sup>	
<b>I2</b>	0,15±0,07 <sup>b</sup>	68,89±17,10 <sup>b</sup>	3,16±0,74 <sup>a</sup>	4,13±2,55 <sup>a</sup>	752,40±360,25 <sup>bc</sup>	259,19±175,30 <sup>c</sup>	14,51±9,80 <sup>c</sup>	5,60±0,99 <sup>a</sup>	
<b>I3</b>	0,22±0,03 <sup>ab</sup>	88,89±3,85 <sup>a</sup>	3,27±0,80 <sup>a</sup>	4,07±1,94 <sup>a</sup>	796,08±345,23 <sup>bc</sup>	301,27±157,99 <sup>b</sup>	16,45±9,20 <sup>b</sup>	5,45±0,98 <sup>a</sup>	
<b>I4</b>	0,28±0,04 <sup>a</sup>	94,44±5,09 <sup>a</sup>	3,45±0,82 <sup>a</sup>	4,48±1,85 <sup>a</sup>	912,24±449,10 <sup>a</sup>	334,87±188,72 <sup>a</sup>	18,92±11,82 <sup>a</sup>	5,62±1,06 <sup>a</sup>	
<b>Statistiques</b>	<i>F</i>	7,32	13,22	1,72	1,87	11,77	12,64	11,58	1,19
	<i>P</i>	0,005	0,001	0,146	0,117	<0,001	<0,001	<0,001	0,108

Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne sont statistiquement égales selon le test de la comparaison multiple de Duncan ( $P \leq 0,05$ ).  
Rdt : Rendement (t/ha), PctS : Pourcentage de survie des plantes, Lopl : Longueur de la plante (m), NFrP : Nombre de fruits par plante, PoFr : Poids du fruit (g), NGFr : Nombre de graines par fruit, PoGr : Poids de graines par fruit (g), P100 : Poids des cent graines (g), PctS : Pourcentage de survie des plantes, I0 : Zéro application de l'insecticide, I1 : Une application de l'insecticide, I2 : Deux applications de l'insecticide, I3 : Trois applications de l'insecticide, I4 : Quatre applications de l'insecticide ; ± : écart-type

**Tableau 23.** Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* en fonction des cinq fréquences d'applications de l'insecticide et les saisons culturales

Saisons	Fréquences d'applications de l'insecticide	Moyennes							
		Rdt (t/ha)	PctS (%)	Lopl (m)	NFrP	PoFr (g)	NGFr	PoGr (g)	P100(g)
S1	I0	0,32±0,08 <sup>c</sup>	93,33±11,55 <sup>a</sup>	3,96±1,10 <sup>ab</sup>	5,36±2,47 <sup>c</sup>	777,29±483,12 <sup>f</sup>	263,02±205,04 <sup>d</sup>	16,42±13,73 <sup>c</sup>	5,86±1,38 <sup>b</sup>
	I1	0,40±0,10 <sup>bc</sup>	96,76±16,77 <sup>a</sup>	3,86±1,17 <sup>b</sup>	6,41±3,33 <sup>bc</sup>	994,39±528,59 <sup>c</sup>	305,77±211,86 <sup>bc</sup>	18,09±13,89 <sup>bc</sup>	5,57±1,20 <sup>c</sup>
	I2	0,55±0,20 <sup>a</sup>	100,00±0,00 <sup>a</sup>	4,31±0,98 <sup>a</sup>	6,05±2,83 <sup>bc</sup>	1107,08±537,80 <sup>b</sup>	408,44±200,48 <sup>a</sup>	25,46±13,58 <sup>a</sup>	6,06±1,27 <sup>a</sup>
	I3	0,76±0,14 <sup>a</sup>	97,78±3,85 <sup>a</sup>	4,34±0,89 <sup>a</sup>	8,56±3,79 <sup>a</sup>	1293,30±469,54 <sup>a</sup>	388,20±177,49 <sup>a</sup>	23,90±10,88 <sup>a</sup>	6,19±1,24 <sup>a</sup>
	I4	0,65±0,16 <sup>ab</sup>	100,00±0,00 <sup>a</sup>	4,32±1,19 <sup>a</sup>	6,77±3,81 <sup>b</sup>	1342,93±372,89 <sup>a</sup>	407,95±161,49 <sup>a</sup>	24,33±10,00 <sup>a</sup>	6,07±1,11 <sup>a</sup>
S2	I0	0,10±0,05 <sup>d</sup>	40,00±8,82 <sup>c</sup>	3,42±0,83 <sup>c</sup>	5,08±2,41 <sup>cd</sup>	801,57±371,64 <sup>e</sup>	240,20±168,52 <sup>d</sup>	13,58±10,17 <sup>d</sup>	5,57±1,08 <sup>c</sup>
	I1	0,12±0,04 <sup>d</sup>	61,11±11,71 <sup>b</sup>	3,10±0,69 <sup>c</sup>	3,74±2,07 <sup>d</sup>	679,21±339,01 <sup>g</sup>	249,15±152,67 <sup>d</sup>	13,71±9,28 <sup>d</sup>	5,41±0,96 <sup>c</sup>
	I2	0,15±0,07 <sup>cd</sup>	68,89±17,10 <sup>b</sup>	3,16±0,74 <sup>c</sup>	4,13±2,55 <sup>d</sup>	752,39±360,25 <sup>fg</sup>	259,19±175,30 <sup>d</sup>	14,51±9,80 <sup>cd</sup>	5,60±1,00 <sup>c</sup>
	I3	0,22±0,03 <sup>cd</sup>	88,89±3,85 <sup>a</sup>	3,27±0,80 <sup>c</sup>	4,07±1,94 <sup>d</sup>	796,08±345,24 <sup>f</sup>	301,27±157,99 <sup>c</sup>	16,45±9,20 <sup>c</sup>	5,45±1,00 <sup>c</sup>
	I4	0,28±0,04 <sup>cd</sup>	94,44±5,09 <sup>a</sup>	3,44±0,82 <sup>c</sup>	4,48±1,85 <sup>cd</sup>	912,24±449,10 <sup>d</sup>	334,87±188,72 <sup>b</sup>	18,92±11,82 <sup>b</sup>	5,62±1,05 <sup>c</sup>
Statistiques	F	14,50	8,08	12,87	13,45	86,9	35,45	42,29	18,27
	P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres dans la même colonne sont statistiquement égales selon le test de la comparaison multiple de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Rdt : Rendement (t/ha), PctS : Pourcentage de survie des plantes, Lopl : Longueur de la plante (m), NFrP : Nombre de fruits par plante, PoFr : Poids du fruit (g), NGFr : Nombre de graines par fruit, PoGr : Poids de graines par fruit (g), P100 : Poids des cent graines (g), PctS : Pourcentage de survie des plantes, I0 : Zéro application de l'insecticide, I1 : Une application de l'insecticide, I2 : Deux applications de l'insecticide, I3 : Trois applications de l'insecticide, I4 : Quatre applications de l'insecticide, S1 : Saison 1, S2 : Saison 2 ; ± : écart-type

### 7.3. Discussion

Les mauvaises herbes, les agents pathogènes des plantes et les insectes ravageurs des cultures jouent un rôle fondamental dans la détermination des pratiques culturales (Bruinsma *et al.*, 1983). De ce fait, le type et la méthode d'application des pesticides sont des facteurs importants de production, affectant à la fois la quantité et la qualité du rendement de plusieurs cultures (Ignacimuthu & Jayaraj, 2003; Oerke & Dehne, 2004).

En Afrique sub-saharienne, les espèces de Cucurbitaceae cultivées sont dépendantes des insectes. Par conséquent, la recherche de stratégies de lutte économiquement viable et évitant l'élimination des organismes utiles (prédateurs des ravageurs, pollinisateurs, etc.) est un préalable pour améliorer la production de ces cultures. Le contrôle des insectes et leurs dégâts en champ sont influencés par la fréquence des applications de l'insecticide cypercal EC 50.

La présente étude a permis d'inventorier 32 espèces d'insectes appartenant à 19 familles et 9 ordres. Cette étude a révélé une grande diversité de l'entomofaune de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Ce résultat est très proche à celui de Fomekong *et al.* (2008) sur l'espèce *Cucumeropsis manii* avec 36 familles appartenant à huit ordres d'insectes. Cette grande diversité s'expliquerait par l'abondance de la nourriture pour ces insectes sur les plantes des cucurbites, notamment les feuilles. En effet, cet auteur a également montré que sur 36 familles d'insectes 30 se nourrissent des feuilles de cette cucurbite.

La collecte effectuée sur le terrain a aussi montré la prédominance des coléoptères et les hyménoptères (respectivement 50,6 et 33,47 %). En dehors de l'abondance de la nourriture, la supériorité numérique de ces espèces pourrait être liée à leur capacité de reproduction. En effet, les travaux de Rahman et Prodhon (2007) ont montré qu'une seule femelle de *Aulacophora foveicollis* peut pondre, en moyenne, 150 à 300 œufs sur les feuilles de *Momordica charantia* (L.) (Cucurbitaceae). Il en est de même avec les femelles de l'espèce *Henosepilachna elaterii*. Chacune des femelles est capable de déposer environ 150 à 200 œufs sur les feuilles des plantes hôtes (Appert & Deuse, 1982; Ali *et al.*, 2011).

Toutefois, les principaux insectes ravageurs de la forme oléagineuse de *C. lanatus* sont notamment *Asbecesta cyanipennis*, *Lilioceris livida*, *Aulacophora foveicollis*, *Agelastica alni* et *Henosepilachna elaterii*. Des résultats similaires ont été rapportés sur d'autres espèces de Cucurbitaceae. En effet, les espèces *Asbecesta cyanipennis* et *Aulacophora foveicollis* ont été signalés sur les plantes de *M. charantia*, *C. melo*, *C. sativus* et *C. pepo* (Ali *et al.*, 2011; Hasan *et al.*, 2012). Par ailleurs, l'étude de Saljoqi et Khan (2007) a montré que les plantes de la famille des Cucurbitaceae sont les hôtes préférées de l'espèce *Aulacophora foveicollis*.

Sur les parcelles témoins, c'est-à-dire sans traitement chimique, ces coléoptères seraient en partie responsables de la baisse du rendement et ses composantes. En effet, 30,91 % des cinq coléoptères ont été collectés sur cette parcelle. De plus, les taux de survie des plantes sont très faibles avec, seulement, 40 % sur les parcelles témoins comparativement aux autres parcelles. La baisse de la production obtenue sur cette parcelle résulterait de la défoliation massive des plantes de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Les travaux de Butt *et al.* (1993) ont montré une réduction de la production de *Pennisetum purpureum* (Schumach.) (Poaceae) avec l'augmentation de la défoliation des feuilles. La baisse du rendement de cette plante avait été expliquée par la réduction et la perturbation de l'activité photosynthétique.

Les résultats de la présente étude ont également indiqué que le rendement et la plupart de ses composantes augmentent avec le nombre de pulvérisations de l'insecticide. Un tel résultat pourrait résulter d'une bonne protection des plantes, conduisant à leur meilleure croissance et développement. A notre connaissance, il n'existe pas d'étude abordant les applications d'insecticide sur les Cucurbitaceae en Afrique sub-saharienne. Par conséquent, il serait difficile de comparer les résultats obtenus dans cette étude à ceux d'autres travaux. Néanmoins, les résultats obtenus sont contraires à ceux rapportés par Foster et Brust (1995) sur la pastèque (*C. lanatus*) dans le cadre d'études conduites en Indiana (États-Unis). En effet, ces auteurs ont montré une baisse du rendement quand le nombre d'application augmente. Ces résultats ont été attribués à l'élimination des pollinisateurs (abeilles) et à la phytotoxicité de l'insecticide utilisé. Selon les conclusions des travaux de Gusmini (2003), pour assurer une bonne fructification des pastèques, la fécondation des ovules doit être nécessairement réalisée par un nombre élevé d'abeilles. Dans le cadre de la présente étude, l'arrêt des applications d'insecticides avant le stade (traitement I2 et I3) fleur femelle a permis d'éviter l'élimination de ces pollinisateurs (Kevan, 1999) et par conséquent de favoriser l'augmentation du rendement.

A la première saison de culture, les parcelles ont enregistré les meilleurs rendements à partir de deux pulvérisations. Ce résultat indique qu'aux stades plantules et émergence des tiges, les plantes sont sensibles aux attaques des insectes. Par conséquent, leur protection est nécessaire à ces deux stades phénologiques. Ce résultat est similaire avec les travaux de Khan et Jehangir (2000) sur *C. melo*. Ces auteurs recommandent la nécessité de pulvériser les plants de cette espèce pour accroître la production pendant ces deux stades phénologiques. En effet, ils ont montré la prolifération de la population de *A. foveicollis* pendant le stade végétatif des plantes. Aussi, Saljoqi et Khan (2007) ont indiqué la préférence des plantes de *C. pepo* et *L. siceraria* pendant les stades végétatifs.

Il serait aussi possible que l'abondance et la diversité des ressources alimentaire à cette période de l'année aient engendré peu d'attaque d'insectes ravageurs sur les plantes étudiées. En fait, dans la zone d'étude, la première saison de culture coïncide avec les premières pluies de l'année. En d'autre terme, c'est la période pendant laquelle toutes les plantes cultivées ou non entament leurs développement végétatif. Par ailleurs, il a été montré par Hasan *et al.* (2012) que les insectes ravageurs des Cucurbitaceae notamment *Asbecesta cyanipennis* et *Aulacophora foveicollis* sont des polyphages. A cet effet, au Ghana, les travaux de Dwomoh *et al.* (2008) ont montré la présence de l'espèce *A. cyanipennis* sur les feuilles et les fleurs de l'anacarde (*Anacardium occidentale* L.). Ainsi, la proximité des champs d'anacarde à nos parcelles expérimentales aurait contribué à la baisse des insectes ravageurs le long du cycle de développement des plantes et à l'augmentation de la production de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Il faut également signaler que les valeurs élevées du poids et du nombre des graines pourrait expliquer l'augmentation du rendement. En général, le rendement est tributaire de ces deux paramètres (Svecnjak *et al.*, 2006).

Au cours de la deuxième saison de culture, une troisième pulvérisation a été nécessaire pour maximiser la production de la cucurbite. Un tel résultat pourrait s'expliquer par l'importante quantité de pluie enregistré au cours de cette saison de culture.. La pluie réduit généralement la rémanence des pesticides de contact. Cela est particulièrement fréquent pour les pesticides à base de cyperméthrine considérés comme toxiques (Deparis, 2001), mais facilement lessivés par de fortes pluies (Vallat *et al.*, 2005; Rose *et al.*, 2006). Dans ces conditions, les feuilles et les fleurs de plusieurs plantes ont été détruites par les insectes ravageurs. Ce résultat est proche de celui de Sapkota *et al.* (2010) sur cette même espèce. En effet, ces auteurs ont montré la baisse de la production des plantes de *C. lanatus* quand les feuilles et les fleurs sont endommagées par les insectes.

Par ailleurs, la quantité et la distribution des pluies signalées au cours de cette seconde saison auraient également entraîné la chute d'un nombre élevé de fleurs femelles. Une telle observation avaient été effectuée sur la pastèque (Wang *et al.*, 2004) et le concombre (Bacci *et al.*, 2006).

L'analyse de l'interaction entre la saison de culture et la fréquence d'applications de l'insecticide a indiqué que les meilleures du rendement et ses composantes proviennent des parcelles pulvérisées deux fois pendant la première saison de culture. En effet, les parcelles pulvérisées deux fois indiqueraient une protection suffisante des deux stades phénologiques sensibles des plantes de la forme oléagineuse de *C. lanatus* aux attaques des insectes. Ce résultat est en accord avec ceux obtenus par Edelson *et al.* (2003). Ces auteurs recommandent

la pulvérisation des plantes de la forme sucrée de *C. lanatus* pendant les stades phénologiques sensibles (plantules et tiges) afin d'augmenter la production de cette espèce. De plus, la quantité de pluies tombée (327 mm) au cours de la première saison de culture a été suffisante pour réaliser un meilleur développement des plantes (Nerson, 2007; Munisse *et al.*, 2011). Dans ces conditions, la rémanence de l'insecticide utilisé (cypercal EC 50) n'a pas été affecté par la pluie (Deparis, 2001). Cela a contribué largement à la protection des plantes pendant la première saison de culture.

### **Conclusion partielle**

Dans les systèmes traditionnels, la gestion des insectes a toujours été au cœur des préoccupations des agriculteurs. Les insectes constituent une cause de la baisse du rendement des cultures. Cette perte de production peut être totale pour certaines cultures telles que les Cucurbitaceae. Par conséquent, la réussite de tout programme d'amélioration relatif aux plantes de cette famille doit nécessairement intégrer les stratégies de lutte contre les insectes afin de permettre aux paysans d'obtenir un minimum de production. La conduite de la lutte contre les insectes devrait tenir compte de la situation socio-économique des producteurs et de la biologie de la plante. A cet effet, la présente étude réalisée en milieu paysan visait la détermination de la fréquence d'application d'un insecticide de contact (cypercal EC 50), pour garantir la production de la forme oléagineuse *C. lanatus*. Il ressort de cette étude que la protection de la phase végétative des plantes contre les insectes ravageurs est déterminante pour la réalisation du rendement. A la première saison de culture, deux pulvérisations à l'émergence des plantules et au rampement des plantes sont nécessaires pour assurer la production de *C. lanatus*. Toutefois, si la pluviométrie est abondante, une troisième pulvérisation s'avère utile et doit être appliquée à la floraison mâle.

L'étude des trois facteurs de production, notamment la date de semis, le désherbage et le contrôle des insectes ravageurs, pris séparément, ont permis d'améliorer la production de la forme oléagineuse *C. lanatus*. Cependant, il faut signaler que pour qu'un facteur considéré contribue effectivement à la production de cette espèce, les deux autres doivent être obligatoirement fixés ou maîtrisés. Cela suggère une interdépendance entre ces facteurs. En effet, dans les agrosystèmes, les dates de semis, les mauvaises herbes et les insectes ravageurs influencent simultanément la production des cultures. Aussi, dans la littérature ils sont très souvent cités comme étant à la base de l'innovation des systèmes de cultures traditionnels de plusieurs plantes cultivées (Boiffin *et al.*, 2000; Zhang *et al.*, 2012). Les données acquises au cours des trois expérimentations antérieures devraient donc contribuer à mieux produire la

forme oléagineuse de *C. lanatus* et constituer, ainsi, une innovation du système de production actuel de cette plante dans la région de la Marahoué. Pour vérifier cette hypothèse, un essai comparatif, prenant en compte les résultats des trois travaux antérieurs, a été conduit en champ paysan. Cet essai visant la validation de l'itinéraire technique amélioré de production de la forme oléagineuse de *C. lanatus* va faire l'objet du prochain chapitre.

## Essai de validation d'un itinéraire technique amélioré de production de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*

---

La réduction de la pauvreté en milieu paysan passe, nécessairement, par l'amélioration du système de production des cultures (Braun & Webb, 1989; Tiarniyu *et al.*, 2009). Dans la région de la Marahoué, la production de la forme oléagineuse de *C. lanatus* reste encore très faible, à cause de son système de production rudimentaire. Le perfectionnement de ce système, par l'amélioration des facteurs de production, s'avère indispensable pour augmenter la production de cette culture (Adesina & Baidu-Forson, 1995; Abdoulaye & Sanders, 2006). Une telle approche avait déjà été expérimentée au Zambie sur le maïs et a permis d'augmenter le rendement de cette culture de 60 % (Kabamba & Kankolongo, 2009). La vulgarisation de tels systèmes améliorés, auprès des utilisateurs finaux que sont les producteurs ruraux, requiert, au préalable, des essais de validation. Dans le présent chapitre, nous rapportons les résultats d'une étude comparative de production de la forme oléagineuse de *C. lanatus*, suivant les pratiques paysannes et un itinéraire technique résultant de la combinaison des facteurs de production mis au point antérieurement.

### 8.1. Matériel et méthodes

#### 8.1.1. Matériel végétal

Les graines moyennes de la forme oléagineuse de *C. lanatus* fourni par trois productrices du village de Manfla a été utilisé pour la réalisation des différentes expérimentations.

#### 8.1.2. Méthodes

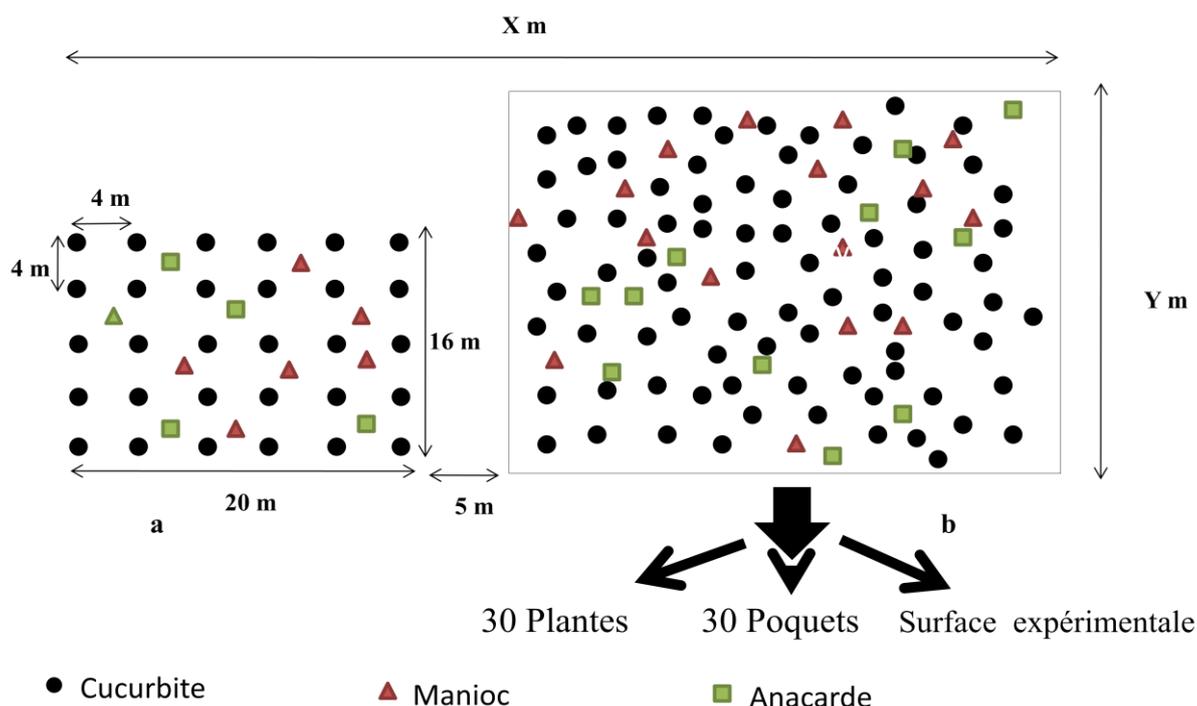
##### 8.1.2.1. Dispositif expérimental et conduites culturelles

Les expérimentations ont eu lieu en 2008, pendant la deuxième saison de culture. Cette période correspond à la mise en place des champs de la forme oléagineuse de *C. lanatus* par les productrices dans la zone d'étude. La première saison de culture est souvent réservée à la culture de l'arachide. Une parcelle test de 320 m<sup>2</sup> (16 sur 20 m) a été installée à proximité (5 m) des champs (parcelles témoins) de trois productrices sélectionnées dans le village sur la base de leur longue expérience dans la culture de cette plante (**Figure 21 a**). Sur chacune des

trois parcelles tests, 30 points de semis ont été réalisés avec une seule plante par poquet. Cependant, il convient de signaler que les parcelles tests tout comme les parcelles témoins, abritaient déjà les cultures comme que le manioc et l'anacarde. En effet, ces deux cultures constituent une source de revenus importante pour les paysans de la région de la Marahoué et particulièrement ceux de Manfla. Les productrices ne cultivent pas, à priori, suivant un dispositif expérimental. La distance entre les lignes et entre les points de semis varie d'une productrice à une autre. Cette distance est généralement inférieure à 2 m. De plus sur sur leurs parcelles trois à six graines sont semées dans les poquets selon les productrices. Aucun démariage n'a été réalisé après semis sur les trois parcelles témoins. Dans ces conditions, pour faciliter la prise des mesures, trois parcelles ont été delimitées en considérant 30 poquets, 30 plantes et une superficie similaire à celle des parcelles d'essai, c'est-à-dire 320 m<sup>2</sup> dans les champs paysans (**Figure 21 b**).

Sur la base des résultats acquis avec les trois expérimentations antérieures, les semis ont été réalisés sur les trois parcelles tests à la même date le 1<sup>er</sup> août. Par la suite, les parcelles ont été désherbées trois fois (quand la moitié des plantes ont rampé, quand la moitié des plantes ont porté des fleurs mâles et quand la moitié des plantes ont porté des fleurs femelles) et pulvérisées trois fois avec le cypercal 50 (quand la moitié des plantules ont émergé, quand la moitié des plantes ont rampé et quand la moitié des plantes ont porté des fleurs mâles).

La conduite culturale des trois productrices ne diffère pas fondamentalement d'une femme à l'autre. En effet, elles ont effectué leur semis les 13, 17 et 20 juillet respectivement. Une seule pulvérisation a été également notée sur les trois parcelles témoins au stade plantule. Le désherbage du champ de la première productrice a lieu une seule fois et en début de l'apparition des fleurs mâles des plantes. Concernant les deux autres femmes, elles ont désherbé deux fois leur champ, en début de la floraison mâle et à la maturité des fruits. Aucun fertilisant n'a été utilisé aussi bien sur les parcelles tests que les parcelles témoins.



**Figure 21.** Dispositif expérimental relatif à la validation de l’itinéraire technique en milieu paysan. a : Parcelle test ; b : Parcelle témoin

### 8.1.2.2. Mesures des paramètres agronomiques

La mesure des paramètres agronomiques sur les parcelles tests a été réalisée comme dans le chapitre 4. Par contre, sur les trois parcelles témoins, les mesures ont été faites en tenant compte des plantes, des poquets et de la surface.

**En fonction des plantes :** Les sept variables ont été mesurées sur 30 plantes, sur chacune des trois parcelles témoins selon la méthodologie utilisée dans le chapitre 4.

**En fonction des poquets :** Une surface comportant un total de 30 poquets a été délimitée sur les trois parcelles témoins. Sur les sept paramètres, cinq ont été mesurés selon la méthodologie utilisée dans le chapitre 4. Les deux autres variables ont été mesurés de la manière suivante :

- **Longueur de la plante (LoPl) :** La mesure a porté sur la plante ayant la tige la plus longue du poquet.

- **Nombre de fruits par plante (NFrP) :** C’est le nombre total de fruits de toutes les plantes vivantes d’un poquet.

**En fonction de la surface :** Sur chacune des trois parcelles témoins, une surface égale à celle de la parcelle test a été délimitée pendant la récolte. La mesure des paramètres a lieu

seulement à la récolte et a porté sur le nombre total de fruits et la masse totale des graines, qui sont deux variables ayant une importance économique pour les productrices.

**- Nombre total de fruits (NFrP)**

Le nombre total de fruits a été déterminé en structurant la parcelle témoin en transects et puis en subdivisant ceux-ci en quadrats où les fruits ont été dénombrés. Ensuite, la somme des fruits issus des différents quadrats a été réalisée.

**- Masse totale des graines (PoGr)**

La masse totale des graines a été déterminée en pesant l'ensemble des graines obtenues sur la parcelle témoin à l'aide d'une balance romaine après le séchage.

### **8.1.2.3. Analyse statistiques**

L'analyse multivariée de la variance (MANOVA) a été utilisée en vue d'étudier l'effet du facteur de la méthode de culture. Si ce test est significatif, alors une analyse de la variance à un facteur (ANOVA1) est effectuée pour chacune des sept variables afin d'identifier celui ou ceux qui contribuent à l'effet de la méthode de culture. La signification du test est déterminée en comparant la probabilité ( $P$ ) associée à la statistique  $F$  de Fischer-Snedecor au seuil  $\alpha = 0,05$ . Lorsqu'une différence est observée entre les différentes méthodes de culture utilisées pour un paramètre donné, des comparaisons multiples des moyennes ont été effectuées en utilisant le test de la plus petite différence significative (*ppds*). Cette analyse permet de ressortir la méthode de culture qui donne les meilleurs caractères agronomiques testés. Tous les tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel SAS (SAS, 1999).

## **8.2. Résultats**

### **8.2.1. Détermination de la significativité de la méthode de culture sur le rendement et ses composantes**

Le résultat du test de la MANOVA consigné dans le **tableau 24** indique que le facteur méthode de culture *C. lanatus* présente un effet hautement significatif sur les sept variables agronomiques testées ( $P < 0,001$ ). En 'autre terme, la méthode de culture de cucurbita peut conditionner la production de cette cucurbita.

**Tableau 24.** Résultats de la MANOVA analysant l'effet de la méthode de culture sur sept paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*

Facteur	Statistiques	
	F	P
Méthode culture	34,916	<0,001

### 8.2.2. Comparaison de la production des parcelles tests et témoins en fonction de la surface

Pour une même surface exploitée, l'analyse des données a montré une différence significative entre les parcelles tests et les parcelles témoins pour deux des trois paramètres testés (**Tableau 25, Figure 22**). En effet, les valeurs les plus élevées du rendement et du poids des fruits ont été obtenues sur les parcelles tests. Par contre, le nombre de fruits a été statistiquement identique quelque soit la méthode de culture considérée. On retient que la méthode culture utilisée sur la parcelle test est rentable que utilisée par les producteurs.

**Tableau 25.** Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* en fonction de la surface délimitée

Variables	Moyennes		Statistiques	
	Parcelle test	Témoin	F	P
Rdt (t/ha)	0,32±0,02 <sup>a</sup>	0,16±0,05 <sup>b</sup>	22,18	0,042
PoGr (Kg)	13,49±0,98 <sup>a</sup>	5,68±2,32 <sup>b</sup>	19,30	0,048
NFrP	433,00±56,57 <sup>a</sup>	387,50±50,21 <sup>a</sup>	0,72	0,485

Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres sur la ligne sont statistiquement égales selon le test de la comparaison multiple de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Rdt : Rendement (t/ha), PoGr : Poids total des graines issu des champs, NFrP : Nombre total de fruits issu des champs ;  $\pm$  : écart-type.



**Figure 22.** Tas de baies et graines de *Citrullus lanatus* des parcelles tests et témoins.  
a et c : parcelle test, b et d : parcelle témoin (Catherine)

### 8.2.3. Comparaison de la production des parcelles tests et témoins récoltées en fonction des poquets

Le **tableau 26** et la **figure 23** montrent la production *C. lanatus* suivant les deux approches de culture en fonction des poquets. Les résultats obtenus révèlent une différence très significative entre les deux méthodes de culture pour le rendement et ses composantes. Les meilleures valeurs des sept caractères ont été observées uniquement sur les parcelles tests. En somme, les producteurs pour espérer une bonne production de cette cucurbitée devront faire le démarrage de cette cucurbitée dans les poquets.

**Tableau 26.** Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* en fonction des poquets

Variables	Moyennes		Statistiques	
	Test	Témoin	F	P
Rdt (t/ha)	0,32±0,02 <sup>a</sup>	0,06±0,04 <sup>b</sup>	70,98	0,014
Lopl (m)	4,86±1,19 <sup>a</sup>	2,61±0,99 <sup>b</sup>	262,79	<0,001
NFrP	10,60±5,30 <sup>a</sup>	1,86±1,04 <sup>b</sup>	440,97	<0,001
PoFr	1221,28±467,60 <sup>a</sup>	725,77±367,15 <sup>b</sup>	311,28	<0,001
NGFr	507,86±299,84 <sup>a</sup>	254,19±190,94 <sup>b</sup>	211,76	<0,001
PoGr	28,73±16,67 <sup>a</sup>	15,64±10,34 <sup>b</sup>	183,68	<0,001
P100	5,72±0,97 <sup>a</sup>	5,53±0,88 <sup>b</sup>	9,78	0,002

Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres sur la ligne sont statistiquement égales selon le test de la comparaison multiple de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Rdt : Rendement (t/ha), Lopl : Longueur de la plante (m), NFrP : Nombre de fruits par plante, PoFr : Poids du fruit (g), NGFr : Nombre de graines par fruit, PoGr : Poids de graines par fruit (g), P100 : Poids de cent graines (g) ; ± : écart-type.

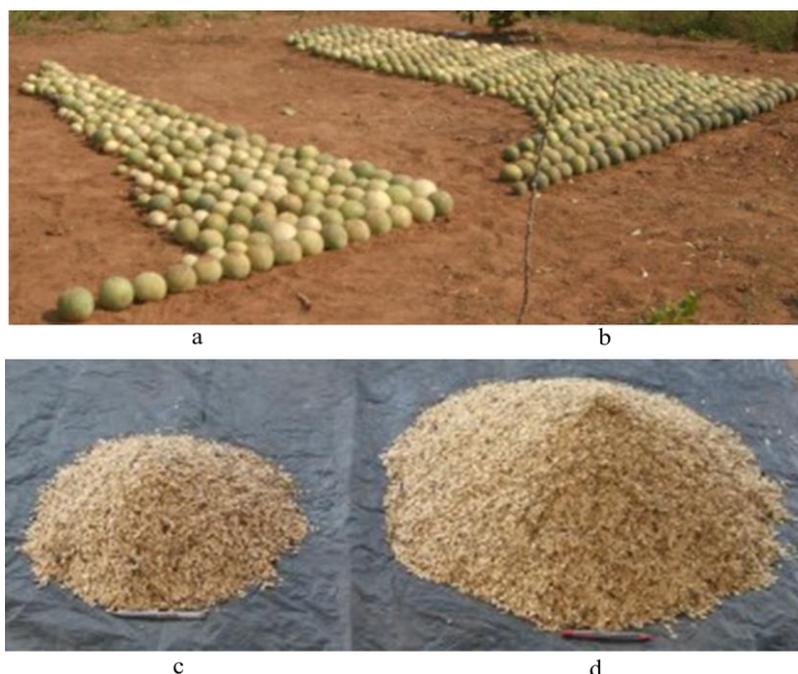


Figure 23. Tas de baies et graines de *Citrullus lanatus* des parcelles tests et témoins.  
a et c : parcelle témoin (Catherine), b et d : parcelle test

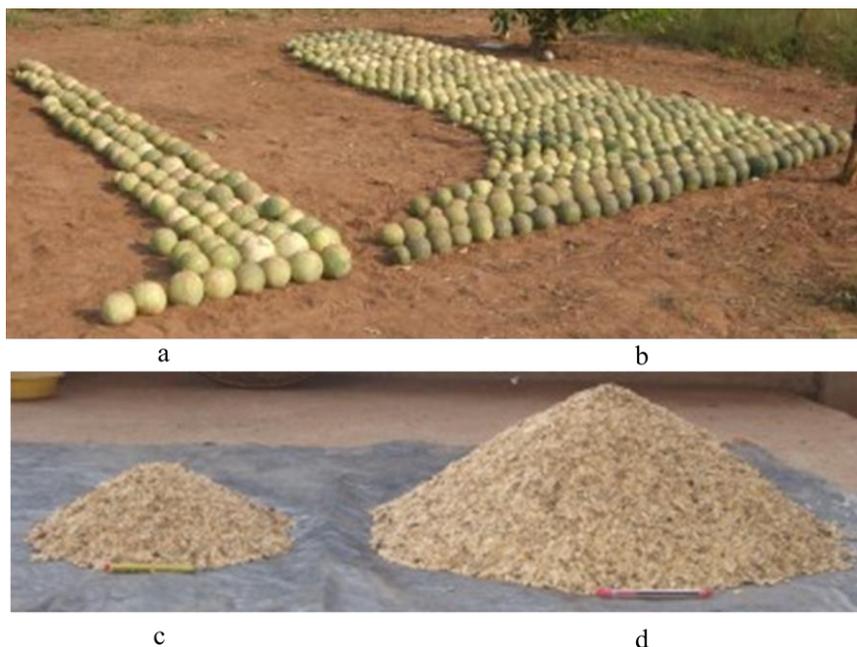
#### 8.2.4. Comparaison de la production des parcelles tests et témoins récoltées en fonction des plantes

L'analyse de la variance montre que la méthode de culture a une influence significative ( $P < 0,001$ ) sur les sept variables testées (**Tableau 27, Figure 24**). Le rendement ( $0,32 \pm 0,02$  t/ha), la longueur des plantes, le nombre de fruits, le poids des fruits, le nombre de graines, le poids des graines et le poids de 100 graines ont des valeurs élevées sur les parcelles tests. On retient que les producteurs pour obtenir une bonne récolte c'est-à-dire beaucoup de fruits et graines doivent s'approprier de la méthode appliquée sur la parcelle test.

**Tableau 27.** Moyennes valeurs des caractères agronomiques mesurés sur les plantes de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* en fonction du nombre de plantes

Variables	Moyennes		Statistiques	
	Parcelle tests	Témoin	F	P
Rdt (t/ha)	$0,32 \pm 0,02^a$	$0,04 \pm 0,03^b$	150,20	0,007
Lopl (m)	$4,86 \pm 1,19^a$	$2,71 \pm 0,85^b$	169,52	<0,001
NFrP	$10,60 \pm 5,30^a$	$2,39 \pm 1,32^b$	171,01	<0,001
PoFr	$1221,28 \pm 467,60^a$	$825,086 \pm 350,06^b$	119,99	<0,001
NGFr	$507,86 \pm 299,84^a$	$297,29 \pm 198,73^b$	84,26	<0,001
PoGr	$28,73 \pm 16,67^a$	$18,29 \pm 10,83^b$	67,33	<0,001
P100	$5,72 \pm 0,97^a$	$5,56 \pm 0,91^b$	4,36	0,037

Pour chaque variable, les valeurs portant les mêmes lettres sur la ligne sont statistiquement égales selon le test de la comparaison multiple de Duncan ( $P \leq 0,05$ ). Rdt : Rendement (t/ha), Lopl : Longueur de la plante (m), NFrP : Nombre de fruits par plante, PoFr : Poids du fruit (g), NGFr : Nombre de graines par fruit, PoGr : Poids de graines par fruit (g), P100 : Poids de cent graines (g),  $\pm$  : écart-type.



**Figure 24.** Tas de baies et graines de *Citrullus lanatus* des parcelles tests et témoins.  
a et c : parcelle témoin (Catherine), b et d : parcelle test

### 8.3. Discussion

L'amélioration des systèmes de culture traditionnelle est nécessaire pour accroître la production des cultures en milieu paysan (Boiffin *et al.*, 2000; Lepoivre, 2001). Ainsi, l'influence du système de culture sur le rendement et les composantes du rendement de la forme oléagineuse de *C. lanatus* a été étudiée au cours de cette expérimentation. Les valeurs les plus élevées de ces paramètres agronomiques ont été enregistrées sur les parcelles tests. Ce résultat pourrait être attribué au nombre élevé de fruits et de graines obtenus sur ces parcelles. En effet, quand les valeurs de ces paramètres sont élevées, le rendement en graines est également élevé (Svecnjak *et al.*, 2006). Ces variables sont également désignées comme les composantes majeures dont dépend le rendement des Cucurbitaceae (Nerson, 2007).

Un autre facteur qui pourrait expliquer, éventuellement, la différence de rendement entre les deux systèmes de culture est la démarche expérimentale, notamment la densité de semis, le désherbage et l'application de l'insecticide cypercal EC 50.

Sur les parcelles des productrices, la distance entre les points de semis est généralement inférieure à 2 m, avec trois à six graines par poquet. Cela suggère que les semis sont réalisés en forte densité. Une telle densité provoque une forte compétition entre les plantes (compétition intra-spécifique) pour les ressources du milieu disponibles (Biot, 1972; Duthie *et al.*, 1999). En conséquence, il en résulte la chute du poids des fruits et le poids des

graines. Dans ces conditions, cette approche culturale a contribué à la baisse du rendement des plantes sur les parcelles des productrices.

Le désherbage est intervenu sur la parcelle des productrices en début de l'apparition des fleurs mâles sur les plantes. Ce résultat indique clairement que la phase végétative des plantes de la cucurbita a été enherbée sur les parcelles témoins. L'enherbement des plantes encore très fragiles et peu compétitives a entraîné une forte compétition des adventices pour l'utilisation de l'espace, de la lumière et des éléments minéraux, ce qui aurait conduit à la baisse de la production de la culture d'intérêt. Ces résultats sont similaires à ceux de Ponce et Santini (2004). Ces auteurs ont montré que l'enherbement précoce affecte aussi bien la phase végétative que la phase reproductive des plantes, ce qui aboutit à des réductions significatives de la capacité productive des plantes. De plus, Monks et Schultheis (1998) ont montré la sensibilité des Cucurbitaceae à la compétition avec les mauvaises herbes. Selon ces auteurs, le *Digitaria sanguinalis* (Poaceae) provoque une baisse de 90 % du rendement de la forme oléagineuse de *C. lanatus* seulement avec une densité de 250 plantes par m<sup>2</sup>. Sur les parcelles tests, les désherbages ont été réalisés très tôt, lorsque la moitié des plantes ont rampé c'est-à-dire le 26<sup>ième</sup> jour après le semis. Ensuite, deux autres désherbages ont suivi respectivement lorsque la moitié des plantes ont porté des fleurs mâles et lorsque la moitié des plantes ont porté des fleurs femelles. L'intervention précoce et précise, pendant les trois stades phénologiques déterminantes des plantes sur ces parcelles a été nécessaire pour assurer une bonne production de la cucurbita. Des résultats similaires ont été obtenus par El-Naim *et al.* (2012) sur la roselle. En effet, ces auteurs ont montré une augmentation de 91,27 % (1,13 t/ha) du rendement de cette plante lorsque les parcelles ont été désherbées trois fois respectivement 15, 30 et 45 jours après semis.

Un seul stade phénologique, c'est-à-dire, l'émergence des plantules a été pulvérisée par ces trois femmes. Une telle protection est partielle et insuffisante. En effet, selon Edelson *et al.* (2003), la protection des plantes de cette espèce contre les insectes doit être assurée du stade plantule jusqu'à la floraison. L'absence de pulvérisation d'insecticide pendant l'émergence des tiges et à la floraison aurait provoqué la destruction de plusieurs feuilles et fleurs. Les travaux de Fomekong *et al.* (2008) et Sapkota *et al.* (2010) ont montré que les fleurs sont les plus attaquées par les insectes ravageurs chez les Cucurbitaceae. Dans ces conditions, très peu de fleurs ont été pollinisées, expliquant ainsi le faible nombre de fruits sur les parcelles des productrices. De plus, il serait également possible que plusieurs feuilles aient été dévorées ou trouées par les insectes occasionnant, ainsi, un ralentissement de la croissance des plantes attaquées suite aux perturbations de leur activité photosynthétique. En effet, les

travaux de Butt *et al.*(1993) ont montré une baisse de la production de *Pennisetum purpureum* (Schumach.) (Poaceae) avec l'augmentation de la défoliation des feuilles.

### **Conclusion partielle**

L'agriculture traditionnelle est caractérisée par l'utilisation de très peu d'intrants. Une telle pratique engendre une baisse de la production des cultures en milieu paysan. Il apparaît alors, important d'innover cette agriculture. Des travaux de recherches menés dans le village de Manfla visent l'amélioration du système de culture de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Cette investigation nous a permis de montrer l'importance de la maîtrise du calendrier de semis, de la fréquence de désherbage et de la fréquence d'applications d'insecticide pour relever le niveau de la production de cette espèce. En d'autres termes, l'itinéraire technique appliqué sur les parcelles tests a été plus performant que les pratiques traditionnellement adoptées. Ce résultat suggère la nécessité de réaliser les semis autour du 1<sup>er</sup> août au cours de la seconde saison culturale. Pendant cette période, trois désherbages et trois pulvérisations de l'insecticide cypercal EC 50 suffiront pour améliorer la production de la forme oléagineuse de *C. lanatus*.

---

## **Conclusion générale et perspectives**

---

## Conclusion générale

Cette étude est inscrite dans un vaste programme visant l'amélioration des revenus des familles rurales de la Côte d'Ivoire, à travers la valorisation des cultures locales. Spécifiquement, il s'est agi d'améliorer les systèmes de culture traditionnelle des Cucurbitaceae à graines consommées, notamment la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus*, par la mise au point d'un itinéraire phytotechnique amélioré pour une agriculture durable et plus productive. A cet effet, des investigations ont été entreprises à Manfla (Gohitafla, Côte d'Ivoire), zone de production de cette espèce. En clair, il s'est agi de déterminer un calendrier de semis, une fréquence de désherbage et une fréquence d'applications d'insecticide à même d'accroître le rendement et les composantes du rendement de cette espèce. Ainsi, sur la base des résultats des trois expérimentations antérieures une itinéraire technique a été mise en place et a été comparée à celle pratiquée traditionnellement par les productrices. L'acquisition de ces données a permis d'orienter les paysans pour garantir une meilleure production de la cucurbite oléagineuse.

L'étude du calendrier de semis a montré que lorsque les semis sont faits pendant la grande saison de pluie de la première saison de culture, il en résulte une meilleure production de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. A la deuxième saison de culture, pour obtenir une production économiquement acceptable, les semis doivent être effectués pendant la petite saison de pluie.

L'analyse de l'influence de la fréquence de désherbage a montré que la limitation de l'opération de désherbage aux stades végétatifs, précisément quand la moitié des plantes rampent et quand la moitié des plantes portent des fleurs mâles est nécessaire et suffisante pour accroître le rendement de la culture. Les essais relatifs à l'enherbement de la phase reproductive de cette cucurbite confirment bien ce résultat. En d'autres termes, les mauvaises herbes n'influencent pas la production pendant la phase reproductive. Toutefois, si la pluviométrie est abondante à la seconde saison de culture, il faudra effectuer un troisième quand la moitié des plantes portant des fleurs femelles. Le désherbage régulier n'est donc pas indispensable pour assurer un bon rendement de cette culture.

La troisième partie du travail a été consacrée à l'effet de la fréquence d'applications d'insecticide sur le rendement et ses composantes. Il ressort de cette étude que deux pulvérisations d'un insecticide à base de cyperméthrine (cypercal EC 50), quand la moitié des plantules émergent et quand la moitié des plantes rampent sont suffisantes à la première saison de culture pour assurer la production de cette cucurbite oléagineuse. Une troisième

pulvérisation pourrait être nécessaire à la seconde saison quand la moitié des plantes portent des fleurs mâles en cas de pluviométrie abondante. Aussi, *Asbecesta cyanipennis*, *Liliocercis livida*, *Aulacophora foveicollis*, *Agelastica alni* et *Henosepilachna elaterii* ont été identifiés comme les principaux insectes ravageurs de cette culture.

La dernière partie de la présente étude a été consacrée à l'évaluation de l'itinéraire technique amélioré mis au point par rapport à celui des productrices. Cette étude a révélé qu'il faut abandonner les vieilles pratiques culturales et s'approprier de « l'itinéraire technique amélioré » plus performante que celle des productrices. En effet, les rendements obtenus selon cette approche de production sont 66,67-88,89 % plus élevés que ceux des productrices rurales.

Sur la base des résultats obtenus, il s'avère nécessaire de faire quelques recommandations aux productrices afin d'accroître le rendement des cucurbites oléagineuses dans la région de la Marahoué.

### **Recommandations**

Dans la zone d'étude, les semis de la forme oléagineuse de *C. lanatus* sont faits à la seconde saison de culture. Dans ces conditions, pour augmenter la production, elles devront faire les semis au tout début du mois d'août. En effet, cette période correspond au début de la petite saison de pluie dans la région. Après les semis, elles devront limiter le désherbage des parcelles à la phase végétative des plantes en faisant seulement deux désherbages aux stades rampement des tiges et apparition des fleurs mâles. A ces deux stades phénologiques, le couvert végétal des plantes est encore moins dense. Aussi, les productrices pourront pulvériser leurs parcelles deux fois, au stade végétatif, précisément aux stades plantule et rampement des tiges.

L'Agence Nationale d'Appui au Développement Rural (ANADER) devrait inscrire dans son programme, l'utilisation des cucurbites oléagineuses dans les systèmes de production agricole afin de diversifier les sources de revenus des paysans. Toutefois, elle devrait s'appuyer sur les résultats obtenus en champ afin de faciliter la vulgarisation de cette espèce.

Les résultats de la présente étude ouvrent de nouvelles voies de recherche sur les systèmes de production de la forme oléagineuse de *C. lanatus*.

## Perspectives

Le calendrier de semis, la fréquence de désherbage et la fréquence d'applications d'insecticide ont fortement contribué à augmenter le rendement de la forme oléagineuse de *C. lanatus* dans la région de la Marahoué. Cependant, ce rendement reste encore faible comparativement à celui de cette espèce dans d'autres pays producteurs (Benin, Nigéria et Mozambique). La différence de rendement observée serait liée aux maladies fongiques. Ainsi, la mise en place d'une étude relative à l'application de fongicides sur les parcelles de cette cucurbité s'avère indispensable.

L'introduction des produits insecticides en milieu paysan a effectivement contribué à l'augmentation du rendement de l'espèce *C. lanatus*. Cependant, elle est utilisée par très peu de productrices du fait de son coût relativement élevé sur le marché. Ainsi, la recherche d'une stratégie alternative à effet similaire aux insecticides comme les biopesticides constitue une voie à explorer.

L'étude du calendrier de semis a clairement en mis évidence l'importance de l'eau pour accroître la production de la forme oléagineuse de *C. lanatus*. Ainsi, pour prévenir la perte de rendement liée au déficit hydrique, il apparaît nécessaire de déterminer les stades phénologiques très sensibles au manque de l'eau. Une telle étude se fera à travers l'irrigation des plantes. Toujours, sur la base de ces résultats obtenus les futurs travaux devraient s'orienter vers des gènes résistants à sécheresse.

Des études en vue de déterminer les caractéristiques compétitives pourraient également aider les améliorateurs de cette cucurbité à créer de nouvelles variétés et ainsi permettre aux producteurs le choix de celles qui s'adaptent mieux à leur environnement. Dans ce contexte, des travaux plus poussés sur l'identification des gènes responsables du phénomène de l'allélopathie déjà mise en évidence chez cette espèce (Hao *et al.*, 2007) pourraient être utiles.

Des études multilocales pourraient être entreprises pour confirmer ou infirmer les résultats obtenus dans la localité de Manfla en vue de leur vulgarisation à grande échelle.

Enfin, il faudra faire des études du flux des pistaches sur les différents marchés aussi bien urbain que ruraux.

---

## **Références bibliographiques**

---

- Abdel-Rahman MSS, El-Dkeshy MHZ & Attallah SY (2012).** Plant spacing with seed chilling or plant girdling affect of Pumpkin (*C. moschata*) growth and yield components. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* **8** (1): 6-10.
- Abdoulaye T & Sanders JH (2006).** New technologies, marketing strategies and public policy for traditional food crops: Millet in Niger. *Agricultural Systems* **90**: 272-292.
- Achigan-Dako GE, Fagbemissi R, Avohou HT, Vodouhe RS, Coulibaly O & Ahanchede A (2008).** Importance and practices of Egusi crops (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai, *Cucumeropsis mannii* Naudin and *Lagenaria siceraria* (Molina.) Standl. cv. (‘ Aklamkpa ’) in sociolinguistic areas in Benin. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environnement* **12** (4): 393-403.
- Achigan-Dako GE, Fanou N, Kouke A, Avohou H, Vodouhe RS & Ahanchede A (2006).** Evaluation agronomique de trois espèces de egussi (Cucurbitaceae) utilisées dans l'alimentation au Benin et élaboration d'un modèle de prédiction du rendement. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environnement* **10**: 121-129.
- Achu MB, Fokou E, Tchigang C, Fotso M & Tchouanguép FM (2005).** Nutritive value of some Cucurbitaceae oilseeds from different regions in Cameroon. *African Journal of Biotechnology* **4**: 1329-1334.
- Adeleye EO, Ayeni L & Ojeniyi SO (2010).** Effect of poultry manure on soil physico-chemical properties, leaf nutrient contents and yield of yam (*Dioscorea rotundata*) on alfisol in Southwestern Nigeria. *Journal of American Science* **6** (10): 871-878.
- Adenawoola AR, Aladesanwa RD & Adenowuro TD (2005).** Effects of frequency of weeding on the growth and yield of long-fruited jute (*Corchorus olitorius*) in a rain forest area of southwerstern Nigeria. *Crop Protection* **24**: 407-411.
- Adepke DJ, Shebayana JAY, Chiezeya UF & Mikob S (2007).** Yield responses of garlic (*Allium sativum* L.) to oxadiazon, date of planting and intra-row spacing under irrigation at Kadawa, Nigeria. *Crop Protection* **26**: 1785-1789.
- Adesina AA & Baidu-Forson J (1995).** Farmers' perceptions and adoption of new agricultural technology: evidence from analysis in Burkina Faso and Guinea, West Africa. *Agricultural Economics* **13**: 1-9.
- Adigun JA (2005).** Critical period of weed interference in rainfed and irrigated tomatoes in the Nigeria savanna. *Agriculturatropical et Subtropical* **38** (2): 73-80.

- Adipala E, Ocaya CP & Osiru DSO (2002).** Effect of time of planting cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) on growth and yield of cowpea. *Tropicultura* **2** (20): 49-47.
- Adjoumani A, Kouonon LC, Akaffou DS & Dje Y (2012).** Diversité variétale chez l'espèce cultivée *Citrullus lanatus* (Matsumara et Nakai.) et opportunité d'amélioration génétique des cultivars. *European Journal of Scientific Research* **67** (4): 564-579.
- Adkins JI, Stall WM, Santos BM, Olson SM & Ferrell JA (2010).** Critical period of interference between american black nightshade and triploid watermelon. *Weed Technology* **24** (3): 400-410.
- Agbaje GO & Akinlosotu TA (2004).** Influence of NPK fertilizer on tuber yield of early and late-planted cassava in a forest alfisol of south-western Nigeria. *African Journal of Biotechnology* **3** (10): 547-551.
- Agbaje GO, Saka JO, Adegbite AA & Adeyeye OO (2008).** Influence of agronomic practices on yield and profitability in kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) fibre cultivation. *African Journal of Biotechnology* **7** (5): 565-574.
- Agbola T & Ojeleye D (2007).** Climate change and food crop production in Ibadan, Nigeria. *African Crop Science Conference Proceedings* **8**: 1423-1433.
- Aguyoh JN, Audi W, Saidi M & Gao QL (2004).** Growth, yield and quality response of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf. & Nakai.) cv crimson sweet) subjected to different levels of tithinia manure. *International Journal of Science and Nature* **1** (1): 7-11.
- Ahmad S, Yasmin S, Hashmi NI & Qayyum A (1988).** Influence of seed size and seeding depth on performance of tall and semidwarf wheats under limited soil moisture. *Pakistan Journal of Agricultural Research* **9** (3): 300-304.
- Ailstock MS, Shafer DJ & Magoun AD (2010).** Effects of planting depth, sediment grain size, and nutrients on ruppia maritima and potamogeton perfoliatus seedling emergence and growth. *Restoration Ecology* **18** (4): 574-583.
- Ajeigbe HA & Singh BB (2006).** Integrated pest management in cowpea: effect of time and frequency of insecticide application on productivity. *Crop Protection* **25**: 920-925.
- Akintoye HA, Adebayo AG & Aina OO (2011).** Growth and yield response of Okra intercropped with live mulches. *Asian Journal of Agricultural Research* **5** (2): 146-153.

- Akoègninou A, Van der Burg WJ & Van der maesen LJG (2006).** *Flore analytique du Benin*. Wageningen, Netherlands: Backhuys; 1034 pages.
- Al-Harbi AR, Alsadon AA & Khalil SO (1997).** Influence of planting date upon growth and objective component of two carrot cultivars grown in riyadh region of saudi Arabia. *Agricultural Science* **9**: 257-266.
- Al-Moshileh AM (2007).** Effects of planting date and irrigation water level on onion (*Allium cepa* L.) production under central saudi arabian conditions. *Scientific Journal of King Faisal University* **8** (1): 75-85.
- Alabi BS, Ayeni AO, Agboola AA & Majek BA (2004).** Manual control of thorny mimosa (*Mimosa invisa*) in cassava (*Manihot esculenta*). *Weed Technology* **18** (1): 77-82.
- Alam SMN, Salim M, Islam N & Rahman MM (2007).** Effect of sowing date and time of harvesting on the yield and yield contributing characters of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed. *International Journal of Sustainable Crop Production* **2** (6): 31-35.
- Alavanja MCR, Samanic C, Dosemec M, Lubin J, Tarone R, Lynch CF, Knott C, Thomas K, Hoppin JA, Barker J, Coble J, Sandler DP & Blair A (2003).** Use of agricultural pesticides and prostate cancer risk in the agricultural health study cohort. *American Journal of Epidemiology* **157** (9): 800-814.
- Alder LS & Hazzard RV (2009).** Comparison of perimeter trap crop varieties: effects on herbivory, pollination, and yield in butternut squash. *Environmental Entomology* **38** (1): 207-215.
- Ali H, Ahmed S, Hassan G, Amin A & Naeem M (2011).** Efficacy of different botanicals against red pumpkin beetle (*Aulacophora foveicollis*) in bitter melon (*Momordica charantia* L.). *Pakistan Journal of Weed Science Research* **17** (1): 65-71.
- Altieri MA, Francis CA, Van Schoonhoven A & Doll JD (1978).** A review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. *Field Crops Research* **1**: 33-49.
- Alves AP, Spencer TA, Tabashnik BE & Siegfried BD (2006).** Inheritance of Resistance to the Cry1Ab *Bacillus thuringiensis* Toxin in *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Economy Entomology* **99** (2): 494-501.
- Ambang Z, Ndongo B, Amayana D, Djilé B, Ngoh JP & Chewachong GM (2009).** Combined effect of host plant resistance and insecticide application on the

- development of cowpea viral diseases. *Australian Journal of Crop Science* **3** (3): 167-172.
- Andrews ES, Theis N & Adler LS (2007)**. Pollinator and herbivore attraction to cucurbita floral volatiles. *Journal of Chemical Ecology* **33**: 1682-1691.
- Appert J & Deuse J (1982)**. *Les ravageurs des vivrières et maraîchères sous les tropiques*. France (Paris): Maisonneuve et Larose; 420 pages.
- Aslam M, Razaq M, Akhter W, Faheem M & Ahmad F (2005)**. Effect of sowing date of wheat on aphid (*Schizaphis graminum rondani*) population. *Pakistan Entomology* **27** (1): 79-82.
- Avit JB, Pédiá PL & Sankaré Y (1999)**. *Diversité biologique de la Côte d'Ivoire*. Abidjan (Côte d'Ivoire): Ministère de l'Environnement et de la Forêt de Côte d'Ivoire; 273 pages.
- Ayodele O & Salami A (2006)**. Physiological response of two variants of egusi melon (*Citrullus lanatus*) to plant population density in a humid environment. *International Journal of Food, Agriculture and Environment* **4** (4): 110-113.
- Ayoola OT & Adeniyán ON (2006)**. Influence of poultry manure and NPK fertilizer on yield and yield components of crops under different cropping systems in south west Nigeria. *African Journal of Biotechnology* **5** (15): 1386-1392.
- Ayotamuno JM, Zuofa K, Ofori SA & Kogbara RB (2007)**. Response of maize and cucumber intercrop to soil moisture control through irrigation and mulching during the dry season in Nigeria. *African Journal of Biotechnology* **6** (5): 509-515.
- Bacci L, Picanço MC, Gonringa AHR, Guedes RNC & Crespo ALB (2006)**. Critical yield components and key loss factors of tropical cucumber crops. *Crop Protection* **25**: 1117-1125.
- Baloch MS, Shah ITH, Nadim MA, Khan MI & Khakwani AA (2010)**. Effect of seeding density and planting time on growth and field attributes of wheat. *The Journal of Animal and Plant Sciences* **20** (4): 239-240.
- Ban D, Žanić K, Dumičić G, Čuljak TG & Ban SG (2009)**. The type of polyethylene mulch impacts vegetative growth, yield, and aphid populations in watermelon production. *Journal of Food, Agriculture and Environment* **7** (3): 543-550.

- Barrientos T & Anciso JR (1996).** Perceptions of integrated pest management practices for cucurbit pests by south texas growers. *Subtropical Plant Science* **48**: 19-21.
- Baudoin JP (2001).** Contribution des ressources phylogénétiques à la sélection variétale de légumineuses alimentaires tropicales. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environnement* **5** (4): 221-230.
- Bekhradi F, Kashi A & Delshad M (2011).** Effect of three cucurbits rootstocks on vegetative and yield of ' charleston gray' watermelon. *International Journal of Plant Production* **5** (2): 105-109.
- Belgacem AO, Neffatia M, Papanastasis VP & Chaie M (2006).** Effects of seed age and seeding depth on growth of *Stipa lagascae*. *Journal of Arid Environments* **65**: 682-687.
- Benzioni A, Mendlinger S, Ventura M & Huyskens S (1991).** Effect of sowing dates, temperatures on germination, flowering, and yield of *Cucumis metuliferus*. *Hortscience* **26** (8): 1051-1053.
- Bhatt MD & Tewari A (2006).** Losses in growth and yield attributes due to weed composition in transplanted paddy in terai region. *Scientific World* **4** (4): 99-101.
- Bhuiyan MS, Mondol MRI, Rahaman MA, Alam MS & Faisal AHMA (2008).** Yield and yield attributes of rapeseed as influenced by date of planting. *International Journal of Sustainable Crop Production* **3** (3): 25-29.
- Birot Y (1972).** Densité de semis effets de compétition et variabilité intraspécifique chez le douglas en pépinière. *Annals of forest Science* **29** (4): 403-426.
- Bisognin DA (2002).** Origin and evolution of cultivated cucurbits. *Ciencia rural* **32** (2): 715-723.
- Blandino M, Reyneri A, Vanara F, Pascale M, Haidukowski M & Saporiti M (2008).** Effect of sowing date and insecticide application against european corn borer (Lepidoptera: Crambidae) on fumonisin contamination in maize kernels. *Crop Protection* **27**: 1432-1436.
- Boiffin J, Malezieux E & Picard D (2000)** Cropping systems for the Future. *In*: Nosberger J, Geiger HH & Struik PC (Eds) *Crop science: progress and prospects*. Germany: CABI Publishing, p 385.

- Bond W & Burston S (1996).** Timing the removal of weeds from drilled salad onions to prevent crop losses. *Crop Protection* **15**: 205-211.
- Bouhssini ME, Mardini K, Malhotraa RS, Joubi A & Kagkac N (2008).** Effect of planting date, varieties and insecticides on chickpea leaf miner (*Liriomyza cicerina* R.) infestation and the parasitoid (*Opius monilicornis* F.). *Crop Protection* **27**: 915-919.
- Boukar LS & Boumard P (2010).** *Savanes africaines en développement: innover pour durer*. Garoua (Cameroun): Cirad, Montpellier (France); 106 pages.
- Braun JV & Webb PJR (1989).** The impact of new crop technology on the agricultural division of labor in a west african setting. *Economic Development and Cultural Change* **37** (3): 513-534.
- Brown PR, Singleton GR, Tann CR & Mock I (2003).** Increasing sowing depth to reduce mouse damage to winter crops. *Crop Protection* **22** (4): 653-660.
- Bruinsma J, Hrabovszky J, Alexandratos N & Petri P (1983).** Crop production and input requirements in developing countries. *European Review of Agricultural Economics* **10** (3): 197-222.
- Buker RS, Stall WM, Olson SM & Schilling DG (2003).** Season-long interference of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) with direct-seeded and transplanted watermelon (*Citrullus lanatus*). *Weed Technology* **17**: 751-754.
- Buriro M, Oad FC, Keerio MI, Tunio S, Gandahi AW, Hassan SWU & Oad SM (2011).** Wheat seed germination under the influence of temperature regimes. *Sarhad Journal of Agriculture* **27** (4): 539-543.
- Butt NM, Donart GB, Southward MG, Pierper RD & Mohammad N (1993).** Effect of defoliation on harvested yield of napier grass. *Pakistan Journal of Agricultural Research* **14** (4): 366-372.
- Capinera JL (2005).** Relationships between insect pests and weeds: an evolutionary perspective. *Weed Science* **53** (6): 892-901.
- Casper BB & Jackson RB (1997).** Plant competition underground. *Annual Reviews Ecology System* **28**: 545-570.

- Cassman KG (1999).** Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **96**: 5952-5959.
- Chigumira NF & Grubben GJH (2004)** *Cucurbita maxima* (Duchesne.) In: Grubben, G.J.H. & Denton, O.A. (Eds). PROTA 2: Vegetables/Légumes. PROTA, Wageningen, Pays Bas. <<http://database.prota.org/search.htm/>>. consulté 15 mars 2010.
- Chikoye D, Manyong VM, Carsky RJ, Ekeleme F, Gbehounou G & Ahanchede A (2002).** Response of spreagrass (*Imperata cylindrica*) to cover crops integrated with hanweeding and chemical control in maize and cassava. *Crop Protection* **21**: 145-156.
- Chinyere CG, Akubugwo EI, Chinenye NI & Ugbogu AE (2009).** Nutritive value of *Lagenaria sphaerica* seed (wild bottle gourds) from South-Eastern Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition* **8** (3): 284-287.
- Chivinge OA (1990).** Weed science technological needs for the communal areas of Zimbabwe. *Zambezia* **17** (2): 133-143.
- Chon SU, Jang HG, Kimd DK, Kimb YM, Boo HO & Kim YJ (2005).** Allelopathic potential in lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants. *Scientia horticultrae* **106**: 309-317.
- Ciuberkis S, Bernotas S, Raudonius S & Felix J (2007).** Effect of weed emergence time and intervals of weed and crop competition on potato yield. *Weed Technology* **21** (3): 612-617.
- Cox A & Van der veen M (2008).** Changing foodways: watermelon (*Citrullus lanatus*) consumption in Roman and Islamic Quseir al-Qadim, Egypt. *Vegetation History Archaeobotany* **18**: 181-189.
- Crawley MJ (1989).** Insect herbivores and plant population dynamics. *Annual Reviews of Entomology* **34**: 531-564.
- Croster MP & Witt WW (2000).** Effect of *Glycine max* canopy characteristics, *G. max* interference, and weed-free period on *Solanum ptycanthum* growth. *Weed Science* **48**: 20-26.
- Dagnelie P (1998).** *Statistique théorique et appliquée (Tome 2)*. Bruxelles (Belgique): De Boeck and Larcier s.a.; 659 pages.

- Damicone JP, Edelson JV, Sherwood JL, Myers LD & Motes JE (2007).** Effects of border crops and intercrops on control of cucurbit virus diseases. *Plant Disease* **91**: 509-516.
- Dane F, Lang P & Bakhtiyarova R (2004).** Comparative analysis of chloroplast DNA variability in wild and cultivated *Citrullus* species. *Theoretical and Applied Genetics* **108**: 958-966.
- Dane F & Lui J (2007).** Diversity and origin of cultivated and citron type watermelon (*Citrullus lanatus*). *Genetic Resources and Crop Evolution* **54**: 1255-1265.
- Dangwal LR, Singh A, Singh T & Sharma C (2010).** Effect of weeds on the yield of wheat crop in tehsil nowshera. *Journal of American Science* **6** (10): 405-407.
- Danielson LL (1944).** Effect of daylength on growth and reproduction of the cucumber. *Plant physiology* **19** (4): 638.
- Darida SA & Hamza M (2005).** The effect of post-emergence weed control on irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Sudan savannah of Nigeria. *Crop Protection* **24**: 842-847.
- Darida SA & Kuchinda NC (2004).** Evaluation of some pre and post-emergence weed control measures on rain-fed cotton (*Gossypium hirsutum* L) in Nigerian savannah. *Crop Protection* **23**: 457-461.
- Dauda SN, Ajayi FA & Ndor E (2008).** Growth and yield of watermelon (*Citrullus lanatus*) as affected by poultry manure application. *Journal of Agriculture and Social Sciences* **7** (7): 3108-3114.
- Dejong R & Best KF (1979).** The effect of soil water potential, temperature and seeding depth on seedling emergence of wheat. *Canadian Journal of Soil Science* **59**: 259-264.
- Delaphane KS & Mayer DF (2000).** *Crop pollination by bees*. Wallingford (UK) and New York (USA) CABI Publishing; 352 pages.
- Deparis X (2001).** Synthèse du symposium Insecticides et lutte antipaludique. *Médecine Tropicale* **61**: 537-539.
- Dhillon NPS & Wehner TC (1991).** Host-plant resistance to insects in cucurbits -germplasm resources, genetics and breeding. *Tropical Pest Management* **37** (4): 421-428.
- Djè Y, Kouonon LC, Zoro Bi AI, Gnamien GY & Baudoin JP (2006).** Étude des caractéristiques botaniques, agronomiques et de la biologie florale du melon africain

- (*Cucumis melo* L. var. *agrestis* Naudin, Cucurbitaceae). *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* **10** (2): 109-119.
- Dogramaci M, Shrefler JW, Roberts BW, Pair S & Edelson JV (2004)**. Comparison of management strategies for squash bugs (Hemiptera: Coreidae) in watermelon. *Horticultural Entomology* **97** (6): 1999-2005.
- Dosdall LM, Herbut MJ, Cowle NT & Micklick TM (1996)**. The effect of seeding date and plant density on infestations of root maggots, *Delia* spp. (Diptera: Anthomyiidae), in canola. *Canadian Journal of Plant Science* **76**: 169-177.
- Durand JR & Skubich L (1982)**. Les lagunes ivoiriennes. *aquaculture* **27**: 211--250.
- Duthie JA, Shrefler JW, Roberts BW & Edelson JV (1999)**. Plant density-dependent variation in marketable yield, fruit biomass, and marketable fraction in watermelon. *Crop Science* **39** (2): 406-412.
- Dwomoh EA, Ackonor JB & Afun JVK (2008)**. Survey of insect species associated with cashew (*Anacardium occidentale* Linn.) and their distribution in Ghana. *African Journal of Agricultural Research* **3** (3): 205-214.
- Edelson JV, Duthie J & Roberts BW (2002)**. Watermelon seedling growth and mortality as affected by *Anasa tristis* (Heteroptera: Coreidae). *Journal Economic of Entomology* **95**: 595-597.
- Edelson JV, Duthie J & Roberts DW (2003)**. Watermelon growth, fruit yield and plant survival as affected by squash bug (Hemiptera: Coreidae) feeding. *Journal Economic of Entomology* **96**: 64-70.
- Edwards MD, Lower RL & Staub JE (1986)**. Influence of seed harvesting and handling procedures on germination of cucumber seeds. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **111** (4): 507-512.
- Eifediyi EK & Remison SU (2010)**. Growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) as influenced by farmyard manure and inorganic fertilizer. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* **2** (7): 216-220.
- Ekeleme F, Kamara AY, Oikeh SO, Omoigui LO, Amaza P, Abdoulaye T & Chikoye D (2009)**. Response of upland rice cultivars to weed competition in the savannas of West Africa. *Crop Protection* **28** (1): 90-96.

- Ekeleme F, Kamara AY, Omoigui LO, Chikoye D, Dugje Y & Tegbaru A (2011).** Effect of sowing date on striga infestation and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivars in the Sudan savanna of northeast Nigeria. *African Journal of Agricultural Research* **6** (14): 3240-3246.
- El-Defrawi G, El-Gantiry AM, Weigand S & Khalil SA (1991).** Screening of faba bean (*Vicia faba* L.) for resistance to *Aphis craccivora* (Koch.). *Arab Journal of Plant Protection* **9** (2): 138-141.
- El-Hassani TA & Persoons E (1994).** *Agronomie moderne: bases physiologiques et agronomiques de la production végétale*. Torino (Italie): Hatier-Aupelf-Uref; 275 pages.
- El-Naim AM, Ahmed SE, Jabereldar AA, Zaied MMB & Ibrahim KA (2012).** Effect of weeds on calcies yeild of *Hibiscus sabdariffa* (L.) in traditional agricultural sector of Sudan. *International Journal of Plant Research* **2** (2): 1-5.
- El-Naim AM, Eldouma MA & Abdalla AE (2010).** Effect of weeding frequencies and plant density on the vegetative growth characteristic in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology* **1** (3): 1188-1193.
- Ela MA & Messi J (2012).** Yield responses of *Cucumeropsis mannii* (Cucurbitaceae) to the presence or the absence of the insect foraging activity at nkolbisson in Cameroon. *Journal of Animal and Plant Sciences* **13** (3): 1791-1799.
- Emuh FN & Ojeifo IM (2011).** The phenology of flowering in *Citrullus lanatus* (Thumb.) Mansf. in southwestern Nigeria. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* **5** (5): 2031-2034.
- Eponon KM, Doumbia L & Assoi DP (2000).** *Monographie du département de Zuenoula (Côte d'Ivoire)*. Abidjan (Côte d'Ivoire): Agence Nationale d'Appui au Développement Rural; 143 pages.
- Erda L, Wei X, Hui J, Yinlong X, Yue L, Liping B & Liyong X (2005).** Climate change impacts on crop yield and quality with CO<sub>2</sub> fertilization in China. *Philosophical Transactions of the Royal Society* **360**: 2149-2154.
- Erdem Y & Yuksel AN (2003).** Yield response of watermelon to irrigation shortage. *Scientia horticulturae* **98**: 365-383.

- Fatondji D, Pasternak D & Woltering L (2008).** Watermelon production on stored rainwater in sahelian sandy soils. *African Journal of Plant Science* **2** (12): 151-160.
- Fomekong A, Messi J, Kekeunou S, Fohouo FNTF & Tamesse JL (2008).** Entomofauna of *Cucumeropsis mannii* Naudin, its impact on plant yield and some aspects of the biology of *Dacus bivitatus* (Diptera: Tephritidae). *African Journal of Agricultural Research* **3** (5): 363- 370.
- Ford MA & Thorne GN (1974).** Effects of atmospheric humidity on plant growth. *Annals of Botany* **38** (2): 441-452.
- Foster RE & Brust GE (1995).** Effects of insecticides applied to control cucumber beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) on watermelon yields. *Crop Protection* **14**: 619-624.
- Freeman JH, Olson SM & Stall WM (2007).** Competitive effect of in-row diploid watermelon pollenizers on triploid watermelon yield. *Hortscience* **42** (7): 1575-1577.
- Fulvie K, Bachir SM & Issiaka S (2009).** Impacts de la variabilite climatique sur les ressources en eau et les activites humaines en zone tropicale humide: cas de la région de daoukro en Côte D'ivoire. *European Journal of Scientific Research* **26** (2): 209-222.
- Fursa TB (1981).** Intraspecific classification of watermelon under cultivation. *Kulturpflanze* **29**: 297-300.
- Gadgil M & Solbrig OT (1972).** The concept of r-and K-selection: evidence from wild flowers and some theoretical considerations. *American Naturalist* **106** (947): 14-31.
- Gatehouse JA (2008).** Biotechnological prospects for engineering insect-resistant plants. *Plant physiology* **146** (881-887):
- Gholami S, Hosseini SM & sayad E (2007).** Effect of soil, sowing depth and sowing date on growth and survival of *Pistacia atlantica* seedlings. *Pakistan Journal of Biological Sciences* **10** (2): 245-249.
- Gilbert CA, Stall WM, Chase CA & Charudattan R (2008).** Season-long interference of american black nightshade with watermelon. *Weed Technology* **22**: 186-189.
- Grime JP (1977).** Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist*: 1169-1194.

- Groot AT & Dicke M (2002).** Insect-resistant transgenic plants in a multi-trophic context. *The Plant Journal* **31** (4): 387-406.
- Guignard JL (1996).** *Abrégés de botanique*. Paris (France): Maisonneuve et Larose; 242 pages.
- Guner N & Wehner TC (2004).** The genes of watermelon. *Hortscience* **39** (6): 1175-1182.
- Gurnah AD (1985).** Effects of weed competition at different stages of growth on the yield of taro. *Field Crops Research* **10**: 283-289.
- Gusmin G & Wehner TC (2008).** Fifty-five years of yield improvement for cucumber, melon, and watermelon in the United States. *HortTechnology* **18** (1): 9-12.
- Gusmini G (2003).** *Watermelon (Citrullus lanatus) breeding handbook*. Raleigh: NC State University; 90 pages.
- Gusmini G & Wehner TC (2005).** Foundations of yield improvement in watermelon. *Crop Science* **45**: 141-146.
- Haase RF & Ellis MV (1987).** Multivariate analysis of variance. *Journal of Counseling Psychology* **34** (4): 404-413.
- Hall H, Li Y, Comerford N, Gardini EAV, Cernades LZ, Baligar V & Popenoe H (2010).** Cover crops alter phosphorus soil fractions and organic matter accumulation in a Peruvian cacao agroforestry system. *Agroforestry Systems* **80**: 447-455.
- Hanke W & Jurewicz J (2004).** The risk of adverse reproductive and developmental disorders due to occupational pesticide exposure: an overview of current epidemiological evidence. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* **17** (2): 223-243.
- Hao ZP, Wang Q, Christie P & Lie XL (2007).** Allelopathic potential of watermelon tissues and root exudates. *Scientia Horticulturae* **112**: 315-320.
- Haramto ER & Gallandt ER (2005).** Brassica cover cropping: Effects on growth and interference of green bean (*Phaseolus vulgaris*) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Science* **53**: 702-708.
- Hasan MK, Uddin MM & Haque MA (2012).** Host suitability of red pumpkin beetle, *Aulacophora foveicollis* (Lucas.) among different Cucurbitaceous hosts **1** (4): 91-100.

- Haskins FA & Gorz HJ (1975).** Influence of seed size, planting depth, and companion crop on emergence and vigor of seedlings in sweetclover. *Agronomy Journal* **67**: 652-654.
- Hassan NM, Ahmed S, Uddin JM & Hasan MM (2010).** Effect of weeding regime and planting density on morphology and yield attributes of transplant aman rice cv. BRRIDH41. *Pakistan Journal of Weed Science Research* **16** (4): 363-377.
- Hauggaard NH, Andersen MK, Jornggaard B & Jensen ES (2006).** Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea-barley intercrops. *Field Crops Research* **95**: 256-267.
- Haxaire C (2003).** Âges de la vie et accomplissement individuel chez les Gouros de Côte d'Ivoire. *L'Homme* **3-4** (167-168): 105-107.
- Hilje L, Costa HS & Stansly PA (2001).** Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases. *Crop Protection* **20**: 801-812.
- Hladun KR & Adler LS (2008).** Effects of perimeter trap crop pollen on reproduction in butternut squash (*Cucurbita moschata*). *Hortscience* **43** (1): 276-278.
- Hoffmann MP, Ayyappath R & Kirkwyland JJ (2000).** Yield response of pumpkin and winter squash to stimulated cucumber beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) feeding Injury. *Journal Economic of Entomology* **93**: 136-140.
- Hormchan P, Wongpiyasatid A & Prajimpun W (2009).** Influence of trap crop on yield and cotton leafhopper population and its oviposition preference on leaves of different cotton varieties/lines. *Kasetsart Journal* **43**: 662-668.
- Hossain MA, Prodhan MZH & Sarker MA (2009).** Sowing dates: a major factor on the Incidence of major Insect pests and yield of mungbean. *Journal of Agriculture and Rural Development* **7** (1): 127-133.
- Hosseini NM, Siddique KHM, Palta JA & Berger J (2009).** Effect of soil moisture content on seedling emergence and early growth of some chickpea (*Cicer rietinum* L.) genotypes. *Journal Agricultural of Science and Technology* **11**: 401-411.
- Hubbell BJ (1997).** Estimating insecticide application frequencies: a comparison of geometric and other count data models. *Journal of Agricultural and Applied Economics* **29** (2): 225-242.

- Ibrahim ND & Adesiyun AA (2009).** Effects of staggered planting dates on the control of Thrips tabaci lindeman and yield of onion in Nigeria. *African Journal of Agricultural Research* **4** (1): 33-39.
- Ifeoma ON, Malachy A & Chukwunyem OC (2008).** Diversity and production methods of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook F.); experience with vegetable farmers in Makurdi, Nigeria. *African Journal of Biotechnology* **7** (8): 944-954.
- Ignacimuthu S & Jayaraj S (2003).** Eco-friendly approaches for sustainable insect pest management. *Current Science* **84** (10): 1292-1293.
- Jackson MD, Canhilal R & Carner GR (2005).** Trap monitoring squash vine borers in cucurbits. *Journal of Agricultural and Urban Entomology* **22** (1): 27-39.
- Jackson SD (2009).** Plant responses to photoperiod. *New Phytologist* **181** (3): 517-531.
- Jajarmi V (2009).** Effect of water stress on germination indices in seven wheat cultivar. *World Academy of Science, Engineering and Technology* **49**: 105-106.
- Janick J, Paris HS & Parrish DC (2007).** The cucurbits of mediterranean antiquity: Identification of taxa from ancient images and descriptions. *Annals of Botany* **100**: 1441-1427.
- Jarillo JA, del Olmo I, Gomez-Zambrano AG, Lazaro A, Gonzalez LL, Miguel E, Diego LN, Saez D & Pineiro M (2008).** Review. photoperiodic control of flowering time. *Spanish Journal of Agricultural Research* **6**: 221-244.
- Jasinski J, Darr M, Ozkan E & Precheur R (2009).** Applying imidacloprid via a precision banding system to control striped cucumber beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in cucurbits. *Journal of Economic Entomology* **102** (6): 2255-2264.
- Jensen BD, Touré FM, Hamattal MA, Touré FA & Nantoum AD (2011).** Watermelons in the sand of sahara: cultivation and use of indigenous landraces in the Tombouctou region of Mali. *Ethnobotany Research and Applications* **9**: 151-162.
- Jodaugienié D, Pupaliené R, Urboniené M, Pranckietis V & Pranckietiené I (2006).** The impact of different types of organic mulches on weed emergence. *Agronomy Research* **4**: 197-201.

- Jones AD (2003)** *Citrullus lanatus*. In: Jansens M & Pohlan J (Eds) *Field and vegetable crops*. Bonn (Germany): Agriculture science and resources management in the tropics and subtropics: ARTS, pp 5-8.
- Junior ASDA, Silva CRD, Dias NDS, Rodrigues BHN & Ribeiro VQ (2009)**. Response to watermelon to nitrogen fertigation. *Irriga Botucatu* **14** (2): 115-122.
- Juraimi DS, Begum M, Sherif AM & Rajan A (2009)**. Effects of sowing date and nutsedge removal time on plant growth and yield of tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter]. *African Journal of Biotechnology* **6** (22): 6162-6167.
- Kabamba H & Kankolongo AM (2009)**. Adoption and impact of conservation farming on crop productivity among smallholder farmers in Kapiri Mposhi district of Zambia. *Journal of Animal and Plant Sciences* **3** (2): 205-214.
- Kamara AY, Cikoye D, Omoigui LO & Dudje IY (2007)**. Cultivar and insecticide spraying regimes effects on insect pest and grain yield of cowpea in the dry savannas of north - eastern of Nigeria. *African Crop Science Conference Proceedings* **8**: 179-184.
- Karaye AK & Yakubu AI (2008)**. Influence of intra-row spacing and mulching on weed growth and bulb yield of garlic (*Allium sativum* L.) in Sokoto, Nigeria. *African Journal of Biotechnology* **5** (3): 260-264.
- Karungi J, Adipala E, Kyamanywa MW, Ogenga-Latigo N, Oyobo N & Jackai LEN (2000)**. Pest management in cowpea. Part 2. Integrating planting time, plant density and insecticide application for management of cowpea "eld insect pests in eastern Uganda. *Crop Protection* **19**: 237-245.
- Kavaliauskaite D & Bobinas C (2006)**. Determination of weed competition critical period in red beet. *Agronomy Research* **4**: 217-220.
- Kekeunou S, Messi J, Weise S & Tindo M (2006)**. Insect pests' incidence and the variations due to forest landscape degradation in the humid forest zone of southern Cameroon: farmers' perceptions and need for adopting an integrated pest management strategy. *African Journal of Biotechnology* **5** (7): 555-562.
- Ker A (1995)**. *Farming systems of the African savanna: a continent in crisis*. Nairobi, Kenya: IDRC; 176 pages.
- Kevan PG (1999)**. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **74** (1-3): 373-393.

- Khan AQ, Iqbal M, Jilani S, Ghaffoor A & Waseem K (2001).** Effect of different sowing dates on yield of tinda gourd (*Citrullus vulgaris*) var. fistulosus under the agroclimatic conditions of D. I. Khan. *Journal of biological sciences* **1** (4): 235-237.
- Khan MMH, Alam MZ, Rahman MM, Miah MIH & Hossain MM (2012).** Influence of weather factors on the incidence and distribution of pumpkin beetle infesting cucurbits. *Bangladesh Journal of Agricultural Research* **37** (2): 361-367.
- Khan RU, Muendel HH & Chaudhry MF (1993).** Relative effect of weeds on topping and ratooning rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pakistan journal of Botany* **25** (2): 127-133.
- Khan SM & Jehangir M (2000).** Efficacy of different concentrations on sevin dust against red pumpkin beetle (*Aulacophora foveicollis* (Lucas.)) causes damage to muskmelon (*Cucumis melo* L.) crop. *Pakistan Journal of Biological Sciences* **3** (1): 183-165.
- Khoramivafa M, Salmasi SZ & Nassab ADM (2006).** Evaluation of competition in corn (*Zea mays* L.) and pumpkin seed (*Cucurbita pepo* var. styriaca) intercropping by reciprocal yield model and some competitive indice *Journal of Agronomy* **5** (3): 456-460.
- Kirk CE & Fleischer S (2006).** Development and life Table of *Acalymma vittatum* (Coleoptera: Chrysomelidae), a vector of *Erwinia tracheiphila* in cucurbits. *Environmental Entomology* **35** (4): 875-880.
- Kishindo P (1996).** Incorporating population issues in agricultural extension. *Development of Southern Africa* **13**: 903-909.
- Knezevic SZ, Evans SP, Blankenship EE, Van Acker RC & Lindquist JL (2002).** Critical period for weed control: the concept and data analysis. *Weed Science* **50**: 773-786.
- Koch RL, Burkness EC & Hutchison WD (2004).** Confirmation of bean leaf beetle, *Cerotoma trifurcata*, feeding on cucurbits. *Journal of Insect Science* **4** (5): 1-6.
- Koffi KK, Anzara GK, Malice M, Djè Y, Bertin P, Baudoin JP & Zoro Bi IA (2009).** Morphological and allozyme variation in a collection of *Lagenaria siceraria* (Molina.) Standl. from Côte d'Ivoire. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environnement* **13** (2): 257-270.
- Kolo E, Takim FO & Fadayomi OD (2012).** Influence of planting date and weed management practice on weed emergence, growth, and yield of maize (*Zea mays* L.)

- in southern Guinea savanna of Nigeria. *Journal of Agriculture and Biodiversity Research* **1** (3): 33-42.
- Kone AW, Tondoh TE, Bernhard RF, Loranger MG, Brunet D & Tano Y (2008).** Changes in soil biological quality under legume and maize-based farming systems in a humid savanna zone of Côte d'Ivoire. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environnement* **12** (2): 147-155.
- Kortse PA, Oladiran JA & Msaakpa TS (2012).** Effects season and fruit size on nthe quality of "egusi" melon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai) seed. *Journal of Agricultural and Biological Science* **7** (2): 110-116.
- Kouassi NJ & Zoro Bi IA (2009).** Effect of sowing density and seedbed type on yield and yield components in bambara groundnut (*Vigna Subterranea*) in woodland savannas of Côte d'Ivoire. *Experimental Agriculture* **46** (1): 99-110.
- Kouonon L, Jacquemart A, Zoro Bi IA, Bertin P, Baudouin JP & Djé Y (2009).** Reproductive biology of the andromonoecious *Cucumis melo* subsp *agrestis* (Cucurbitaceae). *Annals of Botany* **3**: 1-11.
- Kumar R (1991).** *La lutte contre les insectes ravageurs: la situation de l'agriculture africaine*. Paris, France: Karthala-CTA; 293 pages.
- Laamari M, Khelfa L & Acier AC (2008).** Resistance source to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in broad bean (*Vicia faba* L.) Algerian landrace collection. *African Journal of Biotechnology* **7** (14): 2486-2494.
- Lanini WT & Le Strange M (1991).** Low-input management of weeds in vegetable fields. *California Agriculture* **45** (1): 11-13.
- Le Bourgeois T & Merlier H (1995).** *Aventrop: les adventices de l'Afrique Soudano Sahélienne*. Montpellier (France): CIRAD-CA; 640 pages.
- Lepoivre P (2001).** Les systèmes de production agricole et la protection des cultures à la croisée des chemins. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environnement* **5** (4): 195-199.
- Levi A, Thomas CE, Joobeur T & Zhang X (2002).** A genetic linkage map for watermelon derived from a testcross population: (*Citrullus lanatus* var. *citroides* × *C. lanatus* var. *lanatus*) × *Citrullus colocynthis*. *Theoretical and Applied Genetics* **105**: 555-563.

- Li J, Yang QZ, Xue XG & Qu ZSi (2003).** Influence of different planting modes of watermelon on the yield and meteorological factors in plastic shed. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* **3**: 019.
- Locascio SJ, Stall WM, Olson SM & Vavrina CS (1989).** Watermelon production as influenced by herbicide combination and cultivation. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* **102**: 332-335.
- Lonsbary SK, O'sullivan J & Swanton CJ (2003).** Stale-seedbed as a weed management alternative for machine-harvested cucumbers (*Cucumis sativus*). *Weed Technology* **17**: 724-730.
- Lopez R, Levi A, Shepard BM, Simmons AM & Jackson DM (2005).** Sources of Resistance to Two-spotted Spider Mite (Acari: Tetranychidae) in *Citrullus* spp. *Hortscience* **40** (6): 1661-1663.
- Loukou AL, Gnakri D, Djé Y, Kippré AV, Baudoin JP, Malice M & Zoro Bi IA (2007).** Macronutrient composition of three cucurbit species cultivated for seed consumption in Côte d'Ivoire. *African Journal of Biotechnology* **6** (5): 529-533.
- Magagula NEM, Ossom EM, Rhykerd RL & Rhykerd CL (2010).** Effects of chicken manure on soil properties under sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) culture in swaziland. *American-Eurasian Journal of Agronomy* **3** (2): 36-43.
- Mahdi L, Bell CJ & Ryana J (1998).** Establishment and yield of wheat (*Triticum turgidum* L.) after early sowing at various depths in a semi-arid Mediterranean environment. *Field Crops Research* **58** (3): 187-196.
- Mahmood A & Cheemat ZA (2004).** Influence of sorghum mulch on purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). *International Journal of Agriculture and Biology* **6** (1): 86-88.
- Malik MA, Saleem MF, Ali A & Isahq RAF (2006).** Effect of sowing dates and planting patterns on growth and yield of mungbean, *Vigna radiata* L. *Journal of Agriculture Research* **44** (2): 139-142.
- Mandumbu R & Karavina C (2012).** Weed suppression and component crops response in maize/pumpkin intercropping systems in Zimbabwe. *Journal of Agricultural Science* **4** (7): 231-236.

- Mangla S, Sheley RL, James JJ & Radosevich SR (2011).** Intra and interspecific competition among invasive and native species during early stages of plant growth. *Plant Ecology* **212**: 531-542.
- Maynard ET & Scott WD (1998).** Plant spacing affects yield of "superstars" Muskmelon. *Hortscience* **33** (1): 52-54.
- Mbete P, Itoua-apoyolo CM, Kiyindou A, Ngokaka C & N'doungou JP (2011).** Evaluation des dégâts causés aux agrumes par la cochenille (*Praelongorthezia proelonga*) dans les quartiers Sud de la ville de Brazzaville. *Journal of Applied Biosciences* **39**: 2619-2625.
- Melander B, Rasmussen LA & Barberi P (2005).** Integrating physical and cultural methods of weed control-examples from European research. *Weed Science* **53**: 369-381.
- Melifonwu AA (1994).** Weeds and their control in cassava. *African Crop Science Journal* **2** (4): 519-530.
- Mengistu T & Yamoah C (2010).** Effect of sowing date and planting density on seed production of carrot (*Daucus carota var. sativa*) in Ethiopia. *African Journal of Plant Science* **4** (8): 270-279.
- Miah AK, Anwar P, Begum M, Shukor A, Juraimi H & Islam A (2009).** Influence of sowing date on growth and yield of summer mungbean varieties. *Journal of Agricultural and Social Sciences* **5** (3): 73-76.
- Mohammadi GR & Amiri F (2011).** Critical period of weed control in soybean (*Glycine max*) as influenced by starter fertilizer. *Australian Journal of Crop Science* **5** (11): 1350-1355.
- Molatudi RL & Mariga IK (2009).** The effect of maize seed size and depth of planting on seedling emergence and seedling vigour. *Journal of Applied Sciences Research* **5** (12): 2234-2237.
- Moniruzzaman M, Islam MR, Mozumder SN, Rahman MM & Das NC (2007).** Productivity and profitability of bilatidhonia intercropped with cucurbit vegetables. *Bangladesh Journal of Agricultural Research* **32** (3): 349-357.
- Monks DW & Schultheis JR (1998).** Critical weed free period for large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) in transplanted melon. *Weed Science* **46**: 530-532.

- Monnier Y (1983).** *Carte de la végétation de la Côte d'Ivoire*. Paris: Jeune Afrique; 1-72 pages.
- Morrill WL & Kushnak GD (1999).** Planting date influence on the wheat stem sawfly (Hymenoptera: Cephidae) in spring wheat. *Journal of Agricultural and Urban Entomology* **16** (2): 123-128.
- Mortensen LM (1986).** Effect of relative humidity on growth and flowering of some greenhouse plants. *Scientia horticultrae* **29** (4): 301-307.
- Motsenbocker CE & Arancibia RA (2002).** In-row spacing influences triploid watermelon yield and crop value. *Hortechology* **12** (3): 437-440.
- Mujaju C & Fatih M (2011).** Distribution patterns of cultivated watermelon forms in Zimbabwe using DIVA-GIS. *International Journal of Biodiversity and Conservation* **3** (9): 474-481.
- Munisse P, Andersen SB, Jensen BD & Christiansen JL (2011).** Diversity of landraces, agricultural practises and traditional uses of watermelon (*Citrullus lanatus*) in Mozambique. *African Journal of Plant Science* **5** (2): 75-86.
- Muqit A, Akanda AM & Alam MZ (2008).** Efficacy of three trap crops against whitefly to manage tomato yellow leaf curl virus. *Bangladesh Journal of Agricultural Research* **33** (3): 523-525.
- Mziray HA, Makundi RH, Mwatawala M, Maerere A & Meyer MD (2010).** Host use of *Bactrocera latifrons*, a new invasive tephritid species in Tanzania. *Journal of Economic Entomology* **103** (1): 70-76.
- N'Dayegamiye A & Côté D (1996).** Effet d'application à long terme de fumier de bovins, de lisier de porc et de l'engrais minéral sur la teneur en matière organique et la structure du sol. *Agrosol* **9** (1): 31-35.
- Naaba JB, Tsigbeya FK, Prasad PVV, Boote KJ, Bailey JE & Brandenburg RL (2005).** Effects of sowing date and fungicide application on yield of early and late maturing peanut cultivars grown under rainfed conditions in Ghana. *Crop Protection* **24**: 325-332.
- Ndabalishye I (1995).** *Agriculture vivrière Ouest africaine à travers le cas de la Côte d'Ivoire*. Bouaké (Côte d'Ivoire): IDESSA; 255 pages.

- Ndoro OF, Madakadze RM, Kageler S & Mashingaid AB (2007).** Indigenous knowledge of the traditional vegetable pumpkin (*Cucurbita maxima / moschata*) from Zimbabwe. *African Journal of Agricultural Research* **2** (12): 649-655.
- Necibi S, Barrett BA & Johnson JW (1992).** Effects of a black plastic mulch on the soil and plant dispersal of cucumber beetles, *Acalymma vittatum* (F.) and *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber (Coleoptera: Chrysomelidae), on Melon. *Journal of Agricultural Entomology* **9** (2): 129-135.
- Nelson KA & Smoot RL (2010).** Yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) interference in soybean. *Weed Technology* **24**: 39-43.
- Nerson H (1989).** Weed competition in muskmelon and its effects on yield fruit quality. *Crop Protection* **10**: 283-289.
- Nerson H (2002).** Relationship between plant density and fruit and seed production in Muskmelon. *Journal of American Society of Horticultural Science* **127** (7): 855-859.
- Nerson H (2007).** Seed production and germinability of cucurbit crops. *Seed Science and Biotechnology* **1** (1): 1-10.
- NeSmith DS (1993).** Plant spacing influences watermelon yield and yield components. *Hortscience* **28** (9): 885-887.
- Nicaise AT, koffi N, Emma AA & Séverin A (2010).** Effet de légumineuses herbacées ou subligneuses sur la productivité du maïs. *Journal of Animal and Plant Sciences* **8** (2): 953-963.
- Nicodemo D, Couto RHN, Malheiros EB & Jong DD (2009).** Honey bee as an effective pollinating agent of pumpkin. *Scientia Agricola* **66**: 476-480.
- Njoku ECM, Adesope OM & Iruba C (2009).** Acceptability of improved crop production practices among rural women in aguata agricultural zone of anambra state, Nigeria. *African Journal of Biotechnology* **8** (3): 405-411.
- Njoroge GN, Gemmill B, Bussmann R, Newton LE & Ngumi VW (2004).** Pollination ecology of *Citrullus lanatus* at Yatta, Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science* **24**: 73-77.

- Nurse RE, Ditommaso A & Ramirez RA (2004).** Planting date effects on the germinability and seedling vigour of *Abutilon theophrasti* (Malvaceae) seeds. *Phytoprotection* **85** (3): 161-168.
- Oerke EC & Dehne HW (2004).** Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection* **23** (4): 275-285.
- Ogbonna EP (2013).** Floral habits and seed production characteristics in “Egusi” melon (*Colocynthis citrullus* L.). *Journal of Plant Breeding and Crop Science* **5** (6): 137-140.
- Ogbonna PE & Obi IU (2007).** Effect of time of planting and poultry manure application on growth and yield of egussi (*Colocynthis citrullus* L.) in a derived savannah agro-ecology. *Journal of Agriculture, Food, Environment and Extension* **6** (2): 33-39.
- Ojeniyi SO, Adejoro SA, Ikotun O & Amusan O (2012).** Soil and plant nutrient composition, growth and yield of cassava as influenced by integrated application of NPK fertilizer and poultry manure. *New York Science Journal* **5** (9): 62-68.
- Ojo DO (1997).** Effect of weeding frequencies on grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) growth and yield. *Crop Protection* **16** (5): 463-466.
- Oke OA (2008).** Effectiveness of two insecticides to control melon fruit fly (*Bactrocera cucurbitae* Coq.) In cucumber (*Cucumis sativus* L.). Crop at anse boileau seychelles. *European Journal of Scientific Research* **22** (1): 84-86.
- Okunlola AI, Adejoro SA & Fakanlu G (2011).** Evaluation of some manure types for the growth and Yield of watermelon in southwest Nigeria. *Researcher* **3** (3): 61-66.
- Olaniyi JO (2008).** Growth and seed yield response of egusi melon to nitrogen and phosphorus fertilizers application. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* **2** (3): 255-260.
- Olaniyi JO & Fagbahide JA (2007).** Influence source and time of nitrogen application on growth, yield and nutrient composition of egussi melon. *Research Journal of agronomy* **1** (3): 99-103.
- Olaniyi JO & Tella BA (2011).** Effects of nitrogen and potassium fertilizers on the growth, seed yield and nutritional values of egusi melon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Manf.) in Ogbomoso South west Nigeria. *International Research Journal of Plant Science* **2** (11): 328-331.

- Olsen J, Hristensen L & Weiner J (2006).** Influence of sowing density and spatial pattern of spring wheat (*Triticum aestivum*) on the suppression of different weed species. *Weed Biology and Management* **6**: 166-173.
- Olsen J, Kristensen L, Weiner J & Griepentrog HW (2005).** Increased density and spatial uniformity increase weed suppression by spring wheat. *Weed Research* **45**: 316-321.
- Omongo CA, Adipala E, Latigo MWO & Kyamanywa S (1998).** Insecticide application to reduce pest infestation and damage on cowpea in Uganda. *African Plant Protection* **4** (2): 91-100.
- Pair SD, Bruton BD, Mitchell F, Fletcher J, Wayadande A & Melcher U (2004).** Overwintering squash bugs harbor and transmit the causal agent of cucurbit yellow vine disease. *Journal of Economic Entomology* **97** (1): 74-78.
- Parish S (1990).** A review of non-chemical weed control techniques. *Biological Agriculture and Horticulture* **7**: 117-137.
- Pitblado RE & Lucy RN (1994)** Chrysomèles du concombre. In: Richard C & Boivin G (Eds) *Maladies et ravageurs des cultures légumières au Canada*. Ottawa, Canada: Société Canadienne de Phytopathologie et Société d'Entomologie du Canada, pp 147-148.
- Pommel B (1990).** Influence du poids de la semence et de la profondeur de semis sur la croissance et le développement de la plantule de maïs. *Agronomie* **10**: 699-708.
- Ponce RG & Santini I (2004).** Effects of early weed infestation on growth, yield, and nitrogen nutrition of pepper. *Journal of Plant Nutrition* **27** (4): 651-661.
- Potthoff RF & Roy SN (1964).** A generalized multivariate analysis of variance model useful specially for growth curve problems. *Biometrika* **51** (3-4): 313-326.
- Powell CA, Stoffella PJ & Paris HS (1993).** Plant population influence on squash Yield, sweetpotato whitefly, squash silverleaf, and zucchini yellow mosaic. *Hortscience* **28** (8): 796-798.
- Rahaman MA & Prodhan MDH (2007).** Effects of net barrier and synthetic pesticides on red pumpkin beetle and yield of cucumber. *International Journal sustainable of Crop Production* **2** (3): 30-34.

- Rahman AHMM, Anisuzzaman M, Ahmed F, Islam AKMR & Naderruzzaman ATM (2008).** Study of nutritive value and medicinal uses of cultivated cucurbits. *Journal of Applied Sciences Research* **4** (5): 555-558.
- Rahman HU, Ullah K, Sadiq M, Javaria S, Ullah I, Rahman HU & Azim MK (2012).** Relationship between manual weeds removal timings and onion yield. *Pakistan Journal of Weed Science Research* **18** (2): 201-207.
- Rahman MKA (2006).** Effect of pumpkin seed (*Cucurbita pepo* L.) diets on benign prostatic hyperplasia : chemical and morphometric evaluation in rats. *World Journal of Chemistry* **1** (1): 33-40.
- Rasmussen IA (2004).** The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat. *European Weed Research Society* **44**: 12-20.
- Reddy NK (2003).** Impact of rye cover plant and herbicides on weeds, yield, and net return in narrow-row transgenic and conventional soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* **17**: 28-35.
- Reiners S & Riggs DIM (1997).** Plant spacing and variety affects pumpkin yield and fruit size, supplemental nitrogen does not. *Hortscience* **32** (6): 1037-1039.
- Rena R (2007).** Agriculture development and food security policy in Eritrea-an analysis. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development* **7** (5): 1-15.
- Rey P (1960).** *Essai de phytocénologie biogéographique*. Paris (France): C.N.R.S.; 351 pages.
- Riemens MM, Van der Weide RY, Bleeker PO & Lotz LAP (2007).** Effect of stale seedbed preparations and subsequent weed control in lettuce (cv. Iceboll) on weed densities. *Weed Research* **47**: 149-156.
- Rose MT, Sanchez-Bayo F, Crossan AN & Kennedy IR (2006).** Pesticide removal from cotton farm tailwater by a pilot-scale ponded wetland. *Chemosphere* **63** (11): 1849-1858.
- Saljoqi AUR & Khan S (2007).** Relative abundance of the red pumpkin beetle *Aulacophora foveicophora* (Lucas.), on different Cucurbitaceous vegetables. *Sarhad Journal Agricultural* **23** (1): 110-114.

- Salmasi SZ, Golezani KG & Moghbeli S (2006).** Effect of sowing date and limited irrigation on the seed yield and quality of dill (*Anethum graveolens* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **30**: 281-286.
- Sampson BJ & Cane JH (2000).** Pollination efficiencies of three bee (Hymenoptera:Apioidea) species visiting rabbiteye blueberry. *Journal Economic of Entomology* **93** (6): 1726-1731.
- Sanchez E, Grayetto A, Cichou L, Fernandez D, Aruani M & Curetti M (2007).** Cover crops influence soil properties and tree performance in an organic apple (*Malus domestica* (Borkh.)) orchard in northern patagonia. *Plant and Soil* **292** (2): 193-203.
- Sanders DC, Cure JD & R. SJ (1999).** Yield response of watermelon to planting density, planting pattern, and polyethylene mulch. *Hortscience* **34** (7): 121-123.
- Sangakkara UR, Meylemans B & Damme PV (2008).** Impact of different weed types on growth and yield of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek.). *Journal of Agronomy and Crop Science* **175** (1): 1-5.
- Santos GR, Castro NMD, Almeida HSM, Rambos LN, Sarmento RA, Lima SO & Erasmo EAL (2009).** Effect of nitrogen doses on disease severity and watermelon yield. *Horticultura Brasileira* **27**: 330-334.
- Sapkota R, Dahal KC & Thapa RB (2010).** Damage assessment and management of cucurbit fruit flies in spring-summer squash. *Journal of Entomology and Nematology* **2** (1): 7-12.
- SAS (1999).** *SAS for windows*; version 9.1. Cary (NC, USA): SAS Institute Inc.
- Saucke H, Juergens M, Doring TF, Fittje S, Lesemann DE & Vetten HJ (2008).** Effect of sowing date and straw mulch on virus incidence and aphid infestation in organically grown faba beans (*Vicia faba*). *Annals of Applied Biology* **154** (2): 239-250.
- Schultheis JR & Dufault RJ (1994).** Watermelon seedling growth, fruit yield, and quality following pretransplant nutritional conditioning. *Hortscience* **29** (11): 1264-1268.
- Seefeldt SS & Armstrong ML (2000).** Impact of perennial ryegrass seeding densities on weed emergence, growth and developpement. *New Zealand Plant Protection* **53**: 38-43.

- Seyed MAR & Milani E (2006).** Some physical properties of the watermelon seeds. *African Journal of Research* **1** (3): 65-66.
- Sibanda T, Dobson HM, Cooper JF, Manyangarirwa W & Chiimba W (2000).** Pest management challenges for smallholder vegetable farmers in Zimbabwe. *Crop Protection* **19**: 807-815.
- Sogut T & Arioglu H (2004).** Plant density and sowing date effects on sugarebeet yield and quality. *Journal of Agronomy* **3** (3): 215-218.
- Sokal RR & Rohlf FJ (1995).** *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research, Third* New York (USA): W.H. Freeman and Company; 887 pages.
- Soltner D (2003).** *Les bases de la production végétale. Tome I: le sol et son amélioration.* Poitiers (France): Sciences et techniques agricoles; 472 pages.
- Soro S, Doumbia M, L. YN, Dao D & Tano Y (2011).** Influence of onion planting date on *Helicoverpa armigera* (Hübner.) larvae population in northern Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences* **46**: 3113-3119.
- Sultana RS, Bari MA, Rahman MH, Rahman MM, Siddique NA & Khatun N (2004).** In vitro rapid regeneration of plantlets from leaf explant of watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb). *Biotechnology* **3** (2): 131-135.
- Svecnjak Z, Varga B & Butorac J (2006).** Yield components of apical and subapical ear contributing to the grain yield responses of prolific maize at high and low plant populations. *Journal of Agronomy and Crop Science* **192**: 37-42.
- Taffouo VD, Braconnier S, Kenn M, Din N, Priso JR, Djotie NL & Amoudou A (2007).** Physiological and agronomical characteristics in *Citrullus lanatus* (Thunberg.) Mansfeld, *Cucurbita moschata* (Duchesne ex Lam.) and *Lagenaria siceraria* (Molina.) standl under salt stress. *African Crop Science Society* **8**: 489-494.
- Taha EKA & Bayoumi YA (2009).** The value of honey bees (*Apis mellifera* L.) as pollinators of summer seed watermelon (*Citrullus lanatus colothyntoides* L.) in Egypt. *Acta Biologica Szegediensis* **53** (1): 33-37.
- Tariful MI, Emran AK & Gaffer MA (1998).** Influence of crop density and frequency on crop growth and grain yield in wheat. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* **21** (2): 123-128.

- Terry ER & Stall WM (1992).** Smooth amaranth interference in muskmelon. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* **105**: 319-321.
- Terry ER, Stall WM, Shilling DG, Bewick TA & Kostewitz SR (1997).** Smooth amaranth interference with watermelon and muskmelon production. *Hortscience* **32** (4): 630-632.
- Texier C, Vaudelet JC & Rousseau (1997).** Les porcheries sur litière accumulée : température, composition et volume des litières observés dans dix élevages. *Journées de la Recherche Porcine en France* **29**: 305-310.
- Thanos CA & Mitrakos K (1992).** Watermelon seed germination. Effects of light, temperature and osmotica. *Seed Science Research* **2**: 155-162.
- Thi HL, Lan PTP, Chin DV & Kato-Noguchi H (2008).** Allelopathic potential of cucumber (*Cucumis sativus*) on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Biology and Management* **8**: 129-132.
- Tiamiyu SA, Akintola JO & Rahji MAY (2009).** Technology adoption and productivity difference among growers of new rice for Africa in savanna zone of Nigeria. *Tropicultura* **27** (4): 193-197.
- Tittonell P, Shepherd KD, Vanlauwe B & Gillerc KE (2008).** Unravelling the effects of soil and crop management on maize productivity in smallholder agricultural systems of western Kenya. An application of classification and regression tree analysis. *Agriculture Ecosystems and Environment* **123** (1): 137-150.
- Troiani RM, Sanchez TM, Reinaudi NB & Ferramola LA (2004).** Optimal sowing dates of three species of grain-bearing amaranth in the semi-arid Argentine Pampa. *Spanish Journal of Agricultural Research* **2** (3): 385-391.
- Vallat A, Gu H & Dorn S (2005).** How rainfall, relative humidity and temperature influence volatile emissions from apple trees in situ. *Phytochemistry* **66** (13): 1540-1550.
- Van der vossen HAM, Denton OA & El Tahir IM (2004)** *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai. In: Grubben GJH & Denton OA (Eds). (Internet) Record from Protabase. PROTA (Plant Resources of tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. <<http://database.prota.org/search.htm/>>. consulté le 15 mars 2010.

- Van Epenhuijsen CW (1974).** *Growing natives vegetables in Nigeria*. Rome: FAO; 113 pages.
- Wang YJ, Xie ZK & Li FM (2004).** The effect of supplemental irrigation on watermelon (*Citrullus lanatus*) production in gravel and sand mulched fields in the Loess Plateau of northwest China. *Agricultural Water Management* **69**: 29-41.
- Wasylikowa K & Van der veen M (2004).** An archaeobotanical contribution to the history of watermelon, *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai (syn. *C. vulgaris* Schrad.). *Vegetation History Archaeobotany* **13**: 213-217.
- Wayadande A, Bruton B, Fletcher J, Pair S & Mitchell F (2005).** Retention of cucurbit yellow vine disease bacterium *Serratia marcescens* through transstadial molt of vector *Anasa tristis* (Hemiptera: Coreidae). *Annals of the Entomological Society of America* **98** (6): 770-774.
- Weiner J, Griepentrog HW & Kristensken L (2001).** Suppression of weeds by spring wheat *Triticum aestivum* increases with crop density and spatial uniformity. *Journal of Applied Ecology* **38**: 784-790.
- Wiatrak P & Chen G (2011).** Influence of seeding rate on seed density in soybean planting system for southeastern coastal plains. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* **6** (1): 180-184.
- Williams MM (2006).** Planting date influences critical period of weed control in sweet corn. *Weed Science* **54**: 928-933.
- Workayehu T, Mazengia W & Legesse H (2011).** Growth habit, plant density and weed control on weed and root yield of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) Areka, Southern Ethiopia. *Journal of Horticulture and Forestry* **3** (8): 251-258.
- Yamamura K (1999).** Relation between plant density and arthropod density in cabbage fields. *Researches on population Ecology* **41**: 177-182.
- Yao-kouamé A & Allou KR (2008).** Propriétés du sol et domestication de *Lippia multiflora* (verbenaceae) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* **1**: 97-107.
- Yau EW, Rosnah S, Noraziah M, Chin NL & Osman H (2010).** Physico-chemical compositions of the red seedless watermelons (*Citrullus lanatus*). *International Food Research Journal* **17**: 327-334.

- Yoldas F & Esiyok D (2007).** Effects of sowing dates and cultural treatments on growth, quality and yield of processing beans. *Pakistan Journal of Biological Sciences* **10**: 2470-2474.
- Yongan C, Bingkui Z, Enhui Z & Zunlian Z (2002).** Control of sex expression in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). *Cucurbit Genetics Cooper Report* **25**: 51-53.
- Zerner MC, Gill GS & Vandeleur RK (2008).** Effect of height on the competitive ability of wheat with oats. *Agronomy Journal* **100** (6): 1729-1734.
- Zhang J, Lui Q, Xu M & Zhao B (2012).** Effects of soil properties and agronomic practices on wheat yield variability in fengqiu county of north china plain. *African Journal of Agricultural Research* **7** (11): 1650-1658.
- Zhang QY, Gao QL, Herbert SJ, Li YS & Hashemi AM (2010).** Influence of sowing date on phenological stages, seed growth and marketable yield of four vegetable soybean cultivars in North-eastern USA. *African Journal of Agricultural Research* **5** (18): 2556-2562.
- Zoro Bi IA, Djé Y, Koffi KK, Djé Y, Malice M & Baudoin JP (2006).** Indigenous cucurbits of Côte d'Ivoire: a review of their genetic resources. *Sciences et Nature* **3** (1): 1-9.
- Zoro Bi IA, Koffi KK & Djé Y (2003).** Caractérisation botanique et agronomique de trois espèces de cucurbitacées consommées en sauce en Afrique de l'ouest: *Citrullus sp.*, *Cucumeropsis mannii* Naudin et *Lagenaria siceraria* (Molina.) Standl. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* **7**: 189-199.
- Zoro Bi IA & Kouakou KL (2004).** Etude de la filière rotin dans le district d'Abidjan (Sud, Côte d'Ivoire). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* **8**: 199-209.
- Zougmore R, Zida Z & Kambou NF (2003).** Role of nutrient amendments in the success of half-moon soil and water conservation practice in semi-arid Burkina Faso. *Soil and Tillage research* **71**: 143-149.

---

---

# **Annexes**

---

---

**Annexe 1.** Nombre de paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de *C. lanatus* ayant les valeurs élevées en fonction des fréquences d'applications de l'insecticide au cours de la première saison de culture

Fréquences d'applications de l'insecticide	Nombre de paramètres ayant les valeurs élevées
I0	2
I1	2
I2	6
I3	8
I4	7

**Annexe 2.** Nombre de paramètres agronomiques de la forme oléagineuse de *C. lanatus* ayant les valeurs élevées en fonction des fréquences d'applications de l'insecticide au cours de la deuxième saison de culture

Fréquences d'applications de l'insecticide	Nombre de paramètres ayant les valeurs élevées
I0	3
I1	3
I2	3
I3	5
I4	8

**PUBLICATIONS ISSUES DE LA THESE**

Journal : Sciences & Nature Vol. 8 N°1: 53 - 62 (2011)

Titre de l'article : Effects of the numbers of foliar insecticide applications on the production of the oilseed watermelon *Citrullus lanatus*

Auteurs : Bi B. N. GORÉ, Jean-Pierre BAUDOIN, Bi I. A. ZORO

## Effects of the numbers of foliar insecticide applications on the production of the oilseed watermelon *Citrullus lanatus*

Boh N. GORÉ BI<sup>1</sup>, Jean-Pierre BAUDOIN<sup>2</sup> & Irié A. ZORO BI<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Université d'Abobo-Adjamé, UFR des Sciences de la Nature 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Unité de Phytotechnie Tropicale et d'Horticulture. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. Passage des Déportés, 2. B-5030 Gembloux, Belgique .

\* Corresponding author (E-mail: zorobi@uabobo.ci)

Received 08-06-2010, accepted 20-01-2011.

---

### Abstract

*Citrullus lanatus* is a creeping annual vine species belong to Cucurbitaceae. This plant is cultivated for its oleaginous seeds that are important in the social and cultural life of several peoples in Africa. Thus to improve its production field studies were conducted during two cropping seasons of 2007 to define an economically beneficial foliar insecticide application frequency to manage insect pests on the oleaginous *C. lanatus* in a woodland savannah zone of Côte d'Ivoire. Zero (control) to four sprays of a foliar cypermethrine-based insecticide (Cypercal EC 50) were applied at four plant growth stages (seedling emergence, stem creeping, male flowering, and female flowering) in a completely randomised block design experiment. Four beetles and one ladybird species were identified as the most damaging insect pests on the target crop. Seed yield and most of the yield components analyzed increased with increasing number of sprays, the highest values being obtained with 3-4 sprays, according to the growing season. Between seasons variations were noted for the seed yield and all the yield components, and attributed to the negative influence of low temperature and heavy rainfalls occurring during the second growing season (18 July to 16 December 2007).

**Keywords.** Foliar insecticide, Cypermethrine, *Citrullus lanatus*, Cucurbitaceae, Yield, pest insects, beetles, ladybird.

### Résumé

*Influence du nombre d'application d'insecticide foliaire sur la production de la cucurbité à graines oléagineuse Citrullus lanatus*

*Citrullus lanatus* est une plante rampante appartenant à la famille des cucurbitacées. Cette plante est cultivée pour ses graines oléagineuses qui jouent un rôle important dans la vie socio-culturelle de plusieurs peuples en Afrique. Ainsi, pour améliorer sa production les travaux de terrain ont été menés en 2007 au cours de deux saisons de cultures dans la région savanicole de la Côte d'Ivoire. L'objectif de cette étude était de déterminer la fréquence d'application d'insecticide économiquement avantageux pour les paysans, afin de contrôler les insectes ravageurs de *C. lanatus* à graines oléagineuse. Zéro (Témoin) à quatre pulvérisations d'insecticides foliaires à base de Cyperméthrine (Cypercal CE 50) ont été appliqués à quatre stades phénologiques des plantes (levée des plantules, tige rampante, floraison mâle et floraison femelle) dans un dispositif à bloc complètement aléatoire. Quatre coléoptères et une coccinelle ont été identifiés comme étant les principaux insectes ravageurs de cette culture. Le rendement et la plupart des composantes du rendement analysés augmentent avec la fréquence d'application d'insecticide. En effet, les valeurs les plus élevées de ces paramètres testés sont obtenues avec trois ou quatre pulvérisations, selon la saison de culture. Par ailleurs, cette différence observée est attribuée à l'influence négative de la basse température et aux fortes pluies survenues au cours de la deuxième saison de culture (18 Juillet to 16 Décembre 2007).

**Mots-clés.** Insecticide foliaire, Cyperméthrine, *Citrullus lanatus*, Cucurbitaceae, Rendement, Insectes nuisibles, Coleoptères, coccinelle.

---

## 1. Introduction

The current agronomical challenge of many developing countries is to ensure the food security for their increasing population (Kishindo, 1996; Rempel, 1998). Although agriculture employs over 85% of the population in these countries (Rena, 2007), the sector has never reached a sufficient level of productivity, to resolve the problems of famine.

Côte d'Ivoire, like numerous Sub-Saharan countries, holds remarkable plant genetic resources that remain unexploited in agriculture. Agronomic researches conducted in the past had neglected subsistence crops, as compared to cash crops. Among the subsistence crops from Côte d'Ivoire, five edible oilseed cucurbit species are cultivated mainly for their oleaginous seeds. These seeds are important in the social and cultural life of several people (Badifu, 1991; Zoro Bi et al., 2003). *Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum. & Nakai is one of the most widely distributed and consumed at both rural and urban levels in Sub-Saharan Africa (Zoro Bi et al., 2005; Achigan-Dako et al., 2006).

*C. lanatus* is a creeping annual vine species, with leaves deeply divided into 5-7 more or less subdivided lobes. The plant bears both male and female flowers. The male flowering period begins about 4 weeks after sowing and then followed by female flowers ten days later (Zoro Bi et al., 2003; Achigan-Dako et al., 2006). The flowers open shortly after sunrise and remain open only one day. The pollen is usually released before the flower opens but stays on the anthers in sticky masses. Their transfer to the stigma of the female flowers is assured by the pollinators. Those insects are essential to the production of seeds and fruits of monoecious species (Laghetta & Hammer, 2007). The species produces fruits containing edible seeds rich in lipids and proteins (Loukou et al., 2007). The seeds are sold on the urban markets at a price almost three and seven times higher than cocoa and coffee, respectively (Zoro Bi et al., 2003).

In spite of the economic, social and nutritional roles of this species, its production in Côte d'Ivoire is conducted only by women through the traditional cropping systems, on small plots. In several agro-systems of Côte d'Ivoire, *C. lanatus* cultivation undergoes important yield losses, due to its susceptibility to the competition with weeds and pest insects' feeding injury. One of the most

serious problems encountered by farmers in the production of *C. lanatus* is the damage caused by the insects, resulting in a drastic decline of the annual production (Foster & Brust, 1995; Russo et al., 1997; Edelson et al., 2002; Edelson et al., 2003). Some insects play a beneficial role in plant production. Thus *C. lanatus* depends on the honeybee, *Apis mellifera* L., as the main pollinator (Sampson & Cane, 2000; Gusmini, 2003; Taha & Bayoumi, 2009). *Xylocopa* bees, *Halictid* bees, *Hypotrigona* bees, bumble bees, flies and beetles were also identified as pollen vectors of *C. lanatus* (Andrews et al., 2007; Nicodemo et al., 2009). Beside these useful insects, numerous other species damage the plant, thus reducing sometimes the yield over 80% (Fomekong et al., 2008). According to him, about 36 families of insects visit cucurbits throughout the growing period. Striped cucumber beetle (*Acalymma vittatum* Fabricius) and spotted cucumber beetle (*Diabrotica undecimpunctat howardi* Barber) destroy stems, leaves and cotyledons of young plants in *Cucurbita pepo* L and *Cucurbita maxima* (Duchesne) in Cameroun. Cucumber beetles are also vectors which predispose plants to several diseases (Hoffmann et al., 2000). Squash bugs (*Anasa tristis* DeGeer) fed on *C. lanatus* until plants death (Edelson et al., 2003; Pair et al., 2004). The thrips feeding on the immature cucumber fruits can result in their malformation (Shipp et al., 2000). It is also reported that aphids are capable of transmitting virus (Rubio et al., 2003) and bacterium (Bextine et al., 2001; Pair et al., 2004) to the cucurbit plants.

In tropical regions where the climatic conditions favour insects proliferation, it is difficult to maximize plant production without applying reliable control methods (insecticide application) (Sibanda et al., 2000; Ajeigbe & Singh, 2006; Mendesil et al., 2007). Thereby, farmers use some cultural control methods (sowing dates, cultural association) and occasionally plant-based pesticides (Peveling & Ely, 2006), but the pest control is predominantly carried out through the use of insecticide (Sibanda et al., 2000).

Numerous studies have been conducted to determine sustainable methods of insecticide applications on cucurbits but divergent results are sometimes reported. To date, from experiments conducted at the Oklahoma Vegetable Research Station (USA), Damicone et al. (2007) suggested two sprays of permethrin to control squash bugs on pumpkin. In two Texas

counties (Cameron and Hidalgo) a mean of 4 or 5 sprays are applied to protect cucurbits from pest insects' damage (Barrientos & Anciso, 1996). In Namibia (Eastern Africa), Maggs-kölling & Christiansen (2003) controlled aphids and cucurbit bugs on watermelon applying one spray of the insecticide Namrod. Thus, the insecticide application frequency depends on the type of insecticide used, the plant species treated, the application method, and the geographical regions. Furthermore, it appears that assessing the actual influence of a given pesticide on the productivity of any crop requires genotype and site-specific trials. The purpose of the present study was to define an economically beneficial insecticide application frequency to manage pest insects in the oleaginous *C. lanatus* in a woodland savannah zone of the centre of Côte d'Ivoire. The responses of 7 yield components were analyzed in addition to the seed yield, since such an approach provides comprehensive data that are useful for management decisions (Echarte *et al.*, 2000).

## 2. Material and methods

### 2.1. Study site

On farm experiments were conducted in 2007 in the village of Manfla (latitude 6°49'34.38" N and

longitude 5°43'47.68" W) 400 km north Abidjan (Côte d'Ivoire). There are two rainy seasons separated by a short dry period (July-August) and a long dry season (December-February) at the target site. Annual rainfall varies from 800 to 1400 mm with a mean of 1200 mm, and the annual mean temperature is 27°C. The climatic parameters (temperature, rainfall, and humidity) measured during the period of the trials are showed in the Table 1. The vegetation is a woodland savannah. The study site is a natural fallow plot with vegetation mainly composed of *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & Robins and *Panicum maximum* Jacq. In the study area, the oilseed *C. lanatus* is usually produced during two cropping seasons in a year. In the first cropping season corresponding to the long rainy season, planting and harvest took place in March and July, respectively. The second cropping season corresponds to the short rainy season; here, seeds are sown in July-August and harvested in November-December. Two experiments were conducted in 2007, with one trial per cropping season. Sowings were done after rainy day. This corresponded to 17 March, and 18 July for the first (Season 1) and the second (Season 2) trials, respectively. Harvests took place 22 July and 16 December 2007 for the trials in Season 1 and Season 2, respectively.

**Table 1.** Climatic data of the study site during the experimental periods

Seasons	Climatic parameters					
	Temperature (°C)		Rainfalls (mm)		Relative humidity (%)	
	Total	Mean <sup>a</sup>	Total	Mean	Total	Mean
Season 1	165.1	27.52	327.62	54.60	-	69.93
Season 2	153.90	25.65	565.21	94.20	-	82.07

<sup>a</sup>Monthly mean – Moyennes mensuelles.

### 2.2. Plant material and experimental design

The material was obtained from the cucurbit germplasm of the University of Abobo-Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire). We selected a medium seed size cultivar (NI119) of the indigenous oilseed *C. lanatus* widely cultivated in Côte d'Ivoire. Planting was done according to a completely randomised block design, with three replications. Each plot was 16 m x 20 m and

received 30 holes at a depth of 3 cm, arranged in 6 rows each with 5 holes sown at spacing of 4 m apart, of between and within rows.

To ensure proper stand, five seeds per hole were sown directly and thinned to one plant per hole at the two-leaf stage. Finally 30 plants per treatment and 450 plants in total (control included) were studied. The plots were weeded weekly with a hoe to avoid interaction with weeds. Any fertilizer or irrigation was applied during the trials.

The insecticide used in the study is the foliar cypermethrine-based insecticide (Cypercal EC 50; Callivoir, Abidjan, Côte d'Ivoire). This insecticide acts as a contact poison and had a broad spectrum action. The doses were prepared following prescriptions from the manufacturer (8% v: v). However, the quantities applied per unit area were adjusted according to four phenological stage: a) 31.25 l ha<sup>-1</sup> in seedling emergence; b) 41.56 l ha<sup>-1</sup> in stem creeping; c) 125 l ha<sup>-1</sup> in male flowering and d) 125 l ha<sup>-1</sup> in female flowering.

Four treatments (corresponding to the insecticide applications frequencies) and a control (any insecticide application) were tested. In the first treatment (one spray), the plants received the insecticide only in stage a; in the second treatment (two sprays), the plants received at once the insecticide in the stage a and the stage b (stem creeping); in the third treatment (three sprays) the insecticide was brought in the stages a, b and c (male flowering) and in the fourth treatment (four sprays) the stage d (female flowering) was added to the three previous others

stages. The application of the insecticide was made manually (Osatu Star 12 Green; www.goizper.com) when 50% of the plants in each plot reach the corresponding phenological stage (Achigan-Dako *et al.*, 2006).

Insecticide applications were stopped at 50% female flowering in order to prevent elimination of pollinators (Kevan, 1999; Palumbo *et al.*, 2001; Sharma & Abrol, 2005). The dates of spray applications and the insecticide doses used are indicated in Table 2.

To identify damaging insects of the plants, we set 10 traps in each plot. The flying (sweep nets) and soil (yellow plates) insect traps were installed just after each insecticide application during both cropping seasons. The both insects were collected separately in the trap twice between two applications (when 25% and 50% plants in each plot reach the corresponding phenological stages). At the end of the experiment all insects collected were recorded and sent to the laboratory of Entomology of UAA for identification.

**Table 2.** Details of the treatments in relation with plant growth stage

Plant growth stage	Insecticide dose (l ha <sup>-1</sup> )	Date of spray application	
		Season 1	Season 2
50% emergence	31,25	29 March	27 July
50% stem crept	41,56	12 April	9 August
50% male flowering	125	22 April	28 August
50% female flowering	125	27 May	13 September

### 2.3. Data collection and statistical analysis

Yield (seeds dry weight ha<sup>-1</sup>) and 7 agronomical traits identified as yield components in indigenous cucurbits (Kofû *et al.*, 2009) were selected. These yield component concerned: 1) plant survival ratio (%) calculated for each treatment as the percent of plants reaching maturity; 2) plant length (measured on main stem from the basis to plant extremity); 3) fruits number per plant scored at maturity on each individual plant per treatment; 4) fruits weight; 5) seeds number per fruit; 6) seeds weight per fruit; 7) 100-seeds weight per fruit. Seeds were weighted at 5% moisture content.

Data were transformed (when appropriate) to

achieve homogeneity of variance, using log(x+1) or arcsine for plant survival ratio (Dagnelie, 1998). For each parameter examined, one way analysis of variance was performed using the SAS statistical package (SAS, 2004). In case of a significant difference the Least Significant Difference (LSD) multiple range-tests were used to identify the means which differ (Dagnelie, 1998).

### 3. Results

Through both seasons, we recorded the same insect species but more damage occur in the second cropping season. Few insects were

collected on the plots that were more frequently sprayed with insecticide as compared to the others. Most insects feeding injuries were observed on seedling, leaves, flowers, and fruits, in the untreated plots or when the insecticide applications stopped (50% seedling, 50% stem creeping) (Figure 1). The main damaging insects were represented by five species, including four beetles and one ladybird. The beetles include *Asbecesta cyanipennis* Harold, *Lilioceris livida* Dalman, *Aulacophora africana* Weise, and *Lamprocopa occidentalis* Weise (Coleoptera: Chrysomelidae) representing on average 40%, 28%, 19%, and 11%, of the insect pest collected, respectively. The damaging ladybird observed was *Henosepilachna elaterii* Rossi (Coleoptera: Coccinellidae), representing 2% of insect pests.

All the parameters measured except plant survival ratio (%), and plant length were significantly ( $P < 0.001$ ) influenced by the frequency of insecticide application during the first growing season (Table 3). The highest values of seeds yield (t ha<sup>-1</sup>) and number of fruits per plant were obtained in the plots sprayed three times.

No significant difference in mean fruit weight was observed between three and four sprays treatment. The three parameters related to the seeds (seeds number per fruit, seeds weight per fruit and 100-seeds weight) had the highest values in plots treated two times.

In the second growing season, three traits (plant length, fruits number per plant and 100-seeds weight) were not significantly influenced by the frequency of insecticide application ( $P > 0.05$ ). Highly significant ( $P < 0.001$ ) differences were found between the five insecticide treatments for the seven remaining traits (Table 4). Only the plots sprayed four times were characterized by the highest mean values of seed yield (t ha<sup>-1</sup>) and the three yield components related to the seeds.

To assess the results in relation to climatic parameters, means were calculated for each cropping season, regardless of the frequency of insecticide applications (Table 5). As indicated in Table 5, the highest values of seeds yield and all the yield components analyzed were obtained only in the first cropping season.

**Table 3.** Yield and yield components as affected by the frequency of insecticide application in the indigenous oilseed watermelon during the first growing season

Parameters	Untreated control	insecticide application <sup>a</sup>				ANOVA results	
		One spray	Two sprays	Three sprays	Four sprays	F	P
Yield (t ha <sup>-1</sup> )	0.32±0.03 <sup>c</sup>	0.40±0.10 <sup>b</sup>	0.55±0.20 <sup>ab</sup>	0.76±0.13 <sup>a</sup>	0.55±0.15 <sup>ab</sup>	4.85	0.019
Plant survival ratio (%)	93.33±11.55 <sup>a</sup>	96.67±11.55 <sup>a</sup>	100.00±0.00 <sup>a</sup>	97.78±3.85 <sup>b</sup>	100.00±0.00 <sup>a</sup>	0.53	0.651
Plant length (m)	3.96±1.10 <sup>a</sup>	3.86±1.15 <sup>a</sup>	4.31±0.98 <sup>a</sup>	4.34±0.89 <sup>a</sup>	4.32±1.15 <sup>a</sup>	2.06	0.087
Fruits number plant <sup>-1</sup>	5.36±2.47 <sup>c</sup>	6.44±3.31 <sup>bc</sup>	6.05±2.83 <sup>bc</sup>	8.56±3.79 <sup>a</sup>	6.77±3.81 <sup>b</sup>	5.56	0.002
Fruit weight (g)	777.29±83.12 <sup>d</sup>	994.39±528.58 <sup>c</sup>	1107.08±537.80 <sup>b</sup>	1293.30±469.54 <sup>a</sup>	1342.93±372.89 <sup>a</sup>	78.43	<0.001
Seeds number fruit <sup>-1</sup>	253.02±205.04 <sup>c</sup>	305.77±211.86 <sup>b</sup>	403.44±200.48 <sup>a</sup>	388.20±177.49 <sup>a</sup>	407.95±161.49 <sup>a</sup>	35.67	<0.001
Seeds weight fruit <sup>-1</sup> (g)	15.42±13.73 <sup>c</sup>	18.09±13.88 <sup>b</sup>	25.48±13.58 <sup>a</sup>	23.90±10.89 <sup>a</sup>	24.33±10.00 <sup>a</sup>	32.83	<0.001
100-seeds weight (g)	5.86±1.33 <sup>a</sup>	5.57±1.19 <sup>b</sup>	6.05±1.27 <sup>ab</sup>	6.19±1.24 <sup>a</sup>	6.07±1.11 <sup>a</sup>	12.55	<0.001

<sup>a</sup>Mean values within rows by parameter followed by the same superscripted letter were not significantly different at  $P = 0.05$  level, on the basis of the Least Significant Difference (LSD) test



**Figure 1.** Insect pests damages on seedling (A) adult plant (B) flower (C) and fruit (D) of the oilseed *Citrullus lanatus*

**Table 4.** Yield and yield components as affected by the frequency of insecticide application in the indigenous oilseed watermelon during the second growing season

Parameters	Insecticide application <sup>a</sup>					ANOVA results	
	Untreated control	One spray	Two sprays	Three sprays	Four sprays	F	P
Yield (t ha <sup>-1</sup> )	0.10±0.05 <sup>b</sup>	0.12±0.04 <sup>b</sup>	0.15±0.06 <sup>b</sup>	0.22±0.03 <sup>ab</sup>	0.278±0.042 <sup>a</sup>	7.32	0.005
Plant survival ratio (%)	40.00±8.82 <sup>c</sup>	61.11±11.71 <sup>b</sup>	68.89±17.10 <sup>b</sup>	88.89±3.85 <sup>a</sup>	94.44±5.09 <sup>a</sup>	13.22	0.001
Plant length (m)	3.42±0.83 <sup>a</sup>	3.10±0.69 <sup>a</sup>	3.16±0.73 <sup>a</sup>	3.27±0.80 <sup>a</sup>	3.445±0.817 <sup>a</sup>	1.72	0.146
Fruits number plant <sup>-1</sup>	5.07±2.41 <sup>a</sup>	3.74±2.07 <sup>a</sup>	4.13±2.55 <sup>a</sup>	4.07±1.94 <sup>a</sup>	4.483±1.853 <sup>a</sup>	1.87	0.117
Fruit weight (g)	801.57±371.64 <sup>b</sup>	679.21±339.01 <sup>c</sup>	752.39±360.24 <sup>bc</sup>	796.08±345.23 <sup>bc</sup>	912.241±449.098 <sup>a</sup>	11.77	<0.001
Seeds number fruit <sup>-1</sup>	240.19±168.52 <sup>c</sup>	249.15±152.67 <sup>c</sup>	259.19±17.30 <sup>c</sup>	301.27±157.99 <sup>b</sup>	334.872±188.723 <sup>a</sup>	12.64	<0.001
Seeds weight fruit <sup>-1</sup> (g)	13.58±10.17 <sup>c</sup>	13.71±9.28 <sup>c</sup>	14.51±9.80 <sup>c</sup>	16.45±9.20 <sup>b</sup>	18.924±11.820 <sup>a</sup>	11.58	<0.001
100-seeds weight (g)	5.57±1.08 <sup>a</sup>	5.41±0.95 <sup>a</sup>	5.60±1.00 <sup>a</sup>	5.45±0.98 <sup>a</sup>	5.62±1.05 <sup>a</sup>	1.19	0.108

<sup>a</sup>Mean values within rows by parameter followed by the same superscripted letter were not significantly different at P = 0.05 level, on the basis of the Least Significant Difference (LSD) test

**Table 5.** Yield and yield components as affected by the growing seasons in the indigenous oilseed watermelon

Parameters <sup>a</sup>	Season 1 <sup>b</sup>	Season 2	ANOVA results	
			P	F
Yield (t ha <sup>-1</sup> )	0.54±0.20 <sup>a</sup>	0.17±0.08 <sup>b</sup>	77.04	<0.001
Plant survival ratio (%)	97.56±5.70 <sup>a</sup>	70.67±22.19 <sup>b</sup>	74.32	<0.001
Plant length (m)	4.16±1.08 <sup>a</sup>	3.28±0.78 <sup>b</sup>	104.58	<0.001
Fruits number plant <sup>-1</sup>	6.64±3.43 <sup>a</sup>	4.25±2.15 <sup>b</sup>	85.54	<0.001
Fruit weight (g)	1132.83±516.61 <sup>a</sup>	804.26±389.55 <sup>b</sup>	337.40	<0.001
Seeds number fruit <sup>-1</sup>	364.83±196.44 <sup>a</sup>	287.52±174.57 <sup>b</sup>	112.87	<0.001
Seeds weight fruit <sup>-1</sup> (g)	22.21±12.68 <sup>a</sup>	16.02±10.43 <sup>b</sup>	182.97	<0.001
100-seeds weight (g)	5.98±1.24 <sup>a</sup>	5.53±1.02 <sup>b</sup>	98.93	<0.001

<sup>a</sup>Means per growing season were calculated independently of the frequency of insecticide application .

<sup>b</sup>Mean values within rows by parameter followed by the same superscripted letter were not significantly different at P = 0.05 level, on the basis of the Least Significant Difference (LSD) test .

#### 4. Discussion

Production inputs such as soil tilth and fertility, weed, plant pathogen, and pests management play major roles in determining the long-term suitability of production practices of any crop (Bruinsma *et al.*, 1983). The type and application method of pesticides are reported to be one of the most important production inputs affecting both yield amount and quality of several crops (Ignacimuthu & Jayaraj, 2003; Oerke & Dehne, 2004).

Since only the open pollinated cucurbit landraces are cultivated in Sub-Saharan Africa, the research of pests control strategies economically suitable and preventing the elimination of beneficial organisms (pest predators, pollinators, etc.) are prerequisites to enhance production.

On-farm monitoring of pest insect populations and the evaluation of their feeding injury as affected by frequency of the insecticide applications showed that leaf beetles are the most damaging in the oilseed *C. lanatus*. Indeed, significantly low values of yield and yield components were recorded in the control plots (without any chemical treatment), mainly due to four beetles and a ladybug. Striped cucumber beetle (*Acalymma vittatum*), spotted cucumber beetle (*Diabrotica undecimpunctat howardi*) and squash bugs (*Anasa tristis*) are reported to be the most serious pests on cucurbits in many production areas (Foster & Brust, 1995; Hoffmann

*et al.*, 2000; Edelson *et al.*, 2003; Pair *et al.*, 2004). All the insects identified except *Lamprocopa occidentalis* are cucurbit-host-specific pests; the latter being also known to feed on rice in the study zone (Heinrichs & Barrion, 2004).

Results from this study indicated that seed yield and most of the yield components increased with an increasing number of sprays. Such a result could result from a better protection, allowing a better growth and development of *C. lanatus*. But, to our knowledge, there is no study addressing sustainable insecticide applications on cucurbits in the Sub-Saharan Africa, so it is difficult to relate our results to similar studies. Nevertheless, our results contrasted with those reported by Foster *et al.* (1995) from investigations carried out in Indiana (USA) using the dessert *C. lanatus*. Indeed, these found a significant negative correlation between the yield components and the number of sprays ( $R^2 e \gg 0.05$ ), suggesting that the yield decrease when the number of the insecticide application increase. This result has been attributed to the phytotoxicity and death or repulsion of pollinator insects, as Gusmini (2003) works concluded an appropriate population size of foraging insect (mainly bees) are required for ovule fertilization, and consequently for fruit set in watermelon. In our experiments, stopping the insecticide application at the female flower stage avoids killing the pollinators (Kevan, 1999; Palumbo *et al.*, 2001; Sharma & Abrol, 2005), and consequently prevent the yield from a decreasing.

The lowest yield observed in the season 2 could be attributed to the low temperature and the high amount of rainfalls during this period. Numerous authors reported that the foraging activity of bees that are the main pollinators of watermelon is reported to be negatively influenced by low temperature (Bacci *et al.*, 2006). In addition, rainfalls generally reduce the remanance of the contact pesticides. This is particularly frequent for the cypermethrine-based pesticides considered as highly toxic (Deparis, 2001) but easily leached by heavy rainfalls (Vallat *et al.*, 2005; Rose *et al.*, 2006). In this condition more plants could be damaged by the pest insects. The amount and distribution of rainfalls reported throughout the second growing season could also cause a high rate of flower drops. Such observations have been made on watermelon (Wang *et al.*, 2004) and cucumber (Bacci *et al.*, 2006). The total rainfall recorded 565 mm during the second season could have decreased the plant production, since watermelon is reported to be a low water requirement species (Wang *et al.*, 2004; Xie *et al.*, 2006). In China, the work of Xie et al. (2006) on supplemental drip irrigation of watermelon, showed that when a rainfall of 233 mm is suitably distributed throughout the growing period, a supplemental irrigation was not needed for watermelon production.

## 5. Conclusion

The use of the foliar cypermethrine-based insecticide (Cypercal EC 50) to control insect pests on the indigenous watermelon *Citrullus lanatus* was benefit. Since during both cropping seasons three or four applications increased yield and its components. Therefore, when rainfall and temperature are suitable in the target zone, we suggest three sprays (at seedling emergence, stem creeping, and male flower stage).

## Acknowledgements

This research was financed by the Direction General de la Cooperation au Développement (DGCD, Brussels, Belgium) and supervised by the Comité Universitaire pour le Développement (CUD, Brussels, Belgium). A scholarship to the first author was provided by the Scientific Research and High Education Ministry of the Côte d'Ivoire.

## Bibliography

- Achigan-Dako G.E., Fanou F., Kouke A., Avohou A., Vodouhe R.S., & Ahanchede A., 2006. Evaluation agronomique de trois espèces de Egusi (*Cucurbitaceae*) utilisées dans l'alimentation au Bénin et élaboration d'un modèle de prédiction du rendement. *Biotechnol Agron Soc Environ* **10** (2): 121-129.
- Ajeigbe H.A., & Singh B.B., 2006. Integrated pest management in cowpea: effect of time and frequency of insecticide application on productivity. *Crop Prot* **25** : 920-925.
- Andrews E.S., Theis N., & Adler L.S., 2007. Pollinator and herbivore attraction to cucurbita floral volatiles. *J Chem Ecol* **33**: 1682-1691.
- Bacci L., Picanço M.C., Gonringa A.H.R., Guedes R.N.C., & Crespo A.L.B., 2006. Critical yield components and key loss factors of tropical cucumber crops. *Crop Prot* **25**: 1117-1125.
- Badifu G.I.O., 1991. Unsaponifiable matter in oils from some species of *Cucurbitaceae*. *J Food Compos Anal* **4**: 360-365.
- Barrientos T., & Anciso J.R., 1996. Perceptions of integrated pest management practices for cucurbit pests by south texas growers. *Subtrop Plant Sci* **48**: 19-21.
- Bextine B., Wayadande A., Bruton B.D., Pair S.D., Mitchell F., & Fletcher J., 2001. Effect of insect exclusion on the incidence of yellow vine disease and of the associated bacterium in squash. *Plant Dis* **85**: 875-878.
- Bruinsma J., Hrabovszky J., Alexandratos N., & Petri P., 1983. Crop production and input requirements in developing countries. *Eur Rev Agric Econ* **10** (3): 197-222.
- Dagnelie P., 1998. *Statistique théorique et appliquée (Tome 2)*. Bruxelles (Belgique): De Boeck and Larcier s.a.; 659 p.
- Damicone J.P., Edelson J.V., Sherwood J.L., Myers L.D., & Motes J.E., 2007. Effects of border crops and intercrops on control of cucurbit virus diseases. *Plant Dis* **91**: 509-516.
- Deparis X., 2001. Synthèse du symposium Insecticides et lutte antipaludique. *Méd Trop* **61**: 537-539.

- Echarte L., Luque S., Andrate F.H., Sadras V.O., Cirilo A., Otegui M.E., & Vega C.R.C., 2000. Response of maize kernel number to plant density in Argentinean hybrids released between 1965 and 1963. *Field Crop Res* **68**: 1-8.
- Edelson J.V., Duthie J., & Roberts B.W., 2002. Watermelon seedling growth and mortality as affected by *Anasa tristis* (Heteroptera: Coreidae). *J Econ Entomol* **95**: 595-597.
- Edelson J.V., Duthie J., & Roberts D.W., 2003. Watermelon growth, fruit yield and plant survival as affected by squash bug (Hemiptera: Coreidae) feeding. *J Econ Entomol* **96**: 64-70.
- Fomekong A., Messi J., Kekeunou S., Fohouo F.N.T.F., & Tamesse J.L., 2008. Entomofauna of cucumeropsis mannii Naudin, its impact on plant yield and some aspects of the biology of *Dacus bivitatus* (Diptera: Tephritidae). *Afr J Agric Res* **3** (5): 363-370.
- Foster R.E., & Brust G.E., 1995. Effects of insecticides applied to control cucumber beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) on watermelon yields *Crop Prot* **14**: 619-624.
- Gusmini G., 2003. *Watermelon (Citrullus lanatus) breeding handbook*. Raleigh (USA): North Carolina State University.
- Heinrichs E.A., & Barrion A.T., 2004. *Rice-feeding insects and selected natural enemies in West Africa: biology, ecology, identification*. Abidjan (Côte d'Ivoire): WARDA-The Africa Rice Center: IRRI.
- Hoffmann M.P., Ayyappath R., & Kirkwyland J.K., 2000. Yield response of pumpkin and winter squash to stimulated cucumber beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) feeding Injury. *J Econ Entomol* **93**: 136-140.
- Ignacimuthu S., & Jayaraj S., 2003. Eco-friendly approaches for sustainable insect pest management. *Curr Sci* **84** (10): 1292-1293.
- Kevan P.G., 1999. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agri Ecosyst Environ* **74** (1-3): 373-393.
- Kishindo P., 1996. Incorporating population issues in agricultural extension. *Devel South Afr* **13**: 903-909.
- Kofu K.K., Anzara G.K., Malice M., Djè Y., Bertin P., Baudoin J.P., & Zoro Bi I.A., 2009. Morphological and allozyme variation in a collection of *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. from Côte d'Ivoire. *Biotechnol Agron Soc Environ* **13** (2): 257-270.
- Laghetto G., & Hammer K., 2007. The Corsican citron melon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai subsp. *lanatus* var. *citroides* (Bailey) Mansf. ex Greb.) a traditional and neglected crop. *Genet Resour Crop Evol* **54**: 913-916.
- Loukou A.L., Gnakri D., Djè Y., Kippré A.V., Baudoin J.P., Malice M., & Zoro Bi I.A., 2007. Macronutrient composition of three cucurbit species cultivated for seed consumption in Côte d'Ivoire. *Afri J Biotechnol* **6** (5): 529-533.
- Maggs-kölling G.L., & Christiansen J.L., 2003. Variability in Namibian landraces of watermelon (*Citrullus lanatus*). *Euphytica* **132**: 251-258.
- Mendesil E., Abdeta C., Tesfaye A., Shumeta Z., & Jifar H., 2007. Farmers' perceptions and management practices of insect pests on stored sorghum in southwestern Ethiopia. *Crop Prot* **26**: 1817-1825.
- Nicodemo D., Couto R.H.N., Malheiros E.B., & Jong D.D., 2009. Honey bee as an effective pollinating agent of pumpkin. *Sci Agric* **66**: 476-480.
- Oerke E.C., & Dehne H.W., 2004. Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Prot* **23** (4): 275-285.
- Pair S.D., Bruton B.D., Mitchell F., Fletcher J., Wayadande A., & Melcher U., 2004. Overwintering squash bugs harbor and transmit the causal agent of cucurbit yellow vine disease *J Econ Entomol* **97**: 74-78.
- Palumbo J.C., Horowitz A.R., & Prabhaker N., 2001. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot* **20** (9): 739-765.
- Peveling R., & Ely S.O., 2006. Side-effects of botanical insecticides derived from Meliaceae on coccinellid predators of the date palm scale. *Crop Prot* **25**: 1253-1258.
- Rena R., 2007. Agriculture development and food

- security policy in Eritrea-an analysis. *Afr J Food Agr Nutr Devel* **7** (5): 1-15.
- Rernpel H., 1998. The interaction of non-agricultural employment, agricultural development and reduced chronic food insecurity: Sub-Saharan Africa, 1970 to 1990. *Afr Devel Rev* **10** (2): 1-26.
- Rose M.T., Sanchez-Bayo F., Crossan A.N., & Kennedy I.R., 2006. Pesticide removal from cotton farm tailwater by a pilot-scale ponded wetland. *Chemosphere* **63** (11): 1849-1858.
- Rubio L., Janssen D., Cuadrado I.M., Morenoa P., & Guerri J., 2003. Rapid detection of cucumber vein yellowing virus by tissue-print hybridisation with digoxigenin-labelled cDNA probes. *J Virol Methods* **114**: 105-107.
- Russo V.M., Russo B.M., Peters M., Perkins-Veazie P., & Cartwright B., 1997. Interaction of *Colletotrichum orbiculare* with thrips and aphid feeding on watermelon seedlings. *Crop Prot* **16** (6): 581-584.
- Sampson B.J., & Cane J.H., 2000. Pollination efficiencies of three bee (Hymenoptera: Apoidea) species visiting rabbiteye blueberry. *J Econ Entomol* **93** (6): 1726-1731
- SAS, 2004. *SAS for windows*; version 9.1. Cary (NC, USA): SAS Institute Inc.
- Sharma D., & Abrol D.P., 2005. Contact toxicity of some insecticides to honeybee *Apis mellifera* and *A. cerana* (F.). *J Asia-Pacific Entomol* **8** (1): 113-115.
- Shipp J.L., Wang K., & Binns M.R., 2000. Economic injury levels for western flower thrips (Thysanoptera:Thripidae) on greenhouse cucumber. *J Econ Entomol* **93** (6): 1732-1740.
- Sibanda T., Dobson H.M., Cooper J.F., Manyangariwa W., & Chiimba W., 2000. Pest management challenges for smallholder vegetable farmers in Zimbabwe. *Crop Prot* **19**: 807-815.
- Taha E.K.A., & Bayoumi Y.A., 2009. The value of honey bees (*Apis mellifera*,L.) as pollinators of summer seed watermelon (*Citrullus lanatus colothyntoides* L.) in Egypt. *Acta Biol Szeged* **53** (1): 33-37.
- Vallat A., Gu H., & Dorn S., 2005. How rainfall, relative humidity and temperature influence volatile emissions from apple trees in situ. *Phytochemistry* **66** (13): 1540-1550.
- Wang Y.J., Xie Z.K., & Li F.M., 2004. The effect of supplemental irrigation on watermelon (*Citrullus lanatus*) production in gravel and sand mulched fields in the loess plateau of northwest China. *Agric Water Manage* **69**: 29-41.
- Xie Z.k., Wang Y.j., Wei X.h., & Zhang Z.s., 2006. Impacts of a gravel-sand mulch and supplemental drip irrigation on watermelon (*Citrullus lanatus* [Thunb.] Mats. & Nakai) root distribution and yield. *Soil Till Res* **89** (1): 35-44.
- Zoro Bi I., Koffi K.K., Djè Y., Malice M., & Baudoin J.P., 2005. Biodiversity of cucurbits consumed as sauce thickener in Côte d'Ivoire: a capital resource for the economic prosperity of rural wo. In: Segers H., Desmet P. & Baus E. (Eds) *Tropical Biodiversity: science, data, conservation*. Brussels (Belgium): Global Biodiversity Information Facility (GBIF), pp 158-167.
- Zoro Bi I.A., Koffi K.K., & Djé Y., 2003. Caracterisation botanique et agronomique de trois espèces de curcubites consommées en sauce en Afrique de l'ouest: *Citrullus* sp., *Cucumeropsis mannii* Naudin et *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. *Biotechnol Agron Soc Environ* **7**: 189-199.

Journal : Journal of Applied Agricultural Research 2012, 4 (2)  
139-146

Titre de l'article : Effects of frequency of weeding on oilseed  
*Citrullus lanatus* production in woodland  
savanna of Côte d'Ivoire

Auteurs : Goré Bi, B. N., Koffi, K. K., I. A. Zoro Bi, J-P.  
Baudoin

EFFECTS OF FREQUENCY OF WEEDING ON OILSEED *CITRULLUS LANATUS*  
PRODUCTION IN WOODLAND SAVANNA OF CÔTE D'IVOIRE

Goré Bi, B. N.<sup>1</sup>, \*Koffi, K. K.<sup>1</sup>, J-P. Baudoin<sup>2</sup> and I. A. Zoro Bi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Nangui Abrogoua, UFR des Sciences de la Nature 02 BP 801 Abidjan 02,  
Côte d'Ivoire.

<sup>2</sup>Unité de Phytotechnie Tropicale et d'Horticulture. Faculté universitaire des Sciences  
Agronomiques de Gembloux. Passage des Déportés, 2. B-5030 Gembloux, Belgique  
\*koffikevin@yahoo.fr

---

ABSTRACT

The production of oilseed *Citrullus lanatus* is strongly influenced by the negative effects of weeds forcing farmers to spend more time weeding. In this context, field experiments were conducted during two cropping seasons at Manfla (Côte d'Ivoire) to study the response of yield and its components to weeding frequency. Two controls (no weeding and weed free) and three weeding frequency (one weeding, two weedings and three weedings) were performed according to three plant growth stages (vine creeping, male flowering and female flowering) in a completely randomised block design experiment. Statistical analysis indicated that weeding frequency influenced significantly ( $P < 0.05$ ) seed yield and most of the yield components. One and two weedings were not beneficial to increase seed yield. Maximum seed yield was obtained in both cropping seasons when weeds were removed thrice at vine creeping, male flowering and female flowering. Based on such result, three weedings were suggested to farmers of study region to enhance seed yield and to prevent waste of resources.

Keywords: *Citrullus lanatus*, weeding frequency, cropping season, seed yield

---

INTRODUCTION

*Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum. & Nakai is an important cash crop in West Africa (Zoro Bi *et al.*, 2003; Achigan *et al.*, 2006). This species is prized for its oleaginous seeds consumed as sauce thickener, preferentially during popular feasts and prestigious ceremonies (Zoro Bi *et al.*, 2003). Its consumption constituted a source of lipids and proteins (Achigan *et al.*, 2006; Loukou *et al.*, 2007). Furthermore, *C. lanatus*, as other minor crops, is fast becoming an important source of income for farmers of the semi-arid tropics of West Africa (Fatondji *et al.*, 2008). Indeed, according to Zoro Bi *et al.* (2003) *C. lanatus* seeds were sold about 2.29 €/Kg in local and urban markets in Côte d'Ivoire. With a rapid increase of population in

developing country, integration of such crop in research program could ensure food security and diversify small farmers' income (Taffouo *et al.*, 2007). However, its production is constrained by many problems, mainly the weeds control. Weeds adversely affect crop production by competing for light, water, nutrients and space (Parish, 1990; Casper and Jackson, 1997). Watermelon is reported as a poor competitor with goosegrass (*Eleusine indica* L.), crabgrass (*Digitaria sanguinalis* L.), and smooth amaranth (*Amaranthus hybridus* L.). Buker *et al.* (2003) predicted a 50 % yield loss of *C. lanatus* from a yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) population at 25 plants per m<sup>2</sup>. Likewise, 6 smooth pigweeds (*Amaranthus hybridus* L.) per m<sup>2</sup> reduce yield of *C. lanatus* by 100% (Terry *et al.*, 1997). Also with a

population of 250 large crabgrasses per m<sup>2</sup> the yield of *C. lanatus* is depleted by 90% (Monks and Schultheis, 1998). Similarly, Berry *et al.* (2001) had shown that two smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) decreased the yield of *Cucumis sativus* (L.)

Several weed management strategies are being used by the farmers to reduce or suppress the weeds' impact on crops. The use of herbicide has shown a good result in weed management (Darida and Kuchinda, 2004; Soltani *et al.*, 2007). However, the cost of herbicides, the fear of toxic residue and a lack of knowledge of herbicides limit their use in Africa (Chikoye *et al.*, 2004; Adenawoola *et al.*, 2005). Consequently, alternative approaches to sustainable weed management are needed. Manual weeding is the most common and reliable method of weed control in West Africa (Klaj and Hoogmoed, 1996; Darida and Kuchinda, 2004). Weeds control in cucurbit is done manually during the inappropriate moment, flowering (male and female) by farmers. Therefore, a suitable weeding program must be adopted to guarantee a better production of this plant. Frequency of weeding influences yield of crops and yield components (Ojo, 1997; Adenawoola *et al.*, 2005; Tawaha and Turk, 2005). However, knowledge of such information is not available for *C. lanatus*. The aim of the present study is, therefore, to determine the weeding frequency for optimum growth and seed yield of *C. lanatus*.

## MATERIALS AND METHODS

### Study site

On-farm experiments were conducted in 2006 in the village of Manfla (latitude 6° 49'34.38" N and longitude 5°43'47.68" W) 400 km north of Abidjan (Côte d'Ivoire). There are two rainy seasons separated by a short dry period (July-August) and a long dry season (December-February) at the experimental site. Annual rainfall varies from 800 to 1400 mm with a long-term mean of 1200 mm, and an annual mean temperature of 27°C. The weather parameters (temperature, rainfall and humidity) measured during the period of the trials are presented in Table 1. The vegetation is a woodland savannah. The study site is a natural fallow plot with vegetation mainly composed of *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King & Robins, *Panicum maximum* Jacq, *Ageratum conyzoides* (L.) and *Imperata cylindrica* (L.) Beauv.

Soils in the study area were deep, friable, and sandy-silt. Initial soil analysis at soil depth of 20 cm before cropping gave the following results: pH 6.45, 57% sand, 36% silt, 7% clay, 6% organic matter, 3.5 g/kg of total N, 24.4 g/Kg of available P, and 0.45 g/kg of K. In the study area, the oilseed *C. lanatus* is usually produced during two cropping seasons in a year. In the first cropping season corresponding to the long rainy period, planting and harvest took place in March and July, respectively. The second

Table 1: Weather situation of the study site during period of the experiment

Seasons	Weather parameters					
	Temperature (°C)		Rainfalls (mm)		Relative humidity (%)	
	Total	Mean*	Total	Mean	Total	Mean
1 <sup>st</sup> season	105.6	26.4	516.16	129.04	331.4	82.85
2 <sup>nd</sup> season	126.9	25.38	443.73	88.746	422.2	84.44

\*Monthly mean

cropping season corresponds to the short rainy season; here, seeds were sown in July-August and harvested in November-December. Two experiments were conducted in 2006, with one trial per cropping season. Seed sowing was done after rainy day. This corresponded to 21<sup>st</sup> March and 15<sup>th</sup> July for the first and the second season trials, respectively. Harvests took place on 21<sup>st</sup> June and 26<sup>th</sup> November, 2006 for the trials in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> seasons, respectively.

#### *Plant material and experimental design*

The planting material was obtained from the cucurbit germplasm of the University of Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire). A medium seed size cultivar (NI119) of the indigenous oilseed *C. lanatus* widely cultivated in Côte d'Ivoire was selected. Planting was done with completely randomised block experimental design, with three replications. Three blocks were determined in an area of 0.8 hectares. Each block measured 102 m x 26 m with five plots. The plot was 16 m x 20 m containing 30 holes at depth of 3 cm. The holes were arranged in rows at spacing of 4 m between and within rows. To ensure proper stand, five seeds per hole were sown directly and thinned to one plant per hole at the two-leaf stage.

The weeding were done in each plot according to three phenological stages: (a) in vine creeping; (b) in male flowering and (c) in female flowering. However, it was done when 50% of the plants in each plot reached the corresponding phenological stage (Achigan *et al.*, 2006). Three treatments (corresponding to the weeding frequencies) and two controls (no weeding and weed-free) were tested. In the first treatment (one weeding), the plants were weeded only at stage a; in the second treatment (two weeding) the plants were weeded once at stages a and b (male flowering); in the third treatment (three weeding) plants were weeded at stages a, b and c (female flowering).

Diseases and insects were controlled by using a foliar application of carbamate-based insecticide (Cypercal EC 50; Callivoir, Abidjan, Côte d'Ivoire). All the plots were hand-weeded manually using traditional hoe as described according to the treatments above.

#### *Data collection and statistical analysis*

Yield (seeds dry weight ha<sup>-1</sup>) and 6 agronomical traits identified as yield components in indigenous cucurbits (Koffi *et al.*, 2009) were collected. The yield components measured included: plant vine length (measured on main vine from the basis to plant extremity); number of fruits per plant scored at maturity on each individual plant per treatment; fruit weight; 4) number of seeds per fruit; seeds weight per fruit; and 100-seeds weight per fruit and seeds weighed at 5% moisture content.

For each parameter examined, analysis of variance was performed using the SAS statistical package (SAS, 2004). Least Significant Difference (LSD) test was used to identify differences among the means of the parameters examined, according to the frequencies of weedings.

## RESULTS

The results of the analyses of variance show significant ( $P < 0.05$ ) influence of the frequency of weeding on the yield and its components at the first cropping season. The highest values of seed yield and number of fruits were obtained with the three weedings. Regarding fruit weight, number of seeds, seeds weight and 100-seeds weight their highest and similar values were recorded with the two and three weedings. Plant vine length value was highest with the weed free treatment (Table 2).

However, at the second cropping season, no significant differences were observed among

Table 2: Influence of weeding frequency on yield and yield components of oilseed *Citrullus lanatus* during the first cropping season

Parameters	Weeding frequency*				ANOVA results		
	No weeding	One weeding	Two weedings	Three weedings	Weed free	F	P
Yield (kg/ha <sup>-1</sup> )	11±11 <sup>d</sup>	113±21 <sup>cd</sup>	359±10 <sup>ab</sup>	492±74 <sup>a</sup>	242±16 <sup>bc</sup>	10.58	0.011
Plant vine length (m)	1.90±0.89 <sup>d</sup>	3.90±1.29 <sup>c</sup>	4.37±0.90 <sup>b</sup>	4.43±1.01 <sup>ab</sup>	4.78±1.14 <sup>a</sup>	68.85	<0.001
Fruits number plant <sup>-1</sup>	1.53±0.99 <sup>e</sup>	6.50±4.65 <sup>d</sup>	15.63±10.46 <sup>b</sup>	18.89±11.58 <sup>a</sup>	12.17±7.34 <sup>c</sup>	31.69	<0.001
Fruit weight (g)	632.74±396.32 <sup>d</sup>	983.08±530.69 <sup>c</sup>	1228.86±441.17 <sup>a</sup>	1233.59±499.41 <sup>a</sup>	1072.78±432.44 <sup>b</sup>	26.95	<0.001
Seeds number fruit <sup>-1</sup>	232.83±130.51 <sup>c</sup>	334.93±199.09 <sup>b</sup>	426.26±188.78 <sup>a</sup>	460.06±202.18 <sup>a</sup>	371.647±209.50 <sup>b</sup>	19.85	<0.001
Seeds weight fruit <sup>-1</sup> (g)	13.34±7.90 <sup>c</sup>	20.30±12.69 <sup>b</sup>	27.35±13.31 <sup>a</sup>	29.68±13.77 <sup>a</sup>	20.90±13.10 <sup>b</sup>	28.71	<0.001
100-seeds weight (g)	5.78±1.08 <sup>bd</sup>	5.93±1.19 <sup>b</sup>	6.35±1.08 <sup>a</sup>	6.29±1.25 <sup>a</sup>	5.47±1.09 <sup>d</sup>	21.17	<0.001

\*Mean values within rows by parameter followed by the same letter(s) were not significantly different at  $P = 0.05$  level, on the basis of the Least Significant Difference (LSD) test

Table 3: Influence of weeding frequency on yield and yield components of oilseed *Citrullus lanatus* during the second cropping season

Parameters	Weeding frequency *				ANOVA results		
	No weeding	One weeding	Two weedings	Three weedings	Weed free	F	P
Yield (kg ha <sup>-1</sup> )	4±4 <sup>a</sup>	23±2 <sup>a</sup>	80±36 <sup>a</sup>	100±100 <sup>a</sup>	134±95 <sup>a</sup>	2.78	0.146
Plant vine length (m)	1.22±0.85 <sup>d</sup>	2.36±0.96 <sup>c</sup>	3.24±1.32 <sup>b</sup>	3.89±1.70 <sup>a</sup>	3.29±1.23 <sup>b</sup>	35.15	<0.001
Fruits number plant <sup>-1</sup>	1.63±0.71 <sup>c</sup>	2.045±1.41 <sup>c</sup>	4.14±3.16 <sup>b</sup>	4.92±3.43 <sup>b</sup>	6.85±5.28 <sup>a</sup>	14.17	<0.001
Fruit weight (g)	520.37±451.92 <sup>c</sup>	754.33±500.92 <sup>b</sup>	829.19±449.33 <sup>b</sup>	1083.53±561.46 <sup>a</sup>	1058.77±476.27 <sup>a</sup>	16.11	<0.001
Seeds number fruit <sup>-1</sup>	193.11±215.54 <sup>c</sup>	277.03±191.28 <sup>c</sup>	378.23±182.37 <sup>b</sup>	436.22±225.57 <sup>a</sup>	449.22±204.86 <sup>a</sup>	15.68	<0.001
Seeds weight fruit <sup>-1</sup> (g)	11.93±11.67 <sup>c</sup>	18.04±12.26 <sup>bc</sup>	21.43±11.18 <sup>b</sup>	25.72±14.53 <sup>a</sup>	25.10±12.27 <sup>a</sup>	11.83	<0.001
100-seeds weight (g)	6.15±1.31 <sup>a</sup>	5.86±1.12 <sup>a</sup>	5.54±0.89 <sup>a</sup>	5.70±0.99 <sup>a</sup>	5.76±0.90 <sup>a</sup>	2.11	0.078

\*Mean values within rows by parameter followed by the same letter(s) were not significantly different at  $P = 0.05$  level, on the basis of the Least Significant Difference (LSD) test

the frequencies of weeding for seed yield and 100-seeds weight ( $P>0.05$ ). But highly significant ( $P<0.001$ ) differences were found among frequencies of weeding for the five other traits (Table 3). The highest values of fruit weight, seeds weight and number of seeds were obtained with both the three weedings and weed free treatments. Whereas, the highest values of plant vine length and number of fruits were recorded with three weedings and weed free treatment, respectively.

The comparison of the two cropping seasons is presented in Table 4. The highest values of seeds yield, plant vine length, number of fruits, fruit weight, and 100-seeds weight were obtained in the first cropping season. However, number of seeds and seed weight did not vary significantly between the two seasons.

#### DISCUSSION

The knowledge of frequency of weeding of any crop is critical to improve its production (Adenawoola *et al.*, 2005; Edi *et al.*, 2006). The present study indicated that the three weedings showed the highest values of yield in both seasons of evaluation.

The results could be attributed to the positive effect of frequency of weeding on

the soil structure and proprieties (Iremiren, 1988; Melander and Hartvig, 1997). According to these authors, manual weeding improves soil properties, mainly soil aeration and water movement.

Moreover, Nerson (1989) has shown that the critical period of weed control in muskmelon (*Cucumis melo* L.) was between emergence of seedling and the peak of the female flowers. The three weedings performed in *C. lanatus* were at critical period indicated by this author. Thus it highlighted that the crop remained competitive with weed to maintain their optimal yield (Terry and Stall, 1992). The results are similar to those of Tawaha (2005) on Faba bean (*Vicia faba* L.), Ojo (1997) on grain Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.), and Ambe (1992) on Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). These authors have shown that a maximum yield of those crops was obtained with three weedings.

In addition, when the weeding was stopped at female flowering stage (peak vegetable stage), cucurbit plants had gotten more branches to cover the ground and smother the late weeds (Berry *et al.*, 2006). Indeed, some authors reported that competition crop which forms a dense leaf canopy may suppress emerging late weeds (Bond and Burston, 1996; Haramto and Gallanddt, 2005). Outside their ability to control weed,

Table 4: Influence of cropping seasons on yield and yield components of oilseed *Citrullus lanatus*

Parameters*	1 <sup>st</sup> season†	2 <sup>nd</sup> season	ANOVA results	
			P	F
Seed yield (kg ha <sup>-1</sup> )	0.24±0.19 <sup>a</sup>	0.07±0.06 <sup>b</sup>	7.7	0.013
Plant vine length (m)	3.99±1.46 <sup>a</sup>	2.88±1.47 <sup>b</sup>	72.84	<0.001
Fruits number plant <sup>-1</sup>	11.77±9.51 <sup>a</sup>	4.39±3.84 <sup>b</sup>	107.20	<0.001
Fruit weight (g)	1111.46±493.59 <sup>a</sup>	944.80±518.66 <sup>b</sup>	44.52	<0.001
Seeds number fruit <sup>-1</sup>	393.31±205.13 <sup>a</sup>	397.92±213.48 <sup>a</sup>	0.18	0.671
Seeds weight fruit <sup>-1</sup> (g)	24.22±13.80 <sup>a</sup>	23.29±13.07 <sup>a</sup>	1.74	0.187
100-seeds weight (g)	6.01±1.20 <sup>a</sup>	5.69±0.96 <sup>b</sup>	27.12	<0.001

\*Means per cropping season were calculated independently of the frequency of weeding

†Mean values within rows by parameter followed by the same letter(s) were not significantly different at  $P = 0.05$  level, on the basis of the Least Significant Difference (LSD) test

they were allowed to prevent nutrient loss and soil erosion, and maintained the moisture of the soil (Reddy, 2003; Ngouajio and Mennan, 2005). In the present study, the moisture coupled with nutrient would have contributed to nutrient improvement of the plots (Achigan *et al.*, 2008; Makinde *et al.*, 2009).

The result also showed that the value of yield was low in the unweeded plots. The reduction in yield could be explained by competition between cucurbit plants and weeds for space, water and nutrients. This result is similar to those obtained by Ponce and Santini (2004). The authors' findings revealed that early weed infestation affects both vegetative and reproductive stages of crops.

Similarly, the weed-free plots also showed that the values of yield and its components are low. This result suggests that it is not necessary to control weeds in *C. lanatus* beyond three weedings to increase yield in the target region. However, these results are in contrast with those reported on millet (*Panicum miliaceum* L.) (Sharma *et al.*, 2005) and tef (*Eragrostis abyssinica* L.) (Assefa *et al.*, 2008) which showed that the crops' yields were enhanced by more frequent weedings. The difference observed between these results could be explained first by the floral biology of *C. lanatus* (monoecious plant) and millet (hermaphrodite plant) and secondly by the difference in sensitivity of species to flowers fall (Bacci *et al.*, 2006; Bhatt and Tewari, 2006).

### CONCLUSION

This study showed the importance of frequency of weeding in weeds control and improvement of oilseed *Citrullus lanatus* production. In the study region, the farmers should weed their plots three times during vine creeping, male flowering and female flowering to guarantee production of this

species. However, any weeding beyond the three weedings will be a waste of time and resources for the farmers.

### ACKNOWLEDGEMENTS

This research was financed by the Director General de la Cooperation au Développement (DGCD, Brussels, Belgium) and supervised by the Comité Universitaire pour le Développement (CUD, Brussels, Belgium). A scholarship to the first author was provided by the Scientific Research and High Education Ministry of the Côte d'Ivoire.

### REFERENCES

- Achigan, D. E. G., Fagbemissi, R., Avohou, H. T., Vodouhe, R. S., Coulibaly, O. and Ahanchede, A. 2008. Importance and practices of egussi crops (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai, *Cucumeropsis mannii* Naudin and *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. cv 'Aklamkpa') in sociolinguistic areas in Benin. *Biotechnology, Agronomy Society and Environment*, 12 (4): 393 - 403.
- Achigan, D. E. G., Fanou, N., Kouke, A., Avohou, H., Vodouhe, R. S. and Ahanchede, A. 2006. Evaluation agronomique de trois espèces de Egussi (Cucurbitaceae) utilisées dans l'alimentation au Benin et élaboration d'un modèle de prédiction du rendement. *Biotechnology, Agronomy Society and Environment*, 10: 121 - 129.
- Adenawoola, A. R., Aladesanwa, R. D. and Adenowuro, T. D. 2005. Effects of frequency of weeding on the growth and yield of long-fruited jute (*Corchorus olitorius*) in a rain forest area of southwestern Nigeria. *Crop Protection*, 24: 407 - 411.
- Ambe, J. T., Agboola, A. A. and Hahn, S. K. 1992. Studies of weeding frequency in cassava in Cameroon. *Tropical pest management*, 38 (3): 302 - 304.

- Assefa, A., Liben, M. and Yeshalem, B. 2008. The effect of tillage frequency and weed control on yield of tef (*Eragrostis tef*) in yielmana-densa area, northwestern Ethiopia. *East African Journal of Sciences*, 2 (1): 35 - 40.
- Bacci, L., Picanco, M. C., Gonring, A. H. R., Guedes, R. N. C. and Crespo, A. L. B. 2006. Critical yield components and key loss factors of tropical cucumber crops. *Crop Protection*, 25: 1117 - 1125.
- Berry, A., Stall, W. M., Rathinasabapathi, B., Macdonald, G. E. and Charudattan, R. 2006. Aggressivity: Cucumber vs Amaranth. *Weed Technology*, 20: 986 - 991.
- Bhatt, M. D. and Tewari, A. 2006. Losses in growth and yield attributes due to weed composition in transplanted paddy in terai region. *Scientific World*, 4 (4): 99 - 101.
- Bond, W. and Burston, S. 1996. Timing the removal of weeds from drilled salad onions to prevent crop losses. *Crop Protection*, 15: 205 - 211.
- Buker, R. S., Stall, W. M., Olson, S. M. and Schilling, D. G. 2003. Season-long interference of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) with direct-seeded and transplanted watermelon (*Citrullus lanatus*). *Weed Technology*, 17: 751 - 754.
- Casper, B. B. and Jackson, R. B. 1997. Plant competition underground. *Annual Reviews Ecology System*, 28: 545 - 570.
- Chikoye, D., Schulz, S. and Ekeleme, F. 2004. Evaluation of integrated weed management practices for maize in the northern Guinea savannah of Nigeria. *Crop Protection*, 23: 895 - 900.
- Darida, S. A. and Kuchinda, N. C. 2004. Evaluation of some pre and post-emergence weed control measures on rain-fed cotton (*Gossypium hirsitum* L) in Nigerian savannah. *Crop Protection*, 23: 457 - 461.
- Edi, S., Nobuo, S., Miki, N., Yoko, M., New, L. and Didy, S. 2006. Effect of weeding frequency on the growth and yield of elephant foot yams in agroforestry systems. *Nettai Nogyo*, 50 (1): 7 - 14.
- Fatondji, D., Pasternak, D. and Woltering, L. 2008. Watermelon production on stored rainwater in sahelian sandy soils. *African Journal of Plant Science*, 2 (12): 151 - 160.
- Haramto, E. R. and Gallanddt, E. R. 2005. Brassica cover cropping: Effects on growth and interference of green bean (*Phaseolus vulgaris*) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Science*, 53: 702 - 708.
- Iremiren, G . O. 1988. Frequency of weeding Okra (*Abelmoschus esculentus*) for optimum growth and yield. *Experimental Agriculture*, 24 (2): 247 - 252.
- Klajj, M. C. and Hoogmoed, W. B. 1996. Weeding method and pre-sowing tillage effects on weed growth and pearl millet yield in a sandy soil of the West African Sahelian zone. *Soil Tillage Research*, 39: 31 - 43.
- Koffi, K. K., Anzara, G. K., Malice, M., Djè, Y., Bertin, P., Baudoin, J.-P. and Zoro Bi, I. A. 2009. Morphological and allozyme variation in a collection of *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. from Côte d'Ivoire. *Biotechnology, Agronomy Society and Environment*, 13: 257 - 270.
- Loukou, A. L., Gnakri, D., Djé, Y., Kippré, A. V., Baudoin, J. P., Malice, M. and Zoro Bi, I. A. 2007. Macronutrient composition of three cucurbit species cultivated for seed consumption in Côte d'Ivoire. *African Journal of Biotechnology*, 6 (5): 529 - 533.

- Makinde, A. A., Bello, N. J., Olasantan, F. O. and Adebisi, M. A. 2009. Hydrothermal effects on the performance of maize and cucumber intercrop in a tropical wet and dry climate in Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (3): 225 - 235.
- Melander, B. and Hartvig, P. 1997. Yield responses of weed-free seeded onions (*Allium cepa* L.) to hoeing close to the row. *Crop Protection*, 16: 687 - 691.
- Monks, D. W. and Schultheis, J. R. 1998. Critical weed-free period for large crabgrass (*Digitaria Sanguinalis*) in transplanted watermelon (*Citrullus lanatus*). *Weed Science*, 46 (5): 530 - 532.
- Nerson, H. 1989. Weed competition in muskmelon and its effects on yield and fruit quality. *Crop Protection*, 8 (6): 439 - 442.
- Ngouajio, M. and Mennan, H. 2005. Weed populations and pickling cucumber (*Cucumis sativus*) yield under summer and winter cover crop systems. *Crop Protection*, 24: 521 - 526.
- Ojo, D. O. 1997. Effect of weeding frequencies on grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) growth and yield. *Crop Protection*, 16 (5): 463 - 466.
- Parish, S. 1990. A review of non-chemical weed control techniques. *Biological Agriculture and Horticulture*, 7: 117 - 137.
- Ponce, R. G. and Santin, I. 2004. Effects of early weed infestation on growth, yield, and nitrogen nutrition of pepper. *Journal of Plant Nutrition*, 27 (4): 651 - 661.
- Reddy, N. K. 2003. Impact of rye cover plant and herbicides on weeds, yield, and net return in narrow-row transgenic and conventional soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, 17: 28 - 35.
- SAS, 2004. *SAS for windows*; version 9.1. Cary (NC, USA): SAS Institute Inc.
- Sharma, H. C., Sullivan, D., Sharma, M. M. and Shetty, S. V. R. 2005. Influence of weeding regimes and pearl millet genotypes on parasitism of the Oriental armyworm, *Mytilimna separata*. *BioControl*, 49: 689 - 690.
- Soltani, N., Laura, L., Eerd, D., Vyn, R., Shropshire, C. and Peter, H. 2007. Weed management in dry beans (*Phaseolus vulgaris*) with dimethenamid plus reduced doses of imazethapyr applied preplant incorporated. *Crop Protection*, 26: 739 - 745.
- Taffouo, V. D., Braconnier, S., Kenn, M., Din, N., Priso, J. R., Djotie, N. L. and Amoudou, A. 2007. Physiological and agronomical characteristics in *Citrullus lanatus* (Thunberg) Mansfeld, *Cucurbita moschata* (Duchesne ex Lam) and *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl under salt stress. *African Crop Science Society*, 8: 489 - 494.
- Tawaha, A. M. and Turk, M. A. 2005. Crop weed competition studies in faba bean (*Vicia faba* L.) under rainfed conditions. *Acta Agronomica Hungarica*, 49 (3): 299 - 303.
- Terry, E. R. and Stall, W. M. 1992. Smooth Amaranth interference in muskmelon. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 105: 319 - 321.
- Terry, E. R., Stall, W. M., Schilling, D. G., Bewick, T. A. and Kostewit, S. R. 1997. Smooth amaranth interference with watermelon and muskmelon. *HortScience*, 32: 630 - 632.
- Zoro Bi, I. A., Koffi, K. K. and Djé, Y. 2003. Caractérisation botanique et agronomique de trois espèces de cucurbitacées consommées en sauce en Afrique de l'ouest: *Citrullus* sp., *Cucumeropsis mannii* Naudin et *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. *Biotechnology, Agronomy Society and Environment*, 7: 189 - 199.