

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPERIEUR (MESS)

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO (UPB)

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL (IDR)



THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du
DOCTORAT UNIQUE EN DEVELOPPEMENT RURAL
Spécialité : Gestion Intégrée des Ressources Naturelles

Par :

Madjélia Cangrè Ebou DAO

**THÈME : Biologie et écologie de la reproduction
sexuée d'une Caesalpinioideae (Leguminoseae):
Piliostigma reticulatum (D.C.) Hochst.**

Soutenue publiquement le 30 Mai 2012

devant le jury composé de:

Président : Mahamane SAADOU, Professeur, Université de Maradi, Niger

Membres : Chantal Yvette ZOUNGRANA/KABORE, Professeur, Université Polytechnique de
Bobo Dioulasso, Burkina Faso

Louis SAWADOGO, Maître de Recherche, INERA/CNRST, Ouagadougou, Burkina Faso

Boukary Ousmane DIALLO, Chargé de Recherche, INERA/CNRST, Ouagadougou,
Burkina Faso



*A la mémoire
de mon Papa !
de ma Maman !
pour tous les sacrifices consentis.*

REMERCIEMENTS

Ce travail est le résultat de multiples contributions de toute nature. C'est pour moi l'occasion d'exprimer toute ma reconnaissance à tous ceux qui ont œuvré à la finalisation de ce travail.

Tout d'abord mes remerciements vont :

A ma Directrice de thèse, Professeur Chantal Yvette KABORE-ZOUNGRANA qui, dans la patience et la rigueur scientifique, a su diriger les travaux de cette thèse ;

Au Docteur Boukary Ousmane DIALLO mon maître de stage pour m'avoir initié à la recherche scientifique avec autant d'écoute et d'enthousiasme. Lui qui, dans la patience, a mis à ma disposition toute son expérience qui m'a permis d'effectuer les travaux sur la biologie de la reproduction des arbres. Il a su également dans certaines situations difficiles me redonner confiance pour finaliser cette thèse.

A l'ensemble des membres du jury pour avoir accepté de juger la valeur scientifique de ce travail.

A ceux qui ont bien voulu être les rapporteurs de cette thèse. Qu'ils reçoivent ici ma sincère reconnaissance.

Je me tourne également vers Professeur Basile GUISSOU, Délégué Général du Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) et au Docteur François LOMPO, Directeur de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), qui m'ont autorisé à me former. Au Docteur Mahamadi DIANDA, Chef du Département Productions Forestières et au Docteur Assimi SALAWU Responsable du Laboratoire de Microbiologie et Amélioration Génétique qui n'ont pas ménagé leurs efforts pour me mettre dans de bonnes conditions de travail au sein du laboratoire de Microbiologie/Génétique.

Au Docteur Moussa OUEDRAOGO entomologiste au CNRST qui a tout mis en œuvre pour déterminer les différents insectes collectés sur *Piliostigma reticulatum*.

J'adresse toute ma reconnaissance à monsieur Mamadou TRAORE, aux Docteurs Souleymane GANABA, Issa OUEDRAOGO, Louis SAWADOGO et Josias SANOU tous chercheurs à l'INERA pour leurs appuis multiformes dont j'ai pu bénéficier.

A Monsieur Basile ADOUABOU de la Direction du suivi écologique du Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (MECV) pour les travaux de cartographie.

Je ne saurais terminer sans adresser mes très vifs remerciements à Messieurs Moumouni BAGRE, Achille BONKOUNGOU, Ousmane KABORE et Lassina OUEDRAOGO pour la collecte de données sur le terrain et aux habitants de Budtenga qui m'ont bien accueilli lors de mes différents travaux de terrain.

Au projet ICRAF/FIDA TAG 779 et 1225 du Burkina qui m'a appuyé financièrement pour la collecte des données de terrain.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	viii
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES PHOTOS	xii
LISTE DES TABLEAUX	xiv
RESUME.....	xv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUCTION GENERALE.....	1
1.1. Contexte général.....	1
1.2. Problématique et questions scientifiques	4
1.3. Objectifs de l'étude	9
2. PRESENTATION DE L'ESPECE.....	9
2.1. Description botanique des légumineuses	9
2.2. Description botanique du genre <i>Piliostigma</i>	12
2.3. Description botanique de <i>Piliostigma reticulatum</i> (De Candolle) Hochstetter.....	14
2.4. Importance socio-économique	15
2.5. Domestication.....	17
3. MATERIEL ET METHODES	18
3.1. Présentation du milieu d'étude	18
3.1.1. Situation géographique.....	18
3.1.2. Climat	18
3.1.3. Végétation	21
3.1.4. Sols.....	22
3.2. Matériel végétal	22
3.3. Méthodes	22

3.3.1. Biologie florale.....	22
3.3.2. Phénologie de la floraison et entomofaune florale.....	24
3.3.2.1. Phénologie.....	24
3.3.2.2. Détermination de l'entomofaune floral.....	25
3.3.2.3. Pollinisateurs potentiels et taux de visite.....	26
3.3.3. Structure spatiale, sexe ratio et dimorphisme sexuel.....	27
3.3.3.1. Structure spatiale des individus dans la population.....	27
3.3.3.2. Sexe-ratio.....	27
3.3.3.3. Dimorphisme sexuel.....	28
3.3.4. Etude des productions fruitières.....	28
3.3.4.1. Evaluation de la production des arbres.....	28
3.3.4.2. Estimation du succès de la fructification.....	29
3.3.4.3. Impact des distances entre la femelle et le mâle le plus proche sur la production de graines.....	29
3.3.4.4. Variables dendrométriques et production fruitière.....	30
3.3.4.5. Parasites des gousses et production de fruits et de graines.....	30
3.3.5. Traitement et analyse de données.....	31
4. RESULTATS.....	33
4.1. Biologie florale.....	33
4.1.1. Morphologie des fleurs.....	33
4.1.2. Anatomie des fleurs.....	34
4.1.3. Taille des organes de reproduction.....	36
4.1.4. Viabilité des grains de pollen.....	37
4.2. Phénologie et entomofaune florale.....	39
4.2.1. Phénologie.....	39

4.2.1.1. Evolution de la morphologie florale.....	39
4.2.1.2. Morphologie des inflorescences.....	41
4.2.1.3. Phénologie de la floraison et de la fructification.....	42
4.2.2. Entomofaune florale.....	44
4.2.2.1. Familles des principaux ordres collectés.....	47
4.2.2.2. Identification des pollinisateurs potentiels.....	51
4.2.2.3. Organisation temporelle des pollinisateurs potentiels.....	52
4.2.2.4. Relations entre les différents insectes visiteurs.....	53
4.2.2.4.1. Les auxiliaires.....	53
4.2.2.4.2. Les ravageurs.....	54
4.2.2.4.3. Les parasites.....	56
4.3. Structure spatiale des individus, sexe ratio et dimorphisme sexuel.....	56
4.3.1. Structure spatiale des individus.....	56
4.3.2. Sexe-ratio.....	58
4.3.3. Dimorphisme sexuel.....	59
4.3.3.1. Dimorphisme sur les caractères dendrométriques.....	59
4.3.3.2. Dimorphisme sur le déroulement de la floraison.....	61
4.3.3.3. Dimorphisme sur l'intensité de la floraison.....	63
4.4. Productions fruitières.....	64
4.4.1. Fructification.....	64
4.4.2. Estimation du succès de la fructification.....	65
4.4.3. Impact des distances entre les femelles et les mâles les plus proches sur la production de graines.....	67
4.4.4. Production fruitière et estimation des pertes dues aux attaques parasitaires.....	70
4.4.5. Production fruitière en fonction des variables dendrométriques des arbres.....	72

4.4.6. Identification des insectes responsables des attaques de gousses	76
5. DISCUSSION	79
5.1. Biologie florale.....	79
5.2. Phénologie et entomofaune florale.....	81
5.3. Structure spatiale, sexe-ratio et dimorphisme sexuel	84
5.4. Productions fruitières	87
5.5. Conclusion.....	90
6. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	92
7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	94
8. ANNEXES	108

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

BUNASOLS : Bureau National des Sols du Burkina Faso

CIFOR : Centre International de Recherche sur les Forêts

CNRST : Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique

DPF : Département Productions Forestières

GPS : Global Positioning System

ICRAF/FIDA : International Crop Research for Agroforestry/Fonds International de Développement pour l'Agriculture

IDR : Institut du Développement Rural

INERA : Institut National de l'Environnement et de Recherches Agricoles

MEE : Ministère de l'Environnement et de l'Eau

MECV : Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Pluviosité des dix dernières années de la station la plus proche de Budtenga de 1998 à 2007 (Source: Service Météorologie, Ouagadougou)	19
Figure 2: Pluviosité et températures moyennes mensuelles 2007 de la station la plus proche de Budtenga (Source: Service Météorologie, Ouagadougou).....	19
Figure 3: Durée d'insolation moyenne mensuelle 2007 de la station la plus proche de Budtenga (Source: Service Météorologie, Ouagadougou).....	20
Figure 4: Humidité relative moyenne mensuelle 2007 de la station la plus proche de Budtenga (Source: Service Météorologie, Ouagadougou)	21
Figure 5: Subdivision de la couronne des individus pour le prélèvement des échantillons de fleurs.....	23
Figure 6: Diamètre moyen des fleurs mâles et femelles de <i>P. reticulatum</i>	37
Figure 7: Longueur moyenne des fleurs mâles et femelles de <i>P. reticulatum</i>	37
Figure 8: Evolution du nombre moyen de boutons floraux, de fleurs épanouies et de gousses par inflorescence mâle chez <i>P. reticulatum</i> au cours des mois de juillet à décembre 2007 à Budtenga.....	43
Figure 9: Evolution du nombre moyen de boutons floraux, fleurs épanouies et gousses par inflorescence femelle chez <i>P. reticulatum</i> au cours des mois de juillet à décembre 2007 à Budtenga.....	43
Figure 10: Présence observée des ordres d'insectes sur les fleurs de <i>P. reticulatum</i> de juillet à septembre 2007 à Budtenga	46
Figure 11: Présence effective de la famille des Hyménoptères sur les fleurs de <i>P. reticulatum</i> à Budtenga de juillet à septembre 2007	47

Figure 12: Présence effective de la famille des Lépidoptères sur les fleurs de <i>P. reticulatum</i> à Budtenga de juillet à septembre 2007	48
Figure 13: Présence effective de la famille des Diptères sur les fleurs de <i>P. reticulatum</i> à Budtenga de juillet à septembre 2007	48
Figure 14: Présence effective de la famille des Hémiptères sur les fleurs de <i>P. reticulatum</i> à Budtenga de juillet à septembre 2007	49
Figure 15: Présence effective de la famille des Coléoptères sur les fleurs de <i>P. reticulatum</i> à Budtenga de juillet à septembre 2007	49
Figure 16: Présence des pollinisateurs potentiels de juillet à septembre 2007 de <i>P. reticulatum</i> à Budtenga.....	52
Figure 17: Evolution du nombre total de visites des pollinisateurs potentiels par tranche horaire.....	53
Figure 18: Répartition spatiale des individus mâles et femelles de <i>P. reticulatum</i> dans la population de Budtenga.....	57
Figure 19: Evolution du nombre moyen de boutons floraux sur les inflorescences mâles et femelles	61
Figure 20: Evolution du nombre moyen de fleurs épanouies sur les inflorescences mâles et femelles	62
Figure 21: Production moyenne de boutons floraux des individus mâle et femelle	63
Figure 22: Nombre moyen d'inflorescences par rameau chez les mâles et les femelles	64
Figure 23: Evolution du nombre moyen de gousses par infrutescences mâle et femelle.....	65
Figure 24: Taux de succès de la fructification à l'échelle de l'infrutescence femelle	66
Figure 25: Pourcentage d'individus et taux de succès de la fructification.....	67
Figure 26: Carte présentant les distances entre les individus femelles et mâles les plus proches de <i>P. reticulatum</i> à Budtenga	68

Figure 27: Fréquence de distribution des femelles en fonction des distances du mâle le plus proche	70
Figure 28: Pourcentages de graines attaquées, avortées et intactes par arbre	71
Figure 29: Relation entre le pourcentage de graines intactes et la distance de la femelle avec l'individu mâle le plus proche	72
Figure 30: Corrélation entre la production de gousses et la hauteur des arbres (a) ; diamètre moyen du houppier des arbres (b) ; nombre moyen de trous/gousse (c).....	74
Figure 31: Corrélation entre les graines attaquées et la hauteur des arbres (a) et le diamètre moyen du houppier (b)	75
Figure 32: Corrélation entre les graines avortées et la hauteur des arbres (a) et le diamètre moyen du houppier (b)	76

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Morphologies florales de quelques espèces chez les Caesalpinioideae.....	11
Photos 2: Présentation des différentes espèces du genre <i>Piliostigma</i>	13
Photos 3: Transformation des gousses de <i>P. reticulatum</i> en farine par les femmes et les enfants à Budtenga	16
Photos 4: Fleurs épanouies de <i>P. reticulatum</i> ; a = une fleur hermaphrodite (assurant la fonction mâle) ; b = une fleur hermaphrodite (assurant la fonction femelle)	34
Photos 5: Anatomie externe des pièces florales de <i>P. reticulatum</i> : a = fleur mâle ; b = pistil fleur mâle ; c = fleur femelle ; d = gynécée fleur femelle ; e = changement coloration du stigmate fleur femelle en fonction du temps ; f = coupe transversale d'un gynécée de fleur femelle	35
Photo 6: Grains de pollen des fleurs mâles colorés en rouge vif au grossissement x 40	38
Photo 7: Fragment de staminodes des fleurs femelles colorés en rose au grossissement x 40	38
Photos 8: Evolution de la morphologie des fleurs mâles de <i>P. reticulatum</i> : a = bouton floral ; b = bouton floral en élongation; c, d et e = épanouissement progressif du bouton floral ; f = fleur ouverte avec étamines visibles	40
Photos 9: Evolution de la morphologie des fleurs femelles de <i>P. reticulatum</i> : a, b et c = élongation de boutons floraux ; d, e et f = épanouissement progressif du bouton floral laissant apparaître progressivement le stigmate du pistil ; g = fleur épanouie et pistil visible ; h = nouaison	41
Photos 10: Apparition progressive et centrifuge des boutons floraux dans une inflorescence de <i>P. reticulatum</i> ; a = inflorescence en élongation en forme d'entonnoir ; b = apparition progressive des fleurs épanouies par écartement des pièces florales.	42

Photos 11: Apparition progressive de boutons floraux et des fleurs épanouies chez les inflorescences femelle (a) et mâle (b)	62
Photo 12: Emergence de papillons de la cage d'incubation des gousses vertes de <i>P. reticulatum</i>	77
Photos 13: Espèce <i>Lepidochrysops quassi</i> issue de l'élevage des gousses vertes : a = mâle ; b = femelle.....	77
Photo 14: Espèce <i>Caryedon serratus</i> (Bruchidae) collectée après un mois d'incubation post récolte des gousses matures.....	78

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Moyennes et écarts types de la longueur du pistil, des étamines et du nombre d'ovules par types d'individus	36
Tableau 2: Entomofaune visitant les fleurs de <i>Piliostigma reticulatum</i> à Budtenga en zone nord soudanienne.....	45
Tableau 3: Illustrations de quelques espèces collectées pendant la floraison chez <i>P. reticulatum</i> à Budtenga	50
Tableau 4: Sexe-ratio dans la population en 2007	58
Tableau 5: Proportion des individus mâles dans la population par unité expérimentale	59
Tableau 6: Analyse de variance sur les variables dendrométriques des individus.....	60
Tableau 7: Analyse de variance entre les variables classes de distance et taux de graines saines	69
Tableau 8: Comparaison de moyennes du taux de graines saines produites en fonction des classes de distance entre individus	69
Tableau 9: Production moyenne par arbre	71
Tableau 10: Poids moyens de gousses et de graines en fonction des classes de hauteur des arbres	73

RESUME

Piliostigma reticulatum (D. C.) Hochst est une espèce dioïque dont les gousses principalement fourragères, sont commercialisées par les populations rurales. Cependant, la productivité des arbres et la qualité des gousses sont insuffisantes. L'étude de la forme de dioecie de l'espèce, l'organisation spatiale des mâles et femelles, le sexe-ratio dans la population, le dimorphisme sexuel des individus, l'entomofaune florale et la productivité des arbres est menée dans la population de Budtenga en zone Nord soudanienne du Burkina Faso pour mieux comprendre les mécanismes biologiques et écologiques responsables de la faible fructification de l'espèce.

Les résultats de l'étude de la dioecie ont montré la présence, d'individus à fleurs dites femelles présentant des ovaires bien développés contenant en moyenne 49 ovules, des stigmates globuleux et des étamines atrophiées sous forme de staminodes dépourvues de grains de pollen viables *in vitro* d'une part et d'autre part des individus à fleurs dites mâles avec des pistils à ovaire réduit, des stigmates allongés et des étamines bien développées dont les anthères contiennent des grains de pollen viables *in vitro*. La population de Budtenga est constituée d'individus morphologiquement hermaphrodites dont les uns assurent la fonction mâle et les autres, la fonction femelle. Il existe un dimorphisme sexuel entre mâles et femelles par rapport à la morphologie du houppier des individus, au déroulement de la floraison des individus et à l'intensité de floraison. Le sexe ratio est en faveur des femelles dans la population mais il existe des zones où la proportion de mâles et de femelles est dans un rapport de parité (égale à 50%).

La fleur de *P. reticulatum* est visitée par 31 familles d'insectes appartenant à 10 ordres. *Charaxes epijasius* (Nymphalidae), *Eristalis* sp. (Syrphidae), *Apis mellifera* (Apidae), *Amophilla* sp (Sphecidae) et *Sceliphron distillatorium* (Sphecidae) sont les pollinisateurs de *P. reticulatum*. *Apis mellifera* est la seule espèce qui visite permanemment les fleurs du début à la fin de la floraison et du matin de 6h à 18h le soir.

Les résultats ont permis d'évaluer la production moyenne de gousses d'un individu à $16,5 \text{ kg} \pm 3,33 \text{ SE}$ et le poids moyen d'une graine à $0,1045 \text{ g} \pm 0,0018 \text{ SE}$. L'étude de la répartition spatiale des individus mâles et femelles dans la population montre un regroupement sous forme d'agrégats dont les distances minimales entre la femelle et le mâle le plus proche varient entre 1,2 à 15 m. Plus les mâles sont plus proches des femelles moins est la production des arbres. Le taux moyen d'avortement des graines par arbre est estimé à 40% et celui de la prédation à 10%. L'étude a montré que le parasitisme des gousses et des graines est principalement dû aux insectes parasites tels que *Caryedon serratus* (Bruchidae) et *Lepidochrysops quassi* (Lycaenidae). La forte proportion d'avortement des graines s'explique par le comportement de *Apis mellifera*, un des plus fréquents et permanents pollinisateurs qui dissémine plus de l'auto pollen sur une espèce supposée allogame.

Les programmes d'aménagement doivent intégrer le sexe ratio et la répartition spatiale des mâles et des femelles dans leurs plans de gestion des populations naturelles pour assurer le succès de la fructification chez *P. reticulatum*.

Mots clés : *Piliostigma reticulatum*, dioecie, sexe-ratio, structure spatiale, pollinisation, dimorphisme sexuel, productivité des arbres

ABSTRACT

Piliostigma reticulatum (DC) Hochst, a dioecious species, produces pods that are sold by the rural population to meet their needs. The main problems are the low productivity of plants and pods are of insufficient quality. The study of the type of dioecy, the spatial distribution of male and female individuals, the sex-ratio in the population, the sexual dimorphism of individuals, the insect visitors and plant productivity has been carried out in 2007 at Budtenga, the study site located in the North Sudanian area of Burkina Faso to understand the biological and ecological mechanisms responsible for low fruiting of the species.

The results show that the population is constituted by the presence of two types of individuals. The first type with female flowers has well developed ovaries containing an average of 49 ovules, stigmas and atrophied stamens or staminods devoid of viable pollen. The second type with male flowers shows the pistil with a reduced ovary, the elongated stigma. The stamens are well developed and the anthers contain viable pollen grains *in vitro*. There is sexual dimorphism between males and females from the crown morphology of individuals, the beginning and the intensity of individual flowering. Sex ratio in the population is female biased but there are areas where the proportion of males and females is in a relationship of parity (50%).

About 31 families of insects belonging to 10 orders visit *P. Reticulatum*'s flowers. *Charaxes epijasius* (Nymphalidae), *Eristalis sp.* (Syrphidae), *Apis mellifera* (Apidae), *Amophilla sp* (Sphecidae) and *Sceliphron distillatorium* (Sphecidae) were identified as main pollinators of *P. reticulatum*. *Apis mellifera* is the only frequent visitor from the beginning to the end of flowering and during the day from 6am to 6pm.

The results show that one plant produces $16.5 \text{ kg} \pm 3.33 \text{ SE}$ of pods and one seed has an average weight of $0.1045 \text{ g} \pm 0.0018 \text{ SE}$. The spatial distribution of males and females in the population indicates that individuals are grouping. The minimum distances between the female and the closest male varies from 1.2 to 15 m. When male individuals are closer to the female, plant pod production is low. The average rate of seed abortion per tree is estimated at 40% and the average rate of seed predation is 10%.

The study has concluded that the parasitism of the pods and seeds is due to *Caryedon serratus* (Bruchidae) and *Lepidochrysops quassi* (Lycaenidae). The high proportion of abortion can be explained by the behavior of *Apis mellifera* which is the permanent pollinator that disseminates more self pollen on outcrossing species.

Management programs of natural populations must incorporate sex ratio and spatial distribution of male and female individuals in their plans to ensure the success of fruiting in *P. reticulatum*.

Keywords: *Piliostigma reticulatum*, dioecy, spatial structure, sex-ratio, sexual dimorphism, pollination, tree productivity, Burkina Faso.

1. INTRODUCTION GENERALE

1.1. Contexte général

Dans les pays du Sahel, des efforts ont été consentis pour promouvoir les plantations d'espèces ligneuses et assurer une gestion durable *in situ* des populations naturelles au cours des trente dernières années. Cependant, force est de constater que la plupart de ces travaux ont porté essentiellement sur les espèces agroforestières d'intérêt « économique majeur », notamment, les fruitiers et les espèces à vocation bois de service tel que *Eucalyptus camaldulensis*. Par contre les travaux sur des ligneux spécifiquement fourragers sont limités et portent pour l'essentiel sur quelques espèces exotiques telles que *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*. Parmi les espèces locales, seule *Faidherbia albida* a fait l'objet d'études approfondies à des fins de reboisement non seulement sur la sélection d'écotypes performants (Billand et Deframond, 1990; Billand et Diallo, 1991; Vandenbelt, 1991; Bastide et Diallo; 1996) mais aussi sur le fonctionnement hydrique (Roupsard *et al.*, 1996). Cette situation contraste pourtant avec la place qu'occupe l'élevage dans l'économie du pays. En effet, il constitue 12% du Produit Intérieur Brut (PIB) et contribue pour près de 19% aux exportations du Burkina (Sanou, 2007). Cependant, le secteur de l'élevage au Burkina Faso a été longtemps fragilisé par les sécheresses récurrentes des dernières décennies. La faible productivité de l'élevage traditionnel est la résultante de l'action combinée de plusieurs facteurs: le rétrécissement des parcours naturels (par l'extension des surfaces cultivées), la faible productivité des pâturages (sécheresse et pauvreté des sols) et la faible valeur nutritive des espèces herbacées annuelles en saison sèche avec des teneurs en azote souvent inférieures à 1% (Penning de Vries et Djiteye, 1982). Ainsi, pour améliorer la productivité des animaux, il est indispensable d'apporter une complémentation alimentaire à travers la constitution de réserves fourragères herbacées et ligneuses. C'est dans ce contexte de faible disponibilité de

fouillage herbacé en saison sèche (quantitativement et qualitativement) que les agro pasteurs du Burkina ont développé par endroits, des initiatives dont la stratégie est basée sur l'exploitation des gousses et feuilles des ligneux fourragers comme alternative technique et économique à la portée de tous. Les gousses des nombreux ligneux sahéliens offrent au bétail un complément alimentaire très important durant la saison sèche. Parmi ces gousses, celles de *Piliostigma reticulatum* sont un type de fourrage intéressant utilisé à l'état brut depuis fort longtemps par les éleveurs mais, qui ne permet pas de rentabiliser les apports en nutriments. Depuis quelques années avec l'apparition des machines tels que les Giro broyeurs, les gousses de *Piliostigma reticulatum* sont transformées en farine et commercialisées sur les marchés locaux pour répondre à la demande en aliments bétail de plus en plus forte pour des millions de caprins, d'ovins et de bovins au Sahel. Par exemple 16 tonnes de farine de gousses d'une valeur marchande de 600 000 FCFA ont été prélevées en 2004 dans le peuplement de Budtenga situé en zone nord soudanienne (CIFOR et CNRST, 2006). En zone sahélo soudanienne, les services techniques de l'environnement et des ONG encouragent davantage les populations à planter *P. reticulatum* sur les ouvrages anti-érosifs tels que les cordons pierreux, les diguettes et les demi-lunes. Au regard de l'intérêt grandissant de l'utilisation de cette espèce ligneuse à rôle principalement fourragère, on assiste à une surexploitation (prélèvements excessifs) ou mauvaise gestion des individus (émondage intense des branches fructifères des meilleurs phénotypes) des populations naturelles, affectant ainsi la régénération par graines et la dynamique des populations.

Il apparaît donc essentiel d'élaborer des stratégies de protection durable de cette ressource. Une telle approche nécessite que l'ensemble des processus biologiques relatifs à la fructification des arbres dans les zones de pâtures soient maîtrisés.

L'aménagement des forêts doit prendre en compte les besoins des populations humaines vivant des produits forestiers et le souci de préserver le patrimoine génétique existant (FAO,

1996). Au Burkina Faso, des stratégies nationales d'aménagement des populations naturelles font intervenir des éclaircies de dégagement de jeunes essences d'intérêt commercial. Selon Diallo (2001), pour que la gestion des ressources forestières soit efficace, elle doit assurer le maintien d'un système dynamique à l'intérieur des formations naturelles. Ce qui suppose alors le maintien des interactions qui s'exercent entre les différents éléments qu'elles abritent (biotique et abiotique). Le principe fondamental qui doit alors guider le mode d'aménagement d'une forêt est de s'appuyer sur une bonne connaissance de l'écologie des formations naturelles et de la biologie des populations des principales espèces d'intérêt écologique et/ou socio-économique que celles-ci abritent (FAO, 1996 ; Diallo, 2001). Les aménagistes doivent alors maîtriser les différentes interactions qui existent entre les différentes composantes des formations naturelles.

Fort de cela nous avons entrepris d'étudier la biologie et l'écologie de la reproduction sexuée de *P. reticulatum*. Cette étude porte sur la compréhension des patterns de la reproduction sexuée naturelle à travers les études de la biologie florale; les «syndromes» de la pollinisation; le suivi de la fructification et des attaques parasitaires des gousses et la détermination du sexe ratio. Les résultats des travaux pourront être utilisés pour l'élaboration de stratégies de gestion durable et de valorisation des peuplements naturels et des plantations de production grâce à une meilleure connaissance des interactions biologiques.

1.2. Problématique et questions scientifiques

Plusieurs auteurs ont rapporté que *P. reticulatum* est une espèce dioïque (von Maydell, 1992; Arbonnier, 2009 ; Yélémou, 2010). Pourtant les observations de Sanou (2005) ont montré que les fleurs de *P. reticulatum* sont morphologiquement hermaphrodites. Il est apparu au cours des observations préliminaires que certains individus mâles donnent un très faible nombre de gousses qui n'arrivent jamais à maturité. Ainsi, de nombreuses controverses se posent quant au caractère sexuel des fleurs de cette espèce. Il ressort que la forme de cette dioecie est méconnue. L'absence d'informations scientifiques précises sur ce caractère sexuel limite fortement la connaissance sur les systèmes et les régimes de reproduction de l'espèce. Cela a pour conséquence la limitation de prise de décision quant à la stratégie de gestion des peuplements naturels. En effet, avant les travaux de Weller *et al.* (1998), la forme de dioecie qui était connue chez les végétaux était celle stricte (individus mâles et individus femelles). Chez les espèces des zones tropicales sèches, il a fallu attendre les travaux de Hall (2005) et Diallo *et al.* (2006) chez *Sclerocarya birrea*, pour s'interroger sur la forme de dioecie chez la plupart des espèces dioïques. Il ressort que la dioecie des espèces végétales dans les formations naturelles sèches au Sahel est quasi inconnue (Diallo *et al.*, 2008). Cette méconnaissance des caractères sexuels des populations d'espèces dioïques rend difficile leur mode de gestion sylvicole et limite le succès de certains plans d'aménagement. En plus de cette méconnaissance s'ajoute le fait que *P. reticulatum* comme la plupart des autres Légumineuses, se caractérise par une floraison abondante, une fructification et un rendement grain très faible. En effet, chez les Légumineuses seulement une petite fraction des fleurs produites donne des fruits et un très petit nombre d'ovules se développe en graines (Bawa et Buckley, 1989 ; Hossaert, 1988; Diallo *et al.*, 2008). Plusieurs causes ont été évoquées pour expliquer ces faibles rendements. Il s'agit de la prédation (Gomez, 1993), de la limitation des ressources (Bierzuchudek, 1981; Stephenson, 1981) des facteurs intrinsèques à la plante

(Tamini, 1982) et du déficit en pollinisation (Diallo *et al.*, 2008). La limitation des ressources et le déficit en pollinisation ont été définis comme les deux principaux facteurs responsables de la faible productivité des ligneux (Haig et Westoby, 1988 ; Dogterom *et al.*, 2000). La connaissance des «syndromes de la pollinisation» en relation avec le déroulement de la floraison est un aspect fondamental dans la gestion des peuplements de production.

Cette situation a été longtemps imputée à la présence d'une entomofaune très diversifiée regroupant des auxiliaires et des ravageurs et au manque de synchronisme de la floraison des individus mâles et femelles en rapport avec les pollinisateurs. Cependant, aucune étude n'a été menée pour définir les différentes interactions entre cette faune et la plante d'une part et entre les différents insectes qui se rencontrent sur *Piliostigma reticulatum* d'autre part. En effet, les plantes et les insectes entretiennent diverses relations qui vont du mutualisme à la déprédation (Strong *et al.*, 1984). Il y a mutualisme lorsque les plantes produisent et mettent à la disposition des insectes visiteurs des ressources appelées «récompenses» tels que le nectar (Kearns et Inouye, 1993), le pollen (Kearns, 2001), les huiles essentielles (Herrera et Pelmyr, 2002) ou autres substances nutritives (Faegri et Van Der Pijl, 1980); en retour les insectes assurent la pollinisation par le transport du pollen des anthères aux stigmates. Dans le cas de la phytophagie les insectes sont considérés comme des déprédateurs. Il faut noter que les questions liées au syndrome de la pollinisation sont déterminantes dans le succès de la fructification des arbres et ont suscité un grand intérêt ces dernières décennies au sein de la communauté scientifique en zone tropicale humide (Waser *et al.*, 1996; Brody, 1997 ; Johnson et Steiner, 2000; Fenster *et al.*, 2004; Waser et Ollerton, 2006 ; Jordano *et al.*, 2006) et en zone sahélienne (Diallo, 2001; Da, 2002; Dao, 2002). Par contre, la connaissance des interactions entre les communautés végétales et leurs pollinisateurs a été peu documentée dans les écosystèmes sahéliens. Pourtant le caractère dioïque de *Piliostigma* permet d'affirmer que la pollinisation nécessite l'intervention d'un transporteur de pollen. A ce sujet, les

observations sur le terrain montrent une intense activité d'insectes autour de ses fleurs dans la journée. D'où l'intérêt de l'étude sur l'entomofaune de *P. reticulatum*. Trois questions fondamentales découlent de telles observations: (i) Quels sont les insectes qui visitent les fleurs de *Piliostigma*? (ii) Quelle est leur organisation temporelle dans l'exploitation des ressources de leur hôte ? (iii) Parmi ces insectes quels sont les pollinisateurs potentiels ?

Deux autres aspects fondamentaux à prendre en compte dans la gestion des peuplements d'espèces dioïques est le sexe ratio et le dimorphisme sexuel. En effet, ces paramètres agissent sur la croissance des arbres et le comportement des pollinisateurs et peuvent affecter à la fois le succès de la fructification et la diversité génétique des populations (Sapir *et al.*, 2008), étant donné qu'il touche à la probabilité qu'ont les individus femelles d'être pollinisés avec succès. Si quelques travaux ont déjà été menés sur la dioecie en zones tempérées et tropicales humides (House, 1992; Itoh *et al.*, 2003; Torimaru et Tomaru, 2006) et en zone tropicale sèche (Diallo *et al.*, 2006), très peu ont évalué la proportion des individus mâles et femelles au sein des populations naturelles. Ainsi, il apparaît que, bien que le sexe-ratio et le dimorphisme sexuel soient des données fondamentales pour appréhender la dynamique des populations d'espèces, les travaux menés jusqu'à ce jour sont rares en Afrique tropicale sèche. Pourtant, une étude biologique intégrée prenant en compte ces différents facteurs permet de rendre compte du fonctionnement des populations d'espèces dioïques pour mieux assurer la gestion durable des peuplements de production.

Trois questions se posent : (i) quel est l'impact du sexe ratio sur les productions fruitières ? (ii) existe-t-il une différence d'intensité et de déroulement de la floraison au sein d'une population ? (iii) y a t-il un dimorphisme sexuel sur la morphologie des arbres et des organes de reproduction ?

En outre, des travaux ont montré que des facteurs tels que la distance entre les mâles et les femelles régule le succès de la reproduction des espèces et plus particulièrement celles

qui sont dioïques (Percy et Cronk, 1997). Dans ce cas, quelle est l'effet de la distance entre la femelle et le mâle le plus proche sur la fructification ?

Un autre aspect important dans la reproduction des espèces dioïques est la phénologie de la floraison. D'une manière générale, chez les plantes au cours d'un cycle de reproduction tous les individus au sein d'une population ne participent pas à la création de la génération suivante (Diallo, 2001).

La floraison de *P. reticulatum* a lieu en saison pluvieuse (Aubréville, 1950; Arbonnier, 2009) et est considérée selon Lodoum (2000) comme une espèce à floraison étalée. Boshier et Mesen (1989) ont souligné qu'en zone tropicale, étant donné que de nombreuses espèces d'insectes sont saisonnières, il est fort probable, que si la période de floraison est très longue, différents groupes d'insectes interviennent dans la pollinisation à différents moments de la phase de floraison. La question fondamentale est de savoir s'il existe un synchronisme entre la floraison et l'émergence des insectes visiteurs?

De plus la production de gousses dans les peuplements naturels est irrégulière, insuffisante et de mauvaise qualité, ce qui constitue un goulot d'étranglement à la gestion durable des arbres (Diallo, 2001). Malgré l'intérêt grandissant manifesté à l'égard des espèces ligneuses d'intérêt fourrager, notamment *Piliostigma reticulatum*, peu d'informations scientifiques existent sur les potentialités de production de ces espèces (CIFOR et CNRST, 2006). Néanmoins quelques travaux ont été conduits par Sanou (2005) et Ouedraogo (2006) à Butenga sur la production comparée de *P. toninghii* et de *P. reticulatum* en condition de bas-fonds et de plateau, par Yélémo (2010) sur la variabilité de production des arbres de *P. reticulatum* en station. Mais, jusqu'à présent il n'existe pas de données scientifiques qui évaluent la production des populations de *P. reticulatum* à l'échelle de l'arbre et encore moins sur les paramètres biologiques qui affectent la qualité des gousses. Pourtant, la connaissance des potentialités de production des populations naturelles soumises à des pressions anthropiques (pâturages,

occupations anarchiques par des champs de culture, coupes incontrôlées) et aux parasitismes des gousses sont déterminantes pour élaborer une stratégie de gestion durable des peuplements de production.

Les gousses de *P. reticulatum* ont joué un rôle important ces dernières années dans la complémentation des rations alimentaires et sont apparues comme un facteur de production à portée des éleveurs sahéliens moyens. Cependant, on note dans les formations naturelles qu'au cours d'un cycle de reproduction peu d'arbres produisent des gousses et certains peuvent fleurir mais ne fructifient pas ou que leurs fruits n'arrivent pas à maturité. Cela a pour conséquence une diminution de la productivité des populations. Toutefois on peut noter que peu de choses sont connues sur le potentiel fourrager d'une population au cours d'un cycle de reproduction. La question fondamentale est alors de savoir quel est le potentiel de production de fleurs et de fruits au sein d'une population?

Les gousses des légumineuses sont connues pour leur taux de parasitisme élevé (Sembène, 2006 ; Ouédraogo, 2010) comme c'est le cas chez *Piliostigma* (Sanou, 2005). Ceci contribue à la dépréciation de la valeur marchande du produit (poudre de *Piliostigma*). Ces attaques de diverses natures s'observent au niveau des fleurs, des jeunes fruits, des gousses mures et des graines. Faute de connaissance des agents responsables de ces attaques, aucun plan d'action de lutte contre les ravageurs n'a été initié. Les questions essentielles sont les suivantes: (i) quels sont les parasites des fleurs et des gousses de *Piliostigma*? (ii) quelle est la dynamique de ces ravageurs?

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une meilleure compréhension de la biologie et de l'écologie de la reproduction de *P. reticulatum*.

1.3. Objectifs de l'étude

L'objectif général est de comprendre les mécanismes biologiques et écologiques qui influencent la fructification des arbres de *P. reticulatum*. Les objectifs spécifiques de l'étude sont de déterminer la forme de dioecie chez *P. reticulatum*; déterminer le sexe ratio, le dimorphisme sexuel et la structure spatiale des individus mâles et femelles ; déterminer l'intensité de floraison et le succès de la fructification des arbres au sein de la population; déterminer les insectes visiteurs des fleurs et les pollinisateurs potentiels ; déterminer les larves d'insectes qui parasitent les gousses et graines et évaluer le taux de parasitisme ; déterminer la phénologie florale en relation avec l'émergence des insectes pollinisateurs et d'évaluer la production de gousses et de graines en fonction des variables dendrométriques de l'arbre, de la distance entre les mâles et les femelles.

Le document sera articulé autour des grands points que sont : l'Introduction, la présentation de l'espèce, le Matériel et les méthodes ; les résultats ; la discussion, la Conclusion et les perspectives.

2. PRESENTATION DE L'ESPECE

2.1. Description botanique des légumineuses

Piliostigma reticulatum appartient à la famille des Légumineuses et à la sous famille des Ceasalpinioideae. Les légumineuses comprennent 650 genres d'herbes et d'arbres et 18 000 espèces (Dickinson, 1981). Elles sont fortement représentées dans les fossiles du tertiaire et seraient probablement apparues avant ou pendant cette période de l'ère géologique (Herendeen *et al.*, 1992). Elles ont ensuite évolué pour donner trois sous familles qui sont les

Mimosoideae, les Papilionoideae et les Caesalpinioideae. Ces 3 sous familles sont apparues à la fin des Paléocène, il y a environ 56 milliards d'années (Polhill *et al.*, 1981 ; Herendeen et Wing, 2001; Wing *et al.*, 2004).

La sous famille des Mimosoideae compte 5 tribus: Parkieae, Mimozygantheae, Mimoseae, Acacieae et Ingeae. Au sein de ces tribus se repartissent 56 genres et de 2000 à 3000 espèces (Hutchinson, 1964). La sous famille des Papilionoideae compte 12 tribus parmi lesquelles on peut citer: Swartzieae, Sophoreae, Dipteryxae, Dalbergieae, Abreae et Tephrosieae. Ces tribus renferment 440 genres et 12000 espèces. La sous famille des Caesalpinioideae composée d'arbres et d'arbustes des zones tropicales et subtropicales, se subdivise en 5 tribus: Caesalpinieae, Cassieae, Cercideae, Amherstieae et Detarieae. A l'intérieur de ces tribus, 150 genres et 2200 espèces ont été décrits (Herendeen *et al.*, 1992 ; Bruneau et al., 2001).

Les fleurs des Caesalpinioideae sont généralement en racèmes ou en cimes, mais elles peuvent évoluer en fonction de l'intensité des forces de sélection et du degré d'isolement. C'est ainsi qu'elles peuvent passer de la forme monoïque à la forme dioïque et vice versa. Il s'agit donc d'une situation instable. Les photos 1 présentent plusieurs morphes rencontrés chez les Caesalpinioideae. Cependant peu d'études sont connues sur l'évolution des fleurs des Caesalpinioideae sahéliennes. La présente étude se veut une contribution dans la connaissance de la biologie florale de cette espèce.



a: *Bauhinia variegata*



b: *Brownea coccinea*



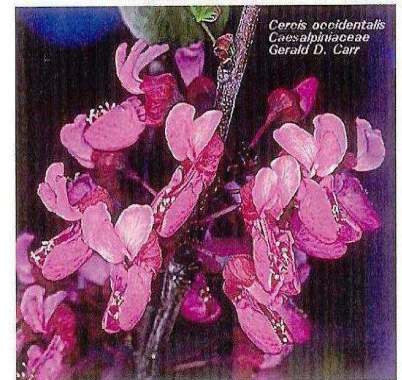
c: *Caesalpinia Kavaensis*



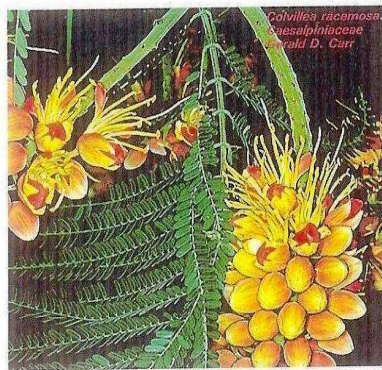
d: *Senna surattensis*



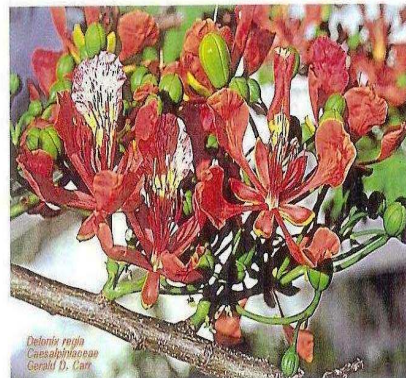
e: *Cassia fistula*



f: *Cercis occidentalis*



g: *Colvillea racemosa*



h: *Delonix regia*



i: *Tamarindus indica*

Photo 1 : Morphologies florales de quelques espèces chez les Caesalpinioideae
(Diallo, 2001)

2.2. Description botanique du genre *Piliostigma*

Le genre *Piliostigma* (Hochstetter) tient son nom du grec « pilios » qui signifie chapeau et de « stigma » qui signifie stigmaté. C'est un genre paléo tropical renfermant trois espèces dont deux africaines (Cronquist; 1988) (Photos 2): il s'agit de *P. thonningii* (Schumacher) Milne-Redhead des savanes soudano-zambéziennes et *P. reticulatum* (De Candolle) Hochstetter des savanes sahélo-soudaniennes. La troisième espèce, *P. malabaricum* (Roxb.) Benth., est présente dans les formations boisées de pluviosité atteignant 3000 mm/an. Le genre regroupe des arbres et arbustes caractérisés par des feuilles simples bilobées. Les fleurs sont des grappes ou panicules de taille moyenne à petite. Les gousses sont indéhiscentes. *P. reticulatum* diffère de *P. thonningii* dont elle est proche par l'absence de pubescence ferrugineuse et par la présence de moins de nervures sur les feuilles. De plus, elle a une échancrure plus ouverte (Arbonnier, 2009).



a = Boutons floraux et fleur épanouie de *P. reticulatum*



b = Gousses mures de *P. reticulatum*



c = Boutons floraux et fleurs épanouies de *P. thonningii*



d = Jeunes gousses de *P. thonningii*



e = Boutons floraux et fleurs épanouies de *P. malabaricum*

Photos 2: Présentation des différentes espèces du genre *Piliostigma*

:

2.3. Description botanique de *Piliostigma reticulatum* (De Candolle) Hochstetter

Piliostigma reticulatum (D.C.) Hochst appartient à la famille des Leguminosae, à la sous-famille des Caesalpinioideae, à la tribu des Cercideae et au genre *Piliostigma*. Elle doit son nom spécifique au réseau très détaillé de nervilles réticulées visible sous le limbe (Baumer, 1995). L'espèce a été décrite sous plusieurs noms: *Bauhinia reticulata* D.C., *Bauhinia glabra* A. Chev., *Bauhinia glauca* A. Chev., *Bauhinia benzoin* Kotsch., *Elayuna biloba* Raf. Elle a plusieurs appellations dans les langues locales telles que : Dioula = Kafalat; Mooré = Bangn daaga ; Peul = Barkereyi.

P. reticulatum est généralement un arbuste (4 à 7 m) mais peut être également un arbre de 8 à 9 m (Arbonnier, 2009). Le fût rarement droit, est souvent buissonnant par rejets de souche. L'écorce est profondément fissurée à crevassée grise parfois brune. Les rameaux sont gris et glabres. Les feuilles alternes, persistantes, distiques, glabres et coriaces fortement bilobées sont longues de 6 à 12 cm et larges de 4 à 8 cm. Le limbe à base cordée glauque de couleur vert grisâtre (Le Houérou, 1980; Arbonnier, 2009).

Les inflorescences sont des panicules axillaires ou terminales, de 5-15 cm de long, courtement pubescentes. *P. reticulatum* est une espèce dioïque (von Maydell, 1992; Arbonnier, 2009). Les fleurs décrites comme dioïques sont axillaires, disposées en racèmes tomenteuses. Elles sont de couleur blanche striée de rose. Selon (Arbonnier, 2009), les fleurs femelles sont composées de 5 pétales obovales d'environ 2,5 cm de diamètre et les fleurs mâles de 5 pétales obovales à anthères brunes d'environ 2,5 cm de diamètre. Le fruit est une gousse ligneuse, plate, glabre, parfois tordue et fendillée, brun foncé, indéhiscente et persistante de 15 à 25 cm de long sur 5 cm de large (Le Houérou, 1980; Arbonnier, 2009). La floraison a lieu après la feuillaison. Les feuilles sont souvent persistantes lorsque l'arbre est situé dans des lieux humides. Les gousses sont matures entre novembre et janvier (von Maydell, 1992).

P. reticulatum est une espèce africaine sahélienne et soudano sahélienne (Toutain, 1999). Son aire couvre l'Ouest du Sénégal jusqu'en Afrique centrale en Afrique orientale jusqu'à 2000 m d'altitude (von Maydell, 1992). Commune dans les jachères, elle colonise divers sols : sableux, argileux et latéritique. Au Burkina Faso, elle est présente dans les jachères et dans les parcs agroforestiers principalement dans les milieux humides (Arbonnier, 2009).

On connaît mal les premiers sites d'apparition ainsi que les principaux agents qui ont contribué à sa propagation sur l'ensemble de l'aire de distribution actuelle. Au Burkina, le genre *Piliostigma* est représenté par deux espèces : *P. thonningii* (Schum.) Milne-Redh principalement rencontrée dans la zone soudanienne et *P. reticulatum* (D. C.) Hochst de la zone soudano sahélienne (Yélérou, 2010). Il n'y a pas de données qui signalent l'origine de *Piliostigma* en Afrique ou au Burkina Faso. Cependant, nous pouvons avancer l'hypothèse selon laquelle *P. reticulatum* a pu être propagée par les éleveurs transhumants. En effet, dans les zones sahélienne et soudanienne les éleveurs peuls nomades ou transhumants récoltent les gousses des Caesalpinioideae pour leurs animaux dont les graines peuvent être disséminées par les animaux sur de longues distances suivant les couloirs de transhumance (Diallo, 2001).

2.4. Importance socio-économique

P. reticulatum est une espèce à usages multiples pour les populations sahéliennes. Au plan alimentaire les jeunes feuilles sont utilisées dans l'acidification des mets. Les gousses servent dans la fabrication de la potasse. Elles entrent dans l'alimentation du bétail comme complément nutritionnel pendant la saison sèche. Sur le plan agronomique, l'espèce est utilisée par les paysans comme indicateur de la fertilité des sols (Yélérou, 2010). Sur le plan médicinale, les feuilles, l'écorce et les rameaux de l'arbre sont utilisés pour soigner les maux de gorge, de ventre et comme antiseptique (Babajide *et al.*, 2008 ; Arbonnier, 2009). Au plan économique la commercialisation des produits issus de *Piliostigma* (feuilles, gousses et autres

échantillons de la pharmacopée traditionnelle) est fréquente sur les marchés locaux (CIFOR et CNRST, 2006). Les gousses sont collectées puis transformées en farine par les femmes et les enfants avant leur commercialisation sur les marchés locaux (Photos 3). Un sac de 100 kg de gousses de *P. reticulatum* coûterait en moyenne 3750 francs CFA à Budtenga (CIFOR et CNRST, 2006).



Photos 3: Transformation des gousses de *P. reticulatum* en farine par les femmes et les enfants à Budtenga

2.5. Domestication

Malgré la commercialisation des fruits de *P. reticulatum* sur les marchés locaux du Burkina l'espèce n'est pas encore domestiquée. En effet, elle est rarement plantée car sa sylviculture est peu maîtrisée. Tous les sujets sont issus de régénération naturelle et il n'y a aucune culture systématique (Arbonnier, 2009). Cependant, des pieds de *P. reticulatum* sont maintenus par les agriculteurs dans leurs champs sans entretien ni protection particulière. L'approvisionnement en gousses, feuilles et écorces se fait principalement sous forme de cueillette dans les parcs agroforestiers et dans les formations spontanées. L'espèce est utilisée dans la végétalisation des cordons pierreux et diguettes ainsi que dans les zaï forestiers à Gourga dans le Nord (Yélérou, 2010).

3. MATERIEL ET METHODES

3.1. Présentation du milieu d'étude

3.1.1. Situation géographique

Notre étude a été menée à Budtenga, village situé dans la province du Kadiogo dans la région du Centre. La localité est située à 40 km à l'Est de Ouagadougou, Burkina Faso (12°29'N 1°15'W).

3.1.2. Climat

Selon le découpage phytogéographique de Fontès et Guinko (1995), la forêt de Budtenga se situe dans le domaine phytogéographique soudanien dont la pluviosité est comprise entre les isohyètes 750 mm au nord et 1000 mm au sud (Thiombiano, 1996). Il s'agit du secteur nord soudanien, caractérisé par deux grandes saisons: une saison sèche de 6 à 7 mois caractérisée par une augmentation de la température et une saison des pluies qui dure 5 à 6 mois caractérisée par des pluies violentes. La température moyenne annuelle est de 28°C (Hien, 1995).

Selon les données climatiques de la station météorologique de Ouagadougou la plus proche de Budtenga, l'évolution de la pluviosité au cours des dix dernières années (1998-2007) montre une variabilité interannuelle (Figure 1). En 2007 (année de collecte de nos données), la pluviosité annuelle est de 713 mm contre 597 mm en 2006. Entre ces deux années, la différence est de 116 mm d'eau. La moyenne pluviométrique des dix dernières années (1998-2007) est de 711 mm et est en moyenne égale à la quantité d'eau tombée en 2007. Ceci peut avoir des répercussions sur les productions végétales (pâturages).

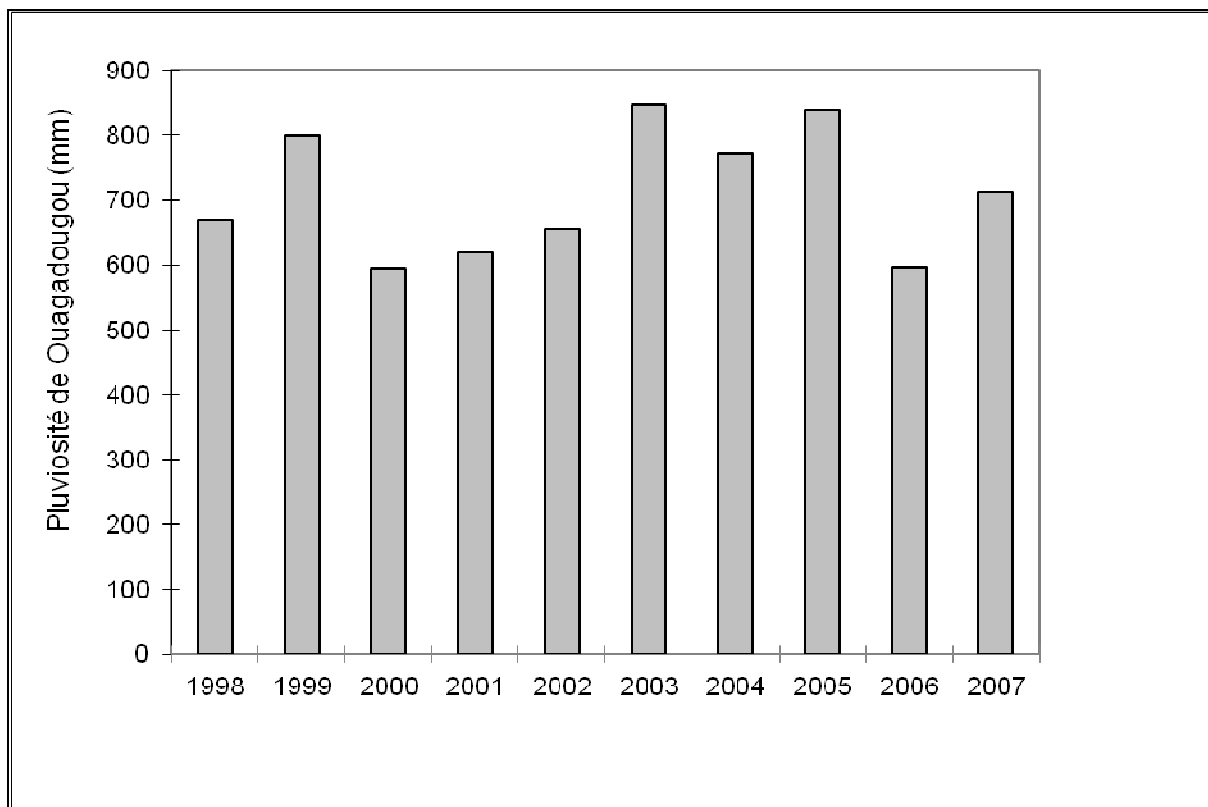


Figure 1: Pluviosité des dix dernières années de la station la plus proche de Budtenga de 1998 à 2007 (Source: Service Météorologie, Ouagadougou)

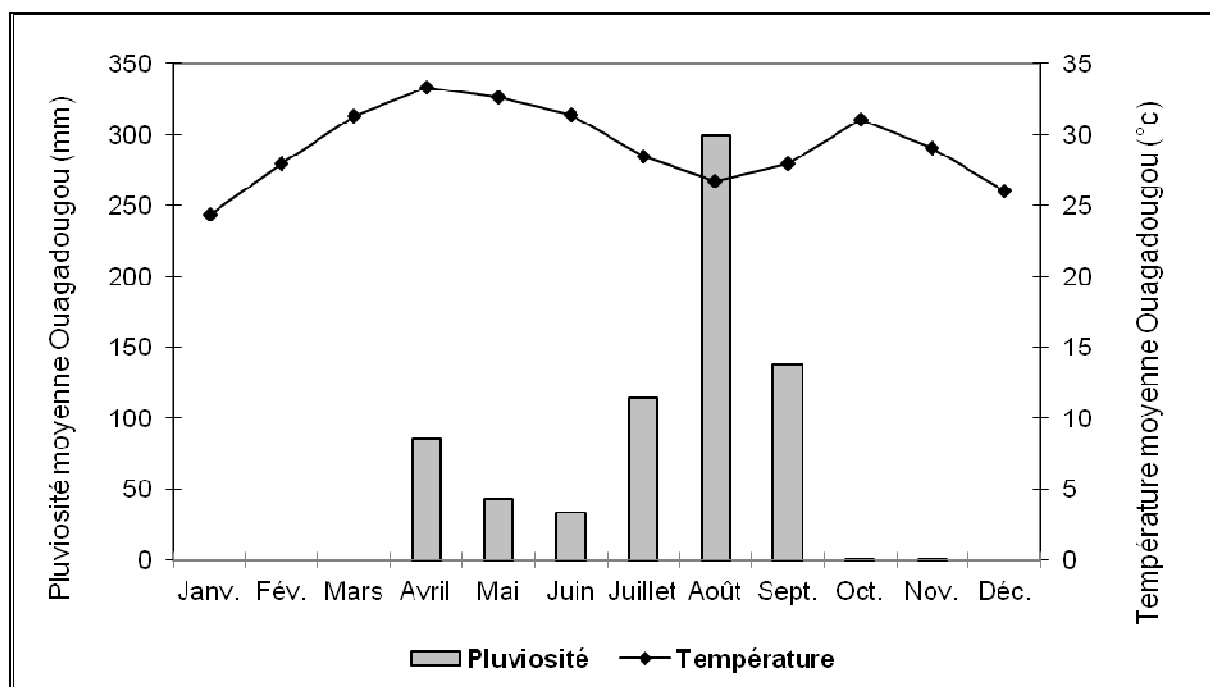


Figure 2: Pluviosité et températures moyennes mensuelles 2007 de la station la plus proche de Budtenga (Source: Service Météorologie, Ouagadougou)

Selon la répartition mensuelle de la pluviosité de l'année 2007, le mois d'Août (299 mm) a été le plus pluvieux (Figure 2). Les températures moyennes mensuelles au cours de l'année varient entre 24° C (janvier) contre 33°C (Avril) (Figure 2).

La durée d'insolation moyenne mensuelle a beaucoup variée au cours de l'année 2007 (Figure 3). Le mois de janvier présente une durée d'insolation faible (185,2 h) contrairement au mois de décembre où la durée d'insolation est la plus élevée (280,8 h). L'humidité relative moyenne mensuelle de 2007 présente une variation importante de 25% au mois de mars à 79% en août (Figure 4). Les vents dominants sont constitués par un alizé continental appelé harmattan, qui souffle du nord-est vers le sud-ouest et par un vent marin appelé mousson qui souffle du sud-ouest vers le nord-est de mai à octobre.

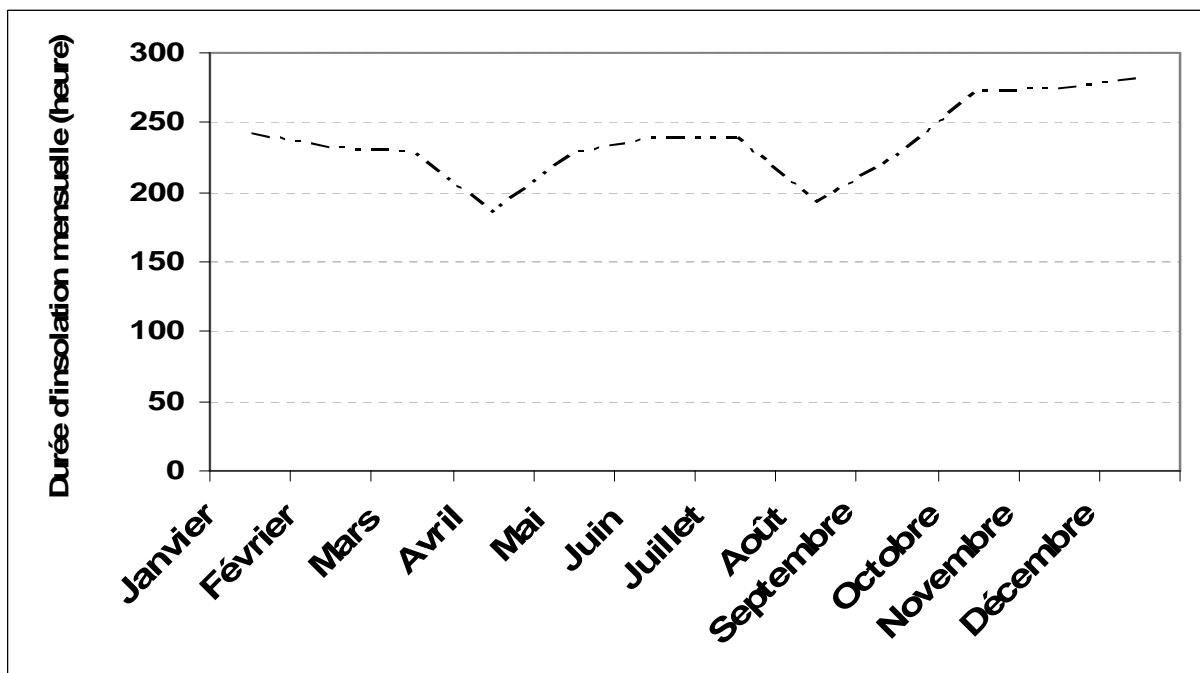


Figure 3: Durée d'insolation moyenne mensuelle 2007 de la station la plus proche de Budtenga (Source: Service Météorologie, Ouagadougou)

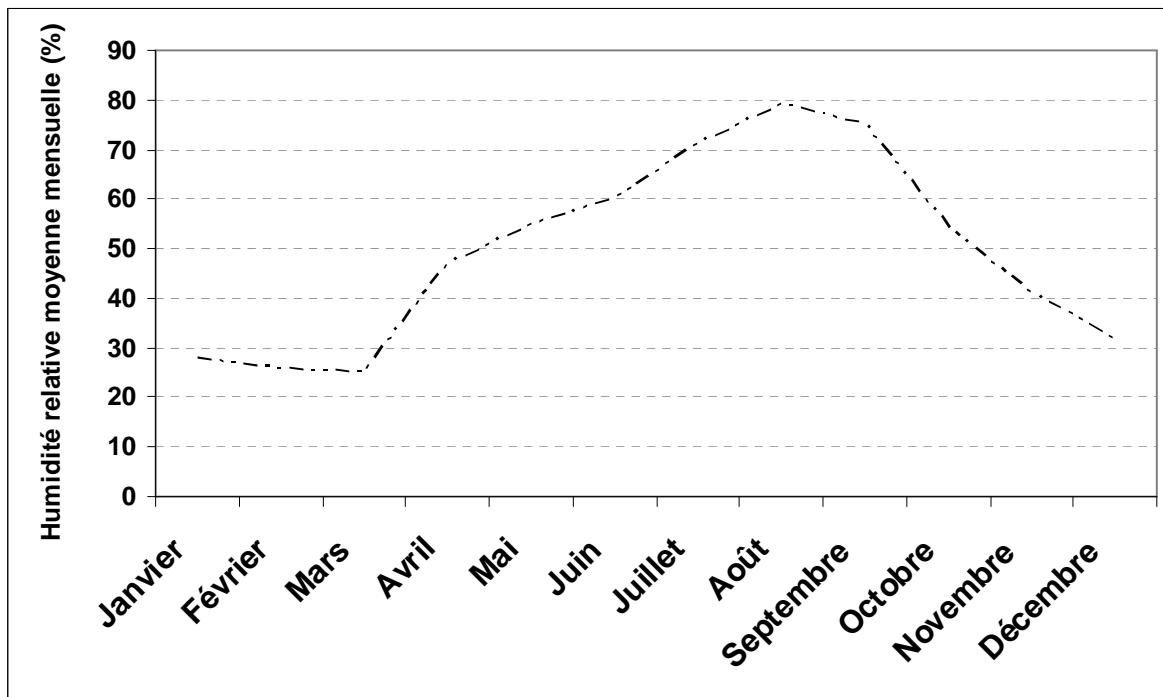


Figure 4: Humidité relative moyenne mensuelle 2007 de la station la plus proche de Budtenga (Source: Service Météorologie, Ouagadougou)

3.1.3. Végétation

La végétation est composée de ligneux soudano sahéliens composés essentiellement de: *Sclerocarya birrea* (A. R.) Hochst, *Diospyros mespiliformis* Hochst., *Vitellaria paradoxa* (C. F.) Gartner, *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst., *Anogeissus leiocarpa* (D.C.) Guill. & Perr., *Ziziphus mauritiana* Lam., *Tamarindus indica* L. et divers *Acacia* et *Combretaceae*. Le tapis herbacé est dominé par *Andropogon ssp.* Les populations exploitent de manière abusive les produits forestiers non ligneux et le bois (MEE, 1997). La végétation est menacée aussi bien dans son existence que dans ses fonctions écologiques, économiques et socioculturelles (MEE, 2001).

3.1.4. Sols

Les sols sont de types ferrugineux tropicaux peu lessivés par endroits et lessivés suivant les zones mais généralement pauvres avec des teneurs faibles en calcium, potassium et phosphore (BUNASOLS, 1988; Diallo *et al.*, 2006). La même source note qu'il y a une dégradation des propriétés physiques de la surface du sol qui se traduit par une mauvaise structure, une forte compacité, et une forte cohésion entre les éléments minéraux en proie à l'érosion. Les cultures sur ces sols sont essentiellement le mil, le sorgho et l'arachide.

3.2. Matériel végétal

Le matériel végétal d'étude est composé d'individus fleuris au sein de la population de Budtenga. Les rameaux fleuris sont constitués d'inflorescences portant chacune de nombreuses fleurs groupées sous forme de grappe. Les infrutescences portent chacune des gousses. Les fleurs mâles portent des étamines pourvues de grains de pollens viables et les fleurs femelles portent des staminodes. La collecte de l'entomofaune floral est réalisée sur tous les individus en floraison.

3.3. Méthodes

3.3.1. Biologie florale

Cent individus ont fait l'objet de suivis préliminaires de la floraison et la fructification en 2006. Cinq individus portant des fleurs mais qui ne fructifient pas et auxquels nous avons attribué le terme d'individus «mâles » et cinq autres individus qui fructifient chaque année, que nous avons appelé individus « femelles » ont été échantillonnés. Après cette phase exploratoire, un suivi phénologique a été couplé avec des observations de fleurs au microscope. Celles-ci ont été collectées en 2007 au cours de la deuxième année de suivi de la

reproduction sur les différents individus échantillonnés. Pour la collecte, la couronne de l'arbre a été subdivisée en trois niveaux : sommet, milieu et base pour chaque individu (Figure 5). Ainsi, vingt (20) fleurs épanouies par niveau soit 60 par individu ont été prélevées sur chaque arbre. Ce qui donne un total de 300 fleurs pour chaque type d'individus (mâles ou femelles).

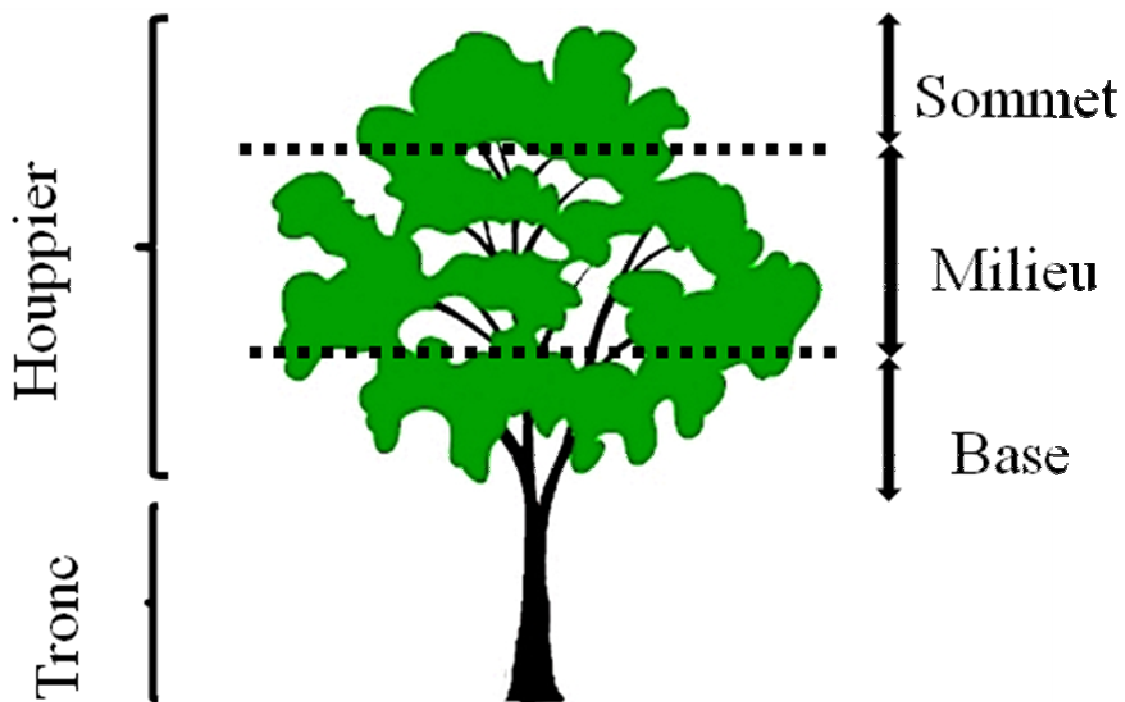


Figure 5: Subdivision de la couronne des individus pour le prélèvement des échantillons de fleurs

Paramètres mesurés

Des mesures biométriques ont été faites sur toutes les fleurs collectées. Le nombre d'ovules moyen par individu et par type de fleur est évalué grâce à des coupes longitudinales effectuées sur les différents organes floraux et du comptage des ovules.

La viabilité des grains de pollen a été testée à partir de la technique de coloration de Kearns et Inouye (1993). Après la collecte, les anthères des fleurs des individus mâles et femelles sont immédiatement plongées dans du rouge de Carmen pendant 24 heures (fushine acide à 0,1%). Puis elles sont écrasées entre lames et lamelles pour observation de grains de pollen à la loupe binoculaire et sous microscope optique au grossissement X 40. La fushine, dont l'action est basée sur l'activité enzymatique des cellules, a la propriété de colorer les grains de pollen non viables (cellules mortes vidés de leur cytoplasme) en rose et les grains pollens viables (cellules vivantes) en rouge vif. Le nombre de grains de pollen par anthère dans chaque catégorie de fleurs a été évalué.

3.3.2. Phénologie de la floraison et entomofaune florale

3.3.2.1. Phénologie

Les investigations préliminaires en 2006 ont permis d'identifier trois stades de développement phénologique de la fleur:

- le stade 1 est le stade du bouton floral ;
- le stade 2 est le stade fleur épanouie où on distingue le périanthe, l'androcée et le gynécée;
- le stade 3 est le stade de la nouaison correspondant au début de la fructification avec un assèchement des extrémités du stigmate qui vire du jaune au marron foncé, au flétrissement des pétales et sépales et au grossissement du pistil.

Les suivis phénologiques à l'échelle de l'inflorescence et du rameau sur les individus mâles et femelles ont été réalisés afin de cerner le déroulement de la floraison par sexe. Sur chacun des vingt individus par sexe, il est choisi cinq rameaux non encore fleuris. Dès l'apparition des premiers boutons floraux, les cinq premières inflorescences situées à la base du rameau ont été échantillonnées. Tous les trois jours (du 20 juillet au 27 décembre 2007) un comptage de fleurs fermées, de fleurs ouvertes et de fruits en cours de formation par inflorescence est effectué. Le nombre de boutons floraux, de fleurs ouvertes par inflorescence et de fruits en cours de formation par infrutescence est calculé en fonction des dates. Enfin nous avons compté le nombre de rameaux par individu portant des infrutescences matures au sein de la population.

3.3.2.2. Détermination de l'entomofaune floral

Nos collectes se sont focalisées sur l'entomofaune diurne. Les fréquences de collectes dans la journée s'inspirent du protocole mis en place par Diallo (2001) sur *Tamarindus indica*. Ainsi, nos collectes ont été réalisées entre 6 heures et 18 heures suivant le découpage ci-après: (i) 6h à 8h ; 8h à 10h pour cibler les visiteurs matinaux; (ii) 10h à 12h; 12h à 14h et 14h à 16h pour capturer les visiteurs des heures chaudes; (iii) 16h à 18h pour capturer les visiteurs crépusculaires.

La durée de collecte couvre toute la phase de floraison qui s'étale de juillet à septembre soit environ trois mois. La fréquence de collecte est de deux passages par mois (en début et fin du mois) à raison de 7 jours consécutifs lors de chaque passage.

La méthode utilisée est celle du filet préconisée par Goldingaye *et al.* (1991). C'est un outil fabriqué à partir d'une toile en tissu, montée sur un fil de fer circulaire fixé à un manche en bois. Après chaque capture les insectes sont conservés dans des flacons d'alcool à 70°, sur

lesquels la date, l'heure de capture et le numéro de l'échantillon sont marqués. La détermination des insectes avec l'assistance technique du laboratoire d'entomologie forestière de l'INERA a utilisé la clé de détermination des ordres d'insectes de Chinery (1986) qui s'appuie sur les critères suivants: la présence ou l'absence d'ailes, la morphologie du corps et des pattes, la taille de l'insecte, la morphologie et la structure des ailes, les caractéristiques des pièces buccales, la morphologie et la taille des antennes. Ensuite pour chaque ordre la clé de Chinery (1986) a été utilisée pour la classification des familles. Celle-ci s'appuie sur: la présence de deux ou trois cerques, la présence ou l'absence d'ailes postérieures et leur envergure, la taille de l'insecte lui même (plus de 30 mm ou moins de 30 mm) et la structure des ailes (nervures).

3.3.2.3. Pollinisateurs potentiels et taux de visite

Pour déterminer les pollinisateurs potentiels nous avons utilisé deux approches complémentaires: l'observation de la morphologie corporelle (présence ou l'absence de poils sur le corps) et la bibliographique axée sur les régimes alimentaires.

Pour mesurer le taux de visite des pollinisateurs, quatre arbres à fleurs ont été observés de 6 à 18 heures par jour pendant 10 jours en mi-août correspondant à la période de forte intensité de visite chez *P. reticulatum*. L'observation a porté sur des fleurs nouvellement ouvertes selon les horaires de 6 – 8h, 8 – 10h, 10 – 12h, 12 – 14h, 14 – 18h. Le nombre de visites de pollinisateurs potentiels a été compté puis le taux de visite est calculé.

3.3.3. Structure spatiale, sexe ratio et dimorphisme sexuel

3.3.3.1. Structure spatiale des individus dans la population

Des mesures de hauteur, diamètre à 1,30m et de la distance entre les mâles et les femelles des individus de la population ont été faites. Les coordonnées géographiques de chaque individu ont été relevées à l'aide d'un GPS (Global Positioning System 76 de précision 5 m). Ce qui nous a permis de faire une carte de répartition spatiale des individus à l'échelle de la population.

3.3.3.2. Sexe-ratio

Les sexes de tous les individus de la population avaient été préalablement déterminés grâce aux observations faites à la loupe binoculaire. Pour étudier le sexe-ratio, nous avons procédé à un découpage de la population en sept placettes circulaires de 20 m de rayon soit une superficie de 1256 m² chacune en fonction de la densité des mâles. A l'intérieur de chaque placette, nous avons compté les individus mâles et les individus femelles durant la pleine floraison. Les individus qui ne portaient pas de fleurs au moment de l'inventaire ont été regroupés sous l'appellation de «individus à sexe indéterminé». Le sexe ratio de la population est déterminé suivant la formule nombre de mâles/nombre d'individus en fleurs. La proportion des mâles a été déterminée suivant la formule nombre de mâles/nombre total d'individus présents dans la population.

3.3.3.3. Dimorphisme sexuel

Un échantillon de 10 rameaux fleuris et 5 inflorescences par rameau ont été sélectionnés au hasard sur 10 individus mâles et 10 individus femelles. Soit un total de 500 inflorescences et de 100 rameaux par sexe échantillons. La production moyenne de boutons floraux et de fleurs épanouies par individu et le nombre d'inflorescences par rameaux sont comptés pendant la pleine floraison au mois d'août selon les trois dates d'observation correspondant au 1^{er}, 15 et 31 août 2007. Les mesures de hauteur des individus (m), la circonférence à la base (cm), les diamètres du houppier nord-sud et est-ouest (m) ont été réalisées.

3.3.4. Etude des productions fruitières

3.3.4.1. Evaluation de la production des arbres

L'évaluation de la production fruitière a été faite sur les 19 individus femelles choisis au hasard et ayant servi à mesurer la distance entre les mâles et les femelles. Pendant la période de maturité en décembre, toutes les gousses ont été collectées et séchées à l'étuve à une température de 70°C pendant 72h. Le poids moyen de la gousse, le poids moyen de la graine, la production totale de gousses par arbre sont calculés.

3.3.4.2. Estimation du succès de la fructification

Il a été choisi au hasard en début de la floraison (juillet 2007), 10 individus femelles, 10 rameaux par individu, 5 inflorescences à boutons floraux par rameau et 10 boutons floraux par inflorescence. Ces boutons floraux après leur épanouissement sont soumis à une pollinisation libre. A la maturation des gousses (décembre 2007), le nombre total de gousses par infrutescence mature et le nombre d'infrutescences matures par rameau ont été comptés. La maturité des gousses est déterminée sur la base du changement de coloration (couleur qui vire du vert au brun). A l'échelle de l'infrutescence le taux de succès de la fructification est estimé à travers la formule de Burne *et al.* (2003): (nombre total de gousses/nombre total de boutons floraux) x 100. A l'échelle de l'individu, le taux de succès est obtenu à partir du ratio du nombre de rameaux à infrutescences matures sur le nombre de rameaux à inflorescences au stade de boutons floraux [(infrutescences matures / inflorescences de boutons floraux) x 100].

3.3.4.3. Impact des distances entre la femelle et le mâle le plus proche sur la production de graines

Une première prospection en début de floraison a permis de repérer les femelles. L'échantillon porte sur 19 individus femelles choisis au hasard. La distance entre la femelle et le mâle le plus proche a été mesuré à l'aide d'un ruban gradué. Une placette de 20 m de rayon a été délimitée autour de chaque femelle sur la base de *Apis mellifera* identifié comme l'un des principaux pollinisateurs permanents de l'espèce mais reconnu comme peu mobile par Diallo (2001). Pendant la période de maturité en décembre, toutes les gousses ont été collectées et séchées à l'étuve à 70°C pendant 72h puis le taux moyen des graines non abîmés (non parasitées, déformées, avortées) par arbre est calculé.

3.3.4.4. Variables dendrométriques et production fruitière

Pour évaluer la production de gousses et de graines, 25 individus femelles dans la population en début de floraison en juillet ont été échantillonnés de manière aléatoire sur lesquels sont mesurés les variables dendrométriques suivantes : hauteur (m) et diamètre du houppier (m). A la maturité des gousses en décembre 2007, tous les fruits mûrs sont collectés par plante. Les gousses endommagées (gousses perforées par des parasites ou avortées) et celles intactes ont été étiquetées par arbre. Les longueurs des gousses séchées à l'étuve à 70°C pendant 24h et leurs poids secs ont été mesurés. La production moyenne de gousses et des graines par arbre ainsi que le pourcentage de gousses mûres endommagées et de graines endommagées et le nombre de perforations sur la gousse ont été faits. Les graines endommagées sont celles qui sont avortées ou perforées par les parasites.

3.3.4.5. Parasites des gousses et production de fruits et de graines

- Incubation des gousses et identification des parasites

L'échantillon de gousses est obtenu à partir d'un échantillonnage systématique sur 25 individus femelles repartis dans le peuplement. Une récolte aléatoire de gousses est faite sur les 25 individus échantillonnés pour l'étude. Le premier lot de gousses est collecté pendant le stade de fructification au mois de novembre correspondant au début de la maturité. Le deuxième lot est collecté en janvier. Ces deux lots de 100 gousses chacun à raison de 4 gousses/arbre ont été constitués soit un total de 200 gousses. Chaque lot de 100 gousses est déposé dans des pots en plastique contenant du sable, le tout placé dans des cages en bois de dimensions 50 cm x 30 cm x 30 cm, le tout entreposé au laboratoire d'Histoires Naturelles au

CNRST. Au bout de 35 jours, des observations ont été faites pour collecter et identifier les adultes de parasites qui ont émergés.

Les insectes sont collectés dans des flacons étiquetés. Ensuite les insectes capturés sont identifiés sous binoculaire au laboratoire de l'INERA.

3.3.5. Traitement et analyse de données

Les données ont été saisies à l'aide du logiciel Excel version 2007. Ensuite des analyses statistiques ont concerné la longueur du pistil, la longueur des étamines et le nombre d'ovules de chaque catégorie de fleurs (mâle ou femelle) avec le logiciel MINITAB version 13.

Au niveau de la phénologie, nous avons calculé le nombre moyen de boutons floraux, de fleurs épanouies par inflorescence et de gousses par infrutescence et par individu. Sur l'entomofaune, nous avons construit dans un premier temps un tableau de données du nombre d'insectes collectés par ordre et par famille. Ensuite, nous avons construit une matrice de données sous forme d'un tableau de contingence obtenu à partir de la présence (notée 1) ou de l'absence (notée 0) d'une famille par ordre. En fonction des heures de la journée et durant la période de la floraison nous avons calculé le total de présence des familles de pollinisateurs. Le taux de visites est calculé à partir du pourcentage de visites des insectes rapporté au nombre total de visites par tranche horaire.

Le sexe-ratio de la population est le rapport nombre de mâles/nombre de femelles. La proportion de mâles dans l'échantillon d'étude est estimée suivant la formule [(mâles / (mâles + femelles))] afin d'éviter un biais dans les résultats car l'analyse des ratios stricts peut engendrer souvent des erreurs d'interprétation (Wilson et Hardy, 2002).

Le diamètre moyen du houppier des arbres a été calculé et des classes de surface du houppier ont été réalisées par sexe. La surface au sol du houppier est calculé selon la formule suivante : [rayon x rayon du houppier x 3,14].

L'analyse du Log linéaire a permis de déterminer si la répartition des individus dans les classes de surface de houppier varie en fonction du sexe. L'analyse de variance est effectuée sur chacune des variables dendrométriques mesurées ou calculées afin d'identifier de possibles différences significatives entre les sexes. Une analyse de variance a également été faite pour déterminer si le nombre de boutons floraux et de fleurs épanouies varie significativement en fonction des sexes.

Le logiciel Minitab 13 a servi dans l'analyse de régression simple pour examiner la relation entre les variables réponses (production de fruits, production de graines, gousses et graines attaqués et graines avortées) et les variables prédictives (hauteur de la plante et le diamètre du houppier). Cette analyse cherche à prédire les variables souhaitées (production de fruits, de graines, pourcentage de graines attaquées et de graines avortées) à partir de la hauteur et le diamètre du houppier de l'arbre.

Une analyse descriptive a permis de calculer le poids moyen d'une gousse, d'une graine et la production par individu.

4. RESULTATS

4.1. Biologie florale

4.1.1. Morphologie des fleurs

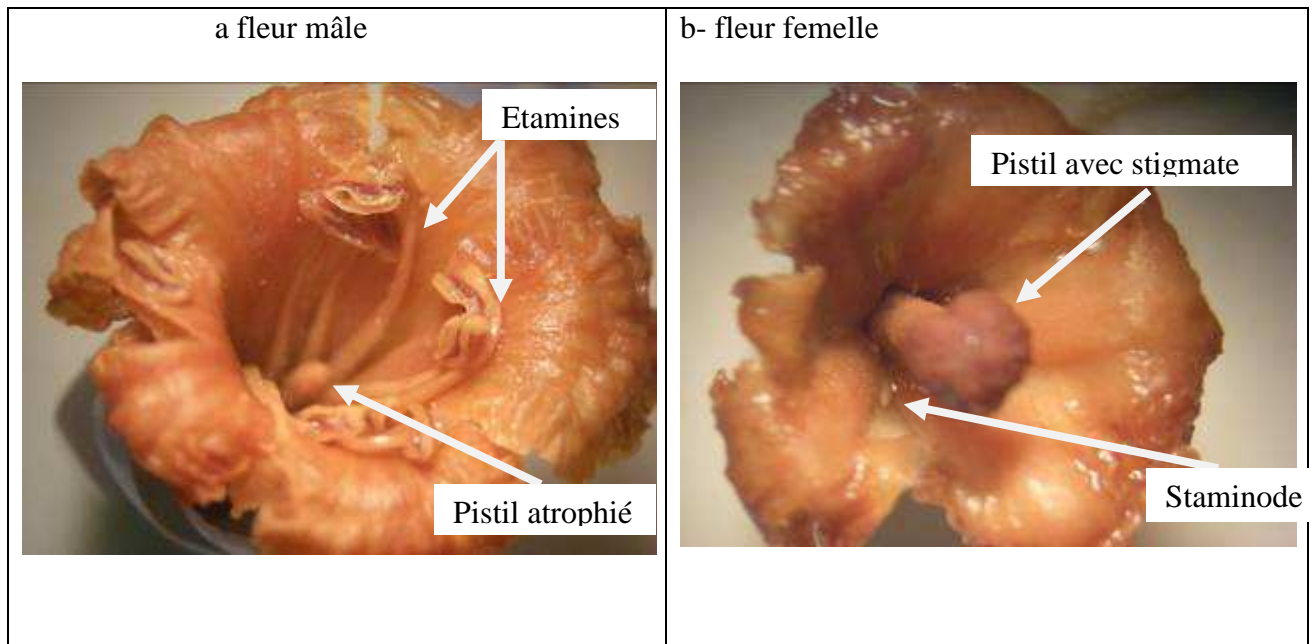
L'observation microscopique révèle l'existence de deux types de fleurs chez *P. reticulatum* :

- Une fleur morphologiquement hermaphrodite dite fleur «mâle» (Photo 4 a) est composée de :

- (i) un calice constitué de 5 sépales libres et verdâtres;
- (ii) une corolle composée de 5 pétales libres de couleur blanche souvent striée de rose;
- (iii) un androcée constitué d'une couronne de 10 étamines supères et libres ;
- (iv) un pistil avec un style allongé sans stigmate individualisé.

- Une fleur morphologiquement hermaphrodite dite «femelle» (Photo 4 b) est composée de :

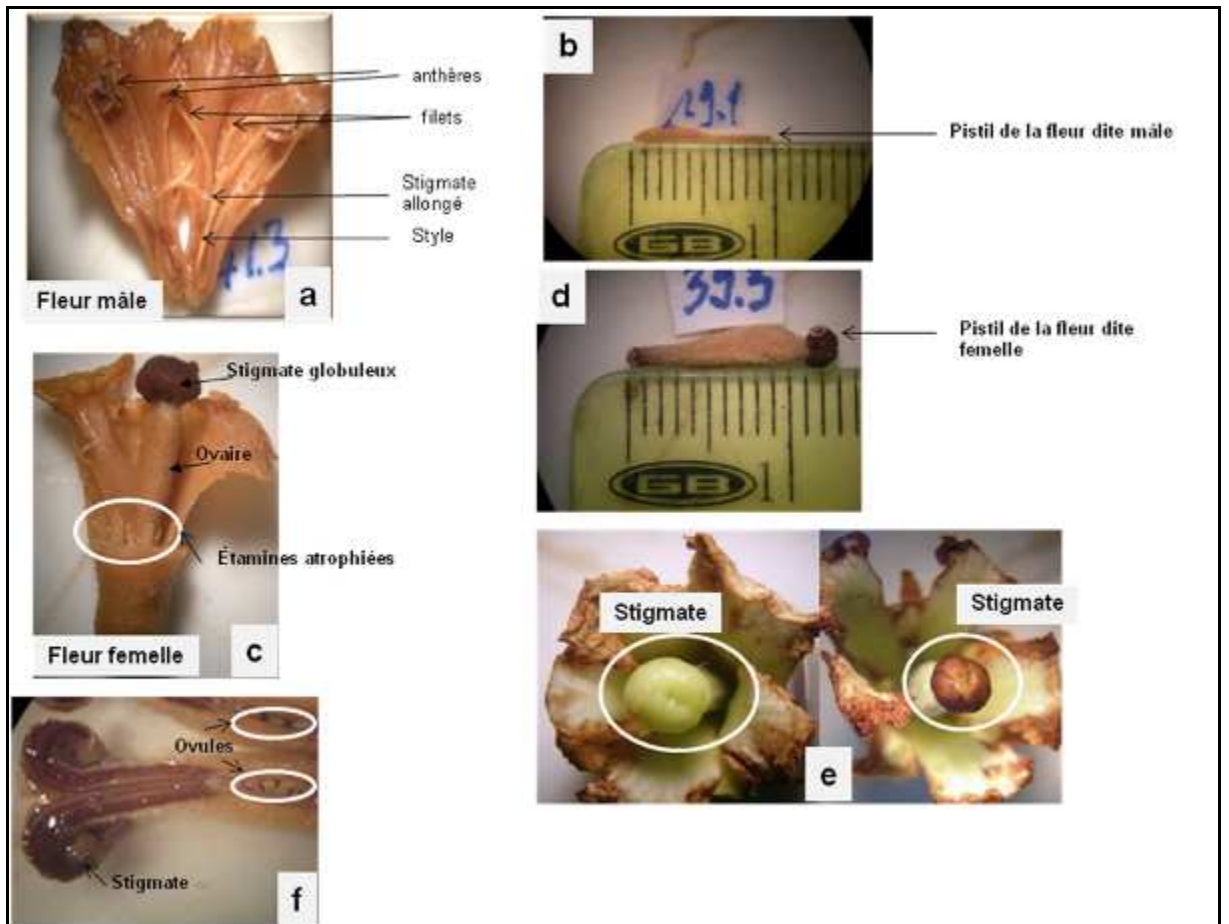
- (i) un calice constitué de 5 sépales verdâtre et libres ;
- (ii) une corolle composée de 5 pétales blanchâtre souvent striée de rose et libres ;
- (iii) un androcée constitué d'une ébauche d'étamines infères libres et atrophiées ou staminodes;
- (iv) un pistil bien développé, comprenant un style et un stigmate globuleux bien distinct.



Photos 4: Fleurs épanouies de *P. reticulatum* ; a = une fleur hermaphrodite (assurant la fonction mâle) ; b = une fleur hermaphrodite (assurant la fonction femelle)

4.1.2. Anatomie des fleurs

Les photos 5 présentent l'anatomie externe des pièces florales de *P. reticulatum*. La fleur dite mâle a un pistil mince muni d'un stigmate allongé (Photos 5 a et 5 b) de couleur jaune verdâtre. Par contre le pistil de la fleur dite femelle est robuste (Photos 5 c et 5 d) constitué d'un stigmate bien développé de forme arrondie, dont la coloration change du jaune verdâtre pour les fleurs nouvellement épanouies au marron au bout de 24 heures (Photo 5 e). Le stigmate est précédé d'un ovaire supère dont la coupe longitudinale fait apparaître des ovules logés dans des cavités appelées loges (Photo 5 f). L'anatomie externe de l'androcée montre également l'existence de deux morphes au niveau des étamines. Ainsi, chez la fleur mâle, les étamines sont constituées d'un filet et d'une anthère développée (Photos 5 a et 5 b) tandis que chez la fleur femelle elle est atrophiée et à peine visible. Il s'agit de staminodes (Photo 5 c). La durée de vie d'une fleur épanouie est en moyenne d'un jour pour la fleur femelle et de deux jours pour la fleur mâle.



Photos 5: Anatomie externe des pièces florales de *P. reticulatum* : a = fleur mâle ; b = pistil fleur mâle ; c = fleur femelle ; d = gynécée fleur femelle ; e = changement coloration du stigmate fleur femelle en fonction du temps ; f = coupe transversale d'un gynécée de fleur femelle

4.1.3. Taille des organes de reproduction

Une différence significative est notée entre les fleurs des individus mâles et des individus femelles pour les variables longueur du pistil, longueur des étamines et nombre d'ovules (Tableau 1).

Tableau 1 : Moyennes et écarts types de la longueur du pistil, des étamines et du nombre d'ovules par types d'individus

	Longueur étamines (cm)		Longueur du pistil (cm)		Nombre ovules/ovaire	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Fleur femelle	0,1600	0,0491	1,4347	0,1506	49,407	10,874
Fleur mâle	1,5347	0,2503	0,9310	0,1871	0	0

NB: Taille de l'échantillon : N = 300

Le pistil des fleurs mâles a une longueur moyenne de $0,93 \pm 0,19$ cm contre $1,43 \pm 0,15$ cm pour celle des fleurs femelles. Les étamines des fleurs mâles ($1,53 \pm 0,25$ cm) sont elles aussi plus longues que celles des fleurs femelles ($0,16 \pm 0,05$ cm). Le nombre d'ovules par ovaire est en moyenne de $49 \pm 10,87$ chez les femelles. Le gynécée des fleurs mâles est dépourvu d'ovules. La fleur mâle a un diamètre moyen de $1,57 \pm 0,22$ cm et une longueur moyenne de $1,74 \pm 0,27$ cm contre $1,39 \pm 0,19$ cm de diamètre et $1,88 \pm 0,15$ cm de longueur pour la fleur femelle. Il n'y a pas de différence significative entre les fleurs mâle et femelle sur les variables longueur et diamètre (Figures 6 et 7).

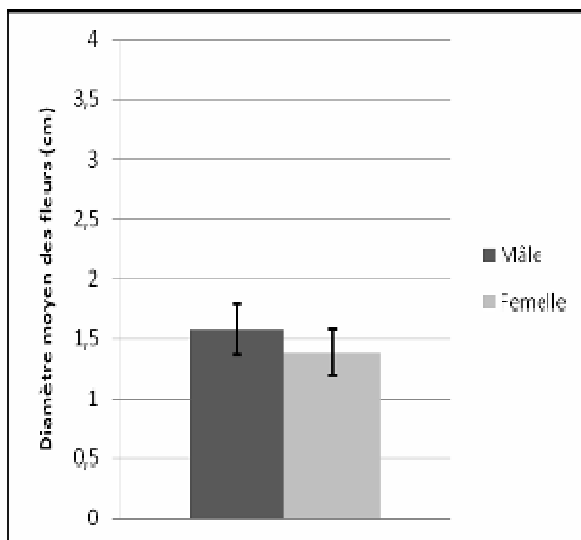


Figure 6: Diamètre moyen des fleurs mâles et femelles de *P. reticulatum*

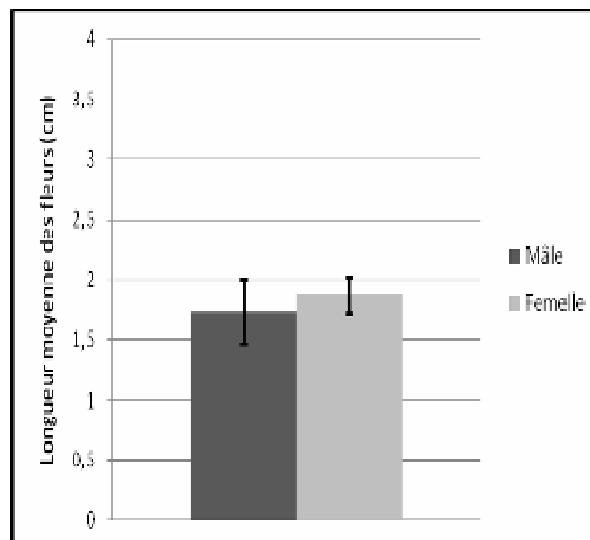


Figure 7: Longueur moyenne des fleurs mâles et femelles de *P. reticulatum*

4.1.4. Viabilité des grains de pollen

L'observation des préparations microscopiques de fleurs nouvellement épanouies a montré chez les mâles des cellules (coloration rouge vif) qui dénotent la viabilité des grains de pollen (Photo 6). Par contre, les préparations microscopiques des fleurs femelles montrent des fragments de staminodes sans grains de pollen. Ces fragments sont colorés en rose par la fushine indiquant la présence de cellules mortes car vidées de leur cytoplasme (Photo 7).

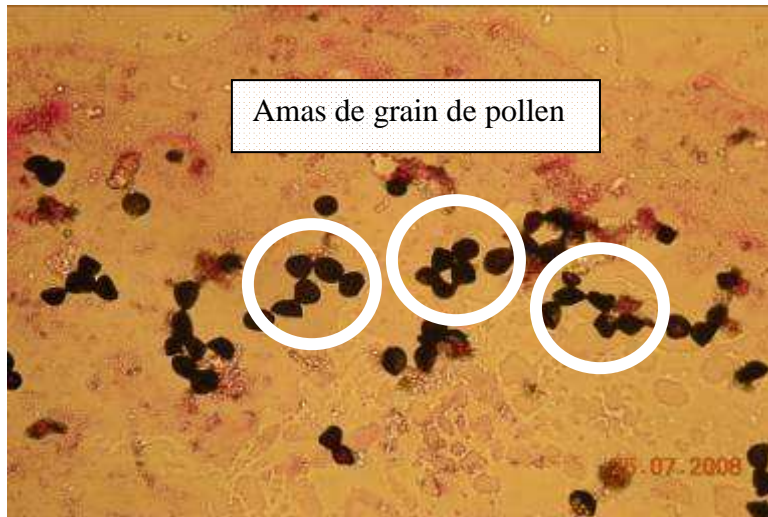


Photo 6: Grains de pollen des fleurs mâles colorés en rouge vif au grossissement x 40

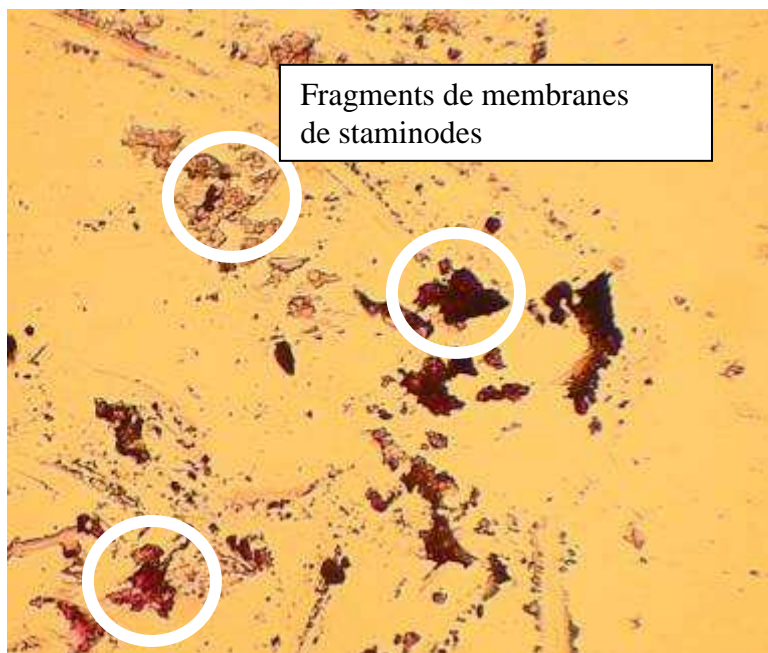


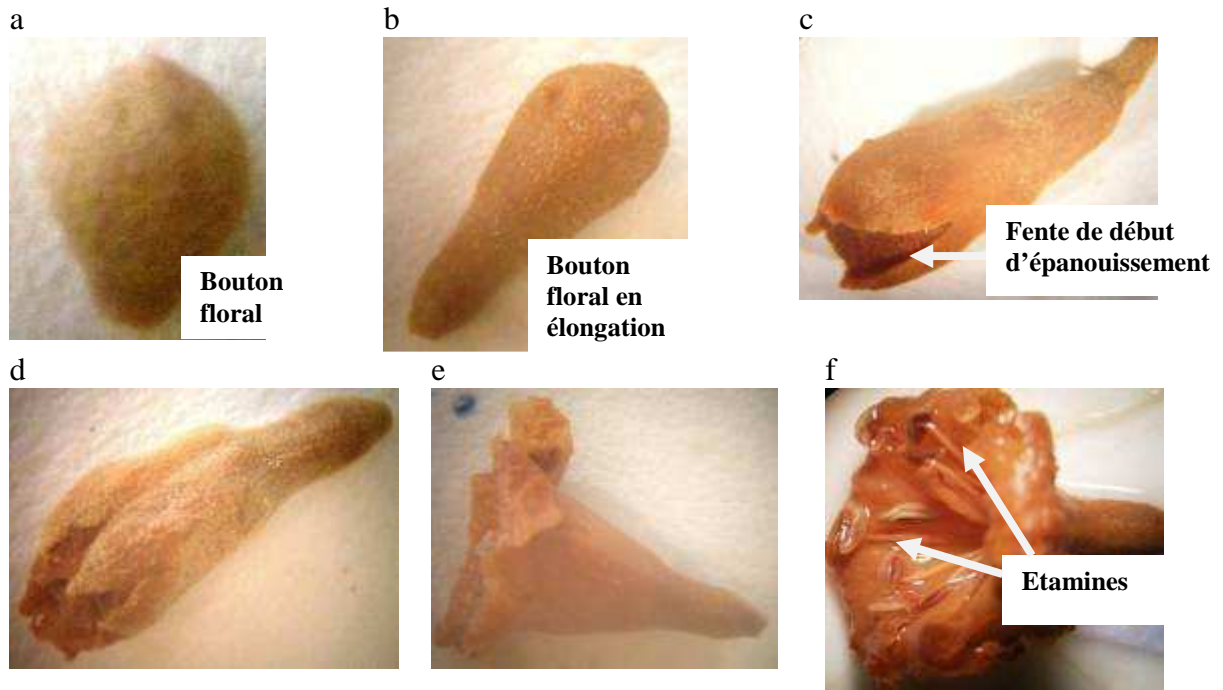
Photo 7: Fragment de staminodes des fleurs femelles colorés en rose au grossissement x 40

4.2. Phénologie et entomofaune florale

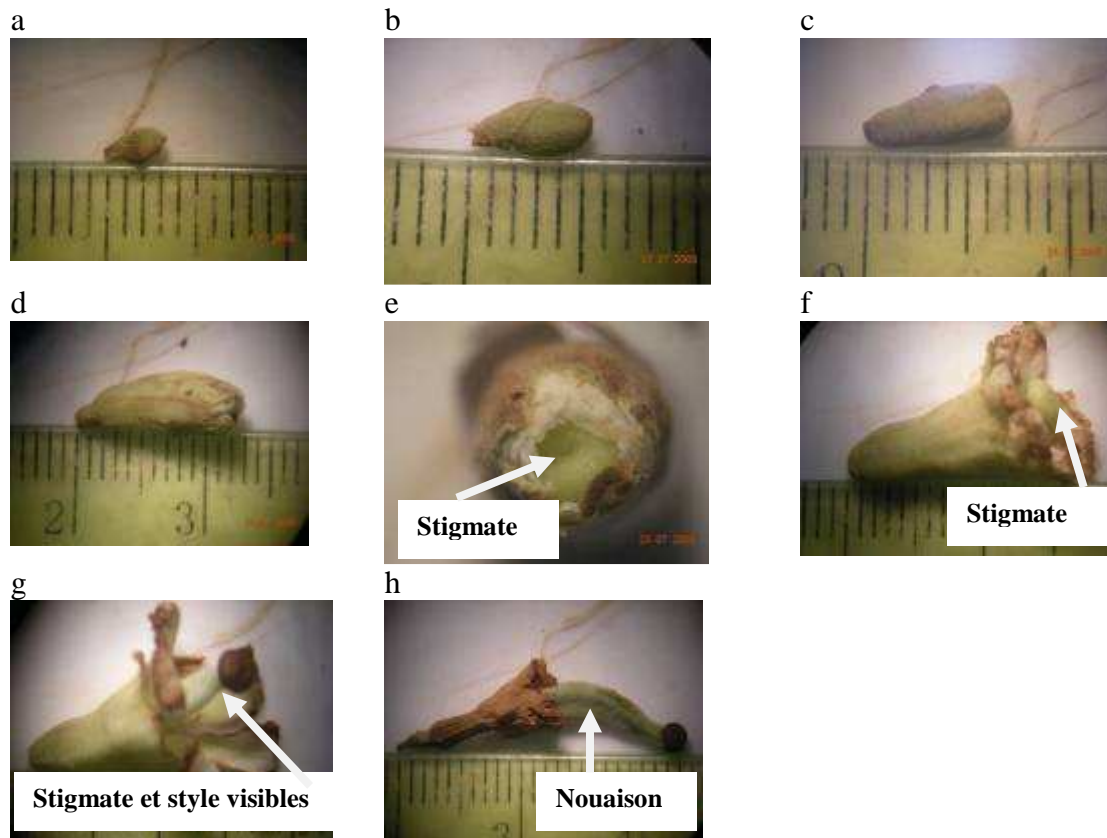
4.2.1. Phénologie

4.2.1.1. Evolution de la morphologie florale

La floraison débute par l'apparition de boutons floraux (Photos 8 a et 9 a) qui s'allongent par la suite pour prendre la forme ellipsoïdale (Photo 8 b pour les mâles) et (Photos 9 b et c pour les femelles). L'épanouissement du bouton floral débute par une fente de l'extrémité supérieure pour les individus mâles (Photo 8 c) et les femelles (Photos 9 d et 9 e). Le timing entre l'apparition des boutons floraux et le début de l'épanouissement est de 24 jours pour tous les individus. Cette fente va s'élargir pour libérer progressivement les étamines chez les mâles (Photo 8 e) et le stigmate chez les femelles (Photos 9 e et 9 f). La fleur est complètement ouverte avec les étamines visibles chez les mâles (Photo 8 f) et le pistil visible chez les femelles (Photo 9 g). A la nouaison, les pièces florales des individus femelles flétrissent laissant apparaître un ovaire et un stigmate globuleux (Photo 8 h). En absence de nouaison la fleur épanouie se dessèche et tombe au bout de 24 heures pour les mâles et de 48 heures pour les femelles.



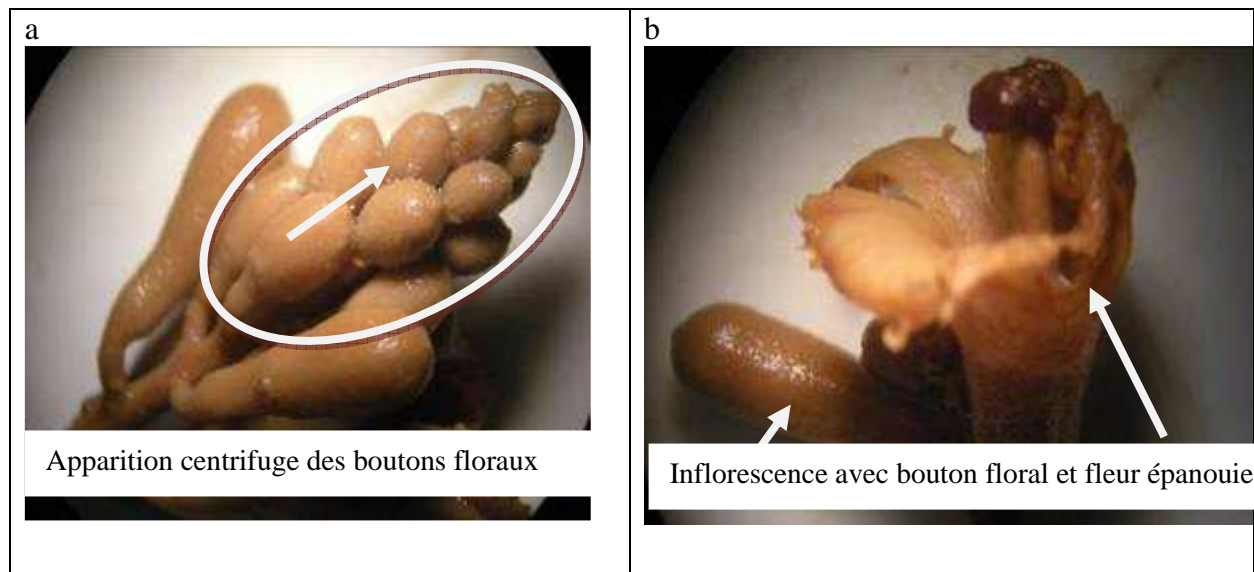
Photos 8: Evolution de la morphologie des fleurs mâles de *P. reticulatum* : a = bouton floral ; b = bouton floral en élongation; c, d et e = épanouissement progressif du bouton floral ; f = fleur ouverte avec étamines visibles



Photos 9: Evolution de la morphologie des fleurs femelles de *P. reticulatum* : a, b et c = élongation de boutons floraux ; d, e et f = épanouissement progressif du bouton floral laissant apparaître progressivement le stigmate du pistil ; g = fleur épanouie et pistil visible ; h = nouaison

4.2.1.2. Morphologie des inflorescences

La floraison débute en juillet avec l'apparition des boutons floraux de forme plus ou moins arrondie. Les inflorescences sont constituées de plusieurs boutons floraux dont l'ensemble se présente en forme d'entonnoir (Photo 10 a). L'apparition des fleurs au sein de l'inflorescence est centrifuge et progressive (Photo 10 b) et s'étale de juillet à fin octobre soit 4 mois de floraison.



Photos 10: Apparition progressive et centrifuge des boutons floraux dans une inflorescence de *P. reticulatum* ; a = inflorescence en élancement en forme d'entonnoir ; b = apparition progressive des fleurs épanouies par écartement des pièces florales.

4.2.1.3. Phénologie de la floraison et de la fructification

Les arbres mâles ont leur floraison qui débute en mi-juillet (Figure 8) tandis que chez les femelles, la floraison commence en fin juillet (Figure 9). La floraison se termine en fin octobre au même moment chez les mâles que chez les femelles. La moyenne des boutons floraux chez les mâles est particulièrement plus importante que chez les femelles. Par contre la moyenne de fleurs épanouies est inférieure ou égale à 2 par inflorescence mâle et femelle. Ce nombre moyen de fleurs épanouies est constant durant la phase de floraison. Le nombre moyen de gousses par infrutescence est inférieur à 2.

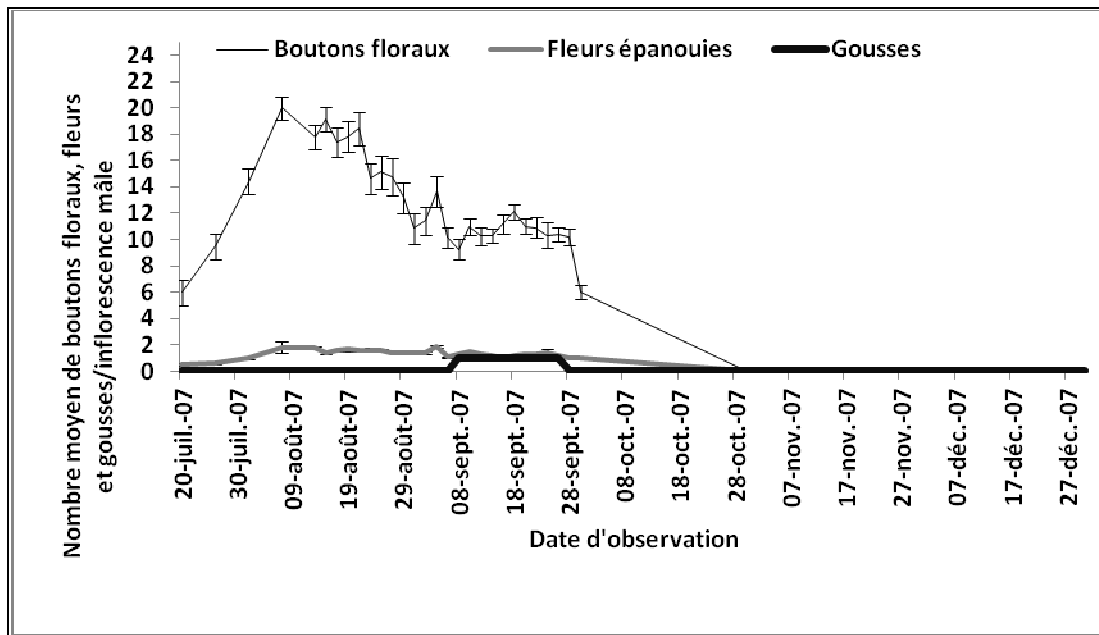


Figure 8: Evolution du nombre moyen de boutons floraux, de fleurs épanouies et de gousses par inflorescence mâle chez *P. reticulatum* au cours des mois de juillet à décembre 2007 à Budtenga

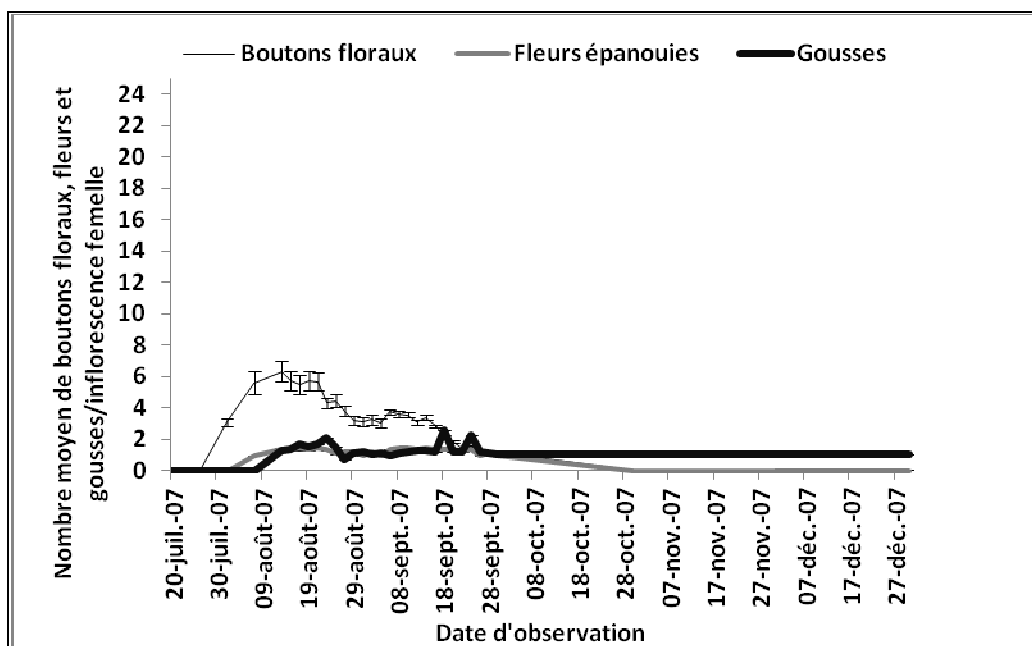


Figure 9: Evolution du nombre moyen de boutons floraux, fleurs épanouies et gousses par inflorescence femelle chez *P. reticulatum* au cours des mois de juillet à décembre 2007 à Budtenga

4.2.2. Entomofaune florale

L'entomofaune florale de *P. reticulatum* capturé est constitué d'insectes appartenant à 30 familles réparties dans 10 ordres (Tableau 2). Chaque ordre renferme une ou plusieurs familles. Ainsi, nous avons: Lépidoptères (5 familles), Orthoptères (1 famille), Coléoptères (6 familles), Hémiptères (6 familles), Hyménoptères (5 familles), Diptères (3 familles), Homoptères (1 famille), Ensifères (1 famille), Dermaptères (1 famille) et Dictyoptères (1 famille).

Tableau 2: Entomofaune visitant les fleurs de *Piliostigma reticulatum* à Budtenga en zone nord soudanienne

Ordre	Famille	Genre/Espèce
Coléoptères	Cerambycidae	<i>Phryneta aurocincta</i> , <i>Crossotus</i> sp
	Curculionidae	<i>Sitona</i> sp.
	Chrysomelidae	Détermination en cours
	Lycidae	<i>Chamydolicus</i> sp.
	Meloidae	<i>Psalydolitta fusca</i> , <i>Mylabris oloserica</i> , <i>Psalydolytha Theresa</i> <i>Charadronata quadrisignata</i> , <i>Campsura</i> sp., <i>Quadriciniata</i>
	Scarabeidae	<i>Xeloma</i> sp., <i>Polybaphes sanguinobenta</i> , <i>Polybaphes</i> <i>acquinoctialis</i> , <i>Pacnoda cordata</i> , <i>Pacnoda marginata</i>
Dermaptère	Forficulidae	<i>Forficula senegalensis</i>
Dictyoptères	Mantidae	<i>Mantis religiosa</i>
Diptères	Calliphoridae	<i>Chrysomya</i> sp.
	Muscidae	<i>Musca domestica</i>
	Syrphidae	<i>Eristalis</i> sp.
Ensifères	Ephippigeridae	<i>Ephipigère</i> sp.
	Alydidae	<i>Mirperus jaculus</i>
	Coreidae	<i>Anoplocnemis curvipes</i>
Hémiptères	Lygaeidae	<i>Lygaeus</i> sp.
	Pentatomidae	<i>Aspavia</i> sp.
	Pyrrhocoridae	<i>Dysdercus völkeri</i>
	Reduviidae	<i>Cosmolestes pictus</i>
Homoptères	Delphacidae	Détermination en cours
	Apidae	<i>Apis mellifera</i>
	Formicidae	<i>Camponotus sericeus</i>
Hyménoptères	Ichneumonidae	<i>Ichneumo</i> sp.
	Sphecidae	<i>Sceliphron distillatorium</i> et <i>Amophilla</i> sp.
	Vespidae	<i>Rhopalidia</i> sp , <i>Polistes</i> sp., <i>Vespula</i> sp.
Lépidoptères	Acraeidae	<i>Acraea bonasia</i>
	Danaidae	<i>Danais crisipus</i>
	Bombycidae	Détermination en cours
	Nymphalidae	<i>Charaxes epijasius</i>
	Pieridae	<i>Colotis</i> sp.
Orthoptères	Acrididae	<i>Kraussela amabile</i> , <i>Homoxyrhpes punctipennis</i> , <i>Cataloipus</i> <i>fusiocoeruleipes</i> , <i>Anacridium</i> sp., <i>Humbe tenuicornis</i> , <i>Heteropternis thoracica</i>

Les Hyménoptères, les Diptères, les Coléoptères, les Lépidoptères et les Hémiptères sont les ordres d'insectes les plus importants et les plus fréquemment collectés durant la période de juillet à septembre 2007 par rapport aux autres ordres (Dictyoptères, Ensifères, Orthoptères, Homoptères et Dermaptères) (Figure 10).

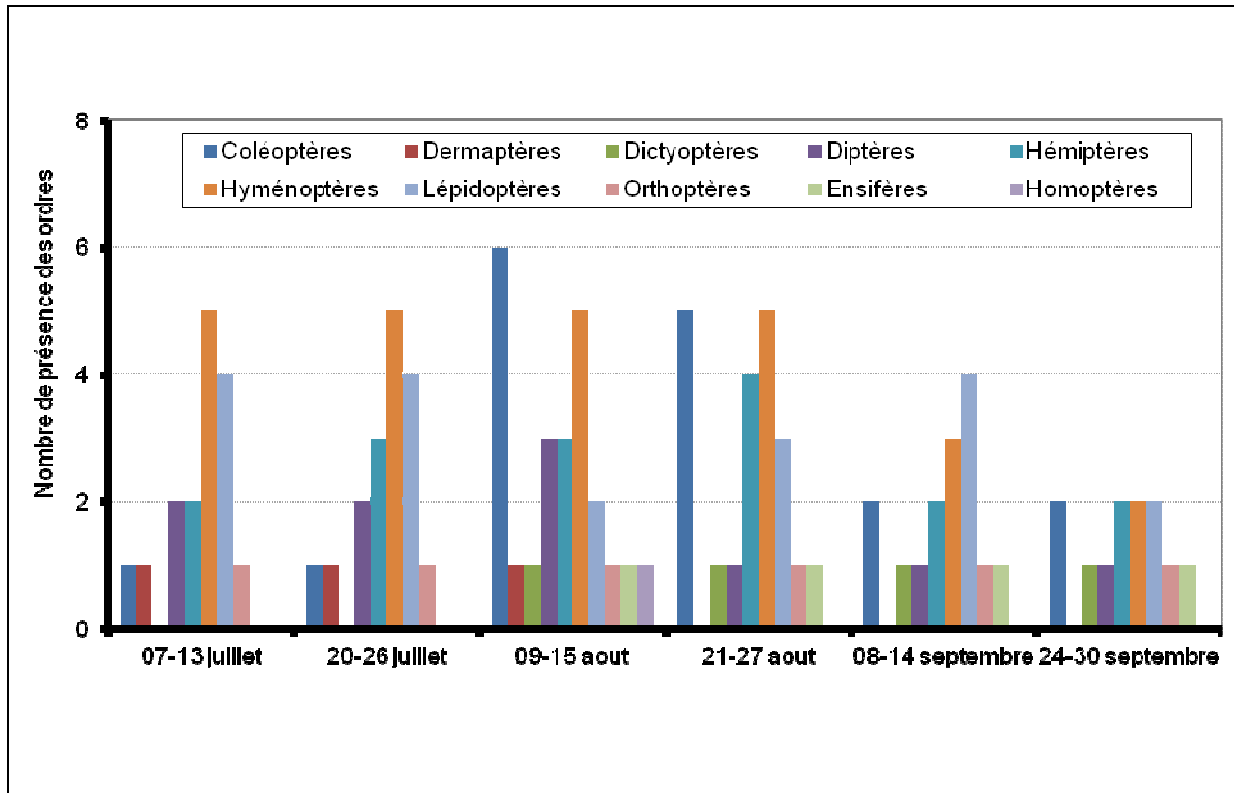


Figure 10: Présence observée des ordres d'insectes sur les fleurs de *P. reticulatum* de juillet à septembre 2007 à Budtenga

4.2.2.1. Familles des principaux ordres collectés

Dans les échantillons de capture, les familles les plus représentées au sein de chaque ordre de juillet à septembre 2007 sont : les Ichneumonidae, les Apidae et les Vespidae de l'ordre des Hyménoptères (Figure 11); les Acraeidae et les Nymphalidae de l'ordre des Lépidoptères (Figure 12); les Muscidae et les Syrphidae de l'ordre des Diptères (Figure 13); les Coreidae de l'ordre des Hémiptères (Figure 14); les Lycidae, les Meloidea et les Scarabaeidae de l'ordre des Coléoptères (Figure 15).

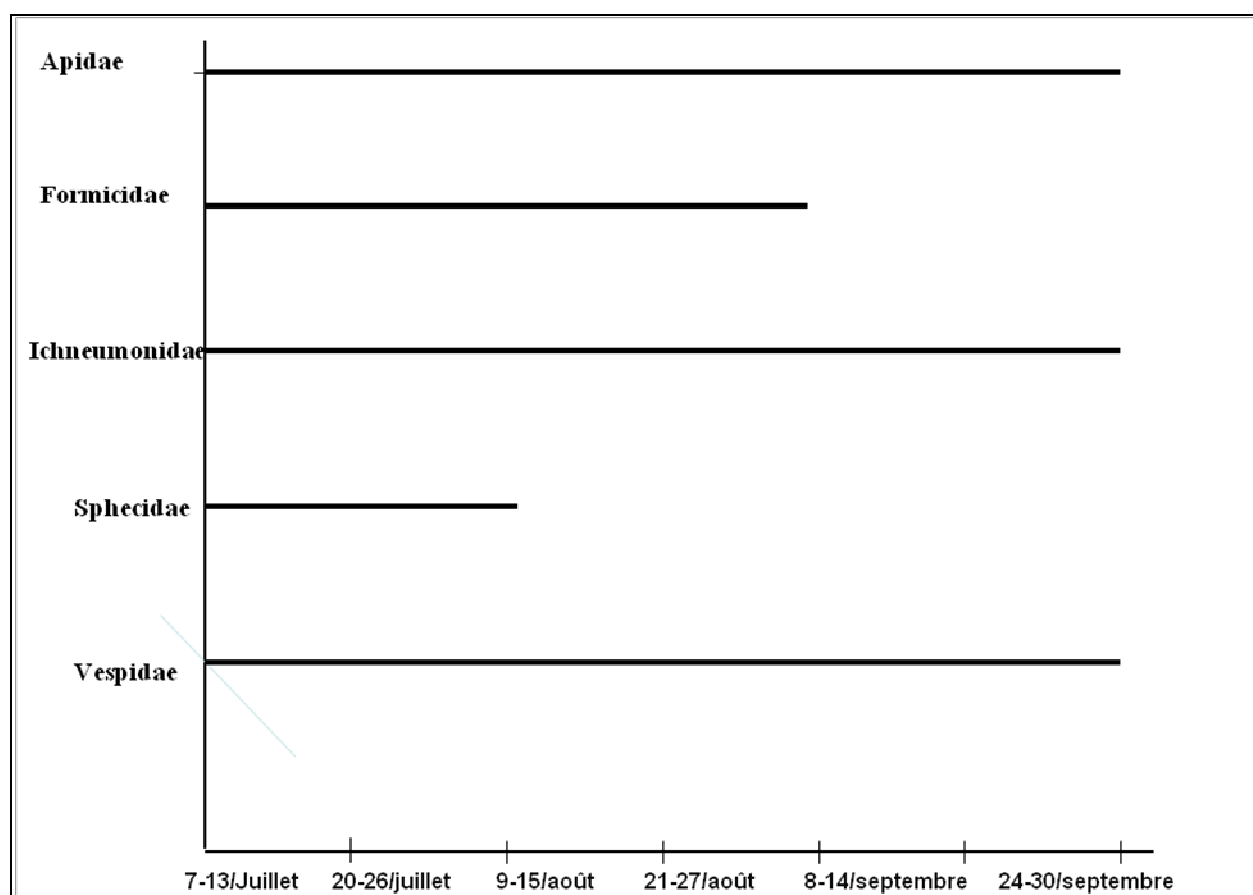


Figure 11: Présence effective de la famille des Hyménoptères sur les fleurs de *P. reticulatum* à Budtenga de juillet à septembre 2007

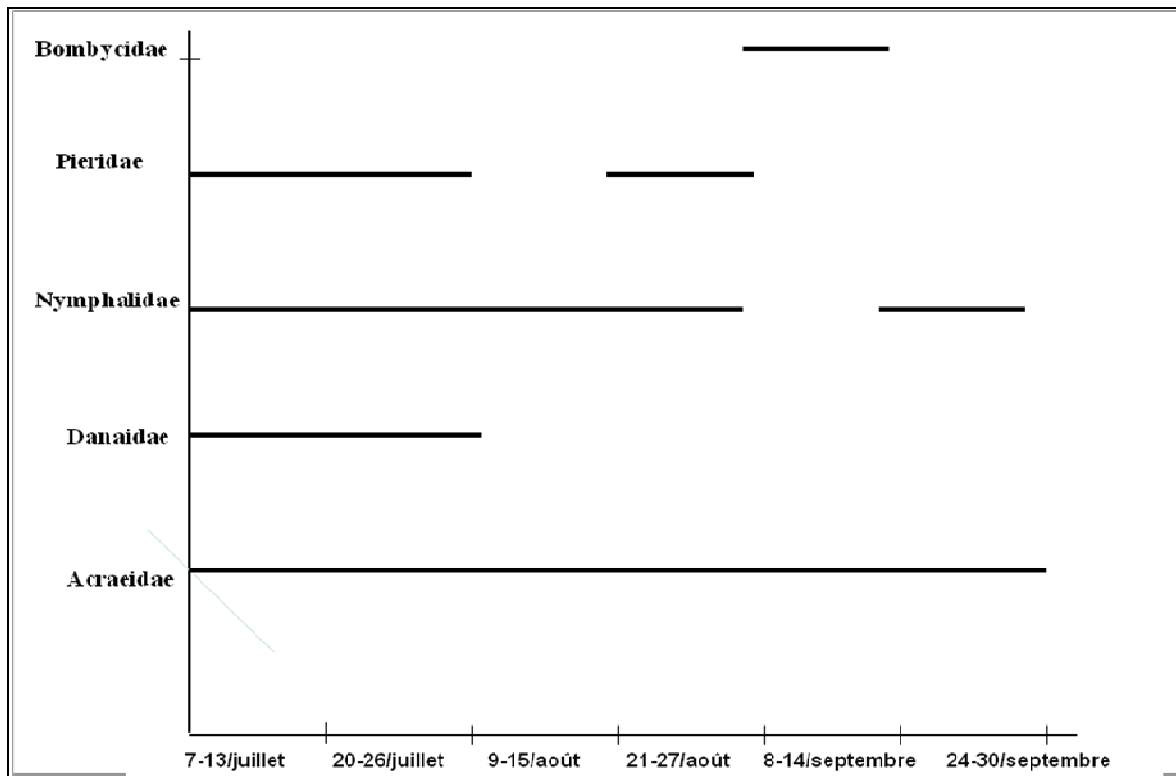


Figure 12: Présence effective de la famille des Lépidoptères sur les fleurs de *P. reticulatum* à Budtenga de juillet à septembre 2007

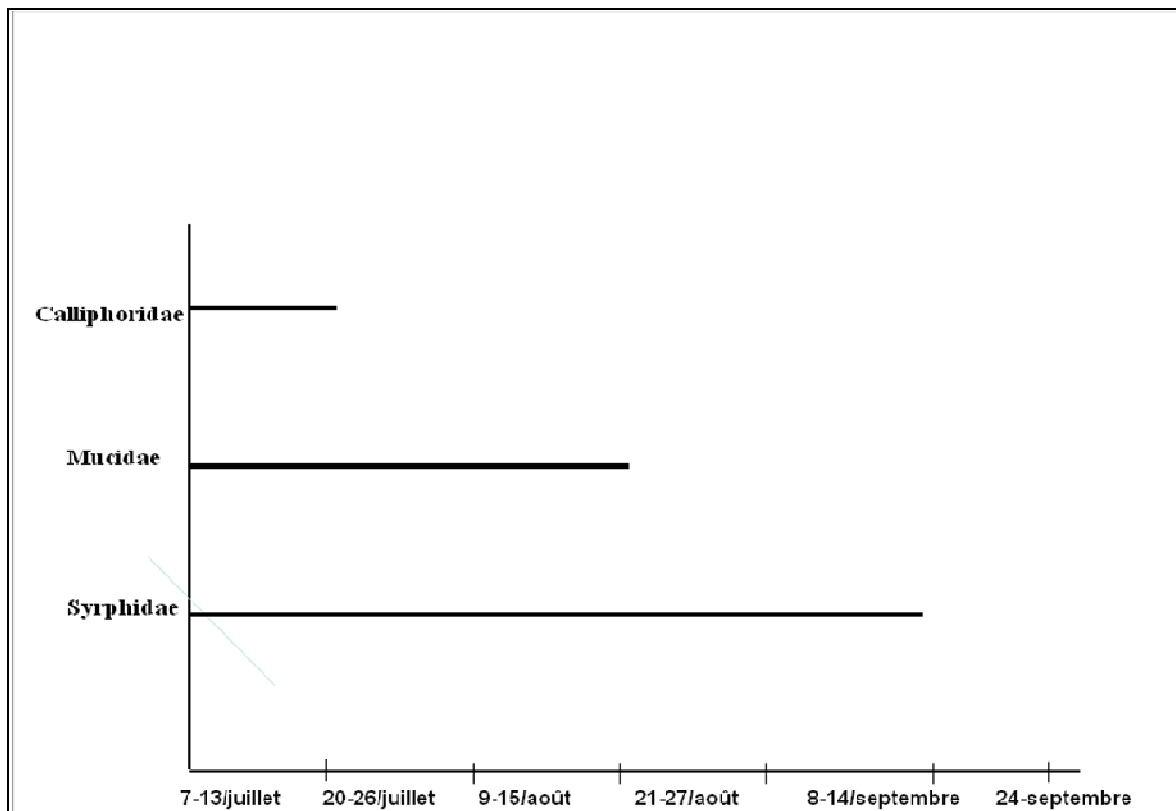


Figure 13: Présence effective de la famille des Diptères sur les fleurs de *P. reticulatum* à Budtenga de juillet à septembre 2007

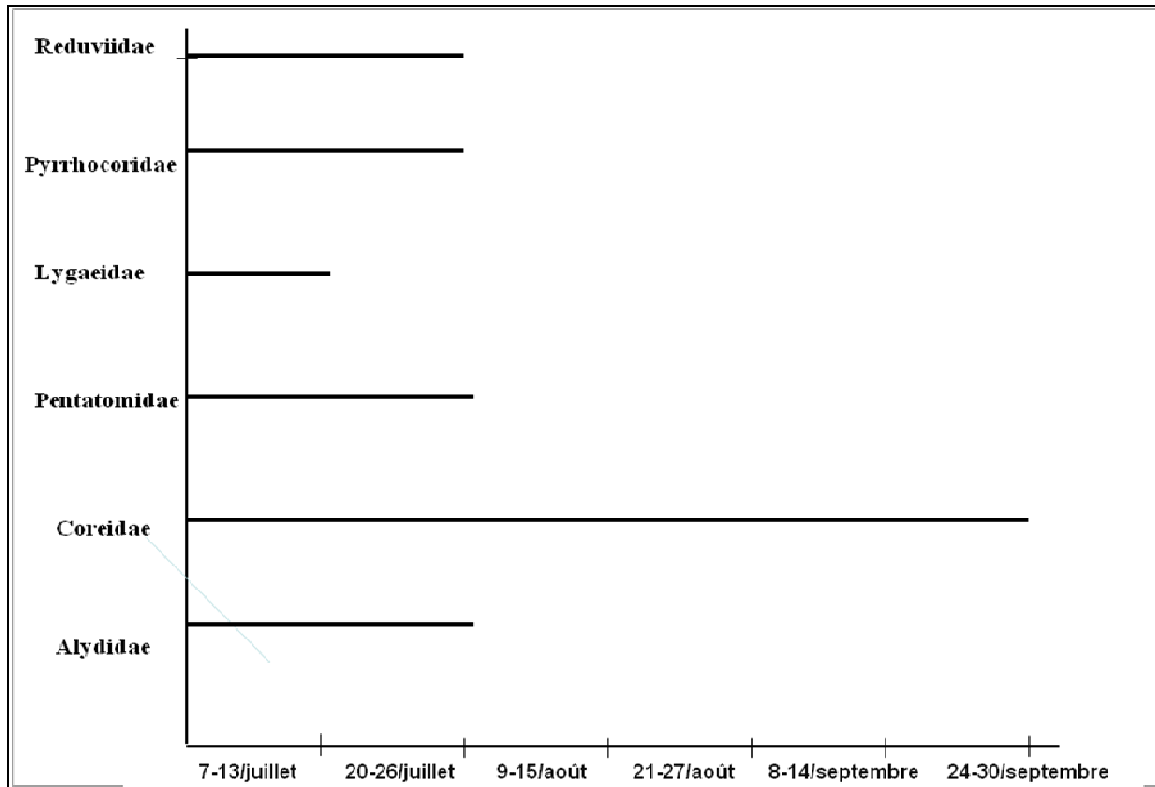


Figure 14: Présence effective de la famille des Hémiptères sur les fleurs de *P. reticulatum* à Budtenga de juillet à septembre 2007

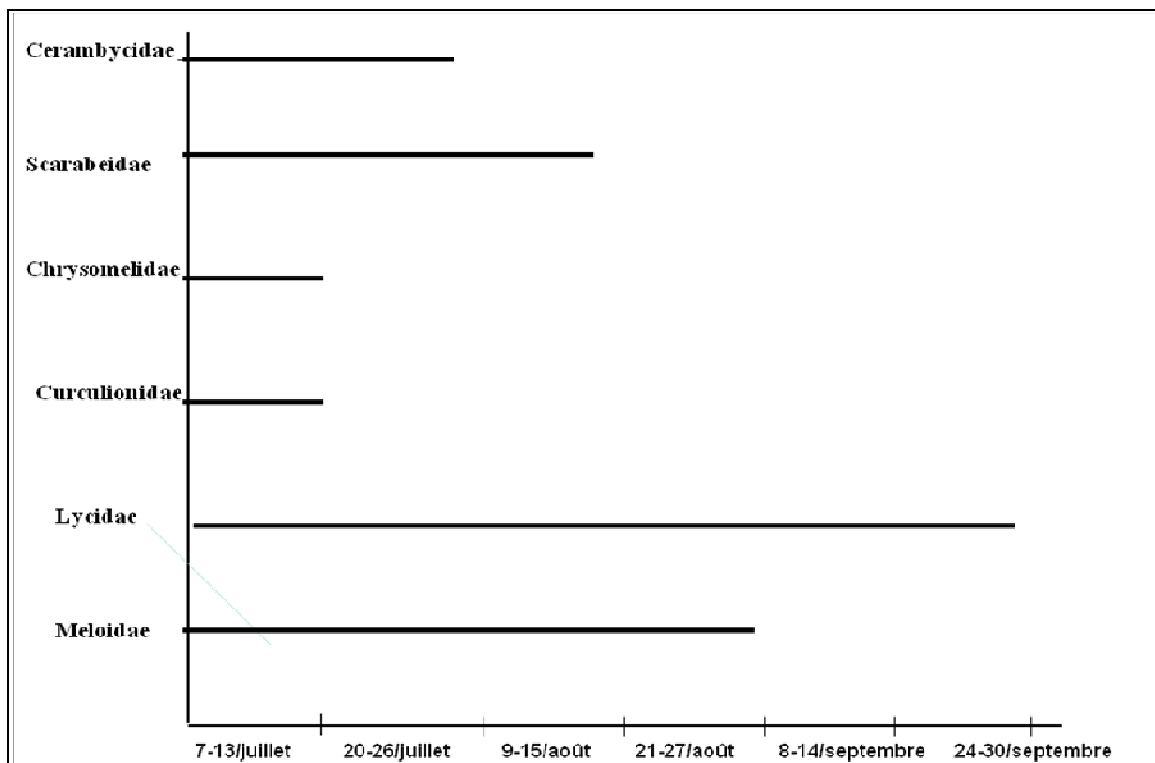














Figure 15: Présence effective de la famille des Coléoptères sur les fleurs de *P. reticulatum* à Budtenga de juillet à septembre 2007

Le tableau 3 présente les différentes images des principaux insectes collectées sur les fleurs au cours de la période de floraison.

Tableau 3: Illustrations de quelques espèces collectées pendant la floraison chez *P. reticulatum* à Budtenga

Ordre	Famille	Espèce	Image
Hyménoptères	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	
	Vespidae	<i>Polistes sp.</i>	
	Sphecidae	<i>Amophyla sp.</i>	
	Formicidae	<i>Camponotus sericeus</i>	
	Curculionidae	<i>Sitona sp.</i>	
Coléoptères	Scarabeidae	<i>Pachnoda cordata</i>	
		<i>Polybaphes acquinocialis</i>	
Diptères	Syrphidae	<i>Eristalis sp.</i>	
Lépidoptères	Pieridae	<i>Colotis sp.</i>	
Hémiptères	Coreidae	<i>Anoplocnemis curvipes</i>	
	Pentadomidae	<i>Aspavia sp.</i>	
	Reduviidae	<i>Cosmolestes pictus</i>	

4.2.2.2. Identification des pollinisateurs potentiels

A partir de la morphologie du corps et du régime alimentaire, les pollinisateurs potentiels sont : *Characxes epijasius* (Nymphalidae), *Eristalis* sp. (Syrphidae), *Apis mellifera* (Apidae) et *Amophilla* sp (Sphecidae) et *Sceliphron distillatorium* (Sphecidae).

- *Characxes epijasius*

L'espèce a un appareil buccal et une trompe servant à aspirer les aliments liquides sucrés. Il est un collecteur de nectar, agit aussi comme un transporteur de pollen car son abdomen est muni de poils.

- *Eristalis* sp.

Leur labium est relativement court et se nourrissent de pollen. Ce sont des insectes transporteurs de pollen car leur corps est recouvert de petits poils.

- *Apis mellifera*

Les pattes postérieures sont équipées de corbeille à pollen qui assure la collecte du pollen.

- *Amophilla* sp et *Sceliphron distillatorium*

Ce sont des espèces dont les adultes se nourrissent de nectar des fleurs et d'autres substances sucrées. Ils sont pubescents et leurs pattes antérieures sont munies d'une sorte de peigne capable de collecter le pollen.

4.2.2.3. Organisation temporelle des pollinisateurs potentiels

Dès le début du mois de juillet on constate la présence de *Characxes epijasius*, *Eristalis* sp. et *Apis mellifera* (Figure 16). *Characxes epijasius* et *Apis mellifera* sont les plus permanentes durant la période de collecte. Au mois d'août toutes les espèces sont représentées. *Apis mellifera* est la plus fréquente sur les fleurs de 6h à 18h.

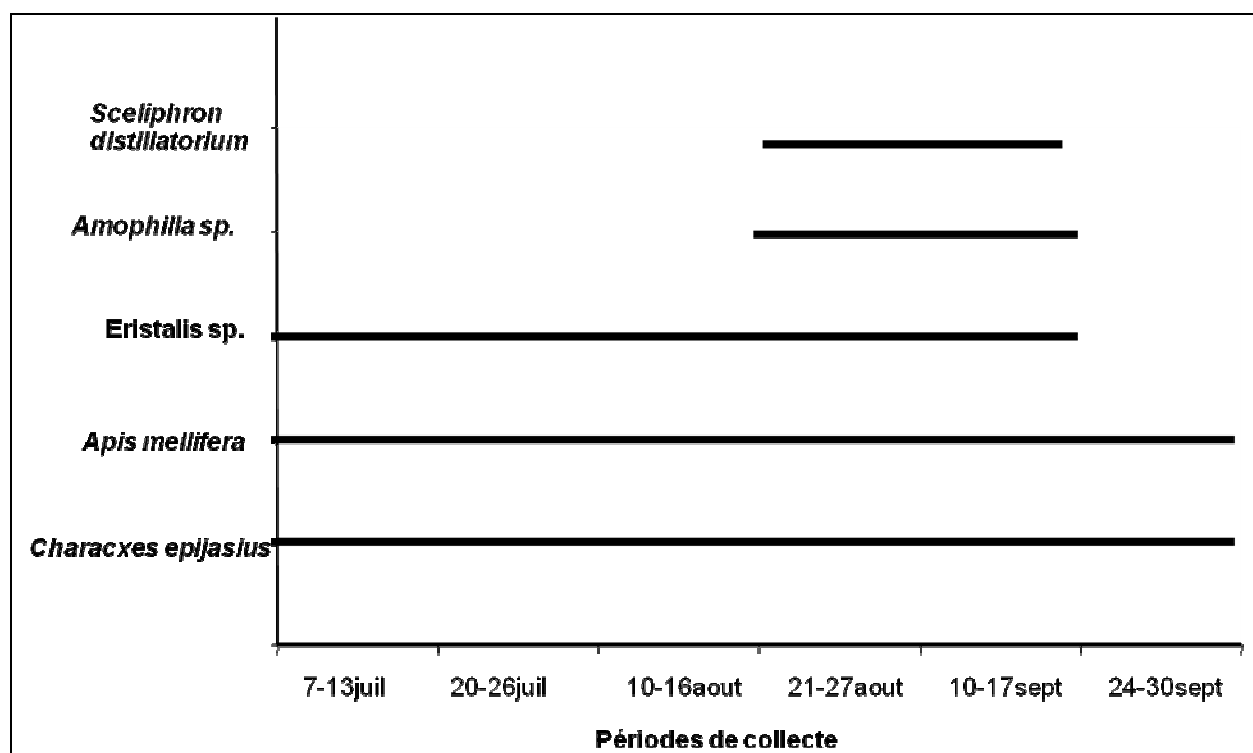


Figure 16: Présence des pollinisateurs potentiels de juillet à septembre 2007 de *P. reticulatum* à Budtenga

Selon la répartition horaire, *Apis mellifera* et *Eristalis* sp. sont les plus permanentes dans la journée de 6h à 18h (Figure 17). Le pic d'apparition de *Apis mellifera* se situe entre 6h à 12h tandis que celui de *Eristalis* sp. se situe entre 10h et 14h. Par contre, *Characxes epijasius* est présente de 6h à 16h.

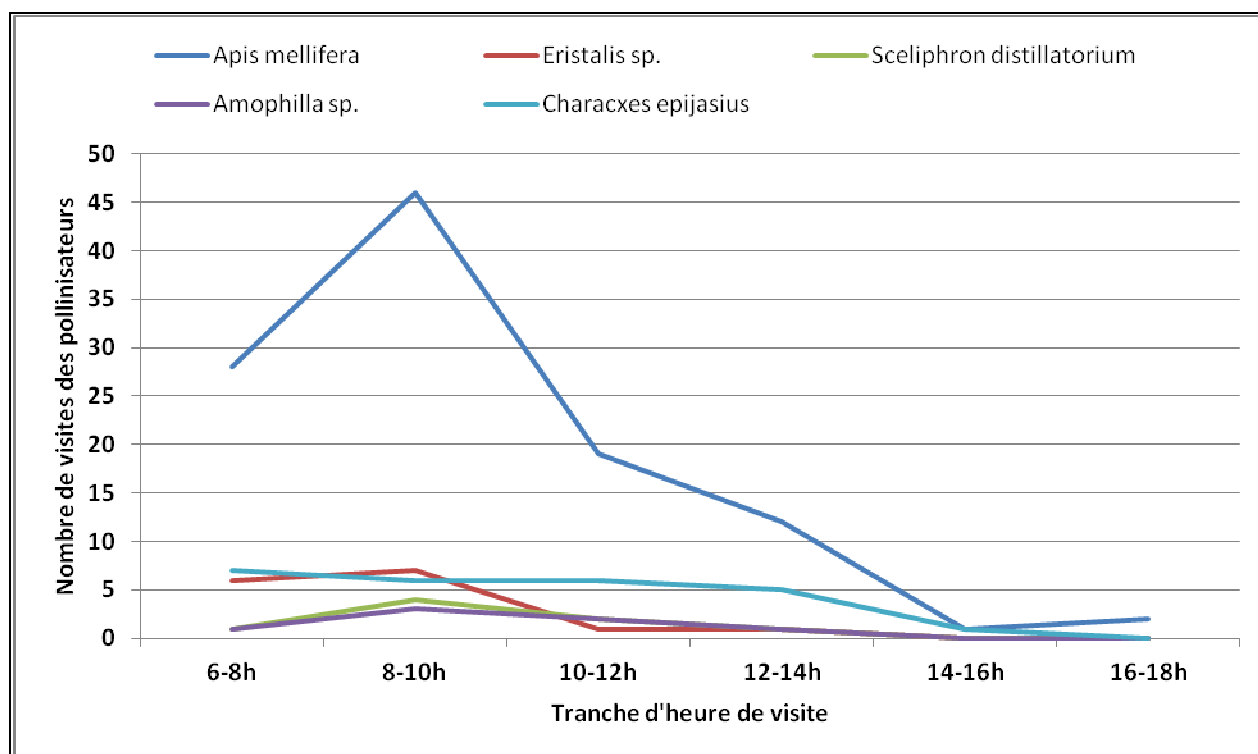


Figure 17: Evolution du nombre total de visites des pollinisateurs potentiels par tranche horaire

4.2.2.4. Relations entre les différents insectes visiteurs

Les différentes familles d’insectes peuvent être regroupées en deux grandes catégories qui sont les auxiliaires et les ravageurs.

4.2.2.4.1. Les auxiliaires

Les auxiliaires sont des insectes qui rendent de multiples services à l’Homme. Ils se composent de prédateurs d’insectes nuisibles et de pollinisateurs potentiels qui assurent le succès de la fructification.

- *Les prédateurs d'insectes nuisibles*

Les familles de prédateurs d'insectes nuisibles les plus fréquemment rencontrées sur les fleurs sont celles des Acraeidae, des Vespidae et des Sphecidae. Cependant, on note la présence de *Mantis religiosa* appartenant à la famille des Mantidae qui si elle n'est pas représentée en abondance est un redoutable prédateur. Ses pièces buccales sont de type broyeur, ce qui lui permet de manger très facilement des proies parfois aussi grosses qu'elle. Ses proies sont généralement d'autres insectes comme les Acraeidae et les Apidae (Gavin, 1998 ; Stanek, 1984).

- *Les pollinisateurs potentiels*

Les principaux pollinisateurs potentiels récoltés appartiennent essentiellement à 4 familles regroupées dans 3 Ordres (Diptères, Hyménoptères et Lépidoptères).

4.2.2.4.2. Les ravageurs

Sont considérés comme ravageurs, les phytophages autres que les pollinisateurs occasionnant des dommages sur l'arbre et les parasitoïdes.

- *Les phytophages*

En fonction de leur régime alimentaire décrit par Proctor et Yeo, 1973; Faegari et Van Der Pijl, 1980; Delvare et Aberlenc, 1989 et de leurs pièces buccales les principales familles d'insectes les plus représentées comme des ravageurs potentiels de *P. reticulatum* sont essentiellement les Scarabeidae, les Syrphidae, les Coreidae, les Lycidae et les Meloidae.

- Les Lycidae (Coléoptères)

Chamydolicus trabeatus, la seule espèce capturée est munie de rostre bien développé et se nourrit de graines et de fruits. Il a son corps dépourvu de poils donc incapable de transporter du pollen.

- Les Scarabeidae (Coléoptères)

Ce sont des phytophages qui se nourrissent de fleurs et de fruits. Ils ont été longtemps considérés comme les pollinisateurs les plus primitifs (Proctor et Yeo, 1973; Faegari et Van Der Pijl, 1980 ; Delvare et Aberlenc, 1989) ou des pollinisateurs mal adaptés (Pesson, 1984). D'une manière générale, les Scarabeidae ont le corps et les pattes dépourvus de poils et par conséquent peu aptes au transport de pollen.

- Les Coreidae (Hémiptères)

La seule espèce capturée est *Anoplocnemis curvipes*. Ce sont des insectes à pièces buccales de type piqueur suceur qui se nourrissent de fruits, de graines immatures et de bourgeons.

- Les Meloidae (Coléoptères)

Trois espèces ont été mises en évidence dans cette famille. Ces insectes sont munis de rostre et sont pour la plupart des phytophages.

- Les Syrphidae (Diptères)

Ce sont des prédateurs de pucerons et de cochenilles (Chinery, 1986; Delvare et Aberlenc, 1989; Gavin, 1998). Leur labium est relativement court. Ils peuvent aussi se nourrir de pollen (Pesson, 1984). Ce sont aussi des transporteurs de pollen car leur corps est recouvert de petits poils.

4.2.2.4.3. Les parasites

Il s'agit des insectes qui parasitent d'autres insectes. C'est le cas des Chrysididae et des Meloïdae qui parasitent les abeilles; les Ichneumonidae qui parasitent les papillons ravageurs et enfin les Formicidae qui parasitent les pucerons considérés comme des ravageurs des cultures (Gavin, 1998).

4.3. Structure spatiale des individus, sexe ratio et dimorphisme sexuel

4.3.1. Structure spatiale des individus

La figure 18 sur laquelle les individus mâles sont matérialisés par la couleur noir et les individus femelles matérialisés par la couleur rouge, illustre la structuration spatiale de la population étudiée. On note une répartition spatiale plus ou moins homogène des mâles et des femelles. Toutefois il existe des zones de forte concentration de femelles et de mâles sous forme grégaire et des zones à faible densité.

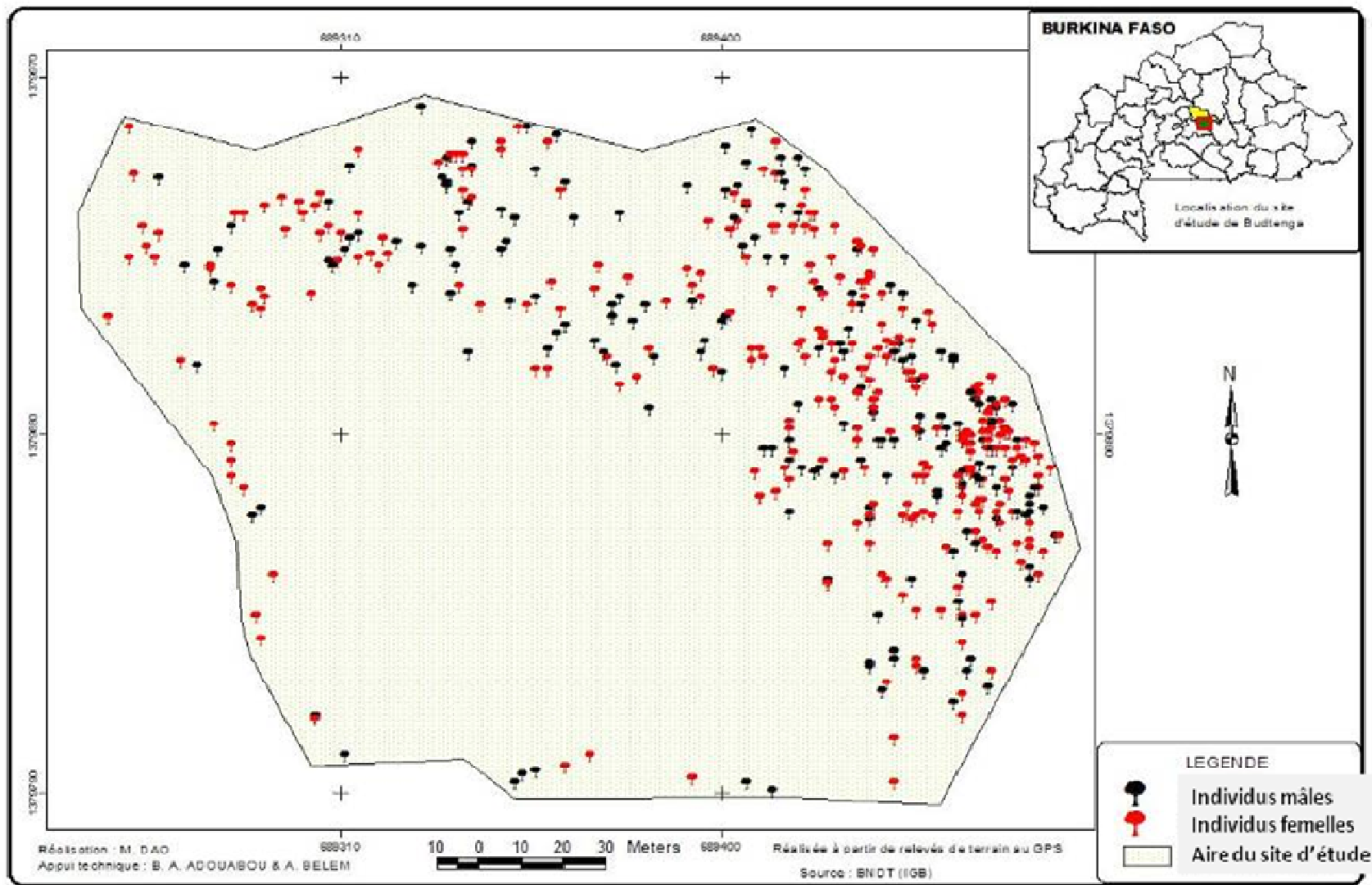


Figure 18: Répartition spatiale des individus mâles et femelles de *P. reticulatum* dans la population de Budtenga

4.3.2. Sexe-ratio

Au total 477 arbres ont fleuris au sein de la population qui s'étend sur une superficie de 3,15 ha. On dénombre 192 mâles et 285 femelles. En plus on note la présence d'individus à sexe indéterminé (environ 2,7% du nombre total d'arbres) parce que n'ayant pas fleuris. Le sexe-ratio [mâles/femelles] de la population est de 0,67 (Tableau 4). Ce rapport est en faveur des femelles.

Tableau 4: Sexe-ratio dans la population en 2007

Nb total individus observés	Superficie totale (ha)	Année 2007			Sexe-ratio population
		Nb total individus en fleur	Nb mâle	Nb femelle	
490	3,15	477	192	285	0,67

Les proportions des mâles dans les placettes expérimentales varient de 0,24 à 0,71 (Tableau 5). Les placettes 2, 3, 4, 6 et 7 ont des proportions inférieures à 0,5 (nombre d'individus mâles inférieurs à celui des femelles). Seules les placettes 1 (proportion d'individus mâles égale à 0,5 correspondant à l'équilibre entre les sexes) et 5 (nombre d'individus mâles nettement supérieurs à celui des femelles) constituent l'exception.

Tableau 5: Proportion des individus mâles dans la population par unité expérimentale

Numéro placette	Individus à sexe indéterminé	Nombre d'individus femelles	Nombre d'individus mâles	Proportion de mâles
1	1	8	9	0,50
2	3	50	26	0,33
3	2	40	16	0,28
4	2	10	10	0,45
5	0	5	12	0,71
6	4	12	5	0,24
7	1	4	2	0,29

NB. Surface d'une zone = $20 \times 20 \times 3,14 = 1256 \text{ m}^2$;

4.3.3. Dimorphisme sexuel

4.3.3.1. Dimorphisme sur les caractères dendrométriques

Les analyses de variance (Tableau 6) montrent une différence significative entre les mâles et les femelles pour les variables diamètre du houppier Nord-Sud ($p = 0,005$) et diamètre du houppier Est-Ouest ($p = 0,007$). Cette différence est non significative pour les variables hauteur et la circonférence à la base de l'arbre. La couronne moyenne (houppier) nord-sud est plus large chez les femelles ($2,65 \pm 0,066 \text{ m}$) que chez les mâles ($2,37 \pm 0,075 \text{ m}$). Il en est de même pour la largeur est-ouest qui est de $2,40 \pm 0,080 \text{ m}$ et $2,70 \pm 0,075 \text{ m}$ respectivement pour les mâles et les femelles. En calculant la surface au sol du houppier [rayon x rayon du houppier x 3,14], il ressort que les mâles ($5,23 \text{ m}^2$) ont une couronne moins étalée que les femelles ($6,63 \text{ m}^2$). L'analyse du logarithme linéaire montre que la répartition des individus

dans les classes de surface au sol du houppier varie significativement en fonction du sexe ($P = 0,001$; Khi-deux = 19,70 ; dl = 1).

Tableau 6: Analyse de variance sur les variables dendrométriques des individus

Source	Dl	Carré moyen	<i>F</i>	<i>P</i>
Hauteur (m)	1	1,486	1,61	0,205 ns
Circonférence à la base (cm)	1	368	2,30	0,130 ns
Diamètre du houppier nord-sud (m)	1	9,24	7,91	0,005*
Diamètre du houppier est-ouest (m)	1	10,43	7,23	0,007*

* = Statistiquement différent au seuil de 5% ; ns = non significatif au seuil de 5%

4.3.3.2. Dimorphisme sur le déroulement de la floraison

Il y a une différence sur le déroulement de la floraison entre les individus des deux sexes. A l'échelle de l'inflorescence, l'apparition des boutons floraux a lieu en juillet. Cependant les mâles sont précoces par rapport aux inflorescences femelles (Figure 19).

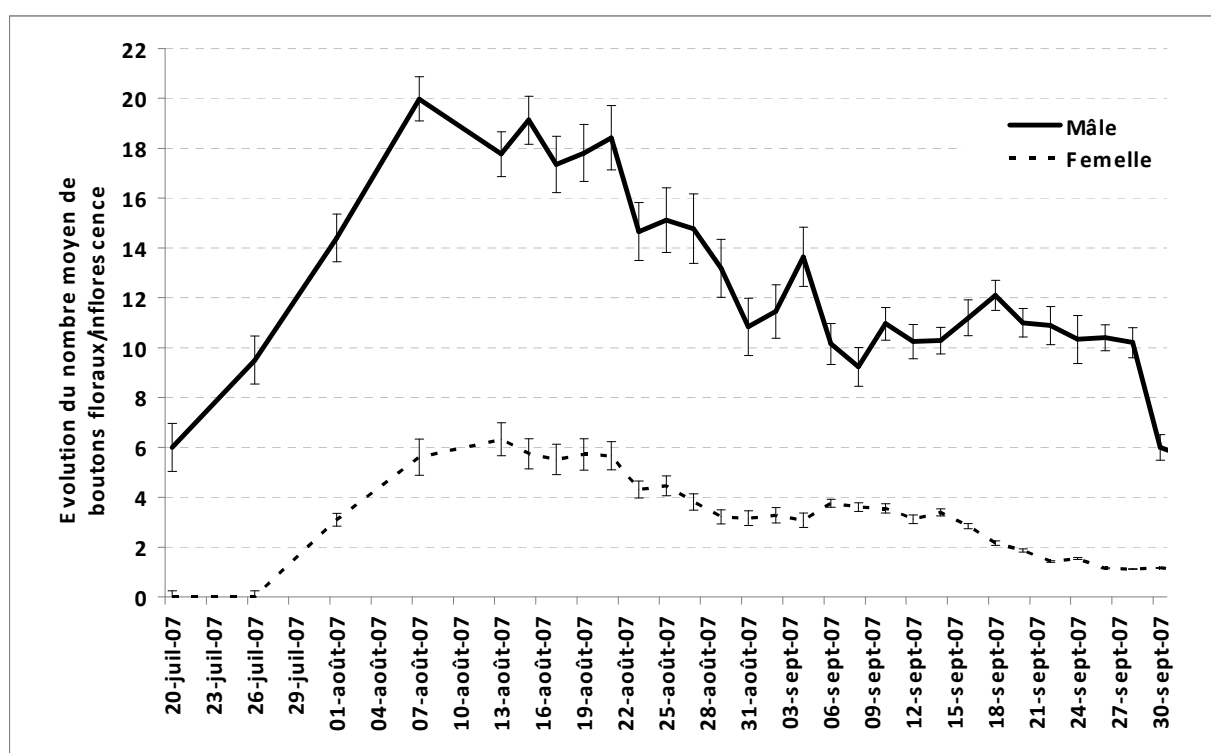


Figure 19: Evolution du nombre moyen de boutons floraux sur les inflorescences mâles et femelles

L'épanouissement des fleurs mâles débute au cours de la dernière décennie du mois de juillet alors qu'elle commence en moyenne 12 jours plus tard en début du mois d'août chez les individus femelles (Figure 20). Le nombre moyen de fleurs épanouies par inflorescence varie en fonction des dates d'observations mais est toujours inférieur à 2 fleurs tant chez les mâles que chez les femelles.

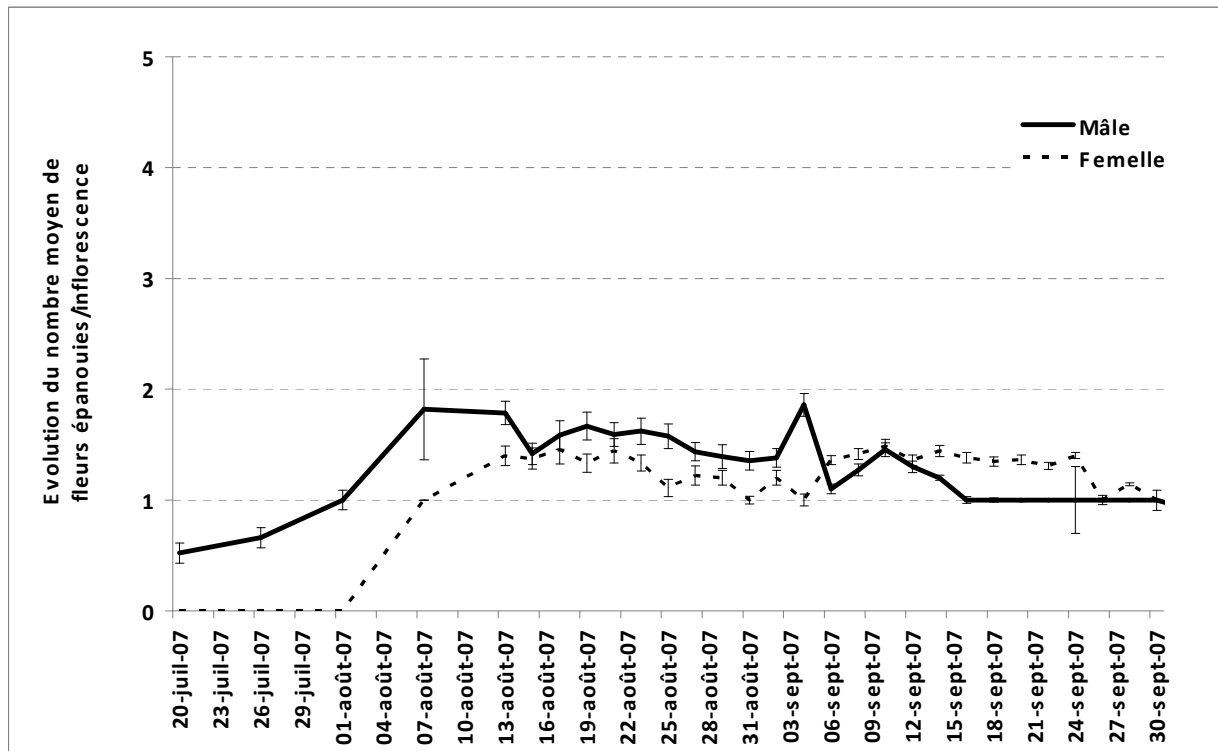


Figure 20: Evolution du nombre moyen de fleurs épanouies sur les inflorescences mâles et femelles

L'apparition des boutons floraux et des fleurs épanouies est progressive au niveau des inflorescences mâles et femelles sur toute la période de floraison (Photos 11 a et 11 b).



a : inflorescence femelle



b: inflorescence mâle

Photos 11: Apparition progressive de boutons floraux et des fleurs épanouies chez les inflorescences femelle (a) et mâle (b)

4.3.3.3. Dimorphisme sur l'intensité de la floraison

Pendant le mois d'août correspondant à la période d'intense floraison chez les individus, nous avons obtenu une production moyenne de boutons floraux par individu mâle de $1281,3 \pm 12,42$ et de $228,9 \pm 9,59$ chez la femelle (Figure 21) soit un ratio de production estimé à 5,60 en faveur de l'individu mâle. La moyenne cumulée de fleurs épanouies par individu est de $25,86 \pm 0,82$ pour les femelles et de $74,85 \pm 0,49$ pour les mâles.

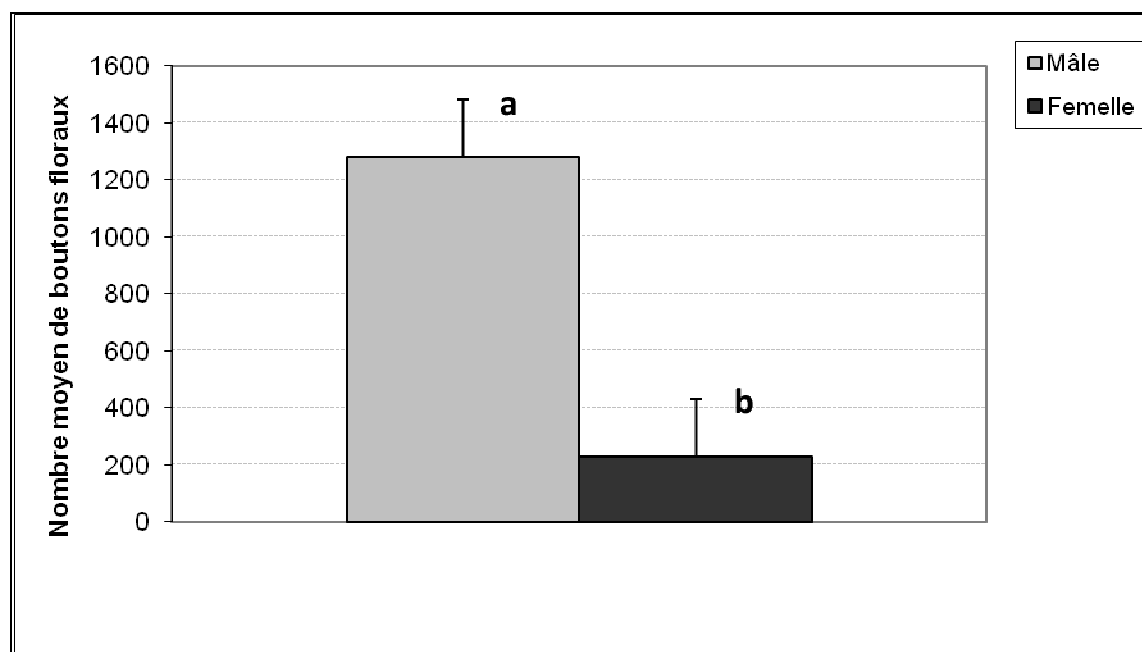


Figure 21: Production moyenne de boutons floraux des individus mâle et femelle

La production moyenne d'inflorescences par rameau chez les mâles est de 5,5 contre 3 chez les femelles (Figure 22) soit un ratio de 1,83 en faveur des mâles.

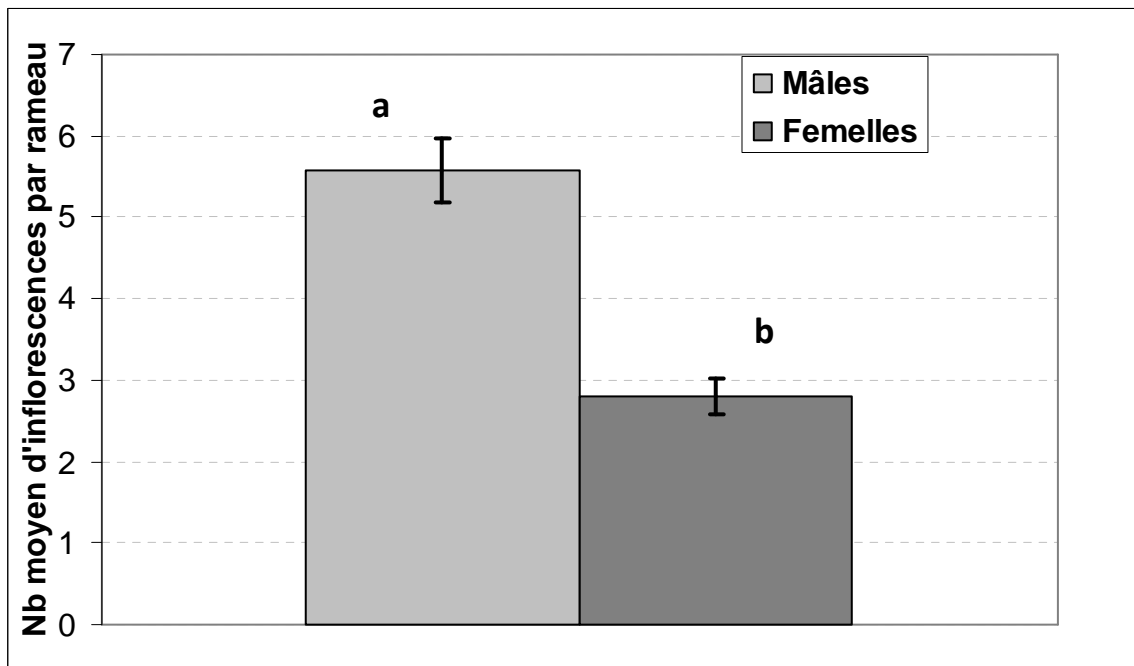


Figure 22: Nombre moyen d'inflorescences par rameau chez les mâles et les femelles

4.4. Productions fruitières

4.4.1. Fructification

Seuls les individus femelles ont produit des gousses (Figure 23). Les gousses apparaissent dès la première semaine d'août et de manière progressive. Le nombre moyen de gousses par infrutescence est inférieur ou égal à 2 alors que chez les mâles l'abscission des fleurs est quasi totale (Figure 23). La maturité des gousses s'observe en décembre soit 180 jours après le début de la formation des boutons floraux.

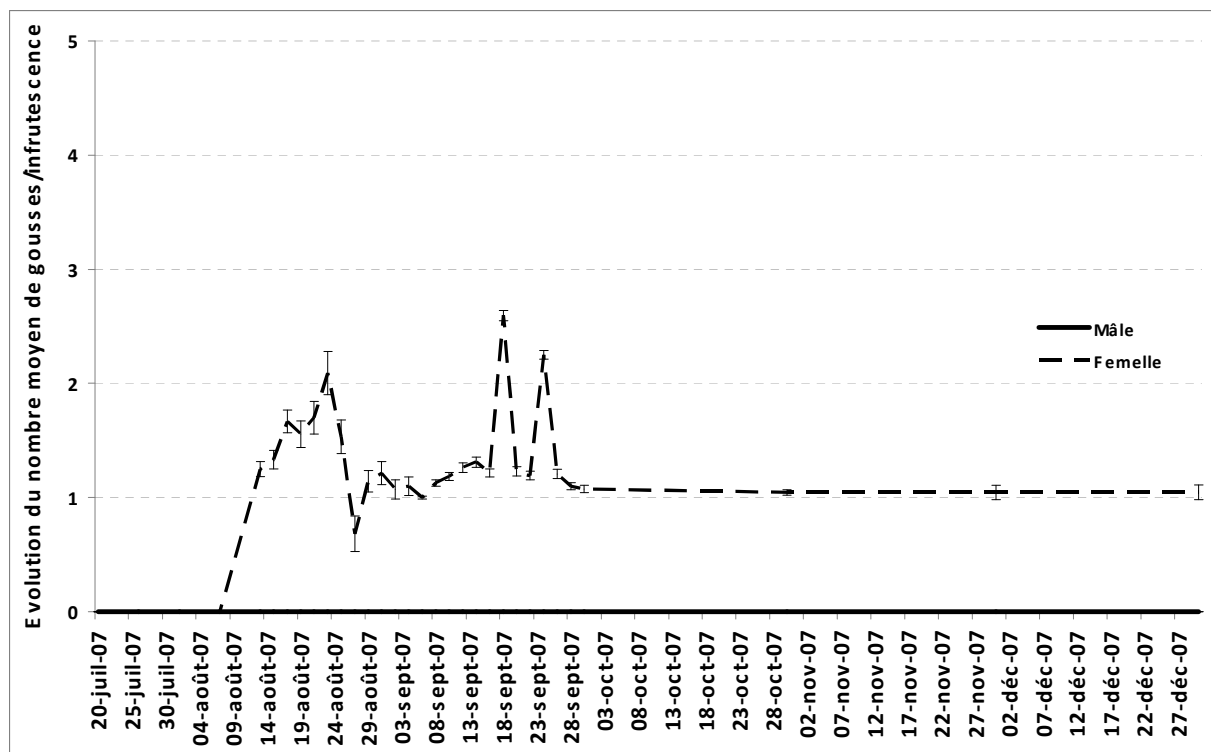


Figure 23: Evolution du nombre moyen de gousses par infrutescences mâle et femelle

4.4.2. Estimation du succès de la fructification

Le taux de succès, correspondant au rapport de la production moyenne de gousses matures par infrutescence sur la production moyenne de boutons floraux produits en début de floraison est représenté par la figure 24. Les individus présentent un taux de succès de fructification à l'échelle de l'infrutescence variable. Il est estimé à 0,4 pour l'individu 2 et à 34% pour l'individu 7.

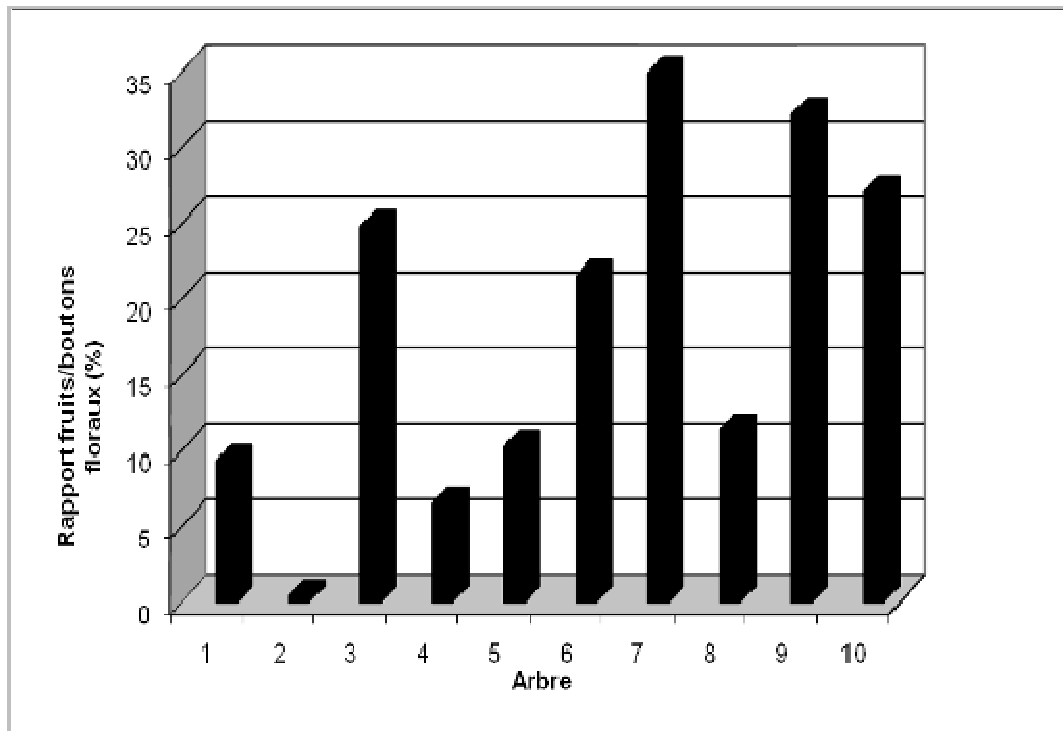


Figure 24: Taux de succès de la fructification à l'échelle de l'inflorescence femelle

A l'échelle de l'individu, l'estimation du pourcentage d'individus en fonction du succès de fructification et présenté à la figure 25 révèle une variabilité de succès au sein des individus. En effet, 38% des individus échantillonnés à rameaux portant des inflorescences au stade boutons floraux n'ont pu produire au moins une infrutescence mature. Parmi les individus qui ont produit au moins une infrutescence mature (62% de l'échantillon) le taux de succès de fructification le plus élevé (40%) est observé chez seulement 10%.

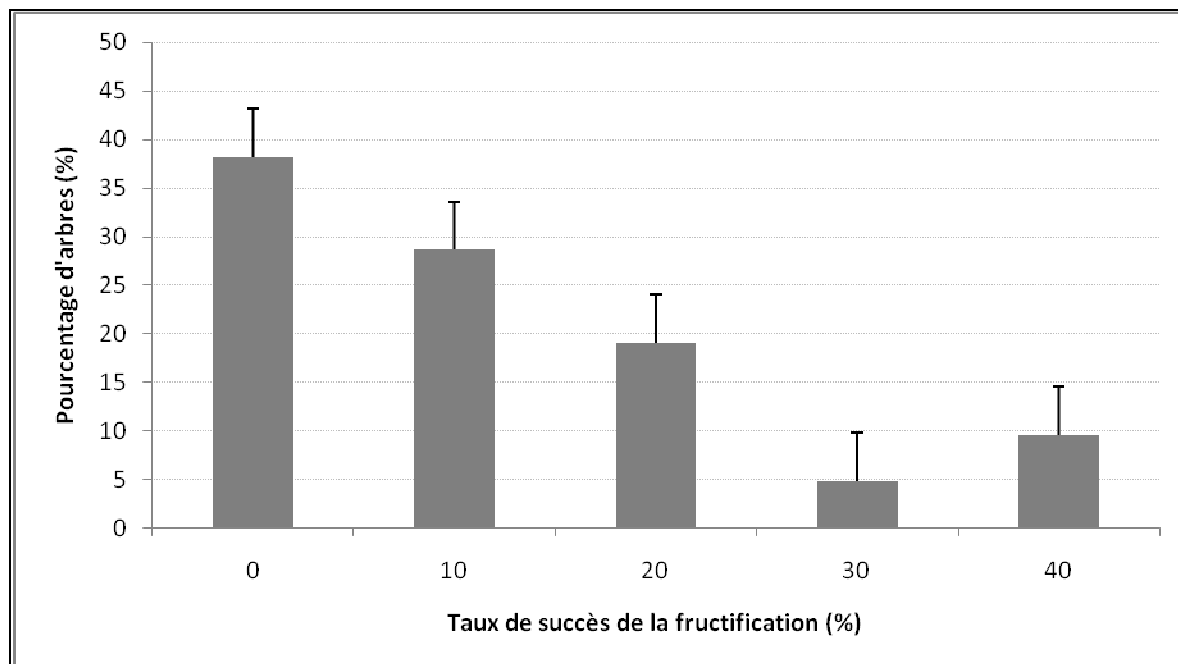


Figure 25: Pourcentage d'individus et taux de succès de la fructification

4.4.3. Impact des distances entre les femelles et les mâles les plus proches sur la production de graines

Les mâles disposés autour des femelles sont à des distances qui varient entre 1,2 m et 15 m (Figure 26).

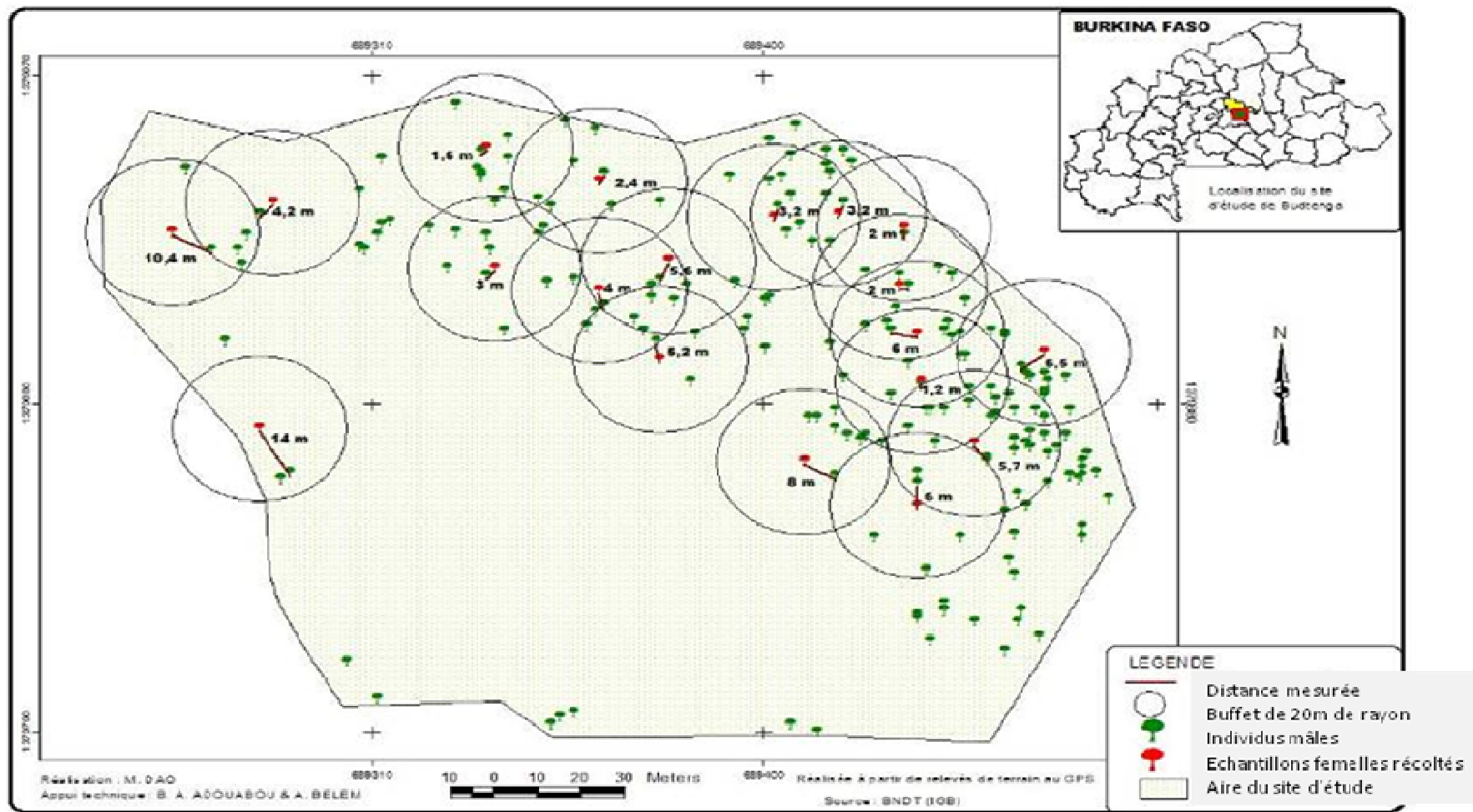


Figure 26: Carte présentant les distances entre les individus femelles et mâles les plus proches de *P. reticulatum* à Budtenga

Les mesures de distances entre les arbres mâles et femelles dans la population de Budtenga, ont permis d'établir des classes de distances entre la femelle et le mâle le plus proche suivantes :

- Classe 1 : distance inférieure à 5m;
- Classe 2 : distance compris entre 5 à 10 m ;
- Classe 3 : distance supérieure à 10 m.

Le test d'analyse de variance effectué sur les classes de distances et le taux de graines saines indique une différence significative entre les variables ($P = 0,005$) (Tableau 7).

Tableau 7: Analyse de variance entre les variables classes de distance et taux de graines saines

Source	Dl	Somme des carrés	Carré moyen	<i>F</i>	<i>P</i>
Classe de distance	2	2955	1477	7,49	0,005*

* = Statistiquement différent au seuil de 5%

Le test de Tukey présente trois groupes sur la base du taux de graines saines produites. Le premier groupe est constitué de la classe de distance inférieure à 5 m, le deuxième groupe comprend la classe de distance comprise entre 5 et 10 m et le troisième groupe composé de la classe de distance supérieure à 10m (Tableau 8). Le groupe 1 se distingue du groupe 3.

Tableau 8: Comparaison de moyennes du taux de graines saines produites en fonction des classes de distance entre individus

Classe de distance	Moyenne	Ecart type
<5m	32,80 ^a	16,07
5<distance<10m	48,04 ^{ab}	11,06
>10m	67,23 ^b	10,47

Test de Tukey à 5% ; les moyennes portant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

Le taux de graines saines augmente avec la distance entre individus mâles et femelles. A plus de 10 m, le pourcentage de graines saines est de 67% et en deçà de 5 m le pourcentage de graines saines est de 33%.

A l'intérieur de chaque classe de distance, on dénombre plus de 50% de femelles distantes de moins de 5 mètres des mâles et seulement 10% distantes de plus de 10 m (Figure 27).

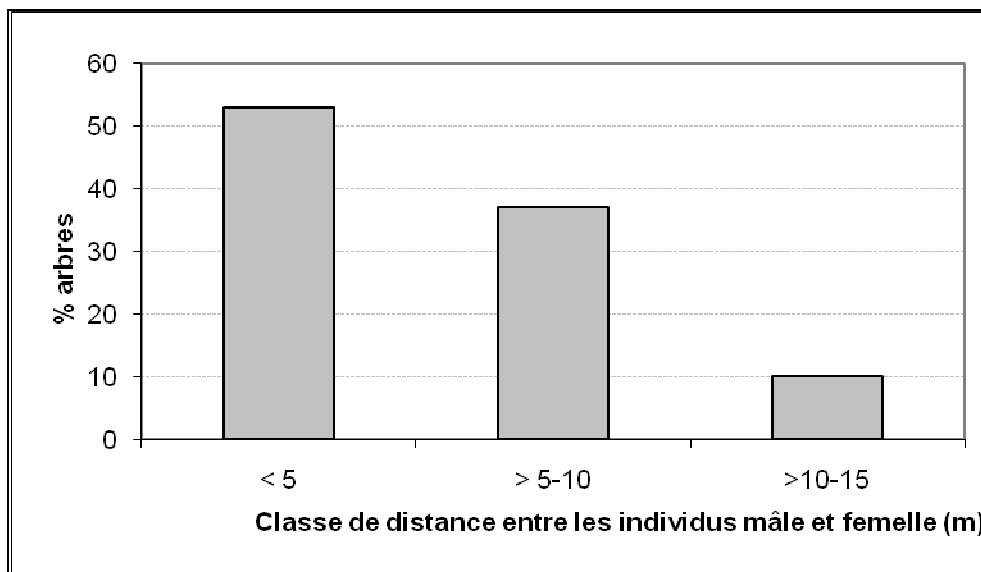


Figure 27: Fréquence de distribution des femelles en fonction des distances du mâle le plus proche

4.4.4. Production fruitière et estimation des pertes dues aux attaques parasitaires

Le tableau 9 présente la production fruitière obtenue en 2007. Le poids moyen d'une gousse est de $17,63 \text{ g} \pm 3,33$; celui d'une graine est $0,1045 \text{ g} \pm 0,0018$. La longueur moyenne d'une gousse est estimée à $16,35 \text{ cm} \pm 2,214$. Le nombre moyen de perforations visibles dû aux attaques est de $2,60 \pm 0,662$ par gousse. La production totale de gousse par arbre est de $16,51 \text{ kg} \pm 4,248$.

Tableau 9: Production moyenne par arbre

	Moyenne	Ecart type
Production total/arbre (kg)	16,508	4,248
Poids d'une gousse (g)	17,631	3,333
Poids d'une graine (g)	0,1045	0,0018
Longueur de gousse (cm)	16,351	0,45
Nombre de trous/gousse	2,603	0,662

La figure 28 indique qu'en moyenne 10,49% de graines produites sont attaquées, 39,98% ont avortées et 49,57% sont saines.

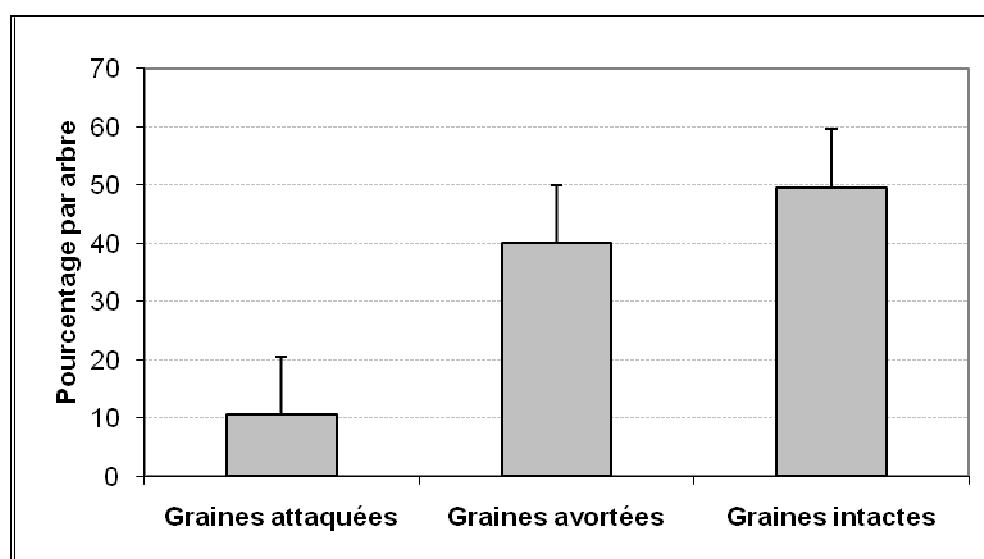


Figure 28: Pourcentages de graines attaquées, avortées et intactes par arbre

Le pourcentage de graines intactes est positivement corrélé à la distance du mâle le plus proche (Figure 29) (coefficient de corrélation r de Pearson = 0,64, Probabilité $P < 0,05$; nombre d'échantillons $n = 19$ individus femelles).

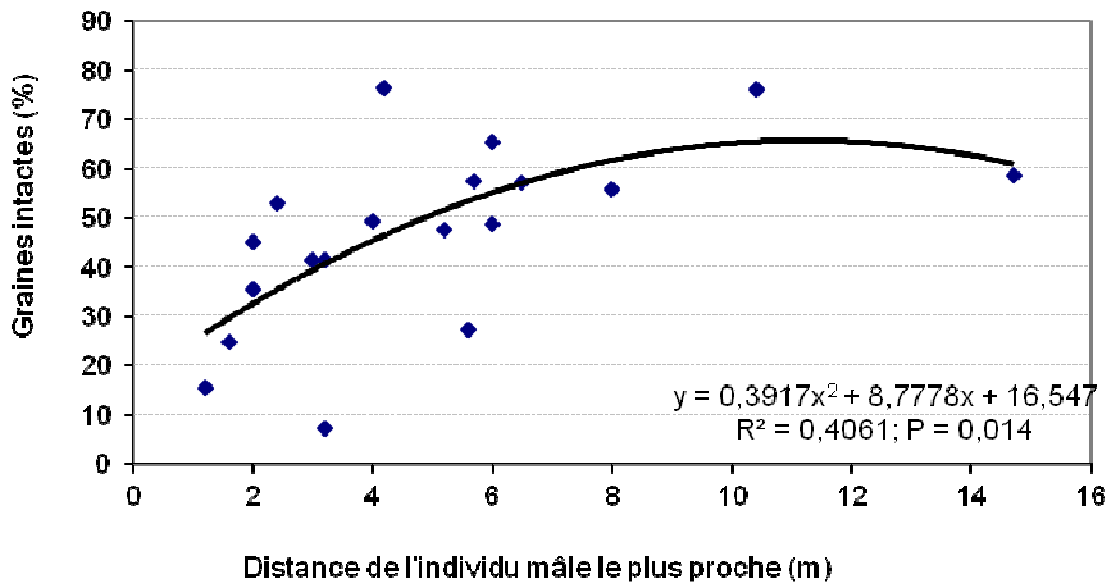


Figure 29: Relation entre le pourcentage de graines intactes et la distance de la femelle avec l'individu mâle le plus proche

4.4.5. Production fruitière en fonction des variables dendrométriques des arbres

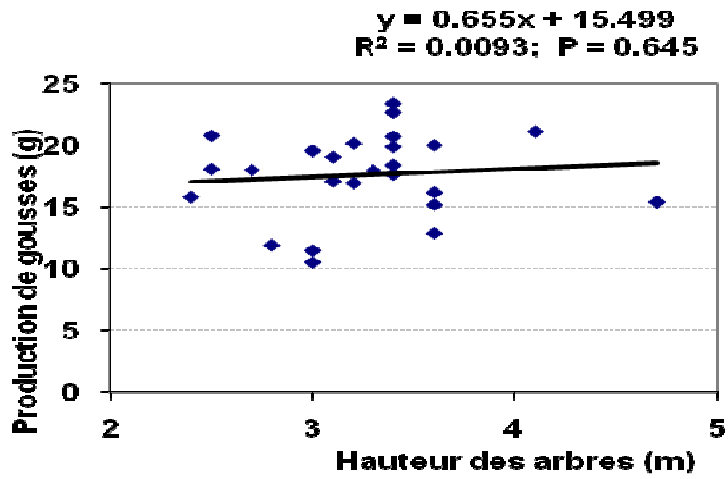
Le tableau 10 présente la production de gousses et de graines par classe de hauteur des arbres. On constate que les arbres de la classe de hauteur comprise entre 2 et 3 m ont la plus faible production moyenne de gousses mûres (16,91 g) et ceux de la classe de hauteur comprise entre 4 et 5 m, ont les productions moyennes de gousses mûres les plus importantes (18,26 g). Cependant les arbres de la classe de hauteur comprise entre 2 et 3 m produisent en moyenne plus de graines (45,29 g) que les autres classes.

Le tableau 10 montre également que la plupart des arbres ont en majorité 3 à 4 m de haut et c'est à cette taille que le taux d'avortement des graines est le plus élevé (42,61%). Par contre 13,57% des graines produites par les individus de la classe de hauteur comprise entre 2 et 3 m sont attaquées contre 8,48% pour ceux de la classe de hauteur entre 4 et 5 m.

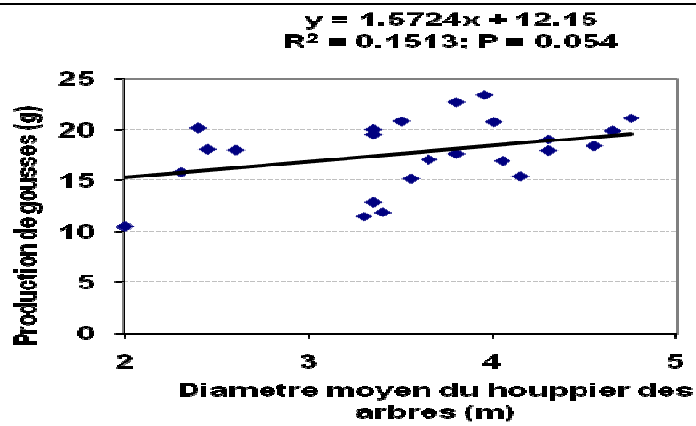
Tableau 10: Poids moyens de gousses et de graines en fonction des classes de hauteur des arbres

Classe de hauteur (m)	Nombre d'arbres	Poids moyens de gousses (g)	Nombre moyen de perforations par gousse	Poids moyens de graines (g)	Pourcentage de graines avortées (%)	Pourcentage de graines attaquées (%)
2-3	5	16,91	2,98	45,29	33,62	13,57
3-4	18	17,76	2,59	37,55	42,61	9,71
4-5	2	18,26	2,24	41,59	36,01	8,48

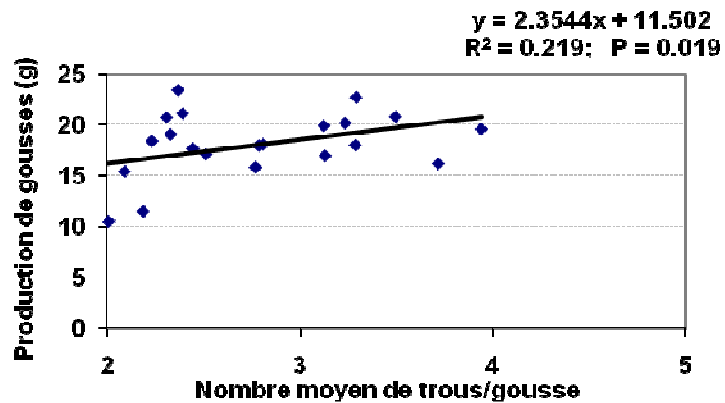
La production de gousses n'est ni corrélée à la hauteur des arbres (coefficient de régression $r = 0,10$; $p > 0,05$) (Figure 30 a) ni au diamètre du houppier des arbres ($r = 0,39$ coefficient de régression; $P > 0,05$) (Figure 30 b). Mais il y a une relation positive significative entre la production de gousses et le nombre moyen de perforations sur la gousse (Figure 30 c) ($r = 0,47$ coefficient de régression; avec une probabilité $P < 0,05$).



a



b



c

Figure 30: Corrélation entre la production de gousses et la hauteur des arbres (a) ; diamètre moyen du houppier des arbres (b) ; nombre moyen de trous/gousse (c).

L'analyse de régression montre que la variable «graines attaquées » est négativement corrélée à la hauteur des arbres (Figure 31 a) et au diamètre moyen du houppier (Figure 31 b). Leurs coefficients de régression sont respectivement $r = 0,45$ et $0,52$ et leurs P-valeurs sont inférieures à $0,05$. Alors que les figures 32 a et 32 b montrent que l'avortement des graines n'est pas corrélée à la hauteur des arbres (coefficient de régression $r = 0,09$; $p > 0,05$) et au diamètre moyen du houppier (coefficient de régression $r = 0$).

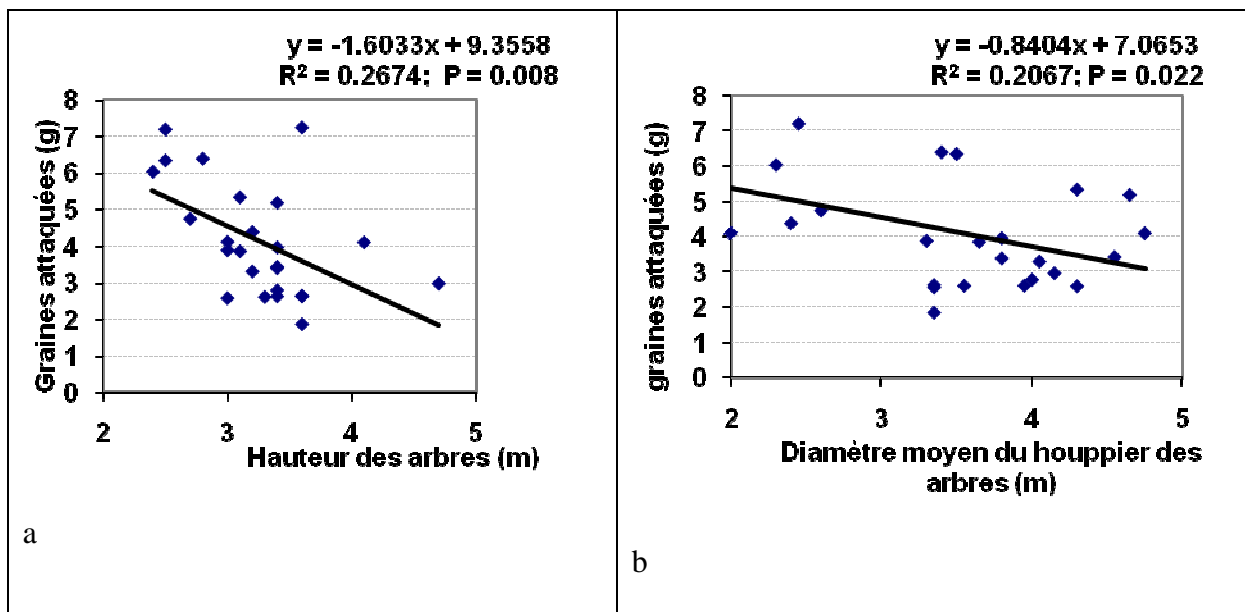


Figure 31: Corrélation entre les graines attaquées et la hauteur des arbres (a) et le diamètre moyen du houppier (b)

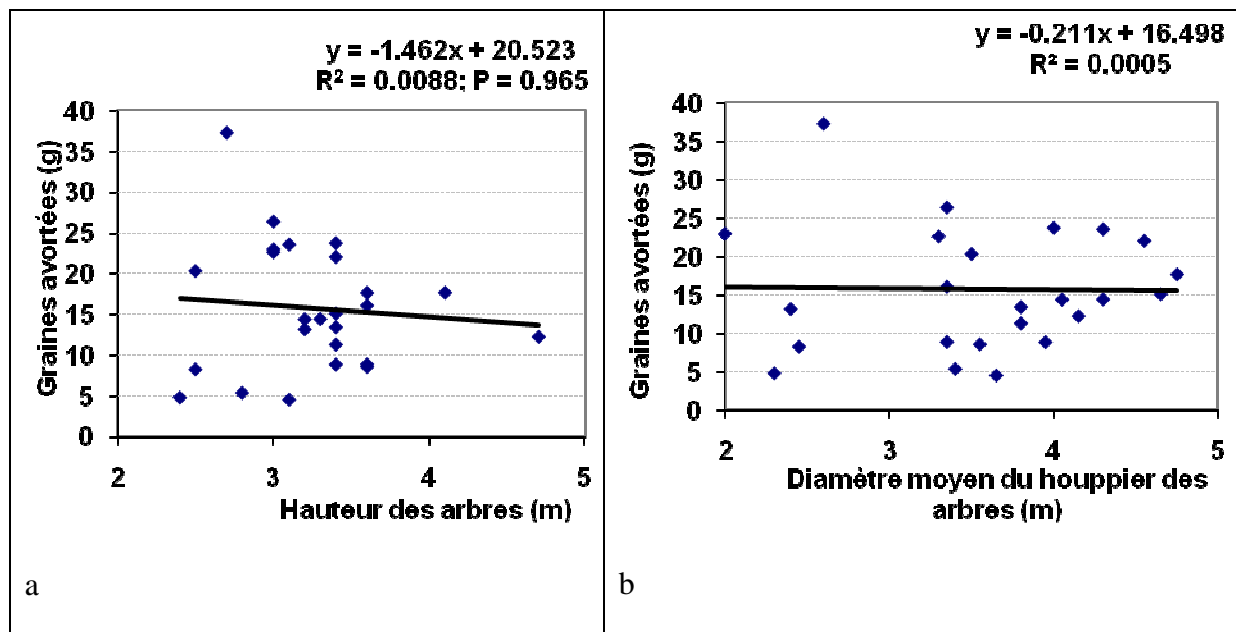


Figure 32: Corrélation entre les graines avortées et la hauteur des arbres (a) et le diamètre moyen du houppier (b)

4.4.6. Identification des insectes responsables des attaques de gousses

La photo 12 présente la cage d'incubation avec l'émergence des papillons adultes à partir des gousses vertes. Il s'agit de *Lepidochrysops quassi* de la famille des Lycaenidae et de l'ordre des Lépidoptères. Le mâle est vivement coloré (Photo 13 a) et la femelle de couleur brune (Photo 13 b) se caractérise par une petite « queue » filamenteuse appelée aiguille apicale prolongeant les ailes postérieures.



Photo 12: Emergence de papillons de la cage d'incubation des gousses vertes de *P. reticulatum*



a : mâle



b: femelle

Photos 13: Espèce *Lepidochrysops quassi* issue de l'élevage des gousses vertes : a = mâle ; b = femelle

Sur les gousses mûres collectées en janvier, nous avons constaté l'émergence de *Caryedon serratus* (Olivier) de la famille des Bruchidae (Coléoptère) (Photo 14).



Photo 14: Espèce *Caryedon serratus* (Bruchidae) collectée après un mois d'incubation post récolte des gousses matures.

5. DISCUSSION

5.1. Biologie florale

La population de *P. reticulatum* étudiée est constituée d'individus à fleurs morphologiquement hermaphrodites mais physiologiquement dioïques. En effet, les individus dits femelles ont un ovaire bien développé et des étamines atrophiées sous forme de staminodes dépourvues de pollens viables. Les individus dits mâles ont un ovaire réduit et des étamines bien développées portant des anthères contenant des grains de pollen viables *in vitro*. Au sein de cette population, il y a donc coexistence d'individus morphologiquement hermaphrodites dont les uns jouent le rôle de la fonction mâle et les autres, le rôle de la fonction femelle. Cette dioecie est cependant inachevée et expliquerait les quelques fruits portés par les individus mâles et qui n'arrivent jamais à maturité. Ces résultats complètent les informations données par Ouédraogo (2006) et Arbonnier (2009) sur le caractère dioïque de l'espèce. Cette phase transitoire bien connue chez les Angiospermes, a été décrite chez *Geranium maculatum* (Geraniaceae) (Chang, 2006). Des études récentes de biologistes de l'évolution (Renner et Ricklefs, 1995 ; Gerber *et al.*, 1999 ; Webb, 1999) ont montré que la dioecie est un phénomène évolutif chez la plupart des familles des Angiospermes. L'existence des individus jouant le rôle de la fonction femelle au sein des populations serait le résultat de mutations qui s'opèrent soit dans le noyau soit dans le cytoplasme cellulaire et seraient à l'origine de la stérilité mâle (Schnable et Wise, 1998; Webb, 1999; Budar *et al.*, 2003). Ainsi, la perte apparente de la fonction femelle parmi les individus mâles pourrait être d'origine récente et de ce fait, représenterait le début de l'évolution de la dioecie chez *P. reticulatum*. On connaît peu de chose sur l'évolution ultérieure de cette forme de dioecie connue pour être instable (Charlesworth, 2002).

Sachant que, dans les zones rurales sahéliennes, les populations riveraines exercent une forte pression sur les mâles (qui ne fructifient pas) on peut admettre que l'une des stratégies pour l'espèce serait alors d'évoluer rapidement vers un hermaphrodisme. Cependant, si les perturbations du milieu sont peu prononcées, l'évolution se fera alors lentement vers une forme de monœcie afin de minimiser les coûts de la reproduction. Contrairement à la gynodioecie et à l'androdioecie où la contribution dans le pool génétique des femelles ou des mâles constitue un désavantage par rapport aux hermaphrodites dans le processus de sélection (Lloyd, 1975; Charlesworth et Charlesworth, 1981; Thomson et Brunet, 1990; Chang, 2006), la dioecie fonctionnelle est un cas de partage de gènes entre mâles (pollens) et femelles (ovules).

Les dimensions des fleurs mâle et femelle ne sont pas significativement différentes. Il n'existe donc pas de dimorphisme sexuel quant à la taille des fleurs chez *P. reticulatum* contrairement à d'autres études menées sur les plantes dioïques en zones humides et tempérées (Schemske, 1978; Allen et Antos, 1993; Garcia et Antor, 1995; Chang, 2006; Ueno *et al.*, 2006). Cependant, le changement de la coloration du stigmate des fleurs dites femelles à une étape de l'évolution florale constitue une différenciation nette avec le stigmate des fleurs dites mâles. Il y aurait alors un dimorphisme de coloration temporaire. Ce changement de coloration marquerait probablement un signal fort dans l'activité florale des femelles comme déjà signalé par Dao *et al.*, (2006) chez le jujubier. Il marque la phase de réceptivité du stigmate et coïncide avec une forte activité des insectes pollinisateurs comme observé chez *Tamarindus indica* (Diallo, 2001).

5.2. Phénologie et entomofaune florale

La floraison chez *P. reticulatum* débute en juillet. Elle intervient après le début de la saison des pluies en zone soudano sahélienne et non en saison sèche comme l'avait noté Arbonnier (2009). Cette période de floraison correspond à la période où la plupart des espèces de la famille des Caesalpinioideae rentrent en floraison dans cette zone (De Bie *et al.*, 1998; Diallo, 2001; Bationo *et al.*, 2004; Dao *et al.*, 2006). Le début de la floraison est plus précoce chez les mâles par rapport aux femelles. Au début de la floraison il n'y a donc pas de synchronisme entre les individus mâles, producteurs de pollen, et les individus femelles au sein de la population. Cependant, à cause de la longue phase de floraison des mâles, le synchronisme se fait par la suite non pas entre individus mais à l'échelle de la population. De plus, il faut noter que la durée de la floraison chez les mâles a pour conséquence la disponibilité permanente du pollen au sein de la population. Au mois d'août, la production de boutons floraux et de fleurs épanouies atteint leur maximum. Ce pic de production florale coïncide avec l'activité intense des visiteurs de *P. reticulatum*. Cette coïncidence du pic de production florale avec l'émergence des insectes pollinisateurs avait également été signalée par plusieurs auteurs tels que Schemske (1978), Cruzan *et al.*, (1988) et De Jong et Klinkhamer (2002).

En effet, les fleurs de *P. reticulatum* abritent 30 familles d'insectes appartenant à 10 ordres. La présence de ces nombreux visiteurs peut signifier que *P. reticulatum* offre une diversité de ressources qui attirent différents types d'insectes. La fleur peut alors être qualifiée selon Pesson (1984) de fleur généraliste ou fleur "rendez-vous". Cette intensité de visites confirment les résultats antérieurs obtenus en zones humides (Kevan et Baker, 1983) et en zone tropicale sèche (Diallo, 2001; Da, 2002; Dao, 2002) qui signalaient chez le tamarinier et

le jujubier la présence simultanée d'insectes appartenant à l'ordre des Hyménoptères, Diptères, Coléoptères, Hémiptères et Lépidoptères.

Si la diversification des pollinisateurs potentiels peut entraîner une diminution de la quantité de pollen disponible pour assurer la pollinisation, celle-ci est importante dans l'apport de la diversité de l'allo pollen dans le cas des espèces allogames auto-incompatibles. En effet, selon la diversité de pollinisateurs pourrait avoir comme conséquence une diversité de grains de pollens transférés sur le stigmate de la fleur car venant de différents donneurs (Knight *et al.*, 2005). Le succès de la fructification de *Coffea arabica* augmente aussi proportionnellement avec la diversité des pollinisateurs (Klein *et al.*, 2003). Cependant, selon Herrera (1987) et Cunningham (1995) plus il y a de donneurs de pollens, plus la qualité de pollens transférés sur le stigmate diminue. La fleur de *P. reticulatum* reçoit la visite de ces pollinisateurs potentiels de manière échelonnée dans le temps. En effet, dès l'épanouissement des premières fleurs ouvertes de *P. reticulatum*, les Apidae et les Nymphalidae font leur apparition et butinent du début jusqu'à la fin de la floraison. Les Sepsidae font seulement leur apparition en août. Les Syrphidae sont des pollinisateurs qui apparaissent tôt au cours de la saison et sont absents en fin floraison. Ces résultats nous suggèrent une organisation temporelle basée sur une apparition échelonnée des pollinisateurs potentiels de *P. reticulatum*. Des études avaient lié cette fluctuation dans le temps des populations de pollinisateurs aux variations environnementales (Horvitz et Schemske, 1990; Ivey *et al.*, 2003).

L'organisation des visites varie d'une espèce à l'autre. Ainsi, lorsque l'on s'intéresse à la répartition journalière des pollinisateurs potentiels, les Apidae sont les seules familles à butiner en permanence les fleurs de 6h à 18h et peuvent, de cet fait, être considérés à la fois comme des visiteurs matinaux, des heures chaudes et crépusculaires tout comme dans le cas du tamarinier. Les Nymphalidae et les Syrphidae sont des visiteurs des heures chaudes de la

journée. Par contre les travaux sur le tamarinier avaient caractérisé les Nymphalidae et les Syrphidae comme étant des visiteurs matinaux (Diallo, 2001).

Bien que ces pollinisateurs couvrent toute la période de floraison de l'espèce, les observations phénologiques ont montré moins de deux gousses par infrutescence. Il ressort qu'en fonction de leurs morphologies, tous ces pollinisateurs sont des transporteurs de pollen avec la présence de matériels de collecte sur leur corps. Par rapport à cette situation l'explication que l'on retient est que les méthodes de butinage (la distance de vol entre deux visites consécutives et le nombre de visites) et la qualité du pollen transportée varient selon les pollinisateurs. *Apis* le pollinisateur potentiel le plus fréquemment rencontré sur les fleurs de *P. reticulatum*, se révèle être un mauvais pollinisateur car de par sa méthode de butinage, *Apis* change rarement d'arbre tant que les ressources sont disponibles, il disséminerait plus de l'auto pollen au sein d'une population (Diallo, 2001). Ceci peut être préjudiciable pour les plantes dioïques comme *P. reticulatum* dont la pollinisation est de principe allogame. Le faible taux de jeunes fruits formés par rapport au potentiel reproductif des arbres indiquerait soit la présence d'une auto incompatibilité stricte soit une limitation de ressources (Chang, 2006), soit le faible niveau d'efficacité de *Apis* dans la pollinisation (Gross, 2001).

A côté de ces pollinisateurs potentiels il y a les autres phytophages qui ne transportent pas les pollens mais qui partagent les mêmes ressources de la plante (nectar, pollen, fruits et fleurs). Ces insectes phytophages seraient organisés principalement autour de ces grandes ressources offertes par la plante. L'existence d'une telle organisation permet de signaler la présence de guildes d'insectes phytophages. En excluant les consommateurs de pollen et de nectar, il ressort que les fructivores essentiellement constitués de Coreidea et d'Acrididae (Chinery, 1986 ; Delvare et Aberlenc, 1989 ; Gavin, 1998) sont aussi présents.

P. reticulatum abrite donc une multitude d'insectes qui entretiennent des relations très complexes entre eux.

5.3. Structure spatiale, sexe-ratio et dimorphisme sexuel

La répartition spatiale des individus mâles et femelles révèle un regroupement sous forme d'agrégats. Cette structure est liée à la facilité qu'a l'espèce de se régénérer par rejets (Yélémou, 2010). La conséquence d'une telle structuration serait l'apparition d'individus consanguins. Aussi les pollinisateurs de *P. reticulatum* constitués principalement d'abeilles, qui changent rarement d'arbre tant qu'il y a une abondance de la ressource, va engendrer une forte dissémination de l'auto pollen. Ceci va affecter négativement la production de graines chez ces individus.

Le sexe-ratio est en faveur des femelles au sein de la population. Ces résultats contrastent avec ceux obtenus sur les espèces dioïques des zones tropicales humides de la famille des Rubiaceae, des Polygonaceae, des Sapindaceae (Opler et Bawa, 1978), des Lauraceae et des Ebenaceae (House, 1992), des Euphorbiaceae (Thomas et LaFrankie, 1993) et des Siparunaceae (Nicotra, 1998) ainsi qu'avec ceux observés chez *Sclerocrya birrea* (Anacardiaceae) en zone Sahélienne (Diallo *et al.*, 2006). Toutefois, certains auteurs (Tsang et Corlett, 2005 ; Diallo *et al.*, 2006) ont rapporté que les sexes-ratios en faveur des mâles sont les plus répandus chez les espèces dioïques. Les sexes-ratios en faveur des femelles sont rares et ont été signalés pour l'instant seulement pour deux espèces de la famille des Polygonaceae (*Coccoloba caracasana* et *Triplaris americana*,) respectivement par Melampy et Howe (1977), Opler et Bawa (1978) en zones tropicales humides. Cependant, la population étudiée a montré une variabilité de proportions de mâles à l'échelle des unités expérimentales. Lorsque la proportion des individus est en faveur des mâles ou des femelles, cela fait penser soit à une mortalité sexuelle différentielle soit à une exploitation sélective des individus pour des multiples usages de l'Homme. Plus les usages de l'espèce sont nombreux (pharmacopée, alimentation humaine et animale) plus la pression de sélection des individus de la population

s'accroît. Par contre, une proportion égale des mâles et des femelles traduirait des prélèvements non préférentiels.

Les arbres femelles ont une taille moyenne du houppier supérieure à celle des arbres mâles. Il existe au sein de cette espèce un dimorphisme sexuel en faveur des femelles qui contraste avec les résultats obtenus par Queenborough *et al.* (2007). Ce dimorphisme sexuel peut être dû soit aux pressions anthropiques subies par l'espèce à cause du choix sélectif délibéré au niveau des prélèvements (les préférences selon le sexe de l'arbre), soit à une différence d'allocation de ressources. En effet et comme indiqué ci-dessus, les arbres femelles ont besoin de plus de réserves pour assurer la production d'ovules d'une part et pour assurer la fructification et la formation de graines d'autre part.

Les résultats révèlent l'existence d'un dimorphisme sexuel chez *P. reticulatum*. Les individus mâles produisent plus de fleurs dans la population par rapport aux femelles. En moyenne, un rameau mâle fleuris produit deux fois plus d'inflorescences que le rameau fleuris femelle. Le nombre moyen de boutons floraux par inflorescence mâle est environ 5 fois supérieur à celui produit par les individus femelles. Plusieurs auteurs (Bawa *et al.*, 1982 ; Bullock *et al.*, 1983 ; Weller *et al.*, 2007) avaient signalé cette différence dans l'intensité de floraison au niveau des plantes dioïques. Cette abondante floraison constatée chez les mâles est un caractère commun du dimorphisme sexuel chez les espèces dioïques (Lloyd et Webb, 1977 ; Stephenson et Bertin, 1983).

Il existe un dimorphisme sexuel au niveau du déroulement de la floraison entre les mâles et femelles et de l'intensité de la floraison. Les mâles produisent les fleurs plus tôt que les femelles mais la fin de la floraison est synchrone. La stratégie des mâles qui consiste à fleurir plus tôt a pour fonction adaptative l'attractivité florale des insectes visiteurs par la plante. Certains auteurs comme Torimaru et Tomaru (2006) avaient noté l'existence chez les plantes dioïques des stratégies des mâles pour augmenter leurs opportunités de croisements. Ceci peut

avoir une conséquence sur la durée totale du cycle florale des arbres. Les mâles vont fleurir plus longtemps que les femelles. Le pollen sera alors disponible plus tôt avant l'entrée en floraison des femelles.

Les inflorescences femelles produisent en moyenne 1 à 2 gousses par infrutescence par contre les mâles ne produisent pas. La production de gousses est très faible par rapport au potentiel reproductif. Le fort potentiel de production florale suivi d'un faible taux de gousses formés indique une forte abscission de fleurs ou un avortement prématuré des fruits en cours de formations chez *P. reticulatum*.

D'une manière générale, le dimorphisme sexuel observé au niveau de la phénologie (floraison et fructification), de la morphologie des arbres (taille du houppier) laisse percevoir une différence de coût de reproduction entre les sexes comme l'ont noté les auteurs tels que Allen et Antos (1993) ; Chang (2006). Les ressources nutritives conservées par les individus femelles sont allouées à la production de plus de fruits et de graines à pouvoir germinatif élevé. Le dimorphisme sexuel de l'espèce associé à l'intervention de l'Homme par des coupes sélectives expliquerait donc le faible sexe ratio observé par endroits dans la population.

Il n'existe pas de dimorphisme sexuel sur la taille des fleurs chez *P. reticulatum*. Par contre il existe un dimorphisme de coloration temporaire de stigmate chez la femelle qui marquerait la phase de réceptivité du stigmate de l'espèce.

5.4. Productions fruitières

La faible productivité obtenue chez *P. reticulatum* s'explique en partie par les conditions climatiques en rapport avec le déroulement de la floraison des arbres. Toutefois il faut ajouter que la faible productivité peut être également due au faible taux de succès de la fructification des arbres comme démontré chez la plupart des Légumineuses tel que *T. indica* (Diallo *et al.*, 2008). En effet, nos résultats ont montré que seuls 10% des arbres arrivent à avoir au maximum 40% de leurs infrutescences en maturité pendant que la majorité des arbres (38%) n'ont pas d'infrutescence mature malgré une floraison abondante. Ces pertes de fleurs et/ou de gousses au cours de la période de reproduction, ont été très importantes, et ont certes déjà été constatées chez d'autres espèces de la famille des Légumineuses (Bawa et Webb, 1984; Hossaert, 1988; Diallo *et al.*, 2008.). Plusieurs raisons ont été avancées par ces mêmes auteurs pour expliquer les nombreuses pertes chez les arbres tropicaux. Il s'agit de (i) la position des fruits sur l'infrutescence et des graines au niveau des ovaires (ii) certains fruits avortent en raison de la limitation de ressources. Les premiers fruits développés peuvent interférer dans l'allocation des ressources avec les plus récents. Cependant le caractère dioïque et les patterns de pollinisation chez *P. reticulatum*, nous amènent à considérer un facteur non moins important telle que l'auto-incompatibilité pour expliquer les nombreuses pertes de graines de gousses chez *P. reticulatum*.

En effet l'auto-incompatibilité a été évoqué comme étant l'un des principaux facteurs responsable de la perte des fleurs et de l'avortement des graines chez les plantes à fleurs (Sage *et al.*, 1994). Or ce processus serait lié à la qualité du pollen transféré sur le stigmate (Sutherland et Delph, 1984). Ceci est confirmé par nos résultats qui ont montré que la production de graines est liée à la distance qui sépare les femelles des mâles. En effet, plus les

mâles sont éloignés des femelles (diminution de la dissémination de l'auto pollen), mieux est la production de graines saines.

Les abeilles (*Apis mellifera*) ont été identifiées comme étant les principaux pollinisateurs potentiels de *P. reticulatum*. Ils collectent le pollen sur leur corps, le stockent dans leurs corbeilles ce qui le rend inaccessible au moment du transfert sur la surface du stigmate (Bernhardt et Weston, 1996; Paton, 1997; Wallace *et al.*, 2002). En raison de la forte capacité de mobilité au sein du même arbre (Gross, 2001) et de la faible mobilité entre les arbres (Michaelson-Yeates *et al.*, 1997) la méthode de butinage de *Apis mellifera* laisse penser qu'il dissémine une forte proportion d'auto-pollen. Selon Diallo *et al.*, (2008) pour les plantes allogames ayant un fort niveau d'auto-incompatibilité, il peut se révéler être un mauvais pollinisateur. En effet, selon le même auteur, compte tenu du fait que les abeilles changent rarement d'arbre, même en visitant plusieurs arbres dans la journée (ce qui est peu probable), seules les premières fleurs visitées reçoivent de l'allo pollen, toutes les autres ont plus de chance d'être fécondées par l'auto-pollen. Le taux d'avortement de graines particulièrement élevé chez les arbres de 3 à 4 m de haut est probablement dû en partie à un niveau élevé d'auto-pollens diffusés sur de courtes distances mais aussi en raison de l'altitude de vol de *Apis* dans la couronne des arbres.

De plus, les fleurs de *P. reticulatum* sont visitées par plusieurs autres insectes appartenant à plusieurs familles, comprenant les Ichneumonidae, Vespidae, Muscidae, Syrphidae, Lycidae, Meloidea, Scarabaeidae, Acraeidae, Nymphalidae, Acrididae et Coreidae (Dao *et al.*, in press.). La présence simultanée de ces nombreux visiteurs floraux, peut avoir un effet défavorable direct sur le succès de la fructification (Spira, 2001), et occasionner des dommages sur les fleurs, les fruits et les graines.

L'étude a fait ressortir un parasitisme élevé des gousses et des graines produites par les arbres.

Le nombre moyen de trous visibles dû aux attaques sont de $2,60 \pm 0,662$ par gousse.

Ainsi, les dommages causés sur les gousses de *Piliostigma* proviendraient non seulement de la consommation des fructivores (phytophages) tels que les Coreidae et Acraeidae mais aussi de la reproduction de certains insectes tels que les Lycaenidae (*Lepidochrysops quassi*) et les Bruchidae (*Caryedon serratus*) qui perforent les jeunes fruits pour y déposer leurs œufs. En effet, nous avons identifié dans les gousses vertes de *P. reticulatum* des Lycaenidae (Lépidoptères) et dans les gousses matures des Bruchidae (Coléoptères). Les Bruchidae infestent les gousses de *P. reticulatum* immédiatement après leur récolte en janvier. Ce sont des insectes qui perforent les fruits par leur ovipositeur pour y déposer leurs œufs. La brûche (*Caryedon serratus*) appartenant à cette famille a déjà été décrite comme insectes ravageurs des gousses des arachides en stockage. Communément appelée brûche de l'arachide, *Caryedon serratus* est une espèce parasite d'un certain nombre de gousses de plantes-hôtes sauvages comme *P. reticulatum* (D.C.) Hochst., *P. thonningii* (Schum.) Milne-Redh, *Bauhinia rufescens* Lam., *Cassia sieberiana* D.C., *Tamarindus indica* L., qui appartiennent toutes aux Caesalpinioideae (Decelle, 1951 ; Sembène, 2006). Les gousses de ces plantes hôtes sont des lieux de ponte des femelles de *C. serratus*. Indépendamment des pontes, les larves de *C. serratus* ne sont en mesure de se développer que sur les graines de ces plantes hôtes (Ouédraogo *et al.*, 2010). Les plantes-hôtes jouent un rôle essentiel dans le maintien, la reproduction et la dispersion de ces insectes qui vont par la suite infester les stocks d'arachide. Les plantes hôtes peuvent être qualifiées de plantes relais en attendant la récolte des arachides pour inféoder les gousses.

L'apparition de *Caryedon serratus* (Bruchidae) est consécutive à celle de *Lepidochrysops quassi* (Lycaenidae). La famille des Lycaenidae sont à la fois des phytophages et des prédateurs (Villiers, 1943). Ses larves sont de type broyeur avec deux glandes labiales séricigènes c'est-à-dire fabriquant un fil de soie. Les adultes munis de pièces buccales servent

à aspirer les aliments liquides le plus souvent sucrés tel que le nectar des plantes à fleurs (Pesson, 1984).

La production moyenne de gousses n'est pas corrélée à la hauteur des arbres ni au diamètre du houppier des arbres. Nous avons observé par contre une relation positive et significative entre la production de gousses et le nombre moyen de trous observés sur la gousse. En conséquence, lorsque les productions de gousses sont élevées sur l'arbre, leurs infestations sont plus importantes. Ceci nous amène à suggérer que lorsque la ressource (gousses) est abondante cela favorise une diversification des sites de pontes entraînant une diminution de la compétition intra spécifique dans la réalisation de la niche larvaire. Ceci aurait alors pour conséquence une forte attraction du ravageur entraînant par là une augmentation de gousses attaquées. Derrière cette opportunité de diversification des sites de ponte, se cache l'instinct de survie chez les Bruchidae qui consiste à réduire non seulement la compétition intra larvaire mais aussi d'échapper aux insectes prédateurs.

5.5. Conclusion

Cette étude a prouvé que la population de *P. reticulatum* étudiée est constituée d'individus morphologiquement hermaphrodites et fonctionnellement dioïques. La connaissance de ce statut sexuel peut faciliter la mise en place de programmes de croisements contrôlés nécessaires à la création variétale par hybridation. Ces travaux nous ouvrent de nouvelles perspectives de recherches sur la phénologie des individus, la réceptivité du stigmate en rapport avec l'activité des pollinisateurs et le sexe-ratio.

Cette étude a permis de déterminer quatre familles de pollinisateurs potentiels appartenant à 3 ordres différents participant au transfert du pollen chez *P. reticulatum*. Ces insectes pollinisateurs présentent une certaine organisation dans la visite des fleurs. Les *Apidae*

visitent abondamment et fréquemment les fleurs de *P. reticulatum* mais leurs comportements de butinage peuvent influencer le succès de la fructification des plantes dioïques.

Des études plus approfondies méritent d'être menées sur ce système de pollinisation avec de multiples pollinisateurs pour (i) mesurer la quantité et la qualité de grains de pollen compatibles déposés par chaque pollinisateur sur les stigmates après chaque visite ; (ii) déterminer la stabilité temporelle de l'interaction entre *P. reticulatum* et ces nombreux pollinisateurs potentiels et leur rôle à long terme dans l'évolution florale de cette espèce.

Les individus sont caractérisés par un dimorphisme sexuel induit par les caractères dendrométriques (taille des arbres et diamètre du houppier), par la morphologie des organes floraux (longueur du pistil, des étamines) et au déroulement de la floraison (début, durée et synchronisme de la floraison).

L'évaluation de la production de *P. reticulatum* en formation naturelle a révélé qu'un nombre important d'inflorescences n'ont pas produit d'infrutescences qui arrivent à maturité. Il existe beaucoup de déperditions avant la maturation des gousses dues notamment aux attaques parasitaires et aux avortements des graines. Les attaques parasitaires sont occasionnées par les insectes de la famille des Lycaenidae sur des gousses vertes en cours de développement et par ceux de la famille des Bruchidae sur des gousses matures après récolte. Les études n'ont pas permis de montrer la relation entre la productivité et la hauteur des arbres ainsi que le diamètre moyen du houppier des arbres. Par contre, les études ont montré que la distance entre les individus mâles et femelles influe sur la productivité des arbres, les taux d'avortement de graines et sur les attaques parasitaires. Ces résultats nous interpellent sur la nécessité d'approfondir les études sur les interactions insectes et plantes-hôtes, notamment les pollinisateurs et les prédateurs pour expliquer la faible production de fruits et des graines chez *P. reticulatum*.

6. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

La gestion durable *in situ* qui suppose une utilisation et une conservation des populations d'un peuplement, nécessite la compréhension de leur dynamique naturelle. Notre étude sur la biologie florale, les patterns de la pollinisation, le sexe ratio, le dimorphisme sexuel et la productivité de *P. reticulatum* a apporté des informations scientifiques qui ont permis de répondre aux grandes questions liées à la biologie et à l'écologie de l'espèce, nécessaire pour comprendre l'ensemble des processus qui affectent sa fructification.

Les résultats ont révélé que la population de *P. reticulatum* étudiée s'est révélée être constituée d'individus mâles et d'individus femelles. Cette forme de dioecie atteste que l'espèce possède des adaptations morphologiques favorisant l'allogamie. *P. reticulatum* fleurit en pleine saison des pluies. Les insectes visiteurs sont des généralistes et dépendent des autres espèces animales ou végétales par rapport aux ressources. C'est ainsi que des groupes de visiteurs tels que les parasitoïdes et les pollinisateurs peuvent être utilisés dans le cadre de la lutte biologique et de la pollinisation assistée.

La connaissance de la phénologie de la floraison de l'espèce révèle une floraison étalée sur plusieurs mois (juillet à octobre). Ceci montre les potentialités mellifères de l'espèce et ouvre des perspectives apicoles dans la production du miel monofleur.

L'évaluation de la production fruitière chez *P. reticulatum* a permis d'estimer le potentiel de reproduction des individus et d'identifier les contraintes de fructification en formation naturelle. Ceci permettra d'assurer un aménagement conséquent des peuplements naturels à travers des propositions raisonnées sur leurs modes de gestion. Cette étude permettra également d'envisager des stratégies de gestions dans le cadre d'un programme de plantation de production à grande échelle en vue de soutenir la filière.

Les programmes d'aménagements agroforestiers doivent prendre en compte ces informations pour effectuer les prélèvements d'arbres à l'intérieur des populations de cette espèce.

Cette étude ouvre de nouvelles perspectives de recherche sur les aspects suivants:

- Etude du comportement et de l'efficacité des nombreux pollinisateurs;
- Identification des visiteurs nocturnes ;
- Etude des relations hôtes/parasites chez l'espèce ;
- le suivi du comportement des individus issus de l'autofécondation en milieu naturel ;
- Etude des flux de gènes (graines et pollen) nécessaires à la compréhension des « patterns » de la régénération ;
- Evaluation de la variabilité génétique intra et inter population par l'utilisation des marqueurs neutres (marqueurs d'ADN) ;
- La sylviculture de l'espèce ;
- Etude des systèmes de compatibilité chez l'espèce ;
- Etude de la bioécologie des deux ravageurs déjà identifiés sur d'autres espèces en tenant compte du gradient climatique nord-sud ;
- Etude de l'influence des facteurs climatiques sur le déroulement de la floraison de l'espèce ;

7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allen G., Antos J. 1993. Sex-ratio variation in the dioecious shrub *Oemleria cerasiformis*. *American Naturalist*, 141: 537–553.
- Arbonnier M. 2009. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d’Afrique de l’Ouest, 3^{ème} ed. revue et augmentée. MNHN-QUAE, FRANCE, 576 p.
- Aubréville A. 1950. Flore forestière soudano-guinéenne : A. O. F. Cameroun A. E. F., Sociétés d’Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales, Paris, France, 523 p.
- Babajide J. O., Babajide O. O., Daramola A. O., Mabusela W. T. 2008. Flavonols and an oxychromonol from *Piliostigma reticulatum*. *Phytochemistry*, 69: 2245–2250.
- Bastide B., Diallo B. O. 1996. Essai comparatif de provenances de *Faidherbia albida* Del. In : Les parcs Agroforestiers de *Faidherbia albida*. (Ed.) R. Peltier. Cahiers Scientifiques du CIRAD, France, 12: 259-268.
- Bationo B. A., Yélémo B., Ouédraogo S. J. 2004. Le neem (*Azadirachta indica* A. Juss), une espèce exotique adoptée par les paysans du Centre-Ouest du Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, 4 : 5-10.
- Baumer M. 1995. Arbres et arbrisseaux nourriciers en Afrique occidentale. CTA, ENDA, Dakar, 260p.
- Bawa K. S., Buckley D. P. 1989. Seed ovule ratios, selective seed abortion and mating systems. In: *Leguminosae*. Advances in legume biology: (eds.) C. Stirton et J. L. Zarucchi. Monographic, Systematic and Botanic. Missouri Botanic Gardens, Kew, 243-262.
- Bawa K. S., Webb J. C. 1984. Flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees: Implications for the evolution of paternal and maternal reproductive patterns. *American Journal of Botany*, 71: 736–751.

- Bawa K. S., Keegan C. R., Voss R. H. 1982. Sexual dimorphism in *Aralia nudicaulis*. *Evolution*, 36: 371-378. Doi: 10.1017/S0266467404001397.
- Bernhardt P., Weston P. H. 1996. The pollination ecology of *Persoonia* (*Proteaceae*) in eastern Australia. *Telopea*, 6: 775–804.
- Bierzychudek P. 1981. Pollinators increase the cost of sex by avoiding female flowers. *Ecology*, 68: 444-447.
- Billand A., Deframond D. 1990. Variabilité génétique d'*Acacia albida* (synonyme *Faidherbia albida*) en essais comparatifs de provenances au Burkina Faso. *In* : Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides, Groupe d'étude de l'arbre. Paris, 235-248.
- Billand A., Diallo B. O. 1991. Amélioration des ligneux soudano-sahéliens. Activités 1990-1991, stratégies et perspectives, MESSRS/CNRST, Ouagadougou, Burkina Faso, 196 p.
- Boshier D. H., Mesen J. F. 1989. Breeding population of *Cordia alliodora* in breeding Tropical trees population structure and genetic improvement strategy in clonal and seedling forestry. Proceedings IUFRO working party, Pattaya, November 1988. *In* : Conservation des ressources génétiques dans l'aménagement des forêts tropicales. Principes et concepts, 107: 81-86.
- Brody A. K. 1997. Effect of pollinator, herbivores and seed predator on flowering phenology. *Ecological Society of America*, 46: 1624-1631.
- Bruneau A., F., Forest P. S., Herendeen B. B., Lewis G. P. 2001. Phylogenetic relationships in the *Caesalpinioideae* (*Leguminosae*) as inferred from chloroplast *trnL* intron sequences. *Systematic Botany* 26: 487-514.
- Budar F., Touzet P., de Paepe R. 2003. The nucleo-mitochondrial conflict in cytoplasmic male sterilities revisited. *Genetica*, 117: 3-16.

- Bullock S. H., Beach J. H., Bawa K. S. 1983. Episodic flowering and sexual dimorphism in *Guarea rhopalocaepa* in a Costa Rican rain forest. *Ecology*, 64: 851-861. Doi.2307/1937208.
- BUNASOLS, 1988. Etude pédologique de la station expérimente de Gampela. Echelle 1/5000. Rapport technique n 59, BUNASOLS, Ouagadougou.
- Burne H. E., Yates C. J., Ladd P. G. 2003. Comparative population structure and reproductive biology of the critically endangered shrub *Grevillea althoferorum* and two closely related more common congeners. *Biological Conservation*, 114: 53-65.
- Chang S-M. 2006. Female compensation through the quantity and quality of progeny in a gynodioecious plant, *Geranium maculatum* (Geraniaceae). *American Journal of Botany*, 93, 2: 263–270.
- Charlesworth D., Charlesworth B. 1981. Allocation of resources to male and female function in hermaphrodites. *Biological Journal of the Linnean Society*, 15: 57-74.
- Charlesworth D. 2002. Plant sex determination and sex chromosomes. *Heredity*, 88: 94-101.
- Chinery M. 1986. Le multiguide nature des insectes d'Europe en couleurs. (Ed.) Bordas Paris. 380 p.
- CIFOR et CNRST. 2006. Les gousses de *Piliostigma* sp. Documentaire CIFOR-CNRST Ouagadougou, Burkina Faso.
- Cronquist, A. 1988. The evolution and classification of flowering plants. (2nd ed.). The New York Botanical Garden, New York, 555 pp.
- Cruzan M. B., Neal P. R., Wilson M. F. 1988. Floral display. *In*: *Phyla incisa: consequences for male and female reproductive success*. *Evolution*, 42: 505–515.

- Cunningham S. A. 1995. Ecological constraints of fruits initiations by *Calyptrogyne ghiesbreghtiana* (Arecaceae): floral Herbivory, pollen availability and visitation by pollinating bats. *American Journal of Botany*, 82 (12) 1527-1536.
- Da N. 2002. Fonctionnement d'une forêt soudanienne en cours d'aménagement : Cas du couple de guildes plantes/pollinisateurs. Mémoire d'ingénieur du développement rural, Université Ouagadougou/Burkina Faso, 75 p.
- Dao M. C. E. 2002. Biologie de la reproduction sexuée de *Ziziphus mauritiana* Lam. : suivis phénologiques et étude de la pollinisation en zone Nord-soudanienne, DEA Université de Ouagadougou Burkina Faso, 58 p.
- Dao M., Diallo B. O., Tamini Z., Bastide B., Guinko S. 2006. Evolution de la morphologie florale chez *Ziziphus mauritiana* Lam. (Rhamnaceae) : mouvements des pièces florales et des étamines. *Cameroon Journal of Experimental Biology*, Vol. 2, 2: 70-76.
- De Bie S., Ketner P., Paase M., Greerling C. 1998. Woody plant phenology in West Africa savannah. *Journal of Biogeography*, 25: 883-900.
- Decelle J. 1951. Contribution à l'étude des Bruchidae du Congo Belge. *Revue de Zoologie et de Botanique Africaines*, 45: 172-192.
- De Jong T. J., Klinkhamer P. G. L. 2002. Sex-ratios in dioecious plants. *In*: Hardy I. C. W., (ed.), *Sex ratios*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 349-364.
- Delvare G., Aberlenc H. P. 1989. Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale. Clé pour la reconnaissance des familles. (ed.) Prifas/Cirad Montpellier France, 302 p.
- Diallo B. O. 2001. Biologie de la reproduction et évaluation de la diversité génétique chez une légumineuse: *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioïdae), thèse de Doctorat, Université Montpellier II, Sciences et Technique du Languedoc, 119 p.

- Diallo O. B., Bastide B., Poissonnet M., Dao M. C. E., Sanou J., Hossaert McKey M. 2006. Mise en évidence d'une androdioécie morphologique et d'une "hétérostigmatie" chez *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. Fruit, 61 : 1-8.
- Diallo B. O., McKey D., Chevallier M-H., Joly H.I., Hossaert-McKey M. 2008. Breeding system and pollination biology of the semi domesticated fruit tree, *Tamarindus indica* L. (Leguminosae: Caesalpinioideae): Implications for fruit production, selective breeding and conservation of genetic resources. African Journal of Biotechnology, Vol. 7, 22 : 4068-4075.
- Dickinson W. C. 1981. The evolutionary relationships of *leguminosae*. In: Advances in Legume Systematics. Part 1: (ed.) Polhill and Ravn, Royal Botanic Gardens, Kew, 35-54
- Dogterom M. H., Winston M. L., Mukai A. 2000. Effect of pollen load size and source (self cross) on seed and fruit production in highbush blueberry "Bluecrop" (*Vaccinium corymbosum*, Ericaceae). American Journal of Botany, 87: 1584-1591
- Faegri K., van Der Pijl L. 1980. The principles of pollination ecology. Oxford New York. Pergamon, 3rd ed. 244 pp.
- FAO, 1996. Conservation des ressources génétiques dans l'aménagement des forêts tropicales. Principes et concepts. Etude FAO, forêts 107. FAO, Rome. 101p.
- Fenster C. B., Armbruster W. S., Dudash M. R., Wilson P., Thomson J. D. 2004. Pollination syndromes and floral specialization. Annual of Rev Ecology Evolution and Systematic, 35:375-403
- Fontes J., Guinko S. 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative. Proj. « Campus », Min. Coop. Fr., Toulouse, France, 67p.

- Garcia M. B., Antor R. 1995. Age and size structure in populations of a long-lived dioecious geophyte: *Borderea pyrenaica* (Dioscoreaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 156: 236–243.
- Gavin G. C. 1998. Les insectes. Guide d'identification. Ed. laboratoire d'entomologie de EP. 90 CNRS, Mango pratique, Paris, 208 p.
- Gerber M. A., Dawson T. E., Delph L. F. 1999. Gender and sexual dimorphism in flowering plants Springer-Verlag, New York, USA, 102pp.
- Goldingaye R. L., Cart S. M., Whelan R. J. 1991. The importance of non flying mammals in pollination. *Oikos*, 61. 79-89.
- Gomez J. M. 1993. Phenotypic selection on flowering synchrony in a high mountain plant, *Hormathophylla spinosa* (Cruciferae). *Journal of Ecology*, 81:605-613.
- Gross C. L. 2001. The effect of introduced honeybees on native bee visitation and fruit-set in *Dillwynia juniperina* (Fabaceae) in a fragmented ecosystem. *Biological Conservation*, 102: 89–95.
- Haig D., Westoby M. 1988. On limits to seed production. *American Naturalist*, 131: 757-759. doi:10.1086/284817.
- Hall J. B. 2005. *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. Anacardiaceae in: *Encyclopedia of fruits and nuts*, Janick J. and Paul R. (Eds), CAB int., Wallingford, UK, 103-116.
- Herendeen P. S., Wing S. 2001. Papilionoid legume fruits and leaves from the Paleocene of northwestern Wyoming. *Botanical Society of America*, 301-320.
- Herendeen P. S., Crepet W. L., Dilcher D. L. 1992. The fossil history of the Leguminosae: phylogenetic and biographic implications, *In: Advances in Legume Systematic*, part 4, the fossil record. (eds.) Herendeen P. S. and Dilcher D. L., Royal Botanic Gardens, New York, 303-316.

- Herrera C. M. 1987. Components of pollinator "quality": comparative analysis of a diverse insect assemblage, *Oikos*, 50:79–90
- Herrera C. M., Pellmyr O. 2002. Plants animal interaction, an evolutionary approach. Black Well Science. Oxford. 89pp.
- Hien F. 1995. La régénération de l'espace sylvo-pastoral au Sahel. Une étude de l'effet de mesures de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso. Document sur la gestion des ressources tropicales. Thèse de doctorat, Wageningen Agriculture University, The Netherlands, 223p.
- Horvitz C. A., Schemske D. W. 1990. Spatiotemporal variation in insect mutualists of a neotropical herb. *Ecology*, 71: 1085–1097.
- Hossaert M. 1988. Des fleurs comment et à quoi bon ! Données et réflexion sur la reproduction sexuée de deux espèces pérennes affines à propagation végétative : *Lathyrus latifolius* et *Lathyrus Sylvestris*. (Légumineuses : Papilionaceae). Thèse d'état ès-Science Université de Pau et des pays de l'Adour, 360 p.
- House S. M. 1992. Population density and fruit set in three dioecious tree species in Australian tropical rain forest. *Journal of Ecology*, 80: 57-69.
- Hutchinson J. 1964. The genera of flowering plants. Vol. 1, Oxford University Press, Oxford, 499 pp.
- Itoh A., Yamakura T., Ohkubo T., Kanzaki M., Palmiotto P., Tan S., Lee T. S. 2003. Spatial segregated fruiting in an emergent Bornean tree. *Journal of Tropical Ecology*, 19: 531-538. Doi :10.1017/S0266467403003584.
- Ivey C. T., Martinez P., Wyatt R. 2003. Variation in pollinator effectiveness in swamp milkweed, *Asclepias incarnata* (Apocynaceae). *American Journal of Botany*, 90: 214-225.

- Johnson S. D., Steiner K. E. 2000. Generalization versus specialization in plant pollination systems. *Trends Ecology and Evolution*, 15: 140–143
- Jordano P., Bascompte J., Olesen J. N. 2006. The ecological consequences of complex topology and nested structure in pollination webs. In: Waser N. M., Ollerton J. (eds) *Plant–pollinator interactions, from specialization to generalization*. University of Chicago Press, Chicago, Ill., 173–200.
- Kearns C. A., Inouye D. W. 1993. *Technique for pollination biology*. University press of Colorado, USA, 583 pp.
- Kearns C. A. 2001. North American Dipteran pollinators: assessing their value and conservation status. *Conservation and Ecology*, 5(1): 5.
- Kevan P. G., Baker G. H. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomologist*, 28: 407-453.
- Klein A. M., Steffan-Dewenter I., Tschardt T. 2003. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society, (B)*, 270: 955–961
- Knight T. M., Steets J. A., Vamosi J. C., Mazer S. J., Burd M. 2005. Pollen limitation of plant reproduction: pattern and process. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 36:467–97
- Le Houerou H. N. 1980. The role of browse in the sahelian and sudanian zones. Ed. Le Houerou , 55-82.
- Lloyd D., Webb C. 1977. Secondary sex characters in plants. *Botanical Review*, 43: 177-215.
- Lloyd D. G. 1975. The maintenance of gynodioecy and androdioecy in angiosperms. *Genetica*, 45:325–339.

- Lodoum T. 2000. Etude de quelques espèces nectarifères et pollinifères de la formation végétale de Gampéla (Burkina Faso). Mémoire de DEA, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 52 p.
- MEE 2001. Stratégie Nationale et Plan d'Action du Burkina Faso en matière de Diversité Biologique. MEE/CONAGESE, Ouagadougou , Burkina Faso, 163 p.
- MEE. 1997. Monographie Nationale sur la Diversité Biologique - Première Ebauche. MEE\CONAGESE, Burkina Faso. 88 p.
- Melampy M., Howe H. 1977. Sex ratio in the tropical tree *Triplaris americanus* (Polygonaceae). *Evolution*, 31: 867–872.
- Michaelson-Yeates T. P. T., Marshall A. H., Williams I. H., Carreck N. L., Simpkins J. R. 1997. The use of isoenzyme markers to determine pollen flow and seed paternity mediated by *Apis mellifera* and *Bombus* spp. in *Trifolium repens*, a self-incompatible plant species. *Journal of Apicultural Research*, 36: 57–62.
- Nicotra A. 1998. Sex ratio variation and spatial distribution of *Siparuna grandiflora*, a tropical dioecious shrub. *Oecologia*, Vol 115, 1-2 :102-113, DOI: 0.1007/s004420050496.
- Opler P. A., Bawa K. S. 1978. Sex ratios in tropical forest trees. *Evolution*, 32: 812-821.
- Ouédraogo I., Traore N. S., Guenda W., Dabire L. C. B. 2010. Influence des plantes hôtes sur la fécondité et le développement larvaire de la bruche de l'arachide *Caryedon serratus* Olivier (Coleoptera : Bruchidae) au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 31: 1906 - 1915
- Ouédraogo S. 2006. Potentialités fourragères et essais d'amélioration de la valeur nutritive de trois ligneux fourragers : *Piliostigma thonningii* Schumach Mile-Redh, *Piliostigma reticulatum* (D. C.) Hochst et *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. ; Mémoire d'ingénieur du développement rural, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso/Burkina Faso, 67p.

- Paton D. C. 1997. Honey bees *Apis mellifera* and the disruption of plant–pollinator systems in Australia. *Victorian Naturalist*, 114 : 3–29.
- Penning de Vries F.W.T., Djiteye M. A. 1982. La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, végétations et de l’exploitation de cette ressource naturelle. CABO, Wageningen, 525 p.
- Percy D. M., Cronk Q. C. B. 1997. Conservation in relation to mating system in *Nesohedyotis arborea* (Rubiaceae), a rare endemic tree from St Helena. *Biological Conservation*, 80: 135–145.
- Pesson P. 1984. Transport du pollen par les animaux: Zoogamie. *In* : Pollinisation et productions végétales. (ed.) P. Pesson et J. Louveaux, Institut National de Recherche Agronomique, Grenelle, Paris, 97-139.
- Polhill R. M., Raven P. H., Stirton C. H. 1981. Evolution and systematic of the Leguminosae. *In*: Advances in Legume systematic, Part I. (eds.) Polhill R. M. and Raven P. H. Royal Botanic Gardens, Kew, 1-26.
- Proctor M., Yeo P. 1973. The pollination of flower. London Collins. 418 p.
- Queenborough S. A., Burslem D. F. R. P., Garwood N. C. and Valencia R. 2007. Determinants of biased sex ratios and inter-sex costs of reproduction in dioecious tropical forest trees. *American Journal of Botany*, 94, 1: 67-78.
- Renner S. S., Ricklefs R. E. 1995. Dioecy and its correlates in the flowering plants. *American Journal of Botany*, 82: 596-606.
- Roupsard O., Joly H. I., Dreyer E. 1996. Ecophysiologie de *Faidherbia albida*, I. Fonctionnement hydrique en parc agroforestier; II. Variabilité intraspécifique de caractéristiques juvéniles. Les Parcs à *Faidherbia*, Ed. R. Peltier, Cahiers scientifiques No. 12. CIRAD-Forêt, Nogent-sur-Marne, France, 85–101.

- Sage T. L., Bertin R. I., Williams E. G. 1994. Ovarian and other late-acting self-incompatibility systems. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, 97pp.
- Sanou S. 2005. *Piliostigma reticulatum* (D. C.) Hochst., potentialités fourragères et essai d'amélioration de la valeur nutritive des gousses. Mémoire de fin d'études IDR, Université Polytechnique Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 57p.
- Sanou S., 2007. Mode de présentation (concassage, broyage) et traitement chimique (urée, charbon) pour une utilisation efficiente des gousses de *Piliostigma reticulatum* (D. C.) Hoscht. Mémoire DEA LERNSEI/UPB Burkina Faso, 41p.
- Sapir Y., Mazer S. J., Holzapfel C. 2008. Sex ratio. *In*: Jorgensen S. E., Brian B. D. (eds) Encyclopedia of ecology I. Elsevier, Amsterdam, 3243-3248.
- Schemske D. W. 1978. Evolution of reproductive characteristics in Impatiens (Balsaminaceae): signification of cleitogamy and chasmogamy. Ecology, 95: 596-613.
- Schnable P. S., Wise R. P. 1998. The molecular basis of cytoplasmic male sterility and fertility restoration. Trends in plant Science, 3: 175-180.
- Sembène M. 2006. The origin of groundnut infestation by the seed beetle *Caryedon serratus* (Olivier) (Coleoptera: Bruchidae): Results from cytochrome B and ITS1 gene sequences vol. 42, 2:97-111
- Spira T. P. 2001. Plant–pollinator interactions: a threatened mutualism with implications for the ecology and management of rare plants. Natural Areas Journal, 21: 78–88.
- Stanek V. J. 1984. *Encyclopédie des insectes coléoptères. 270 illustrations en couleurs*. Ed. Gründ, Paris. 352 p.
- Stephenson A. G. 1981. Flower and fruit abortion: Proximate causes and ultimate functions. Annual Review of Ecology and Systematic, 12: 2523-279.
- Stephenson A. G., Bertin R. I. 1983. Male competition, female choice, and sexual selection in plants. *In*: Real L (ed.) Pollination Biology. Academic Press, Inc., Orlando, 109-149.

- Strong D. R., Lawton J. H., Southwood R. 1984. Insects of plants community patterns and mechanisms. Blackwell Sciences Publisher, Oxford, 313.
- Sutherland S., Delph L. F. 1984. On the importance of male fitness in plants: patterns of fruit set. *Ecology*, 65, 4: 1093-1104.
- Tamini Z. 1982. Contribution à l'étude morphogénétique de la chute des organes fructifères chez le soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivé au champ et en conditions contrôlées. Thèse Université Clermont II, France. 74 p.
- Thiombiano A. 1996. Contribution à l'étude des Combretaceae dans la région Est du Burkina Faso. Thèse Doctorat 3eme cycle. Université Ouagadougou, Burkina Faso, 220 p.
- Thomas S., LaFrankie J. 1993. Sex, size, and inter year variation in flowering among dioecious trees of the Malayan rain forest. *Ecology*, 74: 1529–1537.
- Thomson J. D., Brunet J. 1990. Hypotheses for the evolution of dioecy in seed plants. *Trends Ecology and Evolution*, 5: 11–16.
- Torimaru T., Tomaru N. 2006. Relationships between flowering phenology, plant size, and female reproductive output in a dioecious shrub, *Ilex leucoxyla* (Aquifoliaceae). *Canadian Journal of Botany*, 84, 12: 1860–1869; doi:10.1139/B06-129
- Toutain B. 1999. Dynamique de la végétation et évolution des écosystèmes pâturés au Sahel. The Sahel, *In*: Lykke A. M., Reenberg A. And Nielsen I. (eds.). Seren occasional papers, 10: 1-11.
- Tsang A. C. W., Corlett R. T. 2005. Reproductive biology of the *Ilex* species (Aquifoliaceae) in Hong Kong China. *Canadian Journal of Botany*, 83: 1645-1654
- Ueno N., Kanno H., Seiwa K. 2006. Sexual difference in shoot and leaf dynamics in the dioecious tree *Salix sachalinensis*. *Canadian Journal of Botany*, 84: 1852-1859. Doi: 10.1139/BO6-142.

- Villiers A. 1943. Hémiptères de l'Afrique noire (punaises et cigales). (eds.) Longman, Vol IX. 254 p.
- Vandenbelt R. J. 1991. Rooting systems of western and southern African *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. (Synonyme *Acacia albida* Del.) . A comparative analysis with biogeographic implications. *Agroforestry Systems*, 14: 233-244.
- Von Maydell H. J. 1992. Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. Verlag Joseph Margraf, Weikersheim, Allemagne, 536 p.
- Wallace H. M., Maynard G. V., Trueman S. J. 2002. Insect flower visitors, foraging behaviour and their effectiveness as pollinators of *Persoonia virgata* R. Br. (Proteaceae). *Australian Journal of Entomology*, 41: 55–59.
- Waser N. M., Ollerton J. 2006. Plant-pollinator interactions. From specialization to generalization. University of Chicago Press, Chicago, 654 pp.
- Waser N. M., Chittka L., Price M. V., Williams N. M., Ollerton J. 1996. Generalization in pollination systems and why it matters. *Ecology*, 77: 1043–1060.
- Webb C. J. 1999. Empirical studies: evolution and maintenance of dimorphic breeding systems. In M. A. Gerber, T. E. Dawson, and L. F. Delph [eds.] *Gender and sexual dimorphism in flowering plants* 61-95 Springer-Verlag, New York, USA
- Weller S. G., Sakai A., Culley M. T., Campbell D. R., Ngo P., Dunbar-Wallis A. K. 2007. Sexually dimorphic inflorescence traits in wind-pollinated species: heritability and genetic correlations in *Schiedea adamantis* (Caryophyllaceae). *American Journal of Botany*, 94, 10: 1716-1725.
- Weller S. G., Sakai A., Rankin A. E., Golonka A., Kutcher B., Ashby K. E. 1998. Dioecy and the evolution of pollination systems in *Schiedea* and *Alsinidendron* (Caryophyllaceae: *Alsinidendron*) in the Hawaiian Islands, *American Journal of Botany*, 85: 1377-1388.

- Wilson K., Hardy I. 2002. Statistical analysis of sex ratios: an introduction. *In* : Hardy I. (ed.), Sex ratios: concepts and research methods, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 48–92.
- Wing S. L., Herrera F., Jaramillo C. 2004. A Paleocene flora from the Cerrajón Formation, Guajira Peninsula, northeastern Colombia. *In* VII International Organization of Paleobotany Conference Abstracts (21-26 March). Museo Egidio Feruglio, Trelew, Argentina. 146-147
- Yélémou B. 2010. Biologie et écologie des espèces du genre *Piliostigma* et leur contribution à la dynamique de la matière organique des sols en zone sahélo- soudanienne au Burkina Faso. Thèse Unique Université Ouagadougou Burkina Faso. 158 p.

8. ANNEXES

Liste des articles publiés

1. Hermaphrodisme morphologique et dioecie physiologique dans une population de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst (Caesalpinioideae). Cameroon Journal of Experimental Biology, vol. 06 N°01, 21-30, 2010, ISSN 1816-0573.
2. Sexe-ratio et dimorphisme sexuel chez une espèce dioïque des zones tropicales sèches : *Piliostigma reticulatum* (Leguminosae- Caesalpinioideae). Annales des Sciences Agronomiques, 15 (1) : 107-122, 2011, ISSN 1659-5009
3. Fruit and seed production in a natural population of a dioecious plant: *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst (Caesalpinioideae). International Journal of Biological and Chemical Sciences

Article accepté pour publication après corrections

1. Flowering phenology and floral visitors of *Piliostigma reticulatum* (Caesalpinioideae) in the tropical dry forest. African Journal of Plant Science

ARTICLES PUBLIES

1. Hermaphroditisme morphologique et dioecie physiologique dans une population de *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst (Caesalpinioideae). Cameroon Journal of Experimental Biology, vol. 06 N°01, 21-30, 2010, ISSN 1816-0573.
2. Sexe-ratio et dimorphisme sexuel chez une espèce dioïque des zones tropicales sèches : *Piliostigma reticulatum* (Leguminosae- Caesalpinioideae). Annales des Sciences Agronomiques, 15 (1) : 107-122, 2011, ISSN 1659-5009
3. Fruit and seed production in a natural population of a dioecious plant: *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst (Caesalpinioideae). International Journal of Biological and Chemical Sciences

ARTICLE ACCEPTE POUR PUBLICATION APRES CORRECTIONS

1. Flowering phenology and floral visitors of *Piliostigma reticulatum* (Caesalpinioideae) in the tropical dry forest. African Journal of Plant Science