

TABLE DES MATIERES

TABLES DES ILLUSTRATIONS	VII
DEDICACE	IX
REMERCIEMENTS	X
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	XI
RESUME	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCTION GENERALE	2
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	5
CHAPITRE I : VARIABILITES ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES	6
I.1. Manifestations des variabilités et Changements climatiques	6
I.2. Perceptions des variabilités et changements climatiques en Afrique de l'Ouest	7
I.3. Impact des variabilités et changements climatiques sur les écosystèmes en Afrique de l'Ouest	7
I.4. Impact des variabilités et changements climatiques sur les écosystèmes au Burkina Faso	8
I.5. Stratégies d'adaptation aux variabilités et changements climatiques au Burkina Faso	8
CHAPITRE II : INDICATEURS BIOLOGIQUES	10
II.1. Définition d'un bioindicateur	10
II.2. Qualités d'un bioindicateur	10
II.3. Critères de choix d'un bon bioindicateur	11
II.4. Choix des insectes comme bioindicateurs	12
II.4.1 Choix des lépidoptères et des coléoptères frugivores comme bioindicateurs	12
II.4.2. Lépidoptères Nymphalidae comme bioindicateurs	13
II.4.3. Coléoptères Cetoniinae comme bioindicateurs	14
II.4.4. Névroptères comme bioindicateurs	15
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	16
CHAPITRE III : MATERIEL	17
III.1. Sites d'études	17
III.1.2. Terroir de Folonzo	18
III.1.2.1. Caractéristiques physiques	18
III.1.2.2. Caractéristiques humaines	20
III.1.3. Terroir de Koumbia	21
III.1.3.1. Caractéristiques physiques	21

III.1.3.2. Caractéristiques humaines	23
III.1.4. Terroir de Déougou	24
III.1.4.1. Caractéristiques physiques	24
III.1.4.2. Caractéristiques humaines	26
III.1.5. Terroir de Djibo.....	26
III.1.5.1. Caractéristiques physiques	27
III.1.5.2. Caractéristiques humaines	29
III.2. Matériel biologique et technique	29
III.2.1. Matériel biologique	29
III.2.2. Matériel technique.....	29
III.2.2.1. Piège à Charaxes.....	30
III.2.2.2. Piège à Cétoines.....	30
III.2.2.3. Piège lumineux pour la capture nocturne des névroptères	31
CHAPITRE IV : METHODOLOGIE.....	32
IV.1. Implantation des sites de suivi écologique	32
IV.1.1. Terroir de Folonzo	33
IV.1.2. Terroir de Koumbia.....	34
IV.1.3. Terroir de Déougou	34
IV.1.4. Terroir de Djibo	34
IV.2. Suivi écologique des sites	35
IV.3. Inventaire floristique et mesure de la production primaire de la biomasse herbacée	35
IV.3.1. Inventaire floristique	35
IV.3.2. Mesure de la production primaire de la biomasse herbacée	36
IV.4. Inventaire entomologique et mesure des densités apparentes par jour et par piège (DAP) des insectes frugivores	36
IV.4.1. Installation des pièges et capture des insectes frugivores	36
IV.4.2. Echantillonnage et inventaire des névroptères	37
IV.4.2.1. Capture diurne des névroptères	37
IV.4.2.2. Capture nocturne des névroptères	37
IV.5. Traitements et analyses des données	38
IV.5.1. Traitements et analyses des données floristiques.....	38
IV.5.2. Indices de similitude de Sørensen et de Jaccard	38
IV.5.2.1. Indice de similitude de Sørensen	38
IV.5.2.2. Indice de similitude de Jaccard	38

IV.5.3. Traitement et analyse des données entomologiques	39
IV.5.3.1. Analyse des données de capture des Nymphalidae et Cetoniinae.....	39
IV.5.3.2. Traitement et analyse des données de capture des névroptères.....	40
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS	41
CHAPITRE V : UTILISATION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DE LA FLORE ET DE LA FAUNE COMME INDICATEUR D'ANTHROPISSATION	42
sous-chapitre v.1. Influence des activités agricoles sur la végétation le long d'un gradient climatique nord-sud du burkina faso.....	42
Introduction.....	43
V.1.1. Matériel et Méthodes.....	44
V.1.1.1. Sites d'étude.....	44
V.1.1.2. Méthode d'étude	44
V.1.1.2.1. Inventaire floristique et mesure de la production primaire de la biomasse herbacée	44
V.1.1.2.2. Analyse des données	45
V.1.2. Résultats	45
V.1.2.1. Richesse spécifique de la flore et la biomasse herbacée le long du gradient climatique	45
V.1.2.2. Richesse spécifique et biomasse herbacée par terroir.....	47
V.1.2.3. Typologie de la végétation le long du gradient climatique.....	49
V.1.2.4. Typologie de la végétation dans le domaine savanique.....	50
V.1.2.5. Typologie de la végétation dans les terroirs	51
V.1.3. Discussion	53
Conclusion	55
sous-chapitre V.2. Variabilité spatio-temporelle des insectes frugivores comme bioindicateurs d'anthropisation	57
Introduction.....	58
V.2.1. Matériel et méthodes	58
V.2.1.1. Sites d'étude.....	58
V.2.1.2. Inventaire et piégeage	59
V.2.1.3. Analyse de données	59
V.2.2. Résultats	60
V.2.2.1. Evolution de la richesse spécifique au cours des inventaires entomologiques et par mode d'utilisation des terres.....	60

V.2.2.2. Evolution spatio-temporelle de la richesse spécifique des insectes frugivores par terroir	61
V.2.2.3. Densité moyenne ou DAP des insectes frugivores par terroir	62
V.2.2.4. Espèces d'insectes frugivores indicatrices des paysages par terroir.....	63
V.2.2.5. Espèces bioindicatrices d'anthropisation par terroir.....	64
V.2.3. Discussion	65
V.2.3.1. Qualité des insectes Nymphalidae et Cetoniinae comme bioindicateur d'anthropisation	65
V.2.3.2. Etat écologique des paysages des terroirs.....	66
Conclusion	66
CHAPITRE VI : UTILISATION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES INSECTES COMME INDICATEUR DE VARIATION CLIMATIQUE.....	68
sous-chapitre VI.1. Nymphalidae et Cetoniinae insectes frugivores comme bioindicateurs de variation climatique le long d'un gradient d'aridité sud-nord du Burkina Faso.....	68
Introduction.....	69
VI.1.1. Matériel et méthodes	70
VI.1.1.1. Zone d'étude.....	70
VI.1.1.2. Inventaires entomologiques.....	70
VI.1.1.3. Traitements et analyses des données	70
VI.1.2. Résultats	71
VI.1.2.1. Richesse spécifique des insectes frugivores le long du gradient climatique	71
VI.1.2.2. Evolution de la richesse spécifique des insectes frugivores le long du gradient climatique	72
VI.1.2.3. Fréquence de capture des insectes frugivores le long du gradient climatique et choix d'espèces indicatrices de variation climatique	73
VI.1.2.4. Espèces indicatrices des zones climatiques le long du gradient.....	73
VI.1.2.5. Typologie des paysages en fonction de la densité des insectes le long du gradient climatique	74
VI.1.2.6. Contribution de la densité des espèces indicatrices dans la classification des paysages le long du gradient climatique choix de meilleurs indicateurs de variation climatique	75
VI.1.2.7. Variabilité de la densité de deux espèces bioindicateurs le long du gradient climatique	76
VI.1.2.8. Valeurs bioindicateurs de deux groupes d'insectes frugivores selon les critères de Brown.....	76
VI.1.3. Discussion	78

VI.1.3.1. Richesse spécifique des insectes frugivores comme indicateur de variation climatique	78
VI.1.3.2. Variation spatio-temporelle de la densité comme indicateur de variation climatique	78
Conclusion	79
Chapitre VI.2. Communauté des névroptères du Burkina Faso et leur potentiel indicateur de changements environnementaux	80
Introduction.....	81
VI.2.1. Matériel et méthodes.....	81
VI.2.2. Résultats obtenus.....	82
VI.2.2.1. Richesse spécifique de la communauté des névroptères	82
VI.2.2.2. Densité relative des espèces	85
VI.2.2.3. Distribution biogéographique des espèces	85
VI.2.2.4. Périodes de vol des adultes de Myrmeleontidae dans la région soudanienne ...	86
VI.2.2.5. Dynamique annuelle de l'émergence des adultes.....	87
VI.2.3. Discussion	88
VI.2.3.1. Etat de connaissance de la communauté des névroptères de l'Afrique de l'Ouest	88
VI.2.3.2. Choix d'espèces indicatrices	89
Conclusion	90
CHAPITRE VII : NOUVELLES ESPECES DE MYRMELEONTIDAE ET D'ASCALAPHIDAE (NEVROPTERE) DETERMINEES ET LEUR ECOLOGIE	91
Introduction.....	91
VII.1. Matériel et méthodes	91
VII.2. Résultats et Discussion.....	92
VII.2.1. Nouvelles espèces décrites	92
VII.2.1.1. Nouvelle espèce du genre Palpares : <i>Palpares longimaculatus</i>	92
VII.2.1.2. Deux nouvelles espèces du genre Capicua : <i>Capicua nigra</i> et <i>Capicua acalcarata</i>	93
VII.2.1.3. Deux Nouvelles espèces du genre Neuroleon : <i>Neuroleon raptor</i> et <i>Neuroleon ruber</i>	94
VII.2.2. Discussion.....	95
VII.2.2.1. Ecologie et aire de distribution de <i>Palpares longimaculatus</i>	95
VII.2.2.2. Ecologie et aire de distribution du genre <i>Capicua</i>	96
VII.2.2.3. Ecologie et aire de distribution du genre <i>Neuroleon</i>	96

Conclusion	97
QUATRIEME PARTIE : DISCUSSION GENERALE	98
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	109
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	113
ANNEXES	A

TABLES DES ILLUSTRATIONS

LISTE ET DES TABLEAUX

Tableau 1 : Etapes pour choisir un bio-indicateur	12
Tableau 2 : Evaluation de deux groupes d'insectes frugivores selon les critères de Brown (1991).....	13
Tableau 3 : Périodes de suivi écologique par terroir	35
Tableau 4 : Répartition des sites de suivi écologique par terroir et par mode d'utilisation des terres	44
Tableau 5 : Coefficient de similitude de Sorensen entre les terroirs pour la richesse floristique calculé en pourcentage.....	46
Tableau 6 : Coefficient de similitude de Sorensen en pourcentage entre paysages des quatre terroirs.....	48
Tableau 7 : Listes des espèces ayant une DAP > 1 par paysage et terroir	63
Tableau 8 : Liste des espèces indicatrices ayant une densité significative par paysage.....	65
Tableau 9 : Liste des espèces piégées et leurs habitats dans les différentes zones climatiques	71
Tableau 10: Coefficient de similitude de Sorensen (1948) et de Jaccard (1901) en pourcentage entre les zones climatiques pour la richesse spécifique en Nymphalidae et Cetoniinae.....	72
Tableau 11 : Evaluation de deux groupes d'insectes selon les critères de Brown (Brown, 1991)	77
Tableau 12 : Liste des espèces de Myrmeleontidae et d'Ascalaphidae capturées par localité	83
Tableau 13 : Périodes de capture des adultes de Myrmeleontidae dans la région soudanienne	86

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de délimitation des zones climatiques du Burkina Faso et de localisation des sites d'étude (source : Direction Générale de la Météorologie National)	17
Figure 2 : Diagramme ombrothermique de Folonzo (source : Direction Générale de la Météorologie National)	18
Figure 3 : Diagramme ombrothermique de Koumbia (source : Direction Générale de la Météorologie National)	21
Figure 4 : Diagramme ombrothermique de Dédougou (source : Direction Générale de la Météorologie National)	25
Figure 5 : Diagramme ombrothermique de Djibo (source : Direction Générale de la Météorologie National)	27
Figure 6 : Schéma et photographie d'un piège à charaxes pour la capture des papillons frugivores	30
Figure 7 : Schéma et photographie de piège à cétoine pour la capture des coléoptères frugivores.....	31
Figure 8 : Photographie de piège lumineux pour la capture nocturne des névroptères	31
Figure 9 : Evolution de la richesse spécifique de la flore le long du gradient climatique	46
Figure 10 : Evolution de la biomasse herbacée le long du gradient climatique et par paysage	47
Figure 11 : Evolution de la richesse en flore et de la biomasse moyenne herbacée par paysage dans les différentes zones.....	48
Figure 12 : Typologie de la végétation le long du gradient climatique.....	49
Figure 13 : Typologie de la végétation dans le domaine savanique	50
Figure 14 : Typologie de la végétation par terroir	52
Figure 15 : Evolution de la richesse spécifique cumulée des insectes au cours des inventaires	60
Figure 16 : Evolution spatio-temporelle de la richesse spécifique et de l'indice de Shannon par terroir ...	62
Figure 17 : Espèces indicatrices des paysages des terroirs.....	64
Figure 18 : Evolution de la richesse spécifique le long du gradient climatique.....	72
Figure 19 : Fréquence de capture des espèces d'insectes	73
Figure 20 : Espèces indicatrices d'une zone climatique	74
Figure 21 : Classification ascendante hiérarchique des paysages le long du gradient climatique	75
Figure 22 : Valeur typologique des bioindicateurs	75
Figure 23 : Densité croisée de <i>C. abbreviata</i> et <i>C. achamenes</i>	76

Figure 24 : Nombre d'espèces capturées par zone climatique	85
Figure 25 : Evolution annuelle de l'émergence des adultes de Myrmeleontidae dans la région soudanienne au Burkina Faso et au Mali (Michel et Cadet, 2009)	88
Figure 26 : Evolution annuelle de l'émergence des adultes d'Ascalaphidae dans la région soudanienne au Burkina Faso et Mali (Michel et Cadet, 2009)	88

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Types de végétation en fonction de l'anthropisation	32
Photo 2 : <i>Palpares longimaculatus</i> Akoudjin & Michel, 2012	93
Photo 3 : <i>Capicua nigra</i> Michel & Akoudjin, 2011	94
Photo 4 : <i>Capicua acalcarata</i> Michel & Akoudjin, 2011	94
Photo 5 : <i>Neuroleon raptor</i> Michel & Akoudjin, 2012	94
Photo 6 : <i>Neuroleon ruber</i> Michel & Akoudjin, 2012	95

DEDICACE

Je dédie ce travail :

A mes chers et tendres parents : **AKANNI Muriana et ADUNI Nafissatou.**

Vous avez mis un point d'honneur à mon éducation et, avec amour, vous avez tout sacrifié, oui tout sacrifié pour me voir émerger. Retrouvez à travers ce travail, le fruit de l'effort que vous avez consenti pour moi.

A ma chère et tendre épouse : **KANSINGA Martine** pour ton amour, ton soutien et ta compréhension durant mes longues absences

A mes enfants : **Ismaïl, Azize, Rachide et Tidjane** pour la joie que vous me comblez

A mes frères et sœurs: **Serifatou, Yakiuni, Youssouf, Iliassou, Sanoussi, Saïdatou, Fasasi, Alassane, Missiratou, Afoussa et Moustafa** pour cette fraternité toujours aussi forte.

A Tous les stagiaires et doctorant du CIRDES (en particulier **Aristide, Bienvenu, Djeneba, Emilie, Ernest, Hamidou, Ida, Jacques, Modou, Oumou ...**) retrouvez ici ma profonde amitié.

A tous mes amis pour votre soutien toujours nécessaires dans ces moments de rédaction

A tous ceux que je n'ai pas pu nommer ici et qui pourtant, un jour ou un autre, ont contribué à me faire sourire. A vous tous, Recevez ici l'expression de ma profonde gratitude pour vos prières et multiples soutiens.

REMERCIEMENTS

L'aboutissement du présent mémoire a nécessité le concours de nombreuses personnes et institutions. Nous saisissions l'opportunité qui nous est offerte ici pour leur traduire notre reconnaissance et leur dire combien nous avons été touchés par leurs gestes.

Nos sincères remerciements aux institutions suivantes :

- ✓ *A l'Université Nazi Boni pour avoir assuré notre formation en thèse ;*
- ✓ *Au CIRDES/URPAN, pour son appui logistique à la réalisation de l'étude ;*
- ✓ *Au CIRAD/UMR CBGP International de Baillarguet, pour son appui logistique à l'étude entomologique ;*

Nous aimerions exprimer nos sincères remerciements aux personnes suivantes :

- *Pr Chantal Kabore-Zoungrana enseignant-chercheur à l'Institut du Développement Rural (IDR) notre directrice de thèse, pour son encadrement, sa totale disponibilité et son investissement total dans l'aboutissement de cette thèse ;*
- *Dr Jérémie BOUYER et Dr Bruno MICHEL, chercheurs au CIRAD, nos maîtres de stage, pour nous avoir reçu et guidé dans ce travail ;*
- *Dr Mamadou SANGARE, chercheur et coordonnateur du projet FSP Ripiecsa/ASECC au CIRDES pour son soutien ;*
- *Pr Joseph BOUSSIM, pour accepter de présider le jury de la soutenance de cette thèse et ses observations pour l'amélioration de cette thèse ;*
- *Dr Aissatou YAYE DRAME, Dr Louis SAWADOGO et Pr. Aboubacar TOGUYENI, pour accepter le rapportage de la thèse et d'être membres de jury ;*
- *Mr Laurent T KABORE, chauffeur au CIRDES pour sa disponibilité et son soutien sur le terrain ;*
- *tous mes amis, pour les moments forts passés ensemble ;*

Enfin à tous ceux dont les noms n'apparaissent pas ici. Recevez ici l'expression de ma profonde gratitude pour vos prières et multiples soutiens.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ACP : Analyse en composantes principales

AFC : Analyse factorielle des correspondances

AGEREF : Association inter villageoise de gestion des ressources naturelles et de la faune

ASECC : Adaptation des systèmes d'élevages au changement climatique

ATP : Analyse triadique partielle

BDOT : Base de données d'occupation des terres

BMNH : British Museum of Natural History

CAH : Classification ascendante hiérarchique

CC : Changement climatique

CBGP : Centre de biologie pour la gestion des populations

CIRAD : Centre international de recherche agronomique pour le développement

CIRDES : Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide

DAP : la Densité apparente par jour et par Piège

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

FIT : Front intertropical

GEPRENAF : Gestion participative des ressources naturelles et de la faune

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

GPS : Global positioning system

IDH : Indice de développement humain

INSD : Institut national de la statistique et de la démographie

INSTAT : Institut national de la statistique

ISNB : Institut royal des sciences naturelles de Belgique

LZAM : Leibniz-zentrum für agrarlandschaftsforschung, Müncheberg, Allemagne

MCSN : Museo civico di storia Naturale giacomo doria, genova, Italie

MNHN : Muséum national d'histoire naturelle, Paris, France

MNMS : Museo nacional de ciencias naturales, Madrid, Espagne

MRAC : Muséum royal de l'afrique centrale, Tervuren, Belgique

NHMW : Naturhistorisches museum wien, Vienne, Autriche

PNUD : Programme des nations unies pour le développement

RGPH : Recensement général de la population et de l'habitation

RMNH : Nationaal natuurhistorische museum naturalis, Leiden, Les Pays-Bas

SOCREGE : La Société de conseil et de réalisation pour la gestion de l'environnement

SPAI : Sous-produits agro-industriels

TAA : Trypanosomose animale africaine

UP : Unités de production

ZCIT : Zone de convergence intertropicale

ZMAN : Zoölogisch museum, universiteit van Amsterdam, Amsterdam, Les Pays-Bas

ZMHB : Museum für naturkunde Humboldt-University zu Berlin, Berlin, Allemagne

ZMUC : Zoologisk museum Københavns Universitet, Copenhague, Denmark

RESUME

Les variabilités et changements climatiques ont exacerbé l'action de l'homme sur les ressources naturelles. Pour une gestion durable de ces ressources, se pose alors plusieurs questions : (1) comment les exploiter sans pour autant affecter leurs disponibilités ? (2) Quelles pratiques sont peu préjudiciables à elles ? Et (3) comment mettre en place un outil de surveillance et d'alerte de leurs états ? Pour répondre à ces questions, les bioindicateurs sont mieux adaptés notamment les communautés d'insectes. Les Nymphalides, Cétoines (groupe d'insectes frugivores) et les névroptères (insectes prédateurs) ont été choisis, car faciles à identifier et à piéger. L'objectif de l'étude est de déterminer des espèces indicatrices de l'anthropisation et celles indicatrices de la variation climatique. Pour ce faire, des inventaires floristiques et entomologiques ont été menés dans les champs, pâturages et formations naturelles dans quatre terroirs du Burkina Faso le long d'un gradient climatique d'aridité croissante Sud-Nord. L'évolution de la richesse spécifique et la densité des insectes capturés a été vérifiée à travers le calcul de l'indice de diversité de Shannon, de l'analyse triadique partielle et les tests de comparaison multiple non paramétrique. Les résultats ont montré que la densité importante de *C. epijasius* et *B. pavonis* (espèces de Nymphalides) est indicatrice des formations naturelles tandis que celle de *P. marginata* et *P. cordata* (espèces de cétoines) indique les pâturages. Aucune espèce d'insecte n'indique les champs à travers sa densité. Ce qui a montré les champs comme des écosystèmes fragiles, surtout dans les zones à forte culture de coton à cause de l'utilisation intensive des produits phytosanitaires. Le long du gradient climatique deux espèces *C. abbreviata* et *C. achamenes* se distinguent comme étant des indicatrices de la variation du climat. En effet, la densité de *C. abbreviata* est importante au sud de la zone climatique soudanienne plus humide alors que celle de *C. achamenes* est importante dans la zone climatique sahélienne plus sèche. L'aridité du climat et l'anthropisation ont eu un effet négatif sur la diversité des espèces. Le suivi à moyen et long terme des espèces identifiées comme des indicateurs d'anthropisation et de variation climatique permettra de voir l'évolution des écosystèmes le long du gradient climatique Sud-Nord du Burkina Faso.

Mots clés : Bioindicateurs, Nymphalidae, Cetoniae, névroptères, anthropisation, variation climatique.

ABSTRACT

Global warming exacerbates human action on natural resources. For sustainable use of natural resources, we need answer for these questions: (1) how to use natural resources? (2) What practices are not harmful? (3) How to monitor natural resources? Insect as Bioindicators are practical. We chose three groups of insect nymphalidae, cetoniinae and neuroptera because they are easily to trap and to identify. Objective is to identify indicator species for anthropogenic pressures and climate variation. Three landscape types of four regions of Burkina Faso (grazing and cropping area and natural formation) were sampled along of climate gradient. Species richness and species density were verified.

C. epijasius and *B. pavonis* two nymphalidae species indicated natural formations while *P. marginata* and *P. cordata* (cetoniinae species) indicated grazing landscape. There is less species of insects in cropping area than other landscapes. This confirms that cropping areas are more degraded so it is important to monitor them. Along of climate gradient *C. abbreviata* and *C. achamenes* indicated climate variation. Indeed, *C. abbreviate* was more abundant in the south of Burkina Faso where climate is more wet and *C. achamenes* was more abundant in the north of Burkina Faso where climate is more dry. Monitoring of species indicated climate variation will show at least climate evolution along of climate gradient.

Keywords: Bioindicators, Nymphalidae, Cetoniinae, Neuroptera, anthropization, climatic variation

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les variabilités et changements climatiques (CC) ont été au cœur des grandes discussions mondiales, comme en témoignent le Sommet de la Terre tenus chaque 10 ans depuis 1972 et la Conférence des parties (COP) qui est l'organe suprême de la CCNUCC adoptée au cours du Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 2012.

Au cours de ces conférences mondiales, la question des changements climatiques imputable au réchauffement planétaire liée aux émissions de gaz à effet de serre a été débattue (GIEC, 2001). Les manifestations des changements climatiques s'observent de par le monde à travers la récurrence et l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes comme les inondations à la suite de pluies diluviennes, les sécheresses, les vagues de froid et de chaleur et la perturbation du cycle des saisons (GIEC, 2001). En Afrique de l'Ouest, les conséquences des changements climatiques les plus visibles sont le tarissement précoce des mares et autres retenues d'eau, la dégradation des parcours naturels et la diminution des ressources naturelles (Niasse *et al.*, 2004). Les changements climatiques ont exacerbé la pression anthropique sur les écosystèmes et ont eu pour conséquences une baisse considérable des services écosystémiques rendant ainsi instables les systèmes de productions agropastorales, la sécurité alimentaire et les revenus des populations (Al Hamndou et Requier-Desjardins, 2008).

Les écosystèmes doivent être suivis pour optimiser les services qu'ils procurent à l'homme. Plusieurs méthodes de suivi et de surveillance des écosystèmes existent, mais une méthode de suivi de la santé des écosystèmes moins contraignant facile à réaliser et à moindre coût serait la solution pour un monde paysan disposant moins de ressources financières. Pour le suivi de la santé des écosystèmes, l'un des outils le plus efficace est la bio-indication, notamment l'utilisation des insectes (Hill et Hamer, 1998 ; Hilty et Merenlender, 2000). Les insectes étant sensibles aux modifications environnementales, ils représentent les meilleurs bioindicateurs des interactions entre les activités agricoles, les changements climatiques et l'évolution des ressources naturelles (Hill et Hamer, 2004). Ces modèles biologiques ont été largement utilisés pour caractériser les écosystèmes sous l'influence de l'anthropisation en Afrique (Gardiner *et al.*, 2005 ; Bouyer *et al.*, 2007 ; Sundufu et Dumbuya, 2008). Leur utilisation pour caractériser à la fois l'anthropisation et la variation climatique est une première. Ainsi, notre étude a pour objectif général de déterminer des espèces de lépidoptères, coléoptères et névroptères comme indicatrices de l'anthropisation et de la variation du climat. De façon spécifique, la thèse vise à :

- déterminer la composition floristique des unités paysagères (champs, pâturages et formations naturelles) dans quatre terroirs ;

- déterminer des bioindicateurs des unités paysagères (champs, pâturages et formations naturelles) dans quatre terroirs ;
- déterminer des bioindicateurs de zones climatiques le long d'un gradient climatique d'aridité croissant Sud-Nord du Burkina Faso ;
- décrire l'écologie de certains groupes d'insectes (lépidoptères, coléoptères et névroptères) utilisés comme indicateurs d'anthropisation et de variation climatique.

Pour atteindre ces objectifs, les hypothèses suivantes ont été formulées :

- la richesse spécifique en flore est plus importante dans les formations naturelles que dans les pâturages et les champs ;
- la richesse spécifique en lépidoptères et coléoptères est plus importante dans les formations naturelles que dans les pâturages et les champs
- la richesse spécifique est décroissante le long du gradient climatique d'aridité Sud-Nord ;
- l'écologie des lépidoptères, coléoptères et névroptères est mieux connue.

Cette thèse comprend les quatre parties suivantes :

- Partie I : synthèse bibliographique

Cette partie comprend deux (02) chapitres, dans le premier la manifestation et l'impact sur l'environnement des variabilités et changements climatiques en Afrique a été abordé et l'intérêt de l'utilisation des bioindicateurs comme outil d'évaluation environnementale a été discuté dans le deuxième chapitre.

- Partie II : matériel et méthode

Deux (02) chapitres ont été abordés dont le premier pour décrire le matériel utilisé et donner les caractéristiques physiques et humaines des sites d'études et le deuxième pour présenter la méthodologie utilisée pour collecter et analyser les données.

- Partie III : résultats et discussions

Cette partie comporte trois (03) chapitres. Le premier chapitre aborde l'usage de la richesse spécifique comme indicateur d'anthropisation. Ainsi, la richesse spécifique de la flore et des insectes a été analysée respectivement dans deux sous-chapitres pour déterminer leurs potentiels indicateurs de l'activité humaine. Le deuxième chapitre aborde l'utilisation de la richesse spécifique comme indicateur de variation climatique. La richesse spécifique de trois groupes d'insectes Nymphalidae, Cetoniinae et névroptères a été utilisée pour indiquer la variation climatique. Ce chapitre comprend deux sous-chapitres. Le troisième chapitre donne un aperçu de

nouvelles espèces de Myrmeleontidae et d'Ascalaphidae (névroptère) déterminées et leur écologie.

- Partie IV : discussion générale

Dans cette partie ont été discutés l'état écologique des unités paysagères, les bioindicateurs d'anthropisation et variation climatique. L'évaluation de la qualité des espèces bioindicatrices utilisées a été faite.

**PREMIERE PARTIE : SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE**

CHAPITRE I : VARIABILITES ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES

I.1. MANIFESTATIONS DES VARIABILITES ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Par « changement climatique », le groupe de travail I du GIEC entend toute évolution du climat dans le temps, qu'elle soit due à la variabilité naturelle ou aux activités humaines. Cette définition est différente de celle de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, où l'on entend par “changements climatiques” des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine, qui modifient la composition de l’atmosphère globale et qui viennent s’ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables (UNFCCC, 1992). D’autres auteurs regroupent les deux terminologies à une seule notion variabilité et changement climatiques et la définissent comme étant la modification ou variation significative du climat, qu’elle soit naturelle ou due à des facteurs d’origine anthropique (Niasse et al., 2004). Les manifestations des changements climatiques sont observables depuis des décennies dans le monde (GIEC, 2001). Ainsi, selon le troisième rapport d’évaluation du Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC), les changements observés du système climatique sont entre autres :

- ✓ une augmentation de la température moyenne à la surface du globe de $0,6^{\circ}\text{C} \pm 0,2$ depuis le début de la fin du XIXe siècle ;
- ✓ une diminution des précipitations d’environ 0,3 % dans les zones subtropicales entre 10° et 30° de latitude nord, sauf en Asie orientale ;
- ✓ une diminution de la couverture de neige sur le globe d’environ 10 % depuis la fin des années 60 ;
- ✓ une élévation du niveau moyen des mers au cours du XXe siècle de 1 à 2 millimètres par an ;
- ✓ une variation de la circulation des courants atmosphériques et océaniques ;
- ✓ une variabilité des phénomènes météorologiques extrêmes qui se traduit par une augmentation de la fréquence des fortes précipitations de 2 à 4% durant la seconde moitié du XXe siècle. Dans certaines régions, notamment dans certaines parties de l’Asie et de l’Afrique, on a observé une augmentation de la fréquence et de l’intensité des épisodes de sécheresse depuis quelques décennies.

I.2. PERCEPTIONS DES VARIABILITES ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN AFRIQUE DE L'OUEST

Les études menées en Afrique pour caractériser les perceptions des variabilités et changements climatiques se sont généralement focalisées sur des enquêtes sociologiques, les témoignages et les observations empiriques de personnes âgées (Benoît, 2008 ; Guibert *et al.*, 2010). Ainsi, dans plusieurs études il ressort que les changements perçus par les interviewés sont la perturbation du régime des saisons et la hausse des températures. Ces perturbations se traduisent par une diminution majeure de la pluviométrie et une variation de sa répartition spatio-temporelle, avec une tendance au raccourcissement des saisons de pluies et au rallongement des saisons sèches. Ces perceptions sont difficilement quantifiables avec précision mais sont cependant en accord avec la hausse des températures moyennes de la surface du globe, qui est nettement démontrée (IPCC, 2007). Quant à l'impact des variabilités et changements climatiques sur le régime des pluies en Afrique de l'Ouest, plusieurs modèles de simulation prévisionnels de l'évolution de la pluviométrie en Afrique ont été testés (D'Orgeval, 2008). Il en est ressorti que les consensus sur l'impact des variabilités et changements climatiques restaient faibles et que l'accent devait être mis sur une approche probabiliste. Dans la même étude, le modèle de circulation générale indique trois grandes tendances qui sont une zone de convergence intertropicale (ZCIT) moins large et plus intense et un retrait tardif des pluies (D'Orgeval, 2008).

I.3. IMPACT DES VARIABILITES ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES ECOSYSTEMES EN AFRIQUE DE L'OUEST

Depuis les années 1970, l'Afrique de l'Ouest, à l'instar du reste du monde, a été confrontée à une crise climatique sans précédent (Magrin Geraud, 1996). Les variabilités et changements climatiques ont fortement affecté les ressources en eaux, les écosystèmes et les systèmes de production agricole de plusieurs régions Ouest-Africaines (Paturel *et al.*, 1998). Les déficits hydriques observés ont concerné aussi bien l'Afrique sèche de la zone soudano-sahélienne que l'Afrique humide (Bricquet *et al.*, 1997). L'insuffisance des réserves en eau a provoqué une diminution du couvert végétal qui s'est traduite par l'accentuation de la désertification et la dégradation des terres. Cela a eu pour conséquence une perturbation des écosystèmes qui pourrait avoir un impact négatif sur la biodiversité. Ainsi, plusieurs espèces sont menacées de

disparition, d'autant plus que dans cette région il y a moins d'espèces redondantes¹ (Al Hamndou et Requier-Desjardins, 2008).

I.4. IMPACT DES VARIABILITES ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES ECOSYSTEMES AU BURKINA FASO

Les sécheresses récurrentes dues à l'insuffisance et à la mauvaise répartition des pluies, des inondations spectaculaires et des vagues de chaleur ont été les effets des variabilités et changements climatiques les plus ressentis au Burkina Faso. Dans ce contexte la pression humaine accentue la perte de la biodiversité végétale et animale ce qui a des conséquences sur la fertilité des sols, rendant ainsi la production agricole incertaine. En effet, la surexploitation des ressources végétales à travers la coupe du bois de chauffe et le déboisement pour la mise en culture a entraîné une déforestation annuelle de l'ordre de 40000 à 60000 ha (Ouédraogo, 2001 ; ISND, 2009a). Du fait des variabilités et changements climatiques on observe une migration vers le sud plus humide de certaines espèces végétales (Benoît, 2008). En plus de la perte de la biodiversité et du couvert végétal, figure la modification et le changement des biotopes qui ont influencé la répartition géographique et la densité de certaines espèces d'insectes, notamment les glossines dont leur limite Nord est passée de 14° à 12° latitude Nord de 1935 à 2009 (Courtin *et al.*, 2010).

I.5. STRATEGIES D'ADAPTATION AUX VARIABILITES ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES AU BURKINA FASO

La manifestation des variabilités et changements climatiques la plus ressentie au niveau du monde rural est une mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies, par rapport à laquelle les producteurs ont développé différentes stratégies pour s'adapter et améliorer leurs productions agricoles. Ces stratégies visent à modifier le calendrier et les options culturales, à valoriser les quantités d'eau tombées et à améliorer la qualité physico-chimique des sols. Les principales stratégies adoptées sont l'adaptation variétale, les cordons pierreux, l'exploitation des bas-fonds, la diversification des sols, l'utilisation de la fumure organique, le reboisement et la culture maraîchère (Ouédraogo *et al.*, 2010).

¹ les espèces redondantes sont des espèces ayant des fonctions similaires au sein de l'écosystème, si bien que la disparition d'une espèce conduit à une augmentation de la densité des autres espèces appartenant au même groupe fonctionnel de telle sorte que la biomasse est conservée. Le groupe fonctionnel est un groupe d'espèces ayant des traits biologiques identiques (ex: grande taille, feuilles persistantes, dissémination par le vent, floraison printanière...) et qui répondent de la même manière aux variations des facteurs de l'environnement. Source : (Al Hamndou et Requier-Desjardins, 2008)

En production végétale, les variétés à cycle court sont de plus en plus utilisées par rapport aux variétés à cycle long pour répondre à la réduction du temps des saisons de pluies. La fumure organique, le reboisement et les techniques de conservation de l'eau et des sols visent à améliorer la qualité des sols. L'exploitation des bas-fonds, en y pratiquant le maraîchage en saison sèche valorise les ressources foncières et diversifie les activités (Nacambo, 2010).

Tout comme en production végétale, des stratégies d'adaptation aux changements climatiques ont été mises en œuvre par les éleveurs pour assurer la survie de leur troupeau. Ces stratégies sont principalement axées sur les modalités de pérennisation de la ressource fourragère. La culture fourragère, le stockage des résidus de récoltes et l'utilisation des sous-produits agro-industriels (SPAI) comme le tourteau de coton sont les stratégies les plus développées.

CHAPITRE II : INDICATEURS BIOLOGIQUES

II.1. DEFINITION D'UN BIOINDICATEUR

Plusieurs notions découlent de la définition donnée à un bioindicateur. Ainsi, selon van Straalen (1998), un bioindicateur dépend directement ou indirectement d'un ou plusieurs facteurs qu'il indique comme un baromètre indique la pression de l'air. Dans cette définition apparaît la notion de renseignement ou d'information. Thomas (1987) a montré que certains indicateurs parmi la grande diversité des macro-invertébrés benthiques pouvaient être à la fois particulièrement sensibles et d'utilisation aisée. Il apparait ainsi la notion de sensibilité faisant allusion à la réponse à un stress de l'environnement. Par ailleurs, un indicateur écologique doit pouvoir évaluer les conditions environnementales, donner préocemment des signes de changement ou diagnostiquer les causes éventuelles (Dale et Beyeler, 2001). Ici apparaît, la notion d'alerte, un élément important quant au caractère de prédiction d'un bioindicateur.

Suite à l'analyse des définitions données par les auteurs sur les bioindicateurs, nous pouvons les définir comme des espèces ou un assemblage d'espèces particulièrement bien adaptées aux caractéristiques spécifiques de leur milieu de vie et réagissant préocemment aux changements subis par leur environnement.

On se rend compte que tout organisme vivant doit avoir certaines propriétés pour prétendre être un bon bioindicateur.

II.2. QUALITES D'UN BIOINDICATEUR

L'utilisation d'un organisme vivant comme indicateur de stress environnementaux, nécessite que celui-ci réponde à certains critères. Ainsi, un bioindicateur doit être facilement mesurable, sensible et répondre de façon anticipatoire aux stress de l'écosystème, prédire des changements, être intégratif, avoir des réponses connues aux perturbations anthropiques et avoir une faible variabilité dans la réponse (Dale et Beyeler, 2001).

Dans la même logique qu'un bioindicateur soit sensible et disponible, le cahier de charges d'un bioindicateur établit par Thomas (1987), comprend des caractéristiques d'ordre fondamental et pratique. Pour les caractéristiques d'ordre fondamental, un bioindicateur doit être sensible au type d'impact concerné, capable de retourner rapidement aux valeurs initiales lors de l'arrêt de la perturbation. Les caractéristiques d'ordre pratique à grande échelle d'un bon bioindicateur, est qu'il soit abondant et disponible dans les écosystèmes pratiquement

toute l'année et facilement mesurable. Deux critères fondamentaux sont à retenir comme qualités d'un bioindicateur : la sensibilité et la disponibilité.

Bien que les critères soient connus, il se pose le problème de quelles espèces choisir comme bioindicateur ? Ainsi, Noss (1999) a proposé sept catégories d'espèces pouvant être de bons outils de surveillance de l'écosystème ce sont : (1) espèces à habitat délimité ; (2) espèces à faible déplacement (concerne des espèces qui ont une mobilité limitée d'un paysage à l'autre) ; (3) espèces monophages et oligophages (sont concernées les espèces inféodées à une seule ressources ou à des ressources limitées) ; (4) espèces à processus limité (les espèces sensibles aux variations des paramètres écologiques) ; (5) espèces clés (espèces écologiquement charnières dont l'impact sur une communauté ou un écosystème est grand et trop important à cause de leur abondance) ; (6) espèces endémiques à faible densité (espèces restreintes à une petite zone géographique) et (7) espèces spécifiques (espèces importantes dans l'écosystème qui ne répondent pas de l'une des catégories ci-dessus). Ce groupe comprend des populations isolées ou périphériques qui sont génétiquement distinctes et des espèces phares qui sont protégées.

L'un des objectifs majeurs d'utilisation d'un bioindicateur, est qu'il soit d'usage facile. Ainsi, il doit être facilement identifiable par les non spécialistes (Paoletti, 1999). Les critères de coût et d'utilisation facile sont donc importants dans le choix d'un bioindicateur.

II.3. CRITERES DE CHOIX D'UN BON BIOINDICATEUR

Les critères de choix d'un bioindicateur se basent sur les propriétés de celui-ci. Ainsi, 13 critères regroupés en quatre catégories générales ont été identifiés et sont : les informations de base (taxonomie bien définie, biologie étudiée, niveau de tolérance et corrélation avec le changement de l'écosystème), les informations sur la localisation (large distribution et mobilité limitée), les caractéristiques de la niche écologique et du mode de vie (alerte précoce, évolution détectable, faible variabilité, facilement mesurable et spécifique) et autres (taxons représentant plusieurs espèces et plusieurs indicateurs utilisés) Hilty et Merenlender (2000). Ensuite, à partir d'une étude comparative de critique des critères de sélection des bioindicateurs Hilty et Merenlender, (2000) ont donné six étapes à suivre pour choisir un bioindicateur (tableau 1).

Tableau 1 : Etapes pour choisir un bio-indicateur

Etape 0	Choix du facteur écologique que le bioindicateur pourrait refléter.
Etape 1	Faire la liste de toutes les espèces du milieu qui satisfont le mieux les paramètres environnementaux à vérifier.
Etape 2	A partir de cette liste initiale, retenir des espèces qui répondent le mieux aux critères proposés.
Etape 3	Retirer les espèces pouvant répondre aux changements externes au système.
Etape 4	Utiliser seulement les espèces facilement identifiables et mesurables.
Etape facultative	Réduire la liste en sélectionnant des taxons à distribution cosmopolite et/ou représentant d'autres centres d'intérêts.
Etape 5	Sélectionnez un ensemble de taxons indicateurs complémentaires de différents groupes taxonomiques afin que tous les critères de sélection soient respectés par plus d'un taxon.

Source (Hilty et Merenlender, 2000)

II.4. CHOIX DES INSECTES COMME BIOINDICATEURS

La perturbation des écosystèmes modifie leur dynamique ce qui a une influence directe sur la biodiversité, en particulier sur la faune entomologique (Brown et Brown, 1992 ; Heywood, *et al.*, 1994 ; Carvalho et Vasconcelos, 1999; Dajoz, 2000). En effet, les insectes représentent plus de la moitié de la biodiversité globale. Plusieurs études ont montré que les invertébrés réagissent plus fidèlement aux changements de l'environnement que les autres animaux (Ormerod *et al.*, 1990 ; Paoletti, 1999 ; Tarrier et Benzyane, 2003), ce qui fait d'eux un groupe intéressant pour le suivi de la dynamique d'un écosystème face aux perturbations anthropiques et climatiques.

Les lépidoptères et les coléoptères sont deux grandes familles d'insectes largement utilisées comme bioindicateurs pour déterminer l'impact des perturbations sur l'écosystème.

II.4.1 Choix des lépidoptères et des coléoptères frugivores comme bioindicateurs

Le choix des lépidoptères et des coléoptères frugivores est basé sur les propriétés générales que doivent présenter les bioindicateurs définis par différents auteurs (Kremen, 1992 ; Noss, 1999 ; Hilty et Merenlender, 2000 ; Dale et Beyeler, 2001). Leur utilisation simultanée donne un score de 23 sur 24 (Bouyer *et al.*, 2007), selon les critères définis par Brown (1991) pour déterminer les meilleurs indicateurs biologiques (tableau 2). Ce choix se justifie également par le fait que la diversité et la densité des espèces de lépidoptères et de coléoptères ont été étudiées de par le monde pour comparer des écosystèmes perturbés et non perturbés afin de déterminer l'action de l'homme. Dans la littérature plusieurs études font cas du potentiel indicateur des écosystèmes des lépidoptères et des coléoptères en Europe (da Silva *et al.*, 2008 ; Gobbi et Fontaneto, 2008 ; Harvey *et al.*, 2008 ; Ouin *et al.*, 2008 ; Woodcock *et al.*, 2008 ; Aviron *et al.*, 2009), au sud-est Asiatique (Spitzer *et al.*, 1997 ; Hill et Hamer, 1998 ; Beck *et al.*, 2002) et en Amérique centrale et du sud (Sparrow *et al.*, 1994 ; Devries *et al.*,

1997 ; Wood et Gillman, 1998 ; Ramos, 2000). En Afrique, des investigations ont été menées à Madagascar (Kremen, 1992), au Cameroun (Stork *et al.*, 2003 ; Bobo *et al.*, 2006) et en Afrique de l’Ouest (Fermon *et al.*, 2000 ; Gardiner *et al.*, 2005 ; Bouyer *et al.*, 2007 ; Sundufu et Dumbuya, 2008). De nombreuses études ont montré que les lépidoptères et les coléoptères peuvent être utilisés comme indicateurs d’anthropisation, mais peu d’études ont montré leur potentiel d’indicateur de la perturbation des écosystèmes lié à la variation climatique (Debinski *et al.*, 2006).

Tableau 2 : Evaluation de deux groupes d’insectes frugivores selon les critères de Brown (1991)

Qualité désirable d’un indicateur en écologie et biogéographie	Nymphalidae frugivore (1)	Cetoniinae frugivore (1)	Cetoniinae frugivore (2)
Taxonomie et écologie très diversifiées	++	++	++
Espèces écologiquement fidèles	+	+	++
Peu sédentaire	+	++	++
Espèces peu endémiques, ou si répandues, bien différencierées	+	++	++
Taxonomie bien connue, facilement identifiable	++	++	++
Largement étudié	++	++	+
Abondant, pas rare, facile à trouver	++	++	++
Varie peu (Toujours présent)	++	++	++
Facile à obtenir des échantillons d’espèces et leur variation	++	++	++
Joue un rôle important dans l’écosystème	+	+	?
Réponse à une perturbation prédictible, rapide, sensible et analysable	+	+	+
Etroite association avec les autres espèces et ressources	++	+	+
Valeur totale comme indicateur (score maximum = 24)	19	20	20

source : (1) Bouyer *et al.*, (2007) et (2) Touroult et Le Gall (2012).

L’utilisation des lépidoptères Nymphalidae et coléoptères Cetoniinae comme indicateurs d’anthropisation présente plusieurs avantages, à savoir : un coût d’étude relativement faible, un cycle de reproduction court et une grande sensibilité aux changements de l’environnement (Bouyer *et al.*, 2007; Touroult et Le Gall, 2012).

II.4.2. Lépidoptères Nymphalidae comme bioindicateurs

Les Nymphalidae constituent une famille des Rophalocères, les papillons de jour. La grande famille des Nymphalidae regroupe plus de 5000 espèces mondiales, dont la particularité basique est l’atrophie de la première paire de pattes qui, repliées, font office de capteur gustatif et tactile. Leurs palpes sont dressés et les imagos mâles (insecte adulte) sont souvent porteurs d’écailles glandulaires odorifiques, dites écailles androconiales qui produisent des phéromones sexuelles servant à attirer les femelles avant la copulation.

La richesse et la diversité des populations de Nymphalidae ont été utilisées comme indicatrices de perturbation des écosystèmes (Stork *et al.*, 2003 ; Kery et Plattner, 2007).

Ainsi, les études menées dans la forêt de Bornéo en Indonésie ont montré l'influence de l'oscillation australe de El Niño sur la communauté des papillons dans la forêt continue, la forêt brûlée et les îlots forestiers non brûlés entourés par la forêt brûlée (Cleary *et al.*, 2004). En effet, il est ressorti que la richesse globale en espèces est significativement plus élevée dans la forêt continue que dans les îlots forestiers non brûlés et dans la forêt brûlée avant l'influence de El Niño (Cleary *et al.*, 2004). Dans cette même étude, les familles de lépidoptères n'ont pas la même réaction face à la perturbation. Ainsi, la richesse en espèce de Nymphalidae, celle qui nous intéresse dans notre étude, a montré une augmentation significative dans la forêt continue par rapport aux îlots forestiers et la forêt brûlée, mais pas de différence significative entre îlots forestiers et forêt brûlée. En Afrique, plus particulièrement en Afrique de l'Ouest zone de notre étude, les Nymphalidae (papillons frugivores) constituent une différence significative du point de vue de leur densité et leur diversité face à l'anthropisation (Fermon *et al.*, 2000 ; Bobo *et al.*, 2006 ; Bouyer *et al.*, 2007 ; Sundufu et Dumbuya, 2008). La densité de certaines espèces de Nymphalidae à aire de répartition limitée est un bon indicateur pour évaluer et surveiller les perturbations des écosystèmes forestiers (Bobo *et al.*, 2006).

II.4.3. Coléoptères Cetoniinae comme bioindicateurs

Les adultes des cétoines sont frugivores. Les larves sont détritivores, elles se nourrissent de la litière, ce qui fait d'elles des indicateurs de différents niveaux trophiques des écosystèmes, car la décomposition de la litière assure le cycle du carbone et de l'azote indispensable au maintien de l'équilibre de l'écosystème. La disparition de la litière aura un impact négatif sur le cycle de développement des Cetoniinae. Les cétoines répondent très bien à certains critères des bioindicateurs à savoir être facilement identifiables et mesurables. De ce fait, ils ont été très utilisés comme indicateurs biologiques de dégradation des écosystèmes (da Silva *et al.*, 2008; Harvey *et al.*, 2008; Woodcock *et al.*, 2008). Des études menées en Afrique de l'Ouest ont montré leur importance pour indiquer l'intérêt écologique des paysages (Bouyer *et al.*, 2007 ; Touroult et Le Gall, 2012). Des études ont montré que ce groupe d'insectes frugivores est un bon indicateur de milieux pastoraux en zone de savanes du Burkina Faso (Bouyer *et al.*, 2007) et des paysages mosaïqués en zone forestière du Bénin, (Touroult et Le Gall, 2012).

II.4.4. Névroptères comme bioindicateurs

Les névroptères Myrmeleontidae et Ascalaphidae vivent essentiellement dans les milieux pas ou peu anthropisés et de ce fait sont beaucoup plus influencés par la variation du climat que par les facteurs d'anthropisation (Michel et Letourmy, 2007). Les études menées de 1993 à 2000 dans le sud du Mali, ont montré qu'en région soudanienne, ces familles sont représentées par un nombre réduit d'espèces (52 Myrmeleontidae et 12 Ascalaphidae dans la région de Sikasso au Sud Mali) et que les adultes de ces insectes apparaissent tout au long de l'année, de janvier à décembre, avec une importante ségrégation temporelle des différentes espèces qui composent les communautés. La distribution des espèces présentes dans la région soudano-sahélienne est fortement dépendante du climat et la dynamique de la diversité spécifique des communautés au cours de l'année est étroitement corrélée aux facteurs climatiques (Michel, 1999; Michel et Letourmy, 2007 ; Michel et Cadet, 2009). Compte tenu de ces caractéristiques, les communautés de Myrmeleontidae et d'Ascalaphidae représentent des modèles biologiques pertinents pour étudier l'impact des modifications climatiques sur les communautés d'insectes. En particulier, l'évolution de l'aire de distribution et la dynamique de la population des différentes espèces, ainsi que la dynamique de la composition spécifique des communautés au cours de l'année en fonction du climat, sont autant de paramètres dont la mesure et le suivi diachronique doivent permettre d'appréhender les conséquences des modifications climatiques sur les communautés d'insectes dans la région soudano-sahélienne.

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE III : MATERIEL

III.1. SITES D'ETUDES

Au Burkina Faso, du Sud au Nord, on distingue un gradient climatique d'aridité croissante qui se subdivise en trois zones climatiques (figure 1) :

- La zone soudanienne, située au Sud entre 10° et $11^{\circ}30'$ latitude Nord, avec une pluviométrie comprise entre les isohyètes 1200 à 900 mm ;
- La zone soudano-sahélienne, située entre $11^{\circ}30'$ et 14° latitude Nord, avec une pluviométrie comprise entre les isohyètes 900 et 600 mm ;
- La zone sahélienne, située au nord du $14^{\text{ème}}$ degré latitude Nord avec une pluviométrie inférieure à 600 mm.

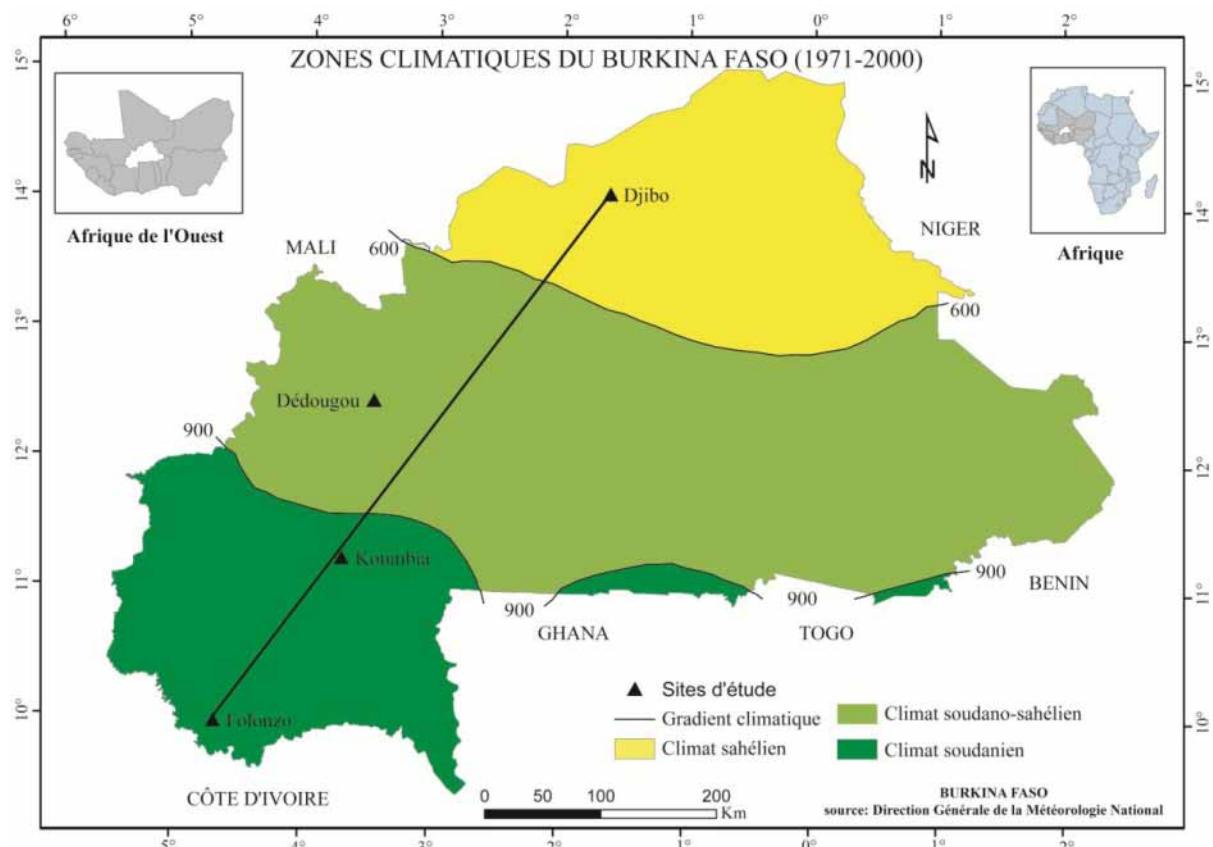


Figure 1: Carte de délimitation des zones climatiques du Burkina Faso et de localisation des sites d'étude
(source : Direction Générale de la Météorologie National)

Le long du gradient climatique d'aridité croissante quatre terroirs ont été choisis. Dans la partie Sud de la zone soudanienne, le terroir de Folonzo a été choisi avec une pluviométrie moyenne de 1100 mm par an et dans la partie Nord le terroir de Koumbia (900 mm de pluie par an). Le terroir de Dédougou (800 mm) choisi se situe dans la zone soudano-sahélienne et

le terroir de Djibo située dans le climat sahélien (500 mm). Dans chacun de ces terroirs, les écosystèmes sont en effet soumis à des pressions croissantes liées à la démographie galopante avec 3,07 % de taux d'accroissement, à l'accroissement des effectifs d'animaux et aux changements climatiques. Ces quatre zones offrent alors des situations différenciées pour l'étude des stratégies d'adaptation des systèmes de production aux variabilités et changements climatiques ainsi que de leur impact sur les écosystèmes.

III.1.2. Terroir de Folonzo

Le terroir de Folonzo se situe à l'extrême Sud-Ouest du Burkina Faso, près de la frontière ivoirienne. Administrativement, il relève de la province de la Comoé et du département de Niangoloko. Folonzo se trouve à environ 65 Km de Niangoloko, sur l'axe routier Niangoloko-Mangodara.

III.1.2.1. Caractéristiques physiques

➤ Climat

Le type climatique de la zone est soudanien avec une moyenne de précipitations oscillant entre 1000 et 1200 mm. Elle est caractérisée par deux grandes saisons : une saison humide d'avril à octobre et une saison sèche de novembre à mars. Les températures journalières varient entre 18 et 36°C. Le diagramme ombrothermique est de type unimodal avec un pic de la pluviométrie observé en août (figure 2).

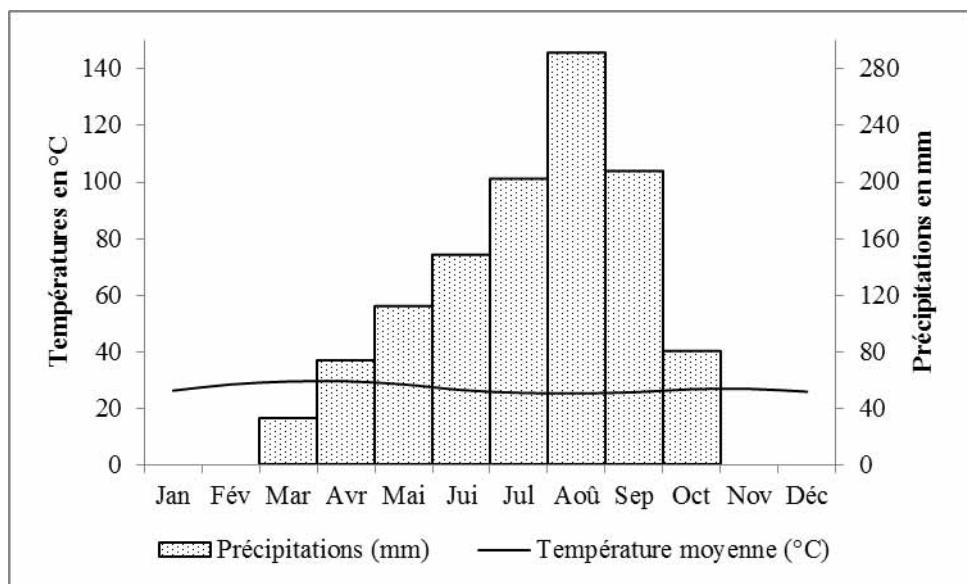


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de Folonzo (source : Direction Générale de la Météorologie National)

➤ Géologie relief et hydrographie

Sur le plan géologique, la zone repose sur un massif granitique d'âge antébirimien ; ce dernier étant lui-même recouvert par une association des sols ferrugineux remaniés et appauvris et de sols hydromorphes à pseudogley et carapace. L'épaisseur de ces couches est de l'ordre de 25 m. Enfin, en surface, on retrouve des matériaux sablo argileux et sableux colluvionnaires, de perméabilité importante (Lamachere, 1987). Le relief est assez plat dans l'ensemble, l'altitude moyenne est de 450 m avec une légère inclinaison vers le Sud.

Le système hydro-géographique est constitué du bassin versant de la Comoé à travers lequel courent les rivières Comoé et Léraba. Ces deux rivières sont discontinues durant la saison sèche, offrant des mares permanentes le long de leur lit.

➤ Végétation

Dans la classification phyto-géographique, le terroir de Folonzo est située dans la zone soudanienne (Fontès et Guinko, 1995). On y retrouve une réserve faunique, la réserve partielle de la Comoé-Léraba. La végétation dominante dans la zone est de type savanique (forêts claires et savanes) avec espèces bien représentées : *Daniellia oliveri* (Rolle) Hutch. & Dalz., *Isoberlinia doka* Craib & Stapf., *Pterocarpus erinaceus* Poir., *Khaya senegalensis* (Desr.) A.Juss., *Detarium microcarpum* Guill. & Perr., *Burkea africana* Hook., *Vitellaria paradoxa* Gaertn.f. On y retrouve également des formations forestières constituées essentiellement de galeries forestières le long des cours d'eau et de forêts denses sèches à *Guibourtia copallifera* Benn. La biomasse herbacée y est abondante à la faveur d'une bonne pluviométrie. Pendant la saison sèche, le matériel herbacé sec est consumé par le feu. Les feux de brousse associés aux défrichements pour l'installation des champs d'ignames constituent le principal facteur anthropique qui affecte la végétation et l'espace vital de la faune (Bousquet, 1989; Djarra/Lombo, 1998).

➤ Faune

La réserve partielle de la Comoé-Léraba est très riche en faune et abrite près de 123 espèces mammaliennes. Celles-ci représentent environ 96 % des espèces recensées au Burkina Faso (Banque Mondiale, 1995). Les observations directes et indirectes, les enquêtes auprès des chasseurs traditionnels et les inventaires pédestres de la grande faune réalisés par le projet Gestion Participative des Ressources Naturelles et de la Faune (GEPRENAF) et l'Association Inter Villageoise de Gestion des Ressources Naturelles et de la Faune (AGEREF) révèlent que la plupart des espèces animales connue du Burkina Faso se retrouve dans la réserve partielle de la Comoé-Léraba. En dépit de cette richesse en faune, on remarque une baisse

importante des effectifs de certaines espèces de grands mammifères, cela pourrait s'expliquer par le braconnage (AGEREF, 2004). Il faut noter que le braconnage y est très développé à cause de l'insuffisance du personnel de surveillance et la proximité avec la Côte d'Ivoire. Des espèces qui effectuent des grands déplacements telles que l'éléphant et le buffle et ou qui ont des mœurs particulières telles que l'hippopotame, ne sont pas toujours observées lors des opérations de recensement, bien que leur présence dans la zone ne fasse aucun doute (AGEREF, 2004).

III.1.2.2. Caractéristiques humaines

➤ Population

Selon les notables du village, Folonzo a été créé par Gnomoue Ouattara, un forgeron venu de Kafara (Nord de la Côte d'Ivoire) il y a plus d'un siècle (Nacambo, 2010). Ce dernier était d'ethnie Folon d'où dérive le nom du village Folonzo qui signifie en dioula «Domicile du Folon». Il s'était installé dans ce site à cause de la richesse du sol en fer, utile pour son activité de forge. Les Folon étaient des animistes vivant de la chasse et du travail de forge. Par la suite, ils furent rejoints par les Dioula, musulmans venus de Kong et plus tard par les Djongo. La coexistence entre ces trois groupes s'effectua sans heurt, mais les Dioula très expansionnistes dominèrent rapidement les autres sur les plans religieux et langagier, entraînant une acculturation quasi-totale des Folon et des Djongo. De nos jours, tous les autochtones du village sont musulmans, s'identifient aux Dioula et parlent le dioula de Kong. D'autres ethnies, Toussian, Lobi, Moose et Bwaba, récemment installées, partagent actuellement le terroir villageois avec les Dioula (Nacambo, 2010).

Avec la communalisation intégrale du territoire, le département de Niangoloko est devenu la commune urbaine de Niangoloko, englobant ainsi le village de Folonzo. Ainsi, la population totale de la commune est estimée à 54 138 habitants (INSD, 2009b).

➤ Caractéristiques socio-économiques

L'activité économique est dominée par l'agriculture qui occupe 99,6 % de la population active (Nignan et Dembélé, 1997). La première culture est l'igname, suivie du coton et des céréales.

Le développement des spéculations de rente (coton et igname) a pour conséquence de plus en plus de défrichements donc de plus en plus d'actions destructrices des ressources naturelles (Bousquet, 1989 ; Djarra/Lombo, 1998).

Selon Bousquet, (1989); GEPRENAF, (1996) ; on y pratique également l'élevage extensif des bovins, des ovins et des caprins ainsi que la chasse et la pêche à but essentiellement de

subsistance. Il existe cependant la chasse sportive et des pêcheurs professionnels qui sont généralement des immigrants.

III.1.3. Terroir de Koumbia

Le village de Koumbia se situe dans la province du Tuy, département de Koumbia, sur la route nationale 1, à 34 km au sud-ouest de Houndé (chef-lieu de la province) et à 67 Km à l'est de Bobo-Dioulasso.

III.1.3.1. Caractéristiques physiques

➤ Climat

Koumbia se situe dans le domaine soudanien avec une pluviométrie annuelle comprise entre 800 et 1100 mm/an. Le diagramme ombrothermique montre un régime pluviométrique unimodal centré autour du mois d'août (figure 3). Deux saisons se distinguent la saison sèche et la saison des pluies de mai à septembre.

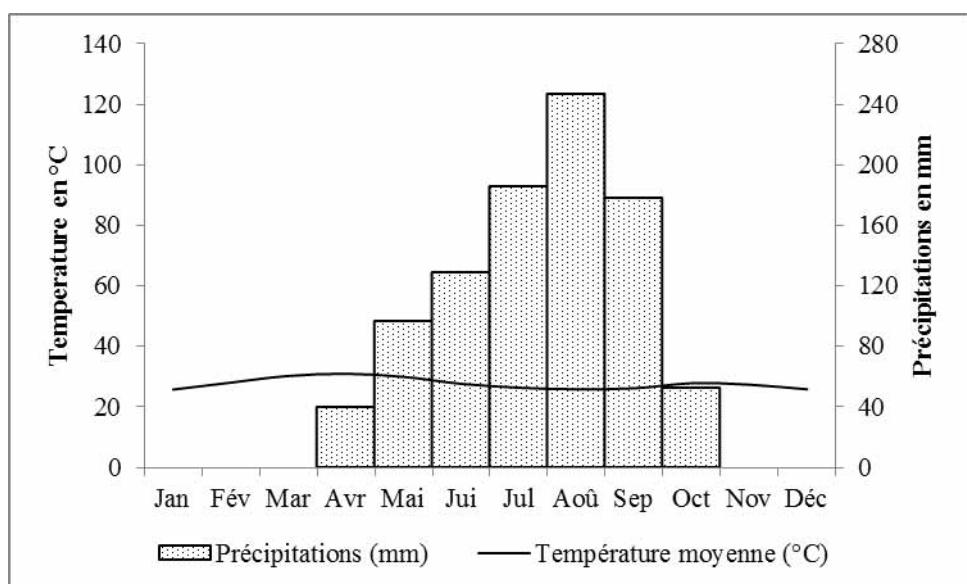


Figure 3 : Diagramme ombrothermique de Koumbia (source : Direction Générale de la Météorologie National)

➤ Relief, géologie et hydrographie

Le relief de la province du Tuy est caractérisé par des plateaux et des plaines auxquels s'ajoutent quelques buttes, collines et vallées (colline de Kari et de Houndé). Les plaines sont surtout présentes dans le département de Koumbia et de Békuy. Elles sont vastes et parcourues par de nombreux marigots qui se transforment parfois en zones marécageuses pendant la saison des pluies. Les sols y sont du type tropical peu lessivé et tropical lessivé sur

matériaux sableux. Les sols sablo-argileux et argilo-sableux dominent dans toute la province du Tuy. Les sols hydromorphes sont minoritaires (INSD, 2009c). Une partie importante du territoire, 20 % de la province de Tuy, est occupée par les cuirasses ferrugineuses et des affleurements de roches. Ce sont des zones improches à l'agriculture. Les terres cultivables représentent 50 % de la superficie de la province (Blanchard, 2005).

Le réseau hydrographique est constitué de plusieurs cours d'eau temporaires :

- Le Saramboué, qui marque la frontière entre le territoire villageois et la forêt classée de la Mou. Il draine la partie sud du territoire ;
- Le Djouanhonti, qui draine la partie nord-est du territoire villageois. Une retenue d'eau est aménagée à l'intersection du cours d'eau et de la route nationale 1 ;
- Plusieurs petits cours d'eau temporaires permettent également la pratique de rites coutumiers, de sacrifices et la pratique de la pêche.

➤ Végétation

Koumbia est situé dans le domaine phytogéographique nord-soudanien, (Fontès et Guinko, 1995). En général, cette zone se caractérise par la densité de sa végétation naturelle, composée essentiellement de savane comportant tous les sous-types, depuis la savane boisée jusqu'à la savane herbeuse et des galeries forestières le long des cours d'eau. Dans le terroir de Koumbia, la végétation est caractérisée par des savanes arborées et arbustives. La commune de Koumbia est dotée de trois forêts classées qui sont la Mou (34500 ha), le Kapo (8000 ha) et Bambou (6205 ha). Au niveau des forêts classées, on y rencontre les formations végétales suivantes :

- Forêt dense sèche à *Cola cordifolia* et *Terminalia laxiflora* ;
- Forêt claire à *Daniellia oliveri* et *Pericopsis laxiflora* ;
- Savane arborée dense ;
- Savane arbustive embroussaillée ;
- Savane arbustive marécageuse.

➤ Faune

La faune est assez riche et variée, du fait de l'existence des forêts classées, qui couvrent une superficie de 48 705 ha. En effet, cette couverture végétale abondante a favorisé la convergence d'espèces animales comme l'éléphant, qui attire beaucoup de touristes. La macrofaune est composée essentiellement de phacochères, d'ourébis, de céphalophes de Grimm, de cynocéphales, de lièvres, de francolins, de pintades, de singes, d'outardes et autres gallinacés. La faune aviaire est importante et l'essentielle de la chasse sportive y est orientée.

Cette faune est aujourd’hui en voie de disparition en raison de la dégradation progressive du couvert végétal et le braconnage (Koumbia, 2009).

III.1.3.2. Caractéristiques humaines

➤ La population

La population de Koumbia est estimée à 36 252 habitants (INSD, 2008). Elle est essentiellement composée de Mossis, de Bwabas et de Peulhs. Les Bwabas (autochtones) détiennent le pouvoir politique traditionnel et l'autorité sur le foncier. Les Peulhs ont commencé à s'installer en 1975 et se sont regroupés dans trois campements. Les Mossis arrivés dans les années 1970-1980 à la recherche de terres cultivables et de conditions climatiques plus propices à la production végétale y représentent plus de la moitié (54 %) des unités de production (UP) (INSD, 2009c).

➤ Caractéristiques socio-économiques

Koumbia se trouve au cœur du bassin cotonnier. Le coton occupe 51 % de la surface totale cultivée et représente la principale source de revenus. Le maïs occupe 37 % de la surface totale cultivée (Blanchard, 2005). Il faut noter que le maïs est associé au coton dans l'assoulement. A côté de ces deux principales cultures, il y a le sorgho, le petit mil, le niébé, l'arachide et le sésame, qui prend de plus en plus d'importance à cause des variabilités et changements climatiques.

De nos jours, la pression foncière est telle que les réserves de terres cultivables sont pratiquement inexistantes, entraînant certains agriculteurs allochtones à se faire octroyer des terres dans les villages voisins (Sébédougou, Dankari) et à cultiver de plus en plus sur des zones de collines jadis destinées aux pâturages.

L'élevage pratiqué est de type extensif malgré les difficultés topographiques rencontrées pour déplacer les troupeaux. Les cheptels les plus importants sont constitués par les bovins, les ovins et les caprins auxquels il faut ajouter les élevages de volailles. 52 % du cheptel bovin est détenu par les Peulhs et 31 % par les Mossis (Blanchard, 2005).

Les troupeaux appartenant aux Bwabas sont confiés à des bergers et restent au village pendant toute l'année tandis que ceux des éleveurs Peulhs effectuent des déplacements saisonniers pour pallier le manque d'eau et les problèmes d'affouragement. De l'avis des éleveurs, il sera difficile pour eux, dans un avenir proche, de rester avec leurs troupeaux sur le terroir (Diallo, 2006).

Selon Vall *et al.*, (2006), trois types de producteurs coexistent à Koumbia :

- les éleveurs Peulhs semi-sédentarisés. Les plus importants ont tendance à quitter la zone, tandis que les moins nantis deviennent parfois des berger espérant à terme acquérir leur propre troupeau ;
- les agriculteurs pratiquant un système mixte coton-céréales. Ils constituent 70 à 80 % des unités de production et ont pour objectif l'augmentation des superficies cultivées en développant la traction animale ;
- les agro-éleveurs cultivant de grandes surfaces. Ils ont constitué un noyau d'élevage grâce aux revenus du coton et ont développé la forme d'intégration agriculture-élevage la plus poussée (avec un stockage des résidus de culture mais aussi une plus grande utilisation de la fumure organique).

III.1.4. Terroir de Déougou

Déougou est situé dans la région de la Boucle du Mouhoun dont il est le chef-lieu. Il se trouve à environ 170 km au Nord de la ville de Bobo-Dioulasso et environ 240 km au Nord-Ouest de Ouagadougou.

III.1.4.1. Caractéristiques physiques

➤ Climat

Le climat de Déougou est du type soudano-sahélien avec une pluviométrie moyenne annuelle de 500 à 700 mm. La saison sèche varie d'octobre à juin. Elle est marquée par l'harmattan, vent de secteur nord sec et frais jusqu'en fin janvier, avec des températures douces autour de 27°C, puis sec et chaud de février à avril avec de fortes températures dépassant 40°C. La saison pluvieuse, qui s'étale sur 5 mois est annoncée par la mousson, caractérisée par un vent de secteur sud frais et humide avec des températures oscillant entre 24 et 28°C (figure 4).

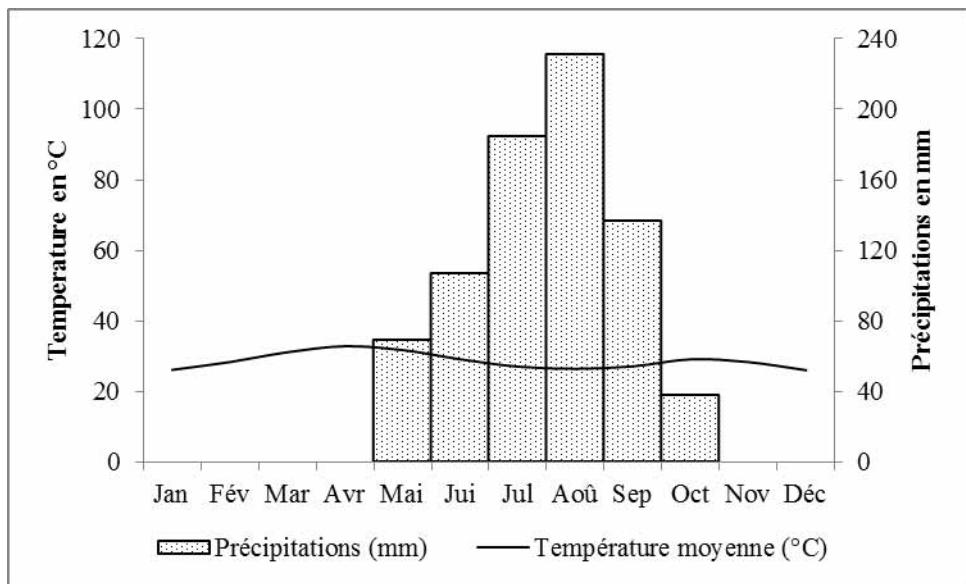


Figure 4 : Diagramme ombrothermique de Dédougou (source : Direction Générale de la Météorologie National)

➤ Relief géologie et hydrographie

Sur le plan de la morphologie, le relief est monotone et pénéplané. L'altitude varie entre 250 et 300 m. Le substratum est constitué par des formations sédimentaires du Précambrien A (Ouédraogo, 1994).

Les sols rencontrés dans la région de la boucle du Mouhoun appartiennent à cinq principaux types (Péron *et al.*, 1975 ; Brunt et Sourabié, 1985). Il s'agit des sols minéraux bruts, des sols peu évolués d'érosion, des vertisols, des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et lessivés, des sols hydromorphes minéraux à pseudogley.

Sur le plan hydrographique, la région dispose d'un réseau assez dense tissé autour du bassin versant du fleuve Mouhoun qui traverse la région sur 280 km. Autour du fleuve Mouhoun s'organisent des cours d'eau secondaires permanents comme le « Tui ou Grand Balé », avec son affluent permanent, le « Son ou Petit Balé » et ses affluents temporaires : le Labozéré, le Labozaba, le Bonboré, le Maboni, le Hinn, le Vohon, le Banou Yao, le Kidiaho, le Sourou et le Nayala. En plus du Mouhoun et de ses affluents, il existe d'autres cours d'eau permanents comme le Nawaka, le Tibouzou et non permanents comme la Kossi, le Koin et le Zouma (Ouédraogo, 1994). De nos jours, ce réseau hydrographique est instable à cause de la mauvaise pluviométrie et de l'anthropisation.

➤ Végétation et faune

La végétation appartient au secteur phytogéographique sud-sahélien (Fontès et Guinko, 1995). Elle est caractérisée par des savanes arbustives et des savanes arborées à boisées, avec des forêts galeries le long des cours d'eau (INSD, 2009b).

Ces formations végétales servent de gîte à une faune assez riche et variée, constituée en grande partie de petits gibiers (lièvres, antilopes de petite taille, rats, écureuils, tourterelles...). Les grands gibiers rencontrés sont essentiellement quelques troupeaux d'hippopotames, des buffles, des éléphants, des phacochères et des hyènes (INSD, 2009b).

Les changements climatiques et les actions anthropiques diverses ont dégradé, voire détruit les habitats naturels de ces espèces dont certaines sont à présent menacées de disparition à cause du braconnage.

III.1.4.2. Caractéristiques humaines

➤ Population

La commune de Dédougou compte 86 965 habitants (INSD, 2008). La population se répartit en plusieurs groupes ethniques (Péron *et al.*, 1975), dont les plus importants sont :

- le groupe des ethnies autochtones de la région composé de Bobo fing, Bwa ou Bobo ouilé, Marka ou Dafing, Samo, Ko, Nounouma, Gourounsi, Rimaibé ;
- le groupe des migrants, composé essentiellement de Mossi, que l'on trouve actuellement surtout le long du Mouhoun, zone qui était auparavant inhabitée à cause de l'onchocercose.

➤ Caractéristiques socio-économiques

Les activités principales sont l'agriculture et l'élevage. L'agriculture est en général de type pluvial. Néanmoins, la culture de contre saison se développe à la faveur des retenues d'eau. Elle est fortement liée à la variabilité climatique. Les principales cultures vivrières sont le sorgho, le maïs, le petit mil et le fonio. Le coton constitue la principale culture de rente et a beaucoup contribué à la mécanisation de l'agriculture. Le ramassage des amandes de karité constitue pour les femmes une activité d'appoint (INSD, 2009b).

L'élevage est la spécialité des Peuhl dans la région, mais toute la zone est actuellement parcourue par des troupeaux en quête de pâturage. Les agriculteurs notamment les producteurs de coton, associent à leur activité principale un peu d'élevage. Les élevages porcins et de volailles occupent également une place importante dans l'économie de la région (INSD, 2009b).

III.1.5. Terroir de Djibo

La province du Soum est située au nord-ouest du Burkina Faso dans la région du Sahel. Elle est limitée au nord par la province de l'Oudalan, au sud-est par la province du Séno, au sud par les provinces du Sanmentenga et du Bam, au sud-ouest par la province du Lorum et au

nord-ouest par la république du Mali. Djibo, situé à environ 215 km de Ouagadougou, est le chef-lieu de la province du Soum, qui compte neuf départements : Arbinda, Baraboulé, Diguel, Kelbo, Koutougou, Nassoumbou, Pobé-Mengao, Tongomael et Djibo.

III.1.5.1. Caractéristiques physiques

➤ Climat

Le climat est de type sahélien avec des précipitations annuelles comprises depuis plusieurs années entre 450 et 500 mm. Dans des régions arides comme le Sahel, l'évapotranspiration est de façon presque permanente supérieure aux précipitations. Il y a donc un assèchement très rapide de la réserve en eau des sols entre deux événements pluvieux (Guillaumie *et al.*, 2005).

L'isohyète 600 mm, situé auparavant au-dessus de Dori (1951/1960), se trouve aujourd'hui en dessous de Kaya (1981/1990) (Ouattara et Ouédraogo, 2004). La saison sèche dure environ neuf mois, et la saison des pluies trois mois de juin à août (figure 5).

Les fortes variations interannuelles et spatio-temporelles de la pluviométrie ont engendré des années excédentaires et des années déficitaires à l'origine de crises écologiques plus ou moins sévères (INSD, 2009e). De manière globale, on observe une aridification croissante caractérisée par une descente des isohyètes vers le sud (Ouattara et Ouédraogo, 2004). Les températures au cours de l'année varient de 10°C à plus de 43°C.

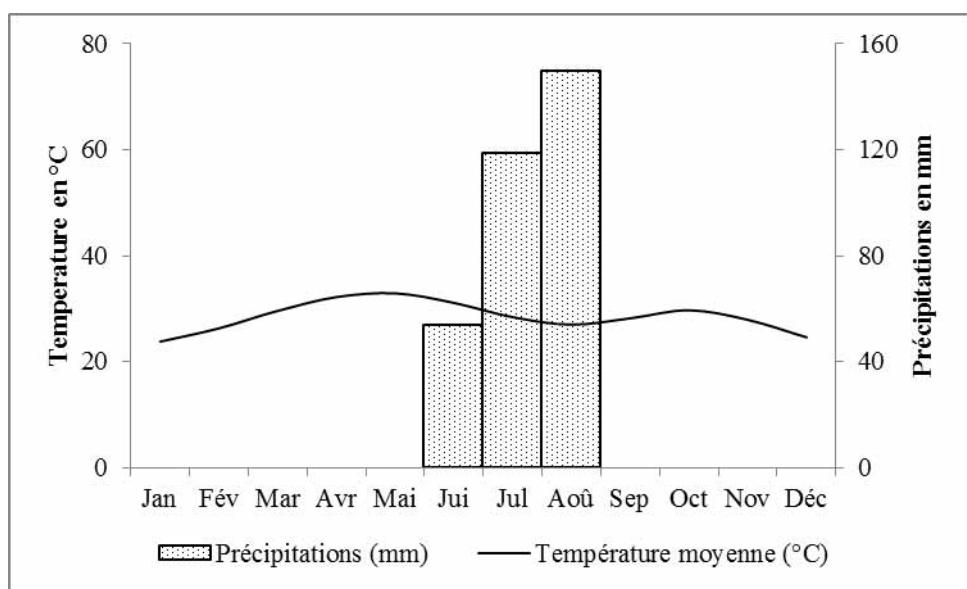


Figure 5 : Diagramme ombrothermique de Djibo (source : Direction Générale de la Météorologie National)

➤ **Relief, géologie et hydrographie**

Le relief est dominé par le système dunaire, les talwags et les dépressions, les buttes et les collines ainsi que les grandes zones de glacis. La géomorphologie du Sahel se caractérise par la présence de buttes cuirassées ou rocheuses, d'alignements dunaires d'orientations est-ouest se succédant du nord au sud, de glacis plus ou moins dénudés, et de mares endoréiques (INSD, 2009e). Selon SOCREGE (2004), on distingue essentiellement trois types de sols : les sols argilo-sableux, les sols argileux et les sols gravillonnaires. La nature sableuse des sols fait que la culture du petit mil et du niébé est dominante.

Le réseau hydrographique de la province appartient au bassin versant du fleuve Niger. Les principaux affluents sont le Béli et la Faga. En plus des cours d'eau, les mares temporaires constituent des réserves d'eau importantes dans la région et se rencontrent essentiellement dans la partie septentrionale de la province (SOCREGE, 2004). Les principales mares sont les suivantes : les mares du Soum, Féta-Maraboulé, Toussongo, Hoka, Kounderí, So, Gassa, Boeoua, Selba, Gassa Ouairé, Serkissouma et Tin Orfa. Les plus importantes par leur étendue sont celles du Soum et de Féta-Maraboulé. Ces mares jouent un rôle très important pour l'abreuvement du bétail (bovins, caprins, ovins, asins et camelins).

➤ **Végétation**

La province du Soum appartient au secteur phytogéographique nord-sahélien (Fontès et Guinko, 1995). La végétation est de type steppique, caractérisée par une strate herbacée discontinue, courte, maigre et une strate arborée et arbustive très clairsemée. La végétation est composée de steppes arbustives dominées par *Acacia tortilis* en pleine expansion et *Balanites aegyptiaca* et de brousses tigrées plus ou moins dégradées dominées par *Pterocarpus lucens* (Ganaba et Guinko, 1995). La brousse tigrée se caractérise par une alternance de bandes de végétation dense et de bandes dénudées. Les espèces qui la composent sont : *Combretum micranthum*, *Ptarocarpus lucens*, *Boscia angustifolia*, *Boscia senegalensis*, *Acacia pennata*, *Acacia atanxacantha*, *Acacia laeta*, *Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Grewia flavesrens*. Elle se singularise également par une forte mortalité de *Pterocarpus lucens* due sans doute au stress hydrique causé par les longues périodes de sécheresses (Hien, 2000).

Les bas-fonds et les berges des cours d'eau et des mares portent une végétation dense où on trouve des espèces arborées comme *Mitragyna inermis*, *Anogeissus leiocarpus*, *Diospyros mespiliformis*, *Adansonia digitata*.

III.1.5.2. Caractéristiques humaines

➤ Population

Selon le recensement effectué en 2006 par l’Institut National de la Statistique et de la Démographie, la commune de Djibo compte 60 042 habitants (INSD, 2009e). La population se compose de Peul (ethnie dominante), Rimaybé, Foulsé ou Kurumba, Bella, Dogon et Mossi. Les peuls représentent 72 % de la population totale (SOCREGE, 2004).

➤ Caractéristiques socio-économiques

L’agriculture et l’élevage sont les principales activités de rentes et contribuent fortement à l’économie de la région. Toutefois, les conditions climatiques très difficiles, obligent les populations rurales à opter pour l’agro-pastoralisme comme mode de production offrant le plus de garantie en terme de sécurité alimentaire (INSD, 2009e). Dans le Soum, l’agriculture est essentiellement pluviale. C’est une agriculture de subsistance centrée sur la production céréalière. Les différentes spéculations sont dans l’ordre : le petit mil, le sorgho, le niébé, l’arachide. L’agriculture est confrontée à l’appauvrissement des sols et à la mauvaise pluviométrie (INSD, 2009e).

Le Soum est une province pastorale. L’élevage, qui est la première activité d’exploitation des ressources naturelles, demeure de type traditionnel extensif (INSD, 2009e). Les différents types d’élevage rencontrés dans la région sont :

- Elevage d’embouche ;
- Elevage sédentaire ;
- Elevage semi-transhumant ;
- Elevage transhumant.

III.2. MATERIEL BIOLOGIQUE ET TECHNIQUE

III.2.1. Matériel biologique

Les matériels biologiques utilisés sont : les espèces végétales pour l’étude botanique, les Nymphalidae, les Cetoniinae et les Névroptères pour l’étude entomologique.

III.2.2. Matériel technique

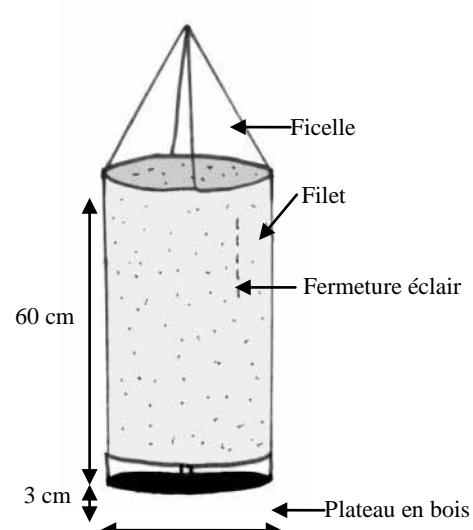
Le matériel d’échantillonnage utilisé est composé de:

- pièges à *Charaxes* et à cétoines pour la capture de ces insectes ;
- filets à papillon et d’un piège lumineux composé d’une lampe et d’une toile pour la capture diurne et nocturne des névroptères ;
- GPS 12X12L canal de marque Garmin pour géoréférencier la position des pièges ;

- fiches de suivi écologique (annexe 1) et d'enquêtes (annexe 2) pour l'enregistrement des données sur le terrain.

III.2.2.1. Piège à Charaxes

Le piège à Charaxes est de forme cylindrique. Sa base inférieure est constituée d'un plateau en bois de 34,5 cm de diamètre suspendu à un manchon en toile de moustiquaire de 60 cm de hauteur, fermé à son extrémité supérieure. Le plateau est accroché à l'aide de quatre ficelles insérées dans des fentes pratiquées sur les rebords du plateau. Les quatre ficelles d'attache permettent de régler la hauteur de l'ouverture entre le filet et le plateau. Généralement, cette ouverture n'excède pas 5 cm de hauteur, ce qui facilite l'entrée des Charaxes mais pas leur sortie. Ce type de piège est beaucoup utilisé pour la capture des papillons frugivores (figure 6).



(a) Schéma descriptif d'un piège à charaxes
© Bouyer

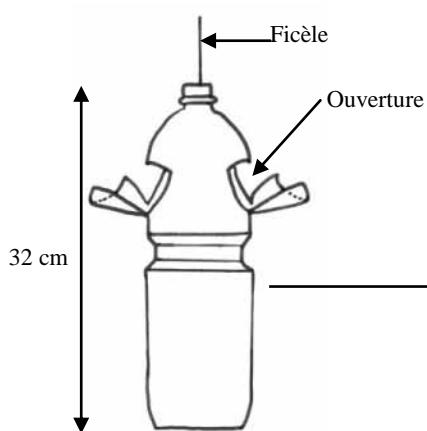


(b) Photo d'un piège à charaxes placé dans la réserve de faune
Comoé-Léraba à Folonzo

Figure 6 : Schéma et photographie d'un piège à charaxes pour la capture des papillons frugivores

III.2.2.2. Piège à Cétoines

Les pièges à cétoines sont confectionnés à partir de bouteilles d'eau minérale en plastique de récupération de 1,5 litre. Pour être efficaces, ces pièges doivent répondre à certaines normes techniques. Il faut pratiquer deux ouvertures aux tiers supérieurs de la bouteille. Les fragments de la bouteille obtenus sont rabattus horizontalement pour servir de plate-forme d'atterrissement pour ces insectes à vol lourd (figure 7).



(a) Schéma descriptif d'un piège à cétoine



(b) Photo d'un piège à cétoine placé dans la forêt classé de la Mou à Koumbia

Figure 7 : Schéma et photographie de piège à cétoine pour la capture des coléoptères frugivores

III.2.2.3. Piège lumineux pour la capture nocturne des névroptères

Le piégeage nocturne des névroptères est réalisé à l'aide d'un piège lumineux qui est composé d'une lampe à mercure de 250 watt montée sur un trépied métallique confectionné à cet effet et d'une toile blanche dressée entre 2 arbres en guise d'écran attractif (figure 8). La lampe est alimentée par un groupe électrogène.



Figure 8 : Photographie de piège lumineux pour la capture nocturne des névroptères

CHAPITRE IV : METHODOLOGIE

IV.1. IMPLANTATION DES SITES DE SUIVI ECOLOGIQUE

L'objectif de l'implantation de ces sites était d'apprécier l'évolution de la diversité et de la densité des insectes suivant un gradient d'anthropisation (photo 1). Ainsi, dans chaque terroir ont été déterminés des unités paysagères : champs, pâturages et formations naturelles qui correspondent à un gradient d'anthropisation. Les sites de suivi écologique géoreférencés ont été mis en place dans les différentes zones identifiées. Sur ces sites, des inventaires floristiques et entomologiques ont été réalisés. La biomasse herbacée a été également mesurée.



A : formation naturelle (savane arborée) dans la réserve partielle de faune Comoé-Léraba en zone sud-soudanienne (Folonzo, 1100 mm)



B : formation naturelle (savane arborée) dans la forêt classée de la Moue zone nord-soudanienne (Koumbia, 900 mm)



C : pâturage en zone nord-soudanienne (Koumbia, 900 mm)



D : champ de coton à Koumbia, 900 mm)

Photo 1 : Types de végétation en fonction de l'anthropisation



E : formation naturelle (savane arborée) dans la forêt classée de Toroba en zone soudano-sahélienne (Dédougou, 800 mm)



F : pâturage en zone soudano-sahélienne (Dédougou, 800 mm)



J : formation naturelle (steppe arborée) en zone sahélienne (Djibo, 500 mm)

Photo 1 : Types de végétation en fonction du mode d'utilisation des terres (suite)



H : steppe arbustive en zone sahélienne (Djibo, 500 mm)

IV.1.1. Terroir de Folonzo

Sur le terroir de Folonzo, les zones identifiées en fonction de l'anthropisation sont : la réserve faunique de la Comoé-Léraba (formations naturelles), les champs et pâturages.

Au total, 45 sites de suivi écologique ont été installés et repartis de façon suivante :

- douze sites de suivi écologie dans les champs ;
- neuf sites de suivi écologique dans les pâturages composés de savanes boisées et arbustives ;
- vingt-quatre sites de suivi écologique ont été placés dans les formations naturelles de la réserve de faune de la Comoé-Léraba.

La réserve de faune de la Comoé-Léraba est une grande réserve faunique qui regroupe deux forêts classées, celle de Diéfoula (85 000 ha de superficie) et celle de Logoniégué (29 000 ha). Cette réserve constitue une aire protégée dont la coupe et le ramassage de bois morts sont interdits. Elle est également interdite d'accès aux animaux domestiques.

IV.1.2. Terroir de Koumbia

Dans le terroir de Koumbia, les sites de suivi écologique ont été mis en place dans la forêt classée de la Mou, la zone agricole de Wali et la zone de pâture de Gombeledougou.

Quarante-deux (42) sites de suivi écologique ont été répartis en fonction de l’anthropisation :

- Zone agricole de Wali où se retrouvaient 13 sites dans les champs. On y pratique des cultures pluviales, avec des parcellaires complexes où l’association culturale et l’assolement coton-maïs étaient très développés. Cette zone est un territoire agroforestier par excellence avec la dominance des parcs à Karité ;
- Zone de pâtures de Gombeledougou situé au sud-est de Koumbia avec 7 sites de suivi écologique dans les pâturages. Elle était essentiellement recouverte par une savane arbustive ;
- Forêt classée de la Mou, où ont été placés 22 sites de suivi écologique dans les formations naturelles à *Isoberlinia doka*.

IV.1.3. Terroir de Déougou

Dans le terroir de Déougou, 35 sites de suivi écologique ont été mis en place en fonction de l’anthropisation. Dix sites de suivi écologique dans les champs, 10 sites dans les pâturages et 15 sites dans les formations naturelles de la forêt classée de Toroba.

Les pâturages sont constitués de savanes arbustives et herbeuses sur cuirasse. Les formations naturelles rencontrées dans la forêt classée de Toroba sont des savanes arborées.

IV.1.4. Terroir de Djibo

La végétation du Sahel est de type steppique incluant des steppes arborées, arbustives et herbeuses. Pour avoir une meilleure représentation du gradient de mode d’utilisation des terres nous avons regroupé les steppes arbustives et herbeuses en une seule entité. Ainsi, un peuplement naturel de steppe arborée à *Acacia senegal* (L.) Willd., une steppe arbustive et une zone de cultures ont été déterminées.

Le sahel étant une région d’élevage, tout le terroir est parcouru par le bétail et donc aucune zone en particulier ne peut être considérée comme zone de non pâtures. Les champs étaient parcellaires avec des délimitations faites à partir de haies épineuses pour empêcher les animaux d’accéder aux cultures. La zone agricole n’est pas une zone continue, elle est traversée par la steppe par endroit.

Vingt sites de suivi écologique ont été mis en place en fonction de l'anthropisation, 5 sites dans les formations naturelles de steppe arborée, 8 sites dans les pâturages et 7 sites dans les champs.

IV.2. SUIVI ECOLOGIQUE DES SITES

Le suivi écologique consiste à mesurer les caractéristiques écologiques des sites préalablement déterminés. Dans les différents sites, ont été notées le mode d'utilisation des terres, les espèces végétales présentes ainsi que la densité et la diversité des insectes choisis comme bioindicateurs. Les suivis ont été faits deux fois par an dans chaque terroir durant deux ans. Les premiers suivis ont été effectués en début de saison des pluies et les deuxièmes en fin de saison des pluies. Le tableau 3 donne les périodes de suivi écologique par zone climatique. Les suivis annuels commençaient plus tôt dans la zone sud-soudanienne qui est au sud et y prenaient fin plus tard en raison de l'oscillation du front intertropical (FIT).

Tableau 3 : Périodes de suivi écologique par terroir

terroir	Folonzo	Koumbia	Dédougou	Djibo
suivi 1	an 1 (mai)	an 1 (juin)	an 1 (juillet)	an 1 (août)
suivi 2	an 1 décembre)	an 1 (novembre)	an 1 (octobre)	an 1 (septembre)
suivi 3	an 2 (mai)	an 2 (juin)	an 2 (juillet)	an 2 (août)
suivi 4	an 2 (décembre)	an 2 (novembre)	an 2 (octobre)	an 2 (septembre)

IV.3. INVENTAIRE FLORISTIQUE ET MESURE DE LA PRODUCTION PRIMAIRE DE LA BIOMASSE HERBACEE

IV.3.1. Inventaire floristique

L'objectif était de faire la typologie de la végétation le long du gradient climatique Sud-Nord et anthropique des terroirs afin d'étudier la relation entre la composition floristique, la diversité et la densité des insectes. La méthode d'inventaire floristique appliquée a été un inventaire itinérant sur un rayon de 100 m autour de chaque site de suivi écologique (Chevalier, 1948 ; Aubreville, 1958 et César *et al.*, 2010). Elle a consisté à parcourir le milieu dans toutes les directions, en notant toutes les espèces végétales rencontrées sur la fiche de relevé floristique. Chaque espèce végétale rencontrée a été notée par son nom scientifique en référence à la "Flora Tropical of West Africa" de Hutchinson et Dalziel (1954, 1958).

Pour tenir compte de la phénologie des espèces végétales et pour faciliter leur identification, les relevés floristiques ont été effectués au niveau des sites en début et en fin de saisons des pluies au cours des années 2009 et 2010. Au cours des relevés, les surfaces de relevés

floristiques et l'homogénéité de la végétation ont été déterminées à vue d'œil. Dans le cadre de cette étude, les données retenues à l'issue des relevés descriptifs ont porté sur la présence/absence des espèces et non sur les estimations de leur abondance/dominance.

IV.3.2. Mesure de la production primaire de la biomasse herbacée

Dans chaque site de suivi écologique, la production primaire de la biomasse herbacée a été mesurée en fin de saison des pluies. La biomasse herbacée a été fauchée à ras du sol dans des placeaux de 1 m² de superficie. Au niveau de chaque site de suivi écologique, deux placeaux ont été déterminés au hasard. Après fauchage, la biomasse fraîche a été pesée et pré-séchée au soleil durant 10 jours. Ensuite elle a été séchée dans une étuve à 105°C pendant 4 heures (Levang et Grouzis, 1980). La biomasse sèche a été pesée à la fin. Les mesures obtenues ont été notées pour la détermination de la production primaire de la biomasse herbacée en fonction des paysages.

IV.4. INVENTAIRE ENTOMOLOGIQUE ET MESURE DES DENSITES APPARENTES PAR JOUR ET PAR PIEGE (DAP) DES INSECTES FRUGIVORES

Sur chaque site de suivi écologique, les Nymphalidae, les Cetoniinae, les Myrmeleontidae et les Ascalaphidae ont été inventoriés. L'objectif était d'apprécier l'effet de l'anthropisation et du climat sur la densité et la diversité des espèces.

IV.4.1. Installation des pièges et capture des insectes frugivores

Dans chaque site de suivi écologique ont été installés un piège à *Charaxes* et un piège à cétoines.

Une fois l'appât à base de bananes fermentées déposé sur le plateau en bois, les pièges à *Charaxes* ont été hissés à trois ou quatre mètres du sol au moyen d'une cordelette d'environ 10 m de long. Une des extrémités de la cordelette était fixée au piège et l'autre extrémité était projetée au-dessus d'une branche à l'aide d'un morceau de bois. La cordelette permettait la descente et la remontée du piège pendant toute la période de capture.

Attirés par l'odeur de la banane, les Nymphalidae entraient dans le piège par l'espace entre le filet et le plateau en bois. Après s'être alimenté, les papillons s'envolaient verticalement et restaient ainsi prisonniers du piège. Les individus piégés ont été récupérés en passant la main par la fermeture-éclair du filet. Sur une fiche de relevé quotidien, l'heure de pose et de relevé du piège, les noms des espèces capturées et le sexe des individus ont été notés.

Après avoir déposé l'appât au fond de la bouteille, les pièges à cétoines ont été placés sur un arbre à hauteur d'homme. Les cétoines étant des insectes à vol lourd et ne pouvant pas prendre leur envol verticalement mais plutôt horizontalement, restaient coincées au fond de la bouteille. Les espèces capturées ont été identifiées et notées sur une fiche de relevé avant d'être relâchées.

IV.4.2. Echantillonnage et inventaire des névroptères

Dans la région soudanienne les récoltes de Névroptères ont été réalisées durant 15 mois consécutifs, principalement dans les environs de Koumbia ($11^{\circ}15'17''N$ - $03^{\circ}41'17''O$), dans la forêt classée de la Mou. Des prospections plus épisodiques ont également été menées dans les localités de Bobo-Dioulasso ($11^{\circ}10'21''N$ - $04^{\circ}17'21''O$), Dédougou ($12^{\circ}27'16''N$ - $03^{\circ}27'48''O$), Léraba ($10^{\circ}39'37''N$ - $05^{\circ}18'39''O$) et Folonzo ($09^{\circ}57'13''N$ - $04^{\circ}41'14''O$). Dans la région sahélienne une seule prospection a été réalisée pendant quatre (4 jours) dans la région de Djibo ($14^{\circ}05'57''N$ - $01^{\circ}37'37''O$).

Les collectes ont été réalisées de jour et de nuit. Les sites choisis sur le terrain sont des zones à végétation basse dominée par la strate herbeuse (ex. prairie à graminées sur sol à curasse).

IV.4.2.1. Capture diurne des névroptères

Dans les localités, les prospections ont été menées dans la journée, à vue, à l'aide d'un filet entomologique le long de petits transects dans des savanes à graminées. Dans la strate herbacée, le filet a été agité pour déranger les névroptères dans leur repos, afin de les localiser. Chaque spécimen récolté a été placé individuellement dans une pochette en papier portant le nom de la localité, la date et l'heure de récolte, ainsi que des informations sur le type de biotope et sa localisation. Les collectes de jour ont été réalisées entre 8h et 16h.

IV.4.2.2. Capture nocturne des névroptères

Pour capturer les névroptères pendant la nuit nous avons utilisé un piège lumineux installé dans une zone dégagée à végétation basse. Une toile blanche a été tendue entre deux arbres. Une lampe à vapeurs de mercure a été placée à environ un mètre de la toile et raccordée à un groupe électrogène. Ce dernier a été placé assez loin pour que la fumée et le bruit produits n'interfèrent pas avec le pouvoir attractif de l'ampoule. Les névroptères attirés par la lumière ont été capturés à la main ou à l'aide d'un filet à papillon.

L'éclairage du piège débutait au crépuscule et se terminait généralement vers minuit. La durée du piégeage dépend de la fréquence d'apparition des espèces de névroptères.

IV.5. TRAITEMENTS ET ANALYSES DES DONNEES

IV.5.1. Traitements et analyses des données floristiques

Les données floristiques obtenues ont été enregistrées dans un fichier Excel pour la construction d'un tableau de contingence qui est un tableau de croisement de deux variables qualitatives (Husson *et al.*, 2009). Les codes 0 et 1 ont été attribués en fonction de l'absence/présence des espèces dans les sites. L'analyse factorielle des correspondances (AFC) a été appliquée à l'ensemble des données obtenues le long du gradient climatique pour déterminer la typologie de la végétation. Pour vérifier s'il existe une ségrégation de la composition floristique en fonction du mode d'utilisation des terres, les données de chaque terroir ont été analysées séparément. L'AFC a été réalisée avec le logiciel libre R.2.9.2 et la librairie ade4.

IV.5.2. Indices de similitude de Sørensen et de Jaccard

IV.5.2.1. *Indice de similitude de Sørensen*

L'indice de similitude de Sørensen (1948) est fréquemment utilisé dans les études phytosociologiques. Il permet de quantifier le degré de ressemblance de deux listes d'espèces de deux sites A et B. Il se calcule selon la formule ci-dessous :

$$ISorense = \frac{2a}{b+c} \times 100$$

a : nombre d'espèces communes aux deux sites A et B ;

b : nombre d'espèces exclusives au site A ;

c : nombre d'espèces exclusives au site B.

Le choix du coefficient de Sorenson se justifie parce qu'il donne deux fois plus de poids au nombre d'espèces communes entre deux sites qu'au nombre d'espèce par site.

IV.5.2.2. *Indice de similitude de Jaccard*

L'indice de similitude de Jaccard (1901) est le plus simple des comparaisons entre 2 groupements floristiques. Il se calcule selon la formule ci-dessous :

$$IJaccard = \frac{a}{a + b + c} \times 100$$

a : nombre d'espèces communes aux deux groupements ;

b : nombre d'espèces exclusives au groupement 1 ;

c : nombre d'espèces exclusives au groupement 2.

IV.5.3. Traitement et analyse des données entomologiques

IV.5.3.1. Analyse des données de capture des Nymphalidae et Cetoniinae

Les données de relevés quotidiens des Nymphalidae et Cetoniinae ont été enregistrées dans une base de données Access à partir de laquelle les analyses suivantes ont été effectuées :

- le calcul de la densité apparente par jour et par piège (DAP) de chaque espèce ;
- la détermination de la richesse spécifique ;
- le calcul de l'indice de Sorensen, de Jaccard et de Shannon ;
- l'analyse de la normalité des distributions des DAP intra-paysage de chaque espèce ;
- l'analyse de variance (ANOVA) non paramétrique ;
- l'analyse triadique partielle ;
- l'analyse de comparaison multiple non paramétrique (npmc) des DAP de chaque espèce entre sites et zones.

La normalité des distributions des densités apparentes des bioindicateurs Nymphalidae et Cetoniinae a été vérifiée par le test de Kolmogorov-Smirnov. Une analyse de variance (ANOVA) non paramétrique (Bartlett test) a été appliquée pour vérifier l'homogénéité sur l'ensemble des paysages.

L'analyse triadique permet d'aborder les problèmes soulevés par l'analyse statistique des tableaux de relevés de milieux multivariés et répétés au cours du temps (Thioulouse et Chessel, 1987). La méthodologie d'analyse triadique proposée par Blanc *et al.* (1998) et Thioulouse et Chessel (1987) s'adapte à la configuration de nos données formées de plusieurs tableaux. Elle est basée sur le principe des méthodes multitableaux avec trois indices qui sont : les sites, les variables et les périodes de suivi. L'objectif est de faire un bilan des structures spatiales et de leur stabilité c'est-à-dire les sites de suivi écologique. Nous avons considéré les paysages comme les stations sur lesquelles les mesures se sont répété en quatre dates correspondant aux périodes d'inventaires, car certains sites de piégeage ont été déplacés à certaines périodes en raison de leur inaccessibilité.

Toutes les analyses citées ci-dessus ont été réalisées avec le logiciel libre R.2.9.2 et les librairies ade4 et npmc.

IV.5.3.2. Traitement et analyse des données de capture des névroptères

Les échantillons collectés ont été déterminés au Centre de Biologie pour la Gestion des Populations (CBGP) à Montpellier. Une base de données sur Excel a été constituée comportant les informations suivantes : le numéro de l'échantillon, la famille, le genre, l'espèce, l'heure et la date de capture, la localité, le biotope et les coordonnées géographiques si possible.

Les espèces collectées ont été identifiées en utilisant des collections de référence conservée de plusieurs institutions européennes :

- Natural History Museum, London, England (BMNH) ;
- Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles, Belgium (ISNB) ;
- Museo Civico di Storia Naturale Giacomo Doria, Genova, Italy (MCSN) ;
- Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, Spain (MNMS)
- Museum für Naturkunde Humboldt-University zu Berlin, Berlin, Germany (ZMHB) ;
- Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France (MNHN) ;
- Muséum Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgium (MRAC) ;
- Naturhistorisches Museum Wien, Vienna, Austria (NHMW) ;
- Nationaal Natuurhistorische Museum Naturalis, Leiden, The Netherlands (RMNH) ;
- Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg, Germany (LZAM) ;
- Zoologisk Museum Københavns Universitet, Copenhagen, Denmark (ZMUC) ;
- Zoölogisch Museum , Universiteit van Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands (ZMAN) ;
- Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, France (CIRAD).

Les spécimens collectés ont été conservés à sec dans des boites entomologiques placées dans une salle à température et hygrométrie régulées. La méthodologie de préparation, de conservation, d'observation et de prise de vue des caractères morphologiques des espèces a été décrite par (Michel et Akoudjin, 2011).

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE V : UTILISATION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DE LA FLORE ET DE LA FAUNE COMME INDICATEUR D'ANTHROPISSATION

SOUS-CHAPITRE v.1. INFLUENCE DES ACTIVITES AGRICOLES SUR LA VEGETATION LE LONG D'UN GRADIENT CLIMATIQUE NORD-SUD DU BURKINA FASO

Résumé

Suite à la pression anthropique et climatique, les écosystèmes assurent difficilement une production durable. De ce fait, l'évaluation de l'état écologique des paysages agraires est nécessaire pour mettre en évidence l'action de l'homme sur l'environnement.

Cette évaluation s'est faite à travers la caractérisation de la végétation dans quatre terroirs le long d'un gradient climatique nord-sud du Burkina Faso. Il a s'agit de Folonzo au sud avec une pluviométrie de 1100 mm, de Koumbia avec une 900 mm de pluviométrie, de Dédougou 700 mm et de Djibo au nord dans le sahel avec moins de 600 mm de pluies par an.

Dans chaque terroir les inventaires floristiques ont été faits dans des unités paysagères déterminées qui sont les formations naturelles, les pâturages et les champs.

Les analyses des données floristiques obtenues ont montré une richesse spécifique de la flore décroissante le long du gradient climatique et du gradient anthropique défini à partir des unités paysagères. En effet, La richesse spécifique totale a donné 188 espèces dans le terroir de Folonzo, 222 à Koumbia, 184 à Dédougou et 58 à Djibo.

L'analyse factorielle des correspondances des relevés floristiques a permis de séparer le domaine sahélien du domaine soudanien. Elle a permis également de discriminer les 3 unités paysagères (formations naturelles, pâturages et champs) dans chaque terroir. La répartition paysagère s'est faite en fonction du mode d'utilisation des terres, mettant ainsi en évidence l'action de l'homme. Les pâturages se présentent comme des zones à écologie intermédiaire entre les champs et les formations naturelles.

Mots-clés : Typologie de la végétation, gradient climatique, gradient anthropique, richesse spécifique, indicateurs écologiques.

INTRODUCTION

Dans le contexte des variabilités et changements climatiques, les écosystèmes subissent à la fois la pression humaine et climatique depuis des décennies (GIEC, 2007). Cette pression se traduit par la dégradation et la baisse de fertilité des sols, la rarefaction des pâturages naturels et la baisse des services écosystémiques (Rankovic *et al.*, 2012). Les écosystèmes n'arrivent plus à assurer une production durable. Ainsi, l'évaluation de l'état de dégradation ou de conservation des paysages agraires du Burkina Faso présentant une situation différenciée est nécessaire. Cette évaluation peut se faire à travers la caractérisation de la végétation qui s'avère primordiale en Afrique subsaharienne, afin de déterminer les relations entre la végétation et les autres paramètres écologiques (Theau *et al.*, 2010). La caractérisation de la végétation permet la mise en place des actions de sauvegarde et de conservation de la biodiversité (César, 1991 ; Thomas, 2008). Elle peut se faire à partir d'inventaire floristique des unités de formation végétale rencontrées sur le terrain. La réalisation de l'inventaire floristique sur le terrain requiert 3 conditions : (1) la surface de relevés doit être assez grande pour contenir toutes les espèces de la communauté végétale ; (2) l'habitat doit être uniforme à l'intérieur de la surface de relevés et (3) le couvert végétal doit être aussi homogène que possible (Mueller-Dombois et Ellenberg, 1974). La surface de relevés doit être une surface minimale représentant au moins 80 % des espèces de l'unité végétale étudiée pour qu'elle soit statistiquement représentative (Gillet *et al.*, 2000). La détermination de cette surface de relevé à l'aide de la courbe aire-espèces est contraignante surtout pour la réalisation de plusieurs inventaires floristiques dans un laps de temps très court. Dans le cadre d'une étude nécessitant la réalisation de plusieurs relevés floristiques à une période très courte, la contrainte citée ci-dessus peut être un handicap. Il existe des méthodes d'inventaires et d'analyses simples pour caractériser la végétation d'une zone (Aubreville, 1958 ; César *et al.*, 2010). Ces méthodes permettront-elles de mieux caractériser la végétation de quatre terroirs du Burkina Faso le long d'un gradient climatique ?

L'objectif est d'apprécier l'impact/influence du degré d'anthropisation sur la végétation selon un gradient climatique.

Pour répondre à cette question et atteindre l'objectif de l'étude, des méthodes simples d'inventaires floristiques et d'analyses des données ont été utilisées.

V.1.1. Matériel et Méthodes

V.1.1.1. Sites d'étude

L'étude a été menée dans quatre terroirs choisis le long d'un gradient climatique du sud au nord du Burkina Faso :

- le terroir de Folonzo située dans la partie sud de la zone soudanienne avec 1100 mm de pluie annuelle ;
- le terroir de Koumbia située dans la partie nord de la zone soudanienne avec 900 mm de pluie annuelle ;
- le terroir de Dédougou située dans la zone soudano-sahélienne (800 mm de pluie annuelle) ;
- le terroir de Djibo au Nord située dans la zone sahélienne (500 mm de pluie annuelle) (source : Direction Générale de la Météorologie Nationale du Burkina Faso).

Dans chaque terroir, des sites de suivi écologique ont été mis en place (tableau 4) en fonction des unités paysagères (formations naturelles, pâturages et champs). Le long du gradient climatique, 84 sites de suivi écologique ont été mis en place, géoréférencés et repartis en 20 sites à Folonzo, 21 à Koumbia, 23 à Dédougou et 20 à Djibo (tableau 4). Les sites de suivi écologique ont été choisis sur la base de l'uniformité et de l'homogénéité de la végétation.

Tableau 4 : Répartition des sites de suivi écologique par terroir et par mode d'utilisation des terres

terroir	Unités paysagères	Nombre de sites
Folonzo	Savanes arborées dans la réserve de faune de Comoé-Léraba (formations naturelles)	7
	Savanes arborées (jachères de 20 à 25 ans, pâturages)	6
	Champs de céréales	7
Koumbia	Savanes arborées dans la forêt classée de la Mou (formation naturelle)	5
	Savanes arbustives sur curasse latéritique (pâturages)	6
	Champs mixte coton/céréale	10
Dédougou	Savanes arborées dans la forêt classée de Toroba (formations naturelles)	4
	Savanes arbustives sur curasse latéritique (pâturages)	13
	Champs mixtes coton/céréales	6
Djibo	Steppe arborée (formation naturelle)	5
	Steppe arbustive (pâturages)	8
	Champs de céréales	7

V.1.1.2. Méthode d'étude

V.1.1.2.1. Inventaire floristique et mesure de la production primaire de la biomasse herbacée

Pour mieux comprendre les perturbations au niveau des sites de suivi écologique des inventaires floristiques et des mesures de la biomasse herbacée ont été effectués. Les inventaires floristiques ont été réalisés en début et fin de saisons des pluies au cours des années 2009 et 2010 pour tenir compte de la phénologie des espèces végétale et pour faciliter

leur identification. Par contre la biomasse herbacée a été mesurée en fin de saison des pluies seulement car c'est la période où la production est maximale.

V.1.1.2.2. Analyse des données

Les données floristiques obtenues sont enregistrées sous forme d'un tableau de contingence (Husson *et al.*, 2009). L'analyse factorielle des correspondances (AFC) a été appliquée à l'ensemble des données obtenues le long du gradient climatique, puis les données floristiques de chaque terroir ont été analysées séparément. Le logiciel libre R version R.2.9.2 et la librairie ade4 ont été utilisés pour l'analyse des données.

La richesse spécifique (famille, genre et espèce) a été réalisée à partir de la liste floristique générale issue des relevés effectués dans tous les sites des terroirs.

Le taux de similitude en composition floristique entre les différents sites, a été déterminé en calculant l'indice de similitude de Sørensen (1948). Ce choix se justifie par le fait que les données floristiques utilisées étaient de type qualitatif. Dans ce cas, il est plus judicieux de comparer la ressemblance en composition floristique entre les sites.

L'indice de similitude de Sørensen est fréquemment utilisé dans les études phytosociologiques. Il permet de quantifier le degré de ressemblance de deux listes d'espèces issues de deux sites A et B. Il se calcule selon la formule ci-dessous :

$$ISorense = \frac{2a}{b + c} \times 100$$

a : nombre d'espèces communes aux deux groupements ;

b : nombre d'espèces exclusives au groupement 1 ;

c : nombre d'espèces exclusives au groupement 2.

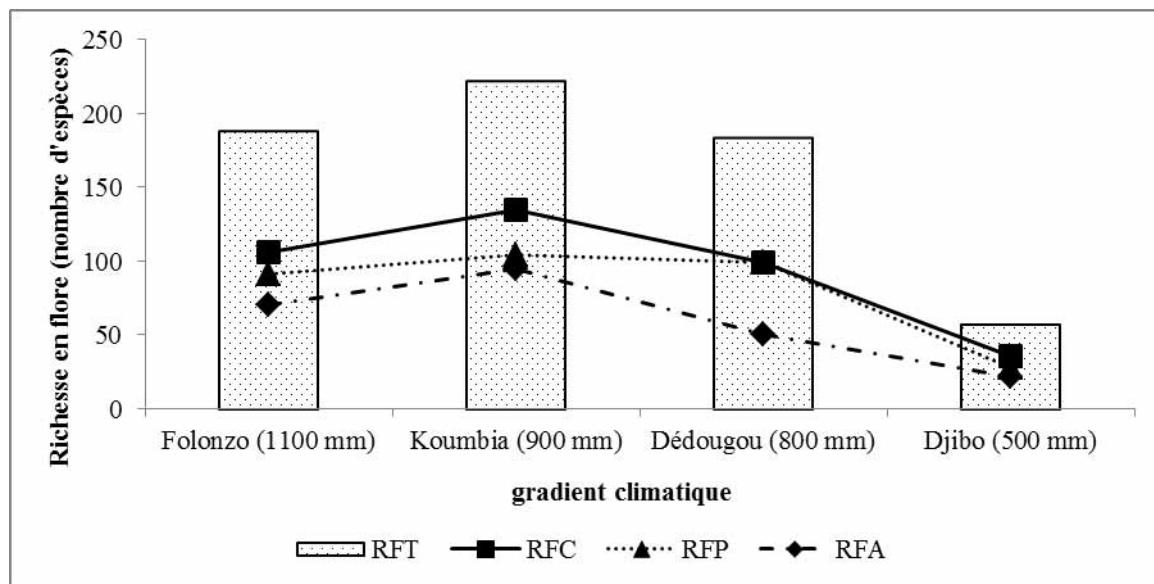
Le coefficient de Sørensen donne deux fois plus de poids au nombre d'espèces communes entre deux sites qu'au nombre d'espèces par site.

V.1.2. Résultats

V.1.2.1. Richesse spécifique de la flore et la biomasse herbacée le long du gradient climatique

L'analyse de la composition floristique le long du gradient climatique a montré l'existence de 332 espèces végétales identifiées, réparties en 213 genres et dans 60 familles dont les plus représentées sont les Poaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Caesalpiniaceae et Combretaceae, avec plus de 15 espèces chacune. La richesse spécifique totale (figure 16) a donné 188 espèces dans le terroir de Folonzo (zone soudanienne humide), 222 dans le terroir de Koumbia (zone

soudanienne sèche), 184 dans le terroir de Dé dougou (zone soudano-sahélienne) et 58 dans le terroir de Djibo (zone sahélienne). On remarque que cette richesse était croissante entre la zone sud-soudanienne (humide) et nord-soudanienne (sèche) et ensuite décroissante le long du gradient climatique sud-nord. La richesse spécifique par paysage suivait également la même tendance le long du gradient climatique (figure 9).



Légende : RFT = richesse totale en flores ; RFC = richesse en flores des champs ; RFP = richesse en flores des pâtures ; RFA = richesse en flores des formations naturelles

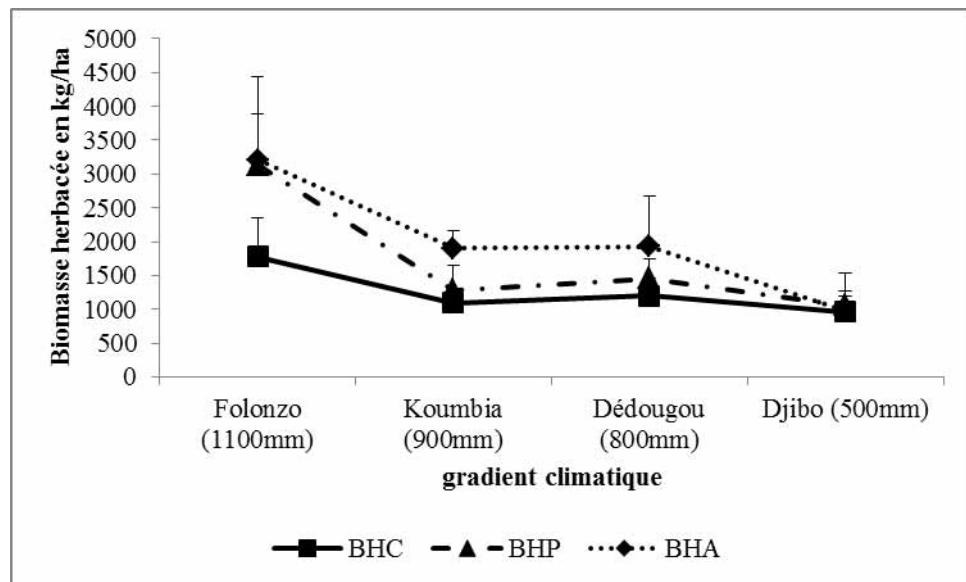
Figure 9 : Evolution de la richesse spécifique de la flore le long du gradient climatique

Les coefficients de similitudes calculés entre les terroirs ont été décroissants du climat humide vers le climat aride (tableau 5). Le plus fort coefficient de similitude enregistré (67 %) a été entre la zone nord-soudanienne et la zone soudano-sahélienne. La zone présentant la plus faible richesse spécifique a été la zone sahélienne avec 58 espèces floristiques recensées. Le climat y est beaucoup plus sec (500 mm de pluie annuelle).

Tableau 5 : Coefficient de similitude de Sorenson entre les terroirs pour la richesse floristique calculé en pourcentage

Sites d'étude	Soudanien humide	Soudanien sec	Soudano-sahélien	Sahélien
Gradient d'aridité décroissante				
Soudanien humide (1100 mm)	100			
Soudanien sec (900 mm)	60	100		
Soudano-sahélien (800 mm)	47	67	100	
Sahélien (500 mm)	18	23	32	100

La mesure de la biomasse herbacée dans chaque zone a montré une décroissance de la production le long du gradient climatique du plus humide au plus sec pour toutes les unités paysagères (figure 10). La plus faible production a été enregistrée au sahel dans les champs (950 kg/ha).

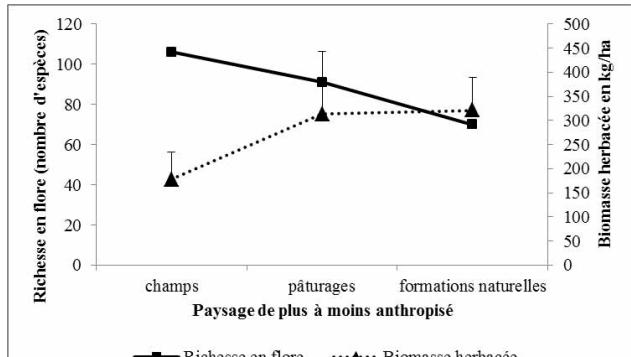


Légende : biomasse herbacée des champs ; BHP = biomasse herbacée des pâturages ; BHA = biomasse herbacée des formations naturelles

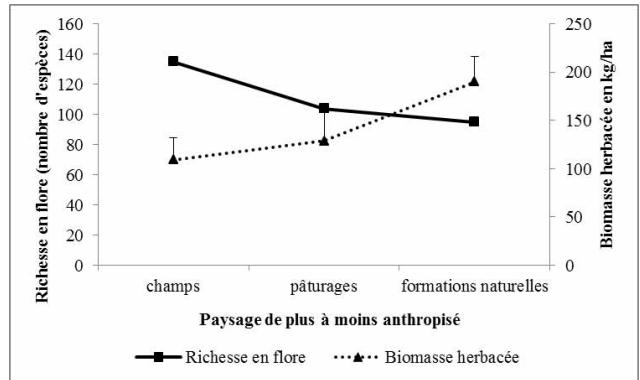
Figure 10 : Evolution de la biomasse herbacée le long du gradient climatique et par paysage

V.1.2.2. Richesse spécifique et biomasse herbacée par terroir

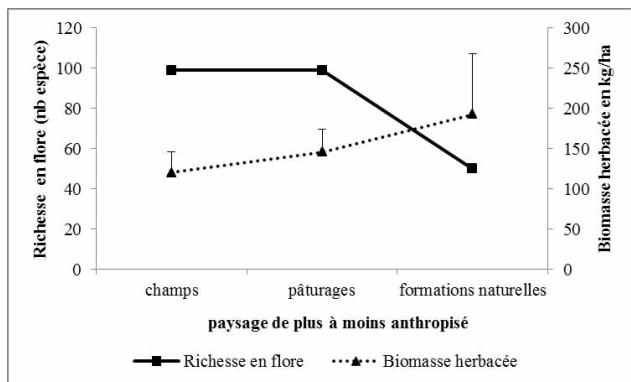
La richesse spécifique en flores dans les terroirs a été décroissante des champs (135 espèces floristiques) aux formations naturelles (70 espèces floristiques), tandis que la production en biomasse herbacée a été croissante (figure 11).



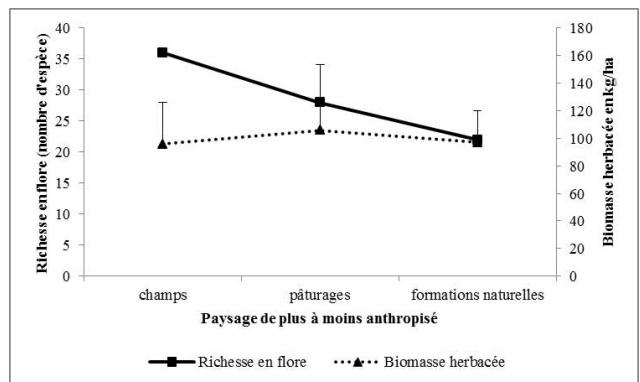
A = Zone sud-soudanienne (Folongo, 1100 mm)



B = Zone nord-soudanienne (Koumbia, 900 mm)



C = Zone soudano-sahélienne (Déodougou, 800 mm)



D = Zone sahélienne (Djibo, 500 mm)

Figure 11 : Evolution de la richesse en flore et de la biomasse moyenne herbacée par paysage dans les différentes zones

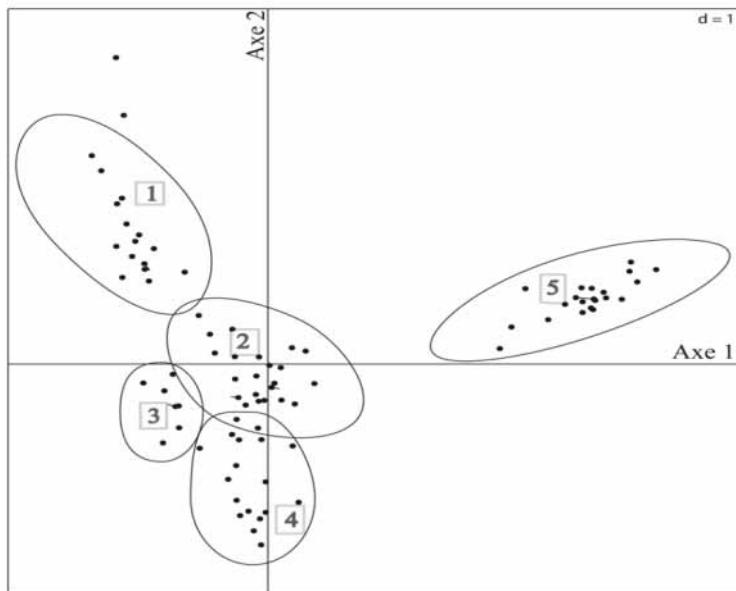
L'indice de similitude de Sorensen calculé entre les paysages (tableau 6) a montré un faible coefficient entre les champs et les formations naturelles et un fort coefficient entre les champs et les pâturages. Les coefficients de similitudes de Sorensen entre les pâturages et les formations naturelles d'une part et d'autre part entre les pâturages et les champs ont été sensiblement égaux (tableau 6). Les pâturages ont abrité des espèces qu'on a inventoriées à la fois dans les champs et les formations naturelles.

Tableau 6 : Coefficient de similitude de Sorensen en pourcentage entre paysages des quatre terroirs

terroirs		Folongo			Koumbia		
		Champ	Pâturage	Formation naturelle	Champ	Pâturage	Formation naturelle
Niveau d'anthropisation							
Champ		100			100		
Pâturage	48		100		62	100	
Formation naturelle	27	42	100		41	49	100
terroirs		Déodougou			Djibo		
		Champ	Pâturage	Formation naturelle	Champ	Pâturage	Formation naturelle
Niveau d'anthropisation							
Champ		100			100		
Pâturage	77		100		70	100	
Formation naturelle	47	65	100		62	64	100

V.1.2.3. Typologie de la végétation le long du gradient climatique

L'analyse factorielle des correspondances de l'ensemble des relevés floristiques effectués dans les terroirs a permis de distinguer cinq groupements floristiques (figure 12).



Légende : groupe 1 = formations naturelles dominées par des savanes arborées, groupe 2 = pâturages dominés par les savanes arbustives, groupe 3 = champs en zone sud-soudanienne, groupe 4 = champs en zones nord-soudanienne et soudano-sahélienne, groupe 5 = exclusivement les champs et steppes du sahel.

Figure 12 : Typologie de la végétation le long du gradient climatique

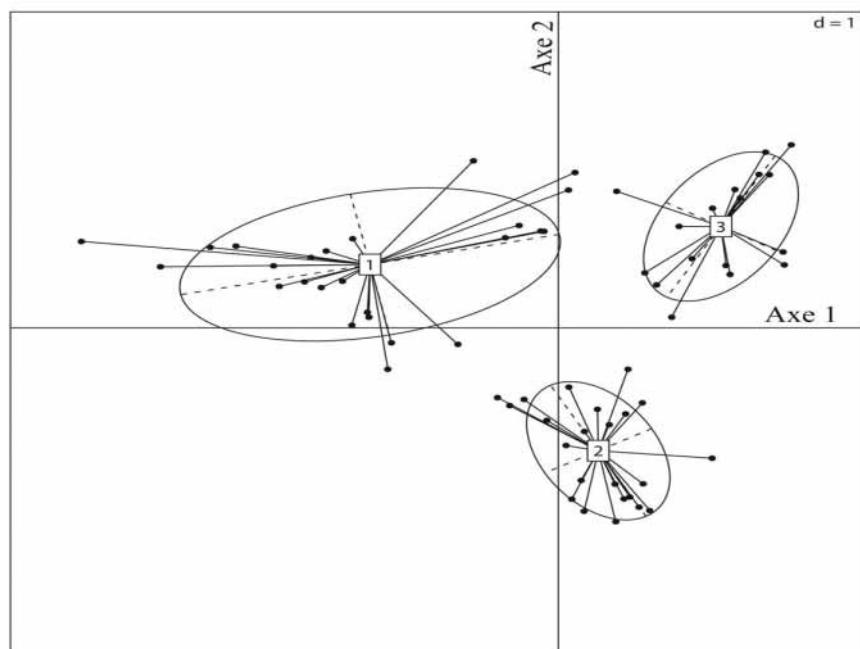
Les relevés floristiques effectués dans les formations naturelles à savane arborée à *Isoberlinia doka* Craib & Stapf des forêts classées (réserve partielle de faune de Comoé-Léraba et forêt classée de la Mou) ont été retrouvés dans le groupe 1. Le groupe 2 est composé de relevés floristiques des savanes arbustives des pâturages et le groupe 3, les relevés floristiques des champs du domaine sud-soudanien. Les relevés floristiques des champs des domaines nord-soudanienne et soudano-sahélienne se sont retrouvés dans le groupe 4. Enfin le groupe 5 s'est détaché des autres groupes, il est composé de relevés floristiques effectués dans le domaine sahélien.

L'AFC obtenue indique le gradient climatique à travers son premier axe et l'anthropisation à travers l'axe 2. Effectivement, l'axe 1 a séparé nettement les relevés du sahel (500 mm de pluies) des autres zones climatiques, il traduit l'aridité. Les données de la zone sahélienne ont été positivement corrélées à l'axe 1. Les relevés des formations naturelles ont été positivement corrélés à l'axe 2 et ceux des champs l'ont été négativement.

Le groupe 2 est formé principalement des relevés réalisés aux niveaux des savanes arbustives qui constituent les pâturages de la zone climatique soudanienne et soudano-sahélienne. Une fusion partielle des relevés floristiques des pâturages (groupe 2) avec les relevés des champs est observée (groupe 4). Ainsi, les espèces floristiques les plus significatives et communes aux champs et pâturages sont les suivantes : *Boerhavia diffusa* L., *Cleome viscosa* L., *Waltheria indica* L., *Digitaria horizontalis* Willd., *Euphorbia hirta* L., *Evolvulus alsinoides* (L.) L., *Hackelochloa granularis* O. Kuntze, *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult., *Sida rhombifolia* L., *Sida urens* L., *Wissadula amplissima* (L.) R.E.Fries, *Mitracarpus villosus* (Sw.) DC., *Leucas martinicensis* (Jacq.) R. Br., *Paspalum scrobiculatum* L., *Physalis angulata* L., *Setaria barbata* (Lam.) Kunth, *Sida alba* L., *Triumfetta rhomboidea* Jacq., *Vernonia galamensis* (Cass.) Less., *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC. Cette liste d'espèces donnée n'était pas exhaustive, elle représente les plus significatives.

V.1.2.4. Typologie de la végétation dans le domaine savanicole

Pour mieux comprendre le regroupement paysager dans le domaine savanicole (c'est-à-dire les zones à pluviométrie supérieure à 600 mm), l'AFC a été reprise sans les relevés de la zone sahélienne, ce qui a donné la figure 13.



Légende : groupe 1 = formations naturelles (savanes arborées), groupe 2 = pâturages (savanes arbustives), groupe 3 = champs

Figure 13 : Typologie de la végétation dans le domaine savanicole

L’AFC obtenue a indiqué trois regroupements floristiques correspondant aux trois unités paysagères identifiées sur le terrain (formations naturelles, pâturages et champs). Le groupe 1 est formé de relevés floristiques des formations naturelles dans les forêts classées (réserve partielle de faune de Comoé-Léraba, forêts classées de la Mou et de Toroba). Le groupe 2 a regroupé les relevés des pâturages dominées par les savanes arbustives et le groupe 3 les champs (figure 13).

Malgré la différence pluviométrique entre les terroirs (1100 mm pour Folonzo, 900 mm pour Koumbia et 800 mm pour Déougou) le regroupement des unités paysagères indiqué par l’AFC (figure 13) a été fait en fonction de l’anthropisation et non en fonction de la pluviométrie.

V.1.2.5. Typologie de la végétation dans les terroirs

Pour mieux comprendre la typologie de la végétation dans chaque terroir, l’analyse factorielle des correspondances a été appliquée à des relevés floristiques effectués par terroir (figure 14). Pour rappel, les relevés ont été effectués dans les formations naturelles, les champs et les pâturages représentés par les savanes arbustives sur cuirasse, parcourues par le bétail dans les zones soudaniennes et soudano-sahéliennes.

L’observation des AFC de la figure 14 a montré que les relevés se regroupent en trois unités paysagères : formations naturelles (groupe 1), pâturages (groupe 2) et champs (groupe 3) dans tous les terroirs.

A Folonzo dans la zone sud-soudanienne, le groupe 1 est représenté par les savanes arborées à *Isoberlinia doka* Craib & Stapf et *Monotes kerstingii* Gilg situées à l’intérieur de la réserve partielle de la faune Comoé-Léraba. La strate herbacée est dominée par *Hyparrhenia smithiana* (Hook. f.) Stapf. Le groupe 3 est composé de relevés effectués dans les champs dominés par *Vitellaria paradoxa* et *Digitaria horizontalis* espèce post-culturale.

Le groupe 2 représente les anciennes jachères (âge estimé, 15 à 20 ans) évoluées en savanes arborées situées hors de la réserve et qui constituent les pâturages. L’espèce dominante dans ces savanes arborées est *Vitellaria paradoxa* qui a été épargné au cours de la mise en culture de ces espaces. Les espèces ligneuses associées à *Vitellaria paradoxa* et les mieux représentées sont : *Parinari curatellifolia* Planch. ex Benth., *Pericopsis laxiflora* (Benth. ex Bak.) Van Meeuwen et *Stereospermum kunthianum* Cham. A ce cortège ligneux, sont associées les espèces herbacées suivantes dominées par *Andropogon chinensis* (Nees) Merr. : *Hyparrhenia smithiana* (Hook. f.) Stapf, *Monocymbium ceresiiforme* Stapf, *Diheteropogon hagerupii* Hitchc. et *Andropogon gayanus* Kunth. Ces espèces, surtout les deux premières, A.

chinensis et *H. smithiana*, indiquent une évolution nette vers la reconstitution de la savane originelle.

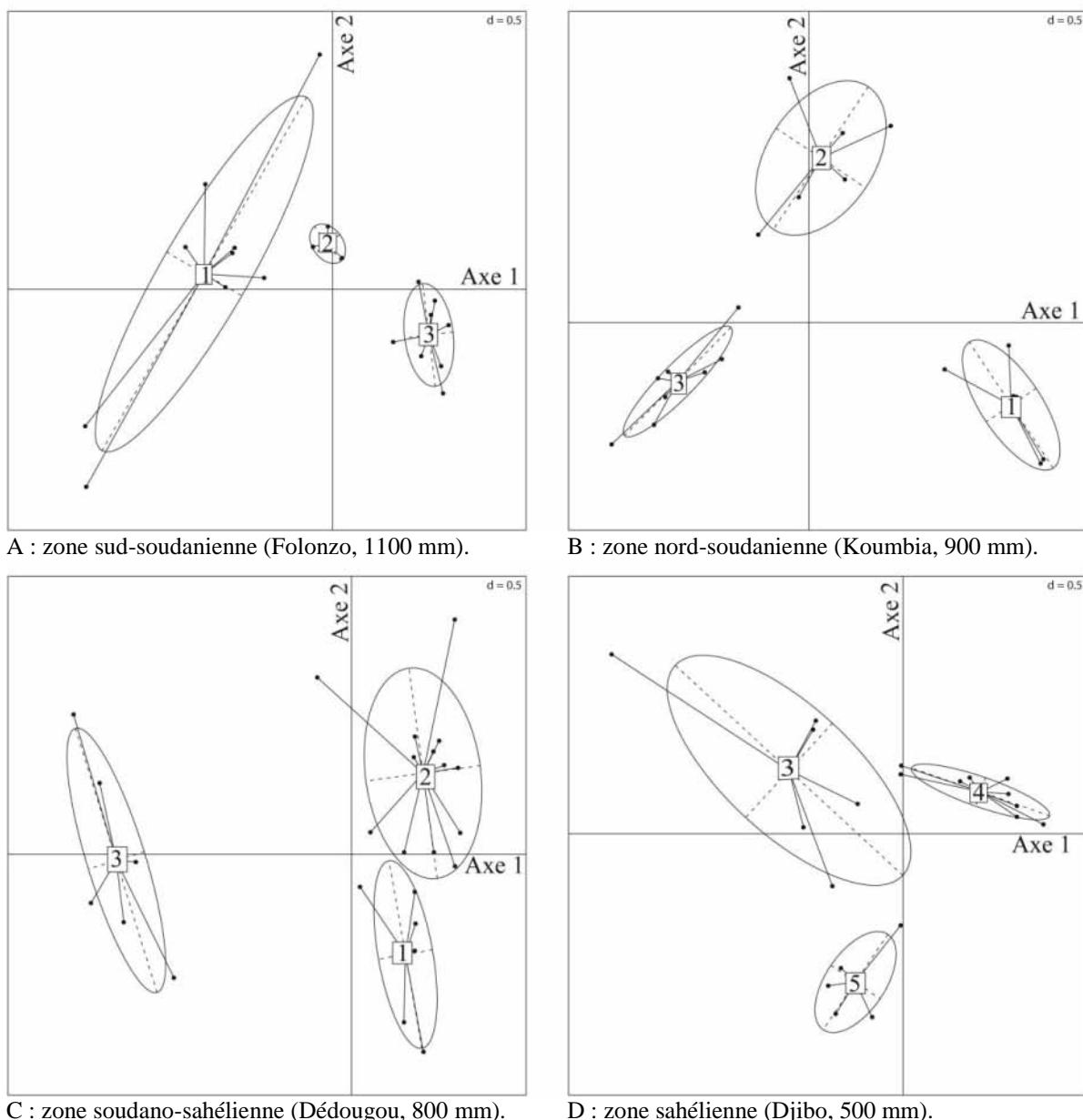


Figure 14 : Typologie de la végétation par terroir

A Koumbia dans la zone nord-soudanienne, trois paysages sont ainsi représentés, les formations naturelles à savane arborée à *Isoberlinia doka* (groupe 1) à l'intérieur de la forêt classée de la Mou, les pâturages à savane arbustive (groupe 2) et les champs (groupe 3). L'AFC des relevés floristiques de la zone soudano-sahélienne (Dédougou) a montré trois groupes également. Le groupe 1 représente les formations naturelles à savane arborée à

Xeroderris stuhlmannii (Taub.) Mendonça & Sousa à l'intérieur de la forêt classée de Toroba, le groupe 2, les savanes arbustives parcourues par les animaux domestiques (pâturages) et le groupe 3, les champs.

Dans la zone soudanienne et soudano-sahélienne, l'espèce ligneuse dominante dans les champs est *Vitellaria paradoxa*. Les pâturages sont dominées par les combrétacées (*Terminalia laxiflora* Engl., *Combretum glutinosum* Perr. ex DC., *Combretum micranthum* G. Don, *Combretum nigricans* Lepr. ex Guill. & Perr. et *Terminalia avicennioides* Guill. & Perr.) pour la strate arbustive et la strate herbacée est dominée par *Andropogon pseudapricus* Stapf et *Diheteropogon hagerupii* Hitchc associés à certaines espèces post-culturelles comme *Digitaria horizontalis* et *Eragrostis tremula* Hochst ex Steud.

On remarque que le regroupement des unités paysagères est similaire dans trois terroirs (Folonzo, Koumbia et Déougou) qui correspondent au domaine savanique et la végétation a réagi de la même façon face à l'anthropisation. Ainsi, un gradient anthropique peut se définir du moins au plus dégradé par formations naturelles – pâturages – les champs.

Dans la zone sahélienne (Djibo), trois paysages se distinguent également. Contrairement au domaine savanique, le regroupement des unités paysagères n'a pas suivi la même logique d'anthropisation. Le groupe 3 correspond aux champs, le groupe 4 à la steppe arbustive dégradé et le groupe 5 à la steppe arborée (formation naturelle). La plus grande diversité inter-sites a été observée dans les champs tandis que les autres unités paysagères (steppe arbustive et steppe arborée) semblent assez uniformes. En effet, les steppes se caractérisent à partir de *Acacia laeta* R.Br. ex Benth qui est l'espèce dominante. La différence entre les deux steppes a été le faciès de dégradation du à la pression humaine à travers le bétail.

V.1.3. Discussion

Intérêt de la richesse spécifique comme indicateur de la pression humaine et de variation pluviométrique

Dans le cadre de cette étude, le Sud humide a été moins riche en espèces floristiques que le Nord plus sec dans la zone climatique soudanienne. Ce même constat a été fait par Fournier (1991), en comparant la richesse de la flore de savanes le long d'un gradient climatique sud-nord de l'Afrique de l'Ouest, de Lamto en Côte d'Ivoire (au sud plus humide) à Nazinga au Burkina Faso (au nord plus sec). Les espèces ligneuses ont été plus nombreuses au nord plus sec qu'au sud plus humide. Cette différence s'expliquerait en partie par la violence du feu de brousse plus grande au sud parce que le tapis graminéen était plus développé. En effet, cette étude a montré une production de la biomasse herbacée plus importante au sud.

L'action humaine à travers la mise en culture des parcelles et le pâturage a eu un effet sur la biodiversité surtout celle des espèces herbacées. En effet, la richesse de la flore a été décroissante des champs vers les formations naturelles en passant par les pâturages.

Koita et Bobian (1999), dans l'étude de l'évolution des jachères, ont montré une croissance rapide de la diversité floristique pendant les premiers stades (1 à 3 ans), suivi d'une baisse. Cette croissance est surtout due aux adventices de cultures qui se maintiennent grâce à leur stock de graines et aux nouvelles conditions créées par les cultures. Avec le temps, les adventices sont remplacées par des graminées annuelles qui à leur tour sont remplacées par les graminées vivaces (Fournier *et al.*, 2001 ; Serpantié et Ouattara, 2001).

Dans le cadre de cette étude, le gradient anthropique champs, pâturages et formations naturelles pourrait se comparer à une succession post-culturale d'une jachère. En effet, la richesse spécifique le long du gradient anthropique ainsi déterminé suivait la même tendance que la succession post-culturale. Les champs ont été dominées par les adventices de cultures, les pâturages par les graminées annuelles et les formations naturelles par les graminées vivaces. La perturbation continue du milieu favorise l'émergence de plusieurs espèces herbacées. Ainsi, les milieux plus pâturés ont une richesse floristique plus importante que les milieux moins pâturés (Botoni/Liehoun *et al.*, 2006). L'élevage et l'agriculture ont eu un impact sur la biodiversité, mais celui de l'élevage semble être moindre. En effet, les champs subissent continuellement la pression humaine à travers le labour, le sarclage et l'utilisation des fertilisants et des produits phytosanitaires d'où l'importance de la richesse floristique herbacée dans ce milieu. Il faut noter que les zones de cultures en Afrique tropicale se présente comme des mosaïques de champs cultivés, de jachères à divers stades de reconstitution et de zones incultivables (Fournier *et al.*, 2001). Les zones d'études ont répondu parfaitement à cette description. Les pâturages ont été essentiellement des savanes arbustives sur des sols incultivables. A cause de la pression agricole les aires de parcours naturels des animaux ont été repoussée vers les zones impropre à l'agriculture, tel que les sols gravillonnaires, les affleurements de cuirasse latéritique et de roches granitoïdes (Botoni/Liehoun *et al.*, 2006).

La richesse spécifique peut être considérer comme un indicateur de la pression humaine (Mongo *et al.*, 2012 ; Linglart et Blandin, 2006). Elle varie en fonction de groupes taxonomiques étudiés. Ainsi Mongo *et al.* (2012), dans l'étude de l'impact anthropique sur la richesse, la diversité et la densité des rongeurs dans la réserve de Masako au nord-est de la République Démocratique du Congo, ont montré que la richesse et la diversité sont élevées en lisière et faible en forêt primaire. Des résultats similaires ont été obtenus par Akoudjin *et*

al. (2011) et Bouyer *et al.* (2007) pour les groupes d'insectes bioindicateurs de la famille des Nymphalidae et Cetoniinae dans la zone soudanienne de l'Afrique de l'Ouest. Cette richesse spécifique est favorisée par la théorie de la dégradation intermédiaire (Connell, 1978) dont Wilkinson (1999) a fait l'historique.

La biomasse herbacée contrairement à la richesse spécifique a été croissante des champs vers les formations naturelles le long des gradients anthropiques et du gradient climatique. La production de la biomasse herbacée est très liée aux paramètres climatiques, notamment à la disponibilité en eau (Cornet, 1981). Ceci expliquerait une production plus importante en zone sud-soudanienne plus humide. La mesure de la biomasse herbacée dans cette étude avait pour objectif d'étudier la différence pluviométrique entre les zones climatiques. Bien que les résultats obtenus aient montré qu'il y a une différence incontestable de production de la biomasse herbacée entre zones, ils sont loin de refléter la production primaire nette, car il est difficile d'estimer la productivité des écosystèmes sub-sahariens à partir de méthodes simples (Cornet, 1981). De plus, les sites sur lesquels, la biomasse herbacée a été mesurée n'ont pas été mis en défend, donc sujets aux prélèvements par broutage. La biomasse herbacée mesurée sur les parcelles cultivées a concerné uniquement les adventices et non les cultures.

CONCLUSION

L'étude de la typologie de la végétation des sites de suivi écologique a permis de caractériser sur le plan floristique les différents unités paysagères le long des gradients anthropiques et du gradient climatique à travers la richesse spécifique, la production de la biomasse herbacée et l'analyse factorielle des correspondances. Les paysages de la zone sahélienne se sont nettement détachés de ceux des zones soudanaises. On pourrait dire qu'il y a une différence entre les savanes et les steppes sahéliennes qui correspondent à deux domaines : le domaine savanique et le domaine sahélien. Egalement, les formations naturelles des forêts classées se sont nettement distinguées des champs et des pâturages par leur richesse spécifique et leur biomasse herbacée ainsi que par leur composition floristique. En effet, la richesse spécifique a été décroissante le long du gradient anthropique contrairement à la biomasse herbacée. Les pâturages se sont montrés comme étant des zones à dégradation intermédiaire entre les formations naturelles et les champs. Le regroupement des unités paysagères dans les terroirs s'est fait plutôt en fonction de l'anthropisation. On remarque une concordance parfaite entre les graphes de relevés floristiques de Folonzo (1100 mm), Koumbia (900 mm) et Dédougou (800 mm) ce qui montre que l'anthropisation a eu la même conséquence sur la végétation

dans ces trois zones indépendamment de la différence pluviométrique. L'effet de la pluviométrie n'est visible que sous l'isohyète 600 mm qui sépare deux systèmes biologiquement différent, la savane et la steppe sahélienne. En perspective, cette étude sera couplée à l'étude des insectes bioindicateurs pour déterminer des espèces indicatrices d'anthropisation et/ou de variation pluviométrique sur la végétation. La qualité d'indicateur des insectes frugivores de familles des Nymphalidae et des Cetoniinae de l'état écologique des paysages ruraux en Afrique de l'Ouest a été démontrée dans plusieurs études (Bouyer *et al.*, 2007 ; Akoudjin *et al.*, 2011). Ces études ont toujours combiné l'étude botanique avec l'étude entomologique, ce qui a permis de faire ressortir la relation étroite entre les groupements floristiques et les insectes bioindicateurs. Ainsi, l'étude botanique permettait de caractériser et faire la typologie des sites d'études et l'étude entomologique permettait de révéler le degré de perturbation de l'écosystème. Bien que la relation entre flore et insecte à travers plantes hôtes/espèces spécifiques soit établie (Monfort, 1992), le degré de perturbation peut avoir un effet négatif tout comme positif sur la communauté des insectes frugivores même si les plantes nourricières existent. De ce fait, l'utilisation des bioindicateurs se révèle être un outil aisément utilisable pour déterminer rapidement l'état de l'environnement.

SOUS-CHAPITRE V.2. VARIABILITE SPATIO-TEMPORELLE DES INSECTES FRUGIVORES COMME BIOINDICATEURS D'ANTHROPISSATION

Résumé

Dans les terroirs du Burkina Faso, l'occupation des terres envoisine 45 % ce qui a entraîné une profonde modification du paysage agraire. Il est urgent d'évaluer l'état de dégradation ou de conservation des écosystèmes du Burkina Faso face à cette pression humaine. Les insectes frugivores de la famille des Nymphalidae et Cetoniinae peuvent être utilisés comme un outil d'évaluation. Ainsi, leur variabilité spatio-temporelle a été mesurée le long des gradients anthropiques composés de trois paysages (formations naturelles, pâturages et champs). La richesse spécifique a été décroissante des formations naturelles vers les champs. La densité apparente par jour et par piège (DAP) calculée, donne 14 espèces ayant une $DAP > 1$. Elles sont réparties en 8 espèces dans le terroir de Folonzo, 9 espèces dans les terroirs de Koumbia et de Dédougou et 4 espèces dans celui de Djibo. L'Analyse de la composition principale en insectes des paysages a montré que la densité des Nymphalidae (papillons frugivores) a été plus importante dans les formations naturelles et celle des Cetoniinae (cétoines frugivores) l'a été dans les pâturages. Aucune espèce n'a été spécifique pour les champs en terme de densité. L'évaluation de l'état écologique des paysages agraires a montré que les formations naturelles sont les plus conservées et les champs les plus dégradées tandis que les pâturages présentent une dégradation intermédiaire entre les deux unités paysagères.

Mots clés : anthropisation, Nymphalidae, Cetoniinae, bioindicateurs, dégradation

INTRODUCTION

Les milieux ruraux du Burkina Faso ont été soumis à la pression humaine liée à la démographie galopante (INSD, 2008). En effet, l'occupation des terres avoisine de nos jours 45 %, entraînant une profonde modification du paysage agraire depuis des décennies (INSD, 2008). Cette forte occupation de terres a réduit les zones de parcours des animaux domestiques et avec l'insuffisance des terres, on assiste à une occupation illégale des forêts classées pour y pratiquer des activités agricoles (Nikiema *et al.*, 2001).

Face à cette pression humaine, il est urgent d'évaluer l'état de dégradation ou de conservation des unités paysagères des terroirs du Burkina Faso présentant une situation différenciée. L'un des outils d'évaluation est l'utilisation des insectes frugivores comme bioindicateurs. En effet, ils ont été utilisés pour mesurer l'état de l'environnement, anticiper des changements futurs et diagnostiquer des problèmes environnementaux (Bouyer *et al.*, 2007). Leur fiabilité en tant qu'indicateurs de l'état des écosystèmes et la définition d'un bon protocole de leur échantillonnage a été démontré (Bouyer *et al.*, 2007 et Akoudjin *et al.*, 2011). Dans la comparaison de deux paysages agraires d'un terroir soudanien au Burkina Faso, la densité et la diversité des insectes frugivores ont été plus influencées par la mise en culture des terres que par la pâture (Akoudjin *et al.*, 2011). Leur utilisation dans quatre terroirs du Burkina Faso permettra de comparer leurs réponses face à l'anthropisation dans les différentes zones.

L'utilisation des insectes frugivores pour comparer le mode d'utilisation des terres (champs, pâturages et forêts classées) dans quatre terroirs repartis le long d'un gradient climatique du Burkina Faso est une première. L'objectif de l'étude est de déterminer les espèces d'insectes frugivores répondant au mieux aux critères de bioindicateurs par zone climatique.

Dans la présente étude, nous analyserons la variabilité spatiale et temporelle de deux groupes d'insectes frugivores, afin d'identifier des espèces bioindicatrices d'anthropisation.

V.2.1. Matériel et méthodes

V.2.1.1. Sites d'étude

L'étude a été conduite dans quatre terroirs du Burkina Faso. Ainsi, les sites d'étude ont été : Folonzo dans la zone sud-soudanienne avec une pluviométrie moyenne de 1100 mm, Koumbia dans la partie Nord-soudanienne (900 mm de pluie par an), Dédougou (800 mm) dans la zone soudano-sahélienne et Djibo situé dans la zone sahélienne (500 mm).

V.2.1.2. Inventaire et piégeage

Les inventaires entomologiques ont été réalisés en début et fin de saison de pluies au cours de deux années dans chaque terroir. Des sites de piégeage des insectes ont été mis en place en fonction du mode d'utilisation des terres (forêts classées, champs et pâturages). Les pièges ont été disposés à des distances respectives de 500 m et ont été appâtés à la banane pour la capture des Nymphalidae et Cetoniinae.

V.2.1.3. Analyse de données

La richesse spécifique cumulée a été calculée pour tous les inventaires entomologiques et celle de chaque mode d'utilisation des terres a été déterminée. La densité apparente par jour et par piège (DAP) de chaque espèce a été calculée. La normalité de distribution des densités apparentes des espèces ayant une DAP supérieure ou égal à 1 a été vérifiée par le test de Kolmogorov-Smimov au seuil de signification de 5 %. Si la distribution des densités ne suit pas une loi normale, une analyse de variance (ANOVA) non paramétrique (Bartlett test) a été appliquée pour vérifier l'homogénéité sur l'ensemble des paysages également au seuil de signification de 5 %.

Une analyse de comparaisons des densités des insectes de chaque mode d'utilisation des terres a été faite avec le test de Wilcoxon.

L'analyse en composante principale a été faite pour les espèces ayant une DAP supérieure ou égal à 1.

Les indices de diversité de Shannon (H') ont été calculés pour le mode d'utilisation des terres pour vérifier la variation de la richesse spécifique.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

H' : indice de biodiversité de Shannon

i : une espèce du milieu d'étude

p_i : proportion d'une espèce i par rapport à toutes les espèces (S) du milieu et se calcule par n_i/N où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total c'est-à-dire le nombre total d'individus de toutes les espèces.

V.2.2. Résultats

V.2.2.1. Evolution de la richesse spécifique au cours des inventaires entomologiques et par mode d'utilisation des terres

Dans l'ensemble, la richesse spécifique a été croissante au cours des inventaires pour devenir constante à partir du troisième inventaire. La majeure partie des espèces présentes dans les sites a ainsi été capturée durant les 4 inventaires réalisés. L'évolution de la richesse spécifique au cours des inventaires a été en fonction du terroir et du mode d'utilisation des terres (figure 15).

A Folonzo, dans la zone sud-soudanienne, la plus grande richesse spécifique a été observée dans la forêt classée par rapport aux champs et pâturages. L'évolution de la richesse spécifique est devenue constante à partir du troisième inventaire dans la forêt classée, alors qu'elle a été croissante dans les champs et pâturages au cours des quatre inventaires. Cette évolution a été influencée par le flux migratoire des espèces de Nymphalidae et de Cetoniinae entre la forêt classée et les autres paysages et par l'existence des îlots de végétations naturelles dans les champs et pâtures.

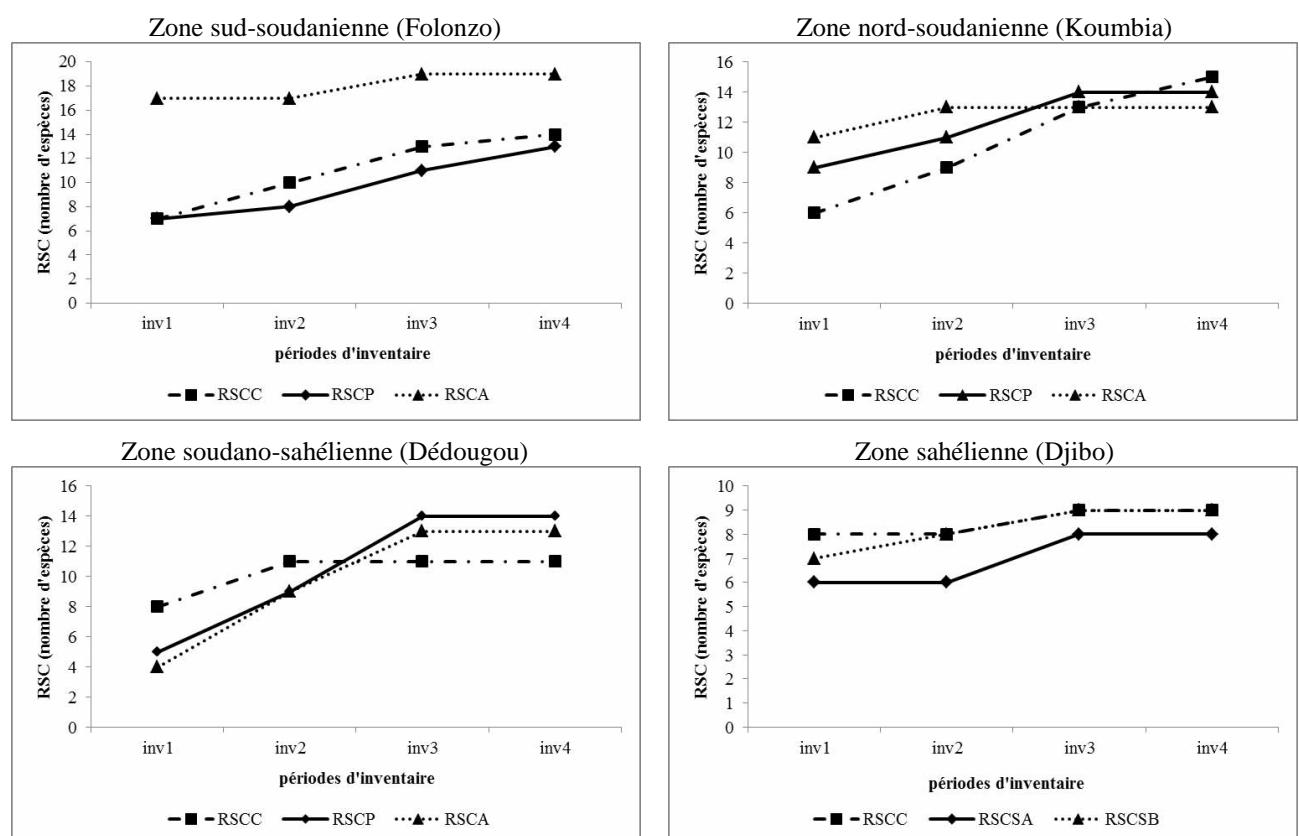


Figure 15 : Evolution de la richesse spécifique cumulée des insectes au cours des inventaires

A Koumbia, la richesse spécifique a atteint son maximum dans la forêt classée à partir du deuxième inventaire et dans les pâturages à partir du troisième. Par contre dans les champs, elle a été croissante durant les quatre inventaires. Il faut noter que la richesse spécifique a été supérieure dans la forêt classée par rapport aux autres paysages durant les deux premiers inventaires et est devenue inférieure au cours du quatrième inventaire.

La diversité spécifique à Dédougou a été également croissante au cours des inventaires entomologiques et est devenue constante à partir du troisième inventaire dans la forêt classée et les pâturages et à partir du deuxième inventaire dans les champs. La plus grande richesse spécifique a été observée dans les pâturages.

A Djibo, la richesse spécifique a été croissante et est devenue constante à partir du troisième inventaire pour tous les paysages. La steppe arborée et les champs ont eu une plus grande diversité spécifique que la steppe arbustive.

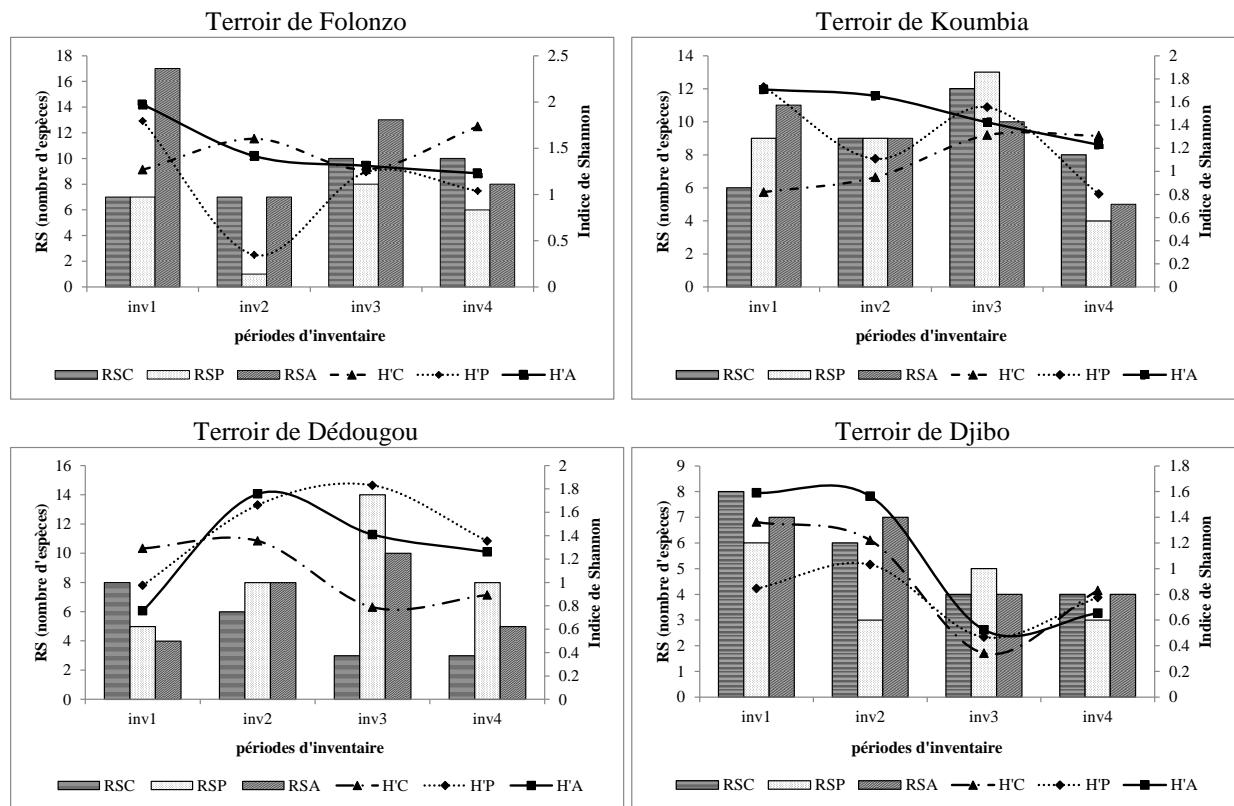
V.2.2.2. Evolution spatio-temporelle de la richesse spécifique des insectes frugivores par terroir

La richesse spécifique par terroir a varié d'un inventaire à l'autre. Les diversités les plus élevées ont été observées au cours des inventaires menées en début de saison des pluies dans tous les terroirs (figure 16).

On remarque une grande variabilité intra-inventaire de la richesse spécifique dans tous les terroirs et pour le mode d'utilisation des terres définis (paysages). En effet, les indices de diversité de Shannon (H') calculés pour chaque paysage ont varié fortement d'un inventaire à l'autre. L'évolution spatiale de la richesse spécifique entre les paysages a montré une décroissance de la diversité des forêts classées vers les champs à Folonzo et Koumbia pour le premier inventaire entomologique et à Dédougou et Djibo pour le deuxième inventaire. Les troisième et quatrième inventaires n'ont pas montré une tendance évolutive de la richesse spécifique d'un paysage vers un autre dans tous les terroirs. On note toutefois que l'indice de Shannon a été la plupart du temps plus élevé dans les forêts classées, avec quelques exceptions au niveau des lisières.

La variabilité de la richesse spécifique intra-paysage a été grande et cela a été traduit également par une forte variabilité intra-paysage de l'indice de Shannon.

On a constaté une réduction de la richesse spécifique et de l'indice de Shannon au cours du temps dans les 4 terroirs au niveau des forêts classées, à l'exception du terroir de Dédougou. Cela n'a pas été observé au niveau des autres paysages.



Légende : RS = richesse spécifique, RSC = RS des champs, RSP = RS des pâtures, RSA = RS des forêts classées, H'C = indice de Shannon des champs, H'P = indice de Shannon des pâtures, H'A = indice de Shannon des forêts classées, inv1 = 1^{er} inventaire, inv2 = 2^{ème} inventaire, inv3 = 3^{ème} inventaire et inv4 = 4^{ème} inventaire.

Figure 16 : Evolution spatio-temporelle de la richesse spécifique et de l'indice de Shannon par terroir

V.2.2.3. Densité moyenne ou DAP des insectes frugivores par terroir

La densité apparente par jour et par piège (DAP) des espèces a été calculée. Ainsi, 14 espèces ont une DAP > 1. Elles sont réparties en 8 espèces dans le terroir de Folonzo, 9 espèces dans les terroirs de Koumbia et de Dédougou et 4 espèces dans le terroir de Djibo (tableau 7).

Charaxes epijasius et *Pachnoda marginata* sont les espèces qui ont eu une DAP > 1 dans tous les paysages de tous les terroirs à l'exception du terroir de Djibo où la DAP > 1 de *P. marginata* a été enregistrée uniquement dans la zone de cultures. La majorité des espèces ayant une DAP > 1 a été enregistrée dans les forêts classées.

Les espèces ayant une DAP > 1 ont été retenues pour l'analyse en composante principale des paysages des terroirs.

Tableau 7 : Listes des espèces ayant une DAP > 1 par paysage et terroir

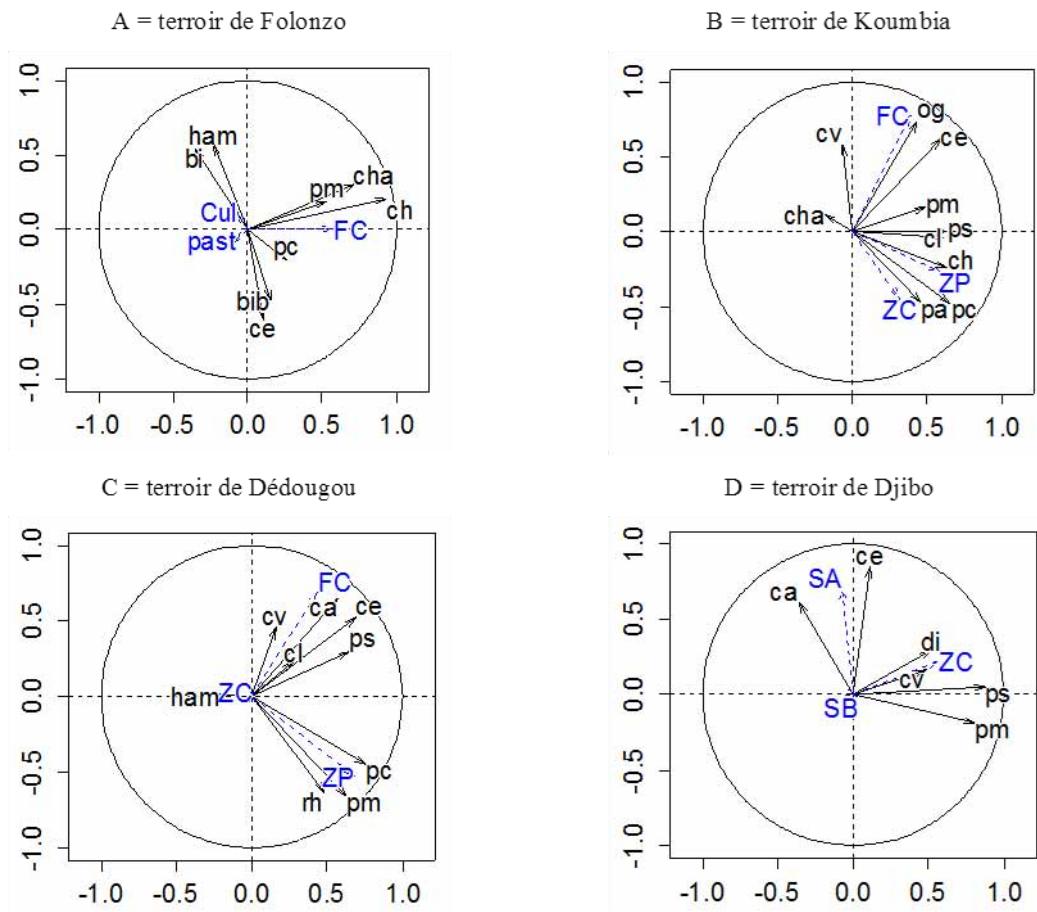
Espèces ayant une DAP > 1	Folonzo	Koumbia	Dédougou	Djibo
<i>Charaxes jasius epijasius</i> (Reiche, 1850)	FC, ZP, ZC	FC, ZP, ZC	FC, ZP, ZC	SA, SB, ZC
<i>Pachnoda cplx. marginata marginata</i> (Drury, 1773)	FC, ZP, ZC	FC, ZP, ZC	FC, ZP, ZC	ZC
<i>Pachnoda cplx. cordata cordata</i> (Drury, 1773)	FC, ZC	FC, ZP, ZC	FC, ZP	
<i>Chondrorhina abbreviata</i> (Fabricius, 1801)	FC	FC, ZP, ZC		
<i>Chlorocala africana africana</i> (Drury, 1773)	FC	FC		
<i>Bicyclus pavonis</i> (Butler, 1876)	FC, ZP, ZC			
<i>Byblia anvatara crameri</i> (Aurivillius, 1894)	FC, ZP			
<i>Hamanumida daedalus</i> Fabricius, 1775	ZC		FC, ZP	
<i>Polybaphe sanguineolenta</i> (Olivier, 1789)		FC, ZP, ZC	FC	SA, SB, ZC
<i>Charadronota cplx. quadrisignata</i> (Gory & Percheron, 1833)		ZP	FC, ZP	
<i>Charaxes viola viola</i> (Butler, 1866)		FC, ZP	FC	
<i>Oxythyrea guttifera</i> (Afzelius, 1817)		FC		
<i>Charaxes achamenes atlentica</i> (van Someren, 1970)			FC, ZP	SA, SB, ZC
<i>Rhabdotis sobrina virginea</i> (Klug, 1855)			ZP	
Nombre d'espèces = 14	8	9	9	4

Légende : FC = formations naturelles ; ZP = pâturages ; ZC = champs ; SA = steppe arbustive ; SB = steppe arborée

V.2.2.4. Espèces d'insectes frugivores indicatrices des paysages par terroir

L'analyse en composante principale des densités des espèces de Nymphalidae et Cetoniinae en fonction des paysages a montré les espèces indicatrices de différents paysages (figure 17). Dans le domaine soudanien (les terroirs de Folonzo, Koumbia et Dédougou), les forêts classées ont abrité une densité plus importante des Nymphalidae comme *C. epijasius*, *C. achamenes* et *C. viola* et les pâturages ont abrité au contraire les Cetoniinae (*P. marginata*, *P. cordata* et *P. aequinotalis*). Dans les champs, aucune espèce ne se distingue de façon particulière par sa densité. En somme, la densité des Nymphalidae (papillons frugivores) a été plus importante dans les forêts classées et celle des Cetoniinae (cétoines frugivores) l'a été dans les pâturages.

La composition en insectes des paysages dans la zone sahélienne n'a pas suivi la même tendance que dans les autres zones (zones savanicoles). En effet, la densité en Cetoniinae (*P. marginata*, *D. gagates*) a été plus importante dans les champs par rapport à celle des Nymphalidae (*C. achamenes*, *C. epijasius*) qui l'a été dans la steppe arbustive.



Légende : les paysages : FC = formations naturelles ; ZP = pâturages ; ZC = champs ; SA = steppes arbustives ; SB = steppes arborées ; les Nymphalidae : ca = *C. achamenes* ; ce = *C. epijasius* ; cv = *C. viola* ; bi = *Bicyclus pavonis* ; bib = *Byblia anvatara* ; ham = *Hamanumida daedalus* ; les Cetoniinae : pc = *P. cordata* ; pm = *P. marginata* ; rh = *Rhabdotis sobrina* ; di = *Diplognatha gagates* ; ps = *Polybaphes sanguineolenta* ; cl = *Charadronota quadrisignata* ; ch = *Chlorocala africana* ; cha = *Chondrorhina abbreviata* ; pa = *Polybaphes aequinoctalis* ; og = *Oxythyrea guttifera*.

Figure 17 : Espèces indicatrices des paysages des terroirs

V.2.2.5. Espèces bioindicatrices d'anthropisation par terroir

La distribution des densités des insectes a été vérifiée et elle suit une loi normale avec un seuil de significativité de 0,05. La comparaison des paysages deux à deux de la variabilité spatiale des densités des insectes a fait ressortir des espèces ayant une densité significative par paysage (tableau 8).

Les espèces de Nymphalidae ont été celles qui ont eu une densité significativement élevée dans les forêts classées par rapport aux autres paysages et les espèces de cétoine ont présenté une densité significativement plus importante dans les pâturages. Aucune espèce n'a eu une densité significativement plus importante dans les champs par rapport aux autres paysages.

Tableau 8 : Liste des espèces indicatrices ayant une densité significative par paysage

Espèces	Terroir	Paysages indiqués	P. value
<i>B. pavonis</i>	Folonzo	Formations naturelles	0.006372**
<i>C. epijasius</i>	Folonzo	Formations naturelles	0.02424*
	Djibo	Formations naturelles	0.03303*
<i>C. viola</i>	Koumbia	Formations naturelles	0.0004261***
	Dédougou	Formations naturelles	0.006058**
<i>C. achamenes</i>	Dédougou	Formations naturelles	0.001439*
	Djibo	Steppe arbustive	0.01166*
<i>P. cordata</i>	Koumbia	pâturages	0.01554*
	Dédougou	pâturages	0.047*
<i>P. marginata</i>	Koumbia	pâturages	0.00655**
	Dédougou	pâturages	0.01049*

Code de signification = '***' p<0.001 ; '**' p<0.01 ; '*' p<0.05

Ainsi, les espèces de Nymphalidae ayant eu des densités significativement importantes dans les forêts classées sont *C. epijasius* et *B. pavonis* à Folonzo, *C. viola* à Koumbia et Dédougou, *C. achamenes* à Dédougou. Les espèces de Cetoniinae ayant eu des densités importantes dans les pâturages sont *P. cordata* et *P. marginata* à Koumbia et Dédougou. A Folonzo, aucune espèce n'a eu une densité significativement importante dans les autres paysages hors mis la forêt classée de la Comoé-Léraba.

Dans le terroir de Folonzo, deux espèces ont eu des densités significativement plus importante dans la forêt classée (*C. epijasius* et *B. pavonis*) indiquant ainsi un milieu conservé.

Dans le terroir de Koumbia et de Dédougou, *P. cordata* et *P. marginata* ont eu des densités significativement plus élevées dans les pâturages, indiquant ainsi l'activité humaine liée à l'élevage. Le fait qu'aucune espèce n'a eu une densité significativement élevée dans les champs montre que l'activité culturelle a un effet néfaste sur la diversité et la densité des insectes frugivores de la famille de Nymphalidae et de Cetoniinae.

V.2.3. Discussion

V.2.3.1. Qualité des insectes Nymphalidae et Cetoniinae comme bioindicateur d'anthropisation

Les espèces de Nymphalidae et de Cetoniinae ont montré une richesse spécifique variable d'un paysage à l'autre et d'un terroir à l'autre. En effet, la richesse spécifique la plus importante a été observée dans les forêts classées. Des études ont montré que les aires protégées abritent plus de diversité biologique (Bouyer *et al.*, 2007). Néanmoins, certaines perturbations de l'écosystème peuvent entraîner la prolifération de certaines espèces

(Connell, 1978). C'est le constat fait dans les pâturages avec des densités importantes d'espèces comme *P. marginata* et *P. cordata*. Ces observations ont été faites dans la zone soudanienne par Bouyer *et al.* (2007) et Akoudjin *et al.* (2011).

Les Nymphalidae ont plus de préférence écologique pour la savane arborée à l'intérieur des forêts classées. En effet, au niveau des forêts classées, c'est celle de la réserve faunique Comoé-Léraba qui a enregistré les plus fortes densités en Nymphalidae. Ceci est lié à la taille de la réserve faunique Comoé-Léraba et son état écologique apparemment plus saint.

V.2.3.2. Etat écologique des paysages des terroirs

Les résultats obtenus sur la densité et la diversité des insectes par paysage montrent que les forêts classées abritent en terme de quantité et de qualité, plus d'espèces de Nymphalidae. Ces paysages répondent ainsi, à un degré de conservation écologique satisfaisant par rapport aux champs et pâturages. En effet, les aires écologiquement saines présentent une diversité et une densité importante en Nymphalidae (Cleary *et al.*, 2004 ; Bobo *et al.*, 2006 ; Bouyer *et al.*, 2007 ; Sundufu et Dumbuya, 2008;).

Les pâturages se présentent comme une aire à dégradation intermédiaire entre les champs et les forêts classées. Elles ont enregistré une forte densité en Cetoniinae. Ces derniers ont été utilisés comme indicateurs biologique de dégradation des écosystèmes (Harvey *et al.*, 2008 ; Woodcock, 2008). En effet, ce groupe d'insecte réagit positivement à la pâture dans la zone savanique (Bouyer *et al.*, 2007 ; Akoudjin *et al.*, 2011), et à la mise en place des palmeraies dans la zone forestière (Touroult et Le Gall, 2012).

Les champs ont une densité et une diversité faible des deux groupes d'insectes. Incontestablement ces zones ont un état écologique fragile, surtout dans les zones à forte culture de coton à cause de l'utilisation intensive des produits phytosanitaires (Gomgnimbou *et al.*, 2010).

CONCLUSION

L'anthropisation a un effet sur la biodiversité des Nymphalidae et des Cetoniinae, ce qui fait de ces groupes d'insectes des bioindicateurs de l'action humaine à travers les activités agricoles. Ainsi, les Nymphalidae indiquent plus un milieu conservé à travers leur diversité et leur densité alors que les Cetoniinae indiquent une dégradation intermédiaire entre les champs et forêts classées. La diversité et la densité des insectes ont permis de trouver un

profil de dégradation qui va du plus au moins dégradé c'est-à-dire des champs vers les forêts classées.

L'utilisation de ces deux groupes d'insectes est aisée comme outil d'évaluation de l'état écologique des paysages ruraux en Afrique de l'Ouest sous influence agricole. Il est facile de les échantillonner, identifier et de suivre leur évolution.

Ils pourraient être des potentiels indicateurs de changements globaux. Les prospections seront menées dans ce sens.

CHAPITRE VI : UTILISATION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE DES INSECTES COMME INDICATEUR DE VARIATION CLIMATIQUE

SOUS-CHAPITRE VI.1. NYMPHALIDAE ET CETONIINAE INSECTES FRUGIVORES COMME BIOINDICATEURS DE VARIATION CLIMATIQUE LE LONG D'UN GRADIENT D'ARIDITE SUD-NORD DU BURKINA FASO

Résumé:

Les changements environnementaux se résument à l'action de l'homme sur l'environnement qui est bien sûr amplifiée par le changement climatique. Ainsi, la gestion de l'environnement pour un développement durable est devenue primordiale. Pour le suivi de l'environnement, plusieurs outils se présentent, mais la recherche d'outil le mieux adapté et à moindre coût est souhaitable pour une population rurale en Afrique subsaharienne généralement pauvre. L'un des outils est l'utilisation de deux groupes d'insectes Nymphalides et Cétoines comme indicateur biologique. L'étude a été menée au Burkina Faso en Afrique de l'Ouest, le long d'un gradient climatique. L'objectif est de déterminer des espèces indicatrices de variation climatique. Les résultats montrent que la richesse spécifique est décroissance le long du gradient climatique du plus humide au plus sec. L'Analyse Triadique Partielle (ATP) a montré que la dégradation de la végétation a le même effet que l'aridité sur la densité des insectes. En effet, la variation spatio-temporelle de la densité des insectes est corrélée au climat et à l'anthropisation. Les densités de deux espèces d'insectes ayant le meilleur taux de contribution dans l'ATP ont été croisées. Le résultat montre que les 2 espèces *C. achaemenes* et *C. abbreviata* subissent le même effet de l'anthropisation et un effet contraire du climat. En effet, *C. abbreviata* est favorisée par un climat plus humide et *C. achaemenes* par un climat plus sec, tandis que l'anthropisation a un effet négatif sur leurs densités. On pourrait suivre la densité de ces deux espèces sur le long terme pour comprendre l'évolution du climat.

Mots clés : environnement, variation climatique, bioindicateur, Nymphalida, Cetoniinae

INTRODUCTION

Le changement climatique se manifeste partout dans le monde. L'Afrique subsaharienne semble être la plus touchée (GIEC, 2001). La gestion de l'environnement pour un développement durable dans cette partie du monde est cruciale. Elle se pose en terme de : (1) comment exploiter l'environnement sans affecter les services écosystémiques ? (2) quelles sont les pratiques agricoles non nuisibles à la biodiversité ? (3) comment mettre en place des indicateurs de suivi de la santé de l'écosystème ?

Pour le contrôle de l'environnement, plusieurs indicateurs ont été testés, mais un indicateur à faible coût d'usage aisé est souhaitable. L'un des indicateurs est l'utilisation de deux groupes d'insectes comme indicateurs biologiques : les Nymphalidae et Cetoniinae parce qu'ils sont facilement capturables et identifiables et leurs potentialités comme indicateur d'anthropisation démontrées (Fermon *et al.*, 2000 ; Fermon *et al.*, 2001 ; Bobo *et al.*, 2006 ; Bouyer *et al.*, 2007 ; Sundufu et Doumbouya 2008 ; Akoudjin *et al.*, 2011 ; Touroult et Le Gall, 2012).

La modification de l'habitat affecte considérablement l'abondance et la richesse spécifique des insectes frugivores et les espèces rares ou endémiques se retrouvent dans les zones conservées (Fermon *et al.*, 2000). L'abondance et la richesse spécifique des papillons ont été plus importantes dans les paysages à dégradation intermédiaire comme les forêts secondaires et les zones agro-forestières que dans les forêts primaires et les zones de cultures annuelles (Fermon *et al.*, 2000 ; Bobo *et al.*, 2006). En zone de savanes, la communauté des Nymphalidae a la même répartition entre les zones conservées, de pâtures et de cultures (Bouyer *et al.*, 2007). La densité des espèces a été plus importante dans la zone de pâtures que dans la zone conservée et la zone de cultures, mais la richesse spécifique a été plus importante dans la zone conservée (Bouyer *et al.*, 2007). C'est la théorie de la dégradation intermédiaire de Connell (1978), confirmée dans de nombreuses études (Bouyer *et al.*, 2007 ; Akoudjin *et al.*, 2011 ; Schüepp *et al.*, 2012). L'utilisation simultanée des deux groupes d'insectes comme bioindicateurs (Bouyer *et al.*, 2007) donne un score de 23 sur 24 selon les critères de Brown (1991) ce qui fait d'eux d'excellents indicateurs biologiques.

L'utilisation des Nymphalidae et Cetoniinae comme bioindicateurs d'anthropisation en Afrique a été en effet confirmée. Cependant, leurs potentialités comme bioindicateurs de variation climatique dans la région n'ont pas encore été testées. C'est ce que cette étude, se propose de faire en utilisant la variation spatio-temporelle de la densité et de la richesse des Nymphalidae et Cetoniinae le long d'un gradient climatique pour vérifier leur potentiel indicateur de variation climatique.

VI.1.1. Matériel et méthodes

VI.1.1.1. Zone d'étude

La zone d'étude a été localisée le long d'un gradient climatique entre 10 et 15 degré Nord. Quatre zones climatiques ont été identifiées le long du gradient : sud-soudanienne (1100 mm) ; nord-soudanienne (900 mm) ; soudano-sahélienne (800 mm) et sahélienne (500 mm) au Burkina Faso.

VI.1.1.2. Inventaires entomologiques

Les inventaires entomologiques ont été réalisés le long du gradient climatique en début et fin de saison de pluie au cours de deux années. Ainsi, huit inventaires entomologiques ont été réalisés dont deux inventaires par zone climatique.

VI.1.1.3. Traitements et analyses des données

La richesse spécifique le long du gradient climatique a été déterminée et les indices de similitude de Sørensen (1948) et de diversité de Shannon ont été calculés. La densité apparente par jour et par piège (DAP) de chaque espèce a été déterminée. Les espèces présentant une $DAP > 1$ et répondant au mieux aux critères d'évaluation de Brown (1991) ont été retenues pour l'Analyse Triadique Partielle (ATP).

L'analyse a été faite en trois étapes :

- l'interstructure, qui a consisté à centrer et réduire les données par inventaire et par variable en fonction des unités paysagères (champs, pâturages et formations naturelles) ;
- le compromis, qui était la solution pour comparer les ACP des tableaux de chacune des inventaires entomologiques ;
- l'intrastructure, qui a permis de représenter les unités paysagères en fonction des variables (faune entomologique) et des périodes d'inventaires.

Les unités paysagères ont été classés en groupes similaires à l'aide d'une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) basée sur la distance de Ward qui vise à maximiser l'inertie inter-classe.

VI.1.2. Résultats

VI.1.2.1. Richesse spécifique des insectes frugivores le long du gradient climatique

Les espèces indiquées dans le tableau 9 sont des espèces frugivores capturées exclusivement aux pièges à banane et celles qui ont été déterminées. Au total 28 espèces ont été déterminées sur 35 espèces capturées soit un taux de 80 % de détermination. 14 espèces de Nymphalidae et 14 espèces de Cetoniinae ont été ainsi déterminées. Les spécimens non déterminés sont exclusivement des espèces de Cetoniinae. Douze espèces ont une large distribution, soit cinq espèces de Nymphalidae et sept espèces de Cetoniinae. On les a retrouvées dans les quatre zones climatiques. *Charadronota quadrisignata* (Gory et Percheron, 1833) et *Chondrorhina abbreviata* (Fabricius, 1801) sont des espèces typiques du domaine savanicole, par contre *Pachnoda interrupta* (Olivier, 1789) est une espèce sahélienne.

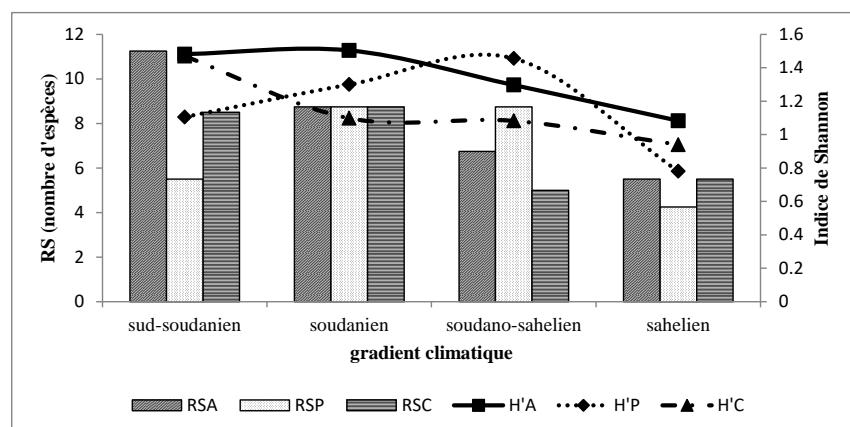
Tableau 9 : Liste des espèces piégées et leurs habitats dans les différentes zones climatiques

Familles	Genres	Espèces	Habitats	climats
Nymphalidae	<i>Byblia</i>	<i>anvatara crameri</i> (Aurivillius, 1894)	savane arborée	soudanien
	<i>Bicyclus</i>	<i>pavonis</i> (Butler, 1876)	savane arborée	soudanien
	<i>Charaxes</i>	<i>achemenes atlentica</i> (van Someren, 1970)	savanes, champs	les quatre
	<i>Charaxes</i>	<i>bouetti</i> (Feisthamel, 1850)	savane arborée	sud-soudanien
	<i>Charaxes</i>	<i>brutus brutus</i> (Cramer 1779)	savane arborée	sud-soudanien
	<i>Charaxes</i>	<i>castor castor</i> (Cramer, 1775)	savane arborée	sud-soudanien
	<i>Charaxes</i>	<i>jasius epijasius</i> (Reiche, 1850)	savanes, champs	les quatre
	<i>Charaxes</i>	<i>tiridates tiridates</i> (Cramer, 1777)	savane arborée	sud-soudanien
	<i>Charaxes</i>	<i>viola viola</i> (Butler, 1866)	savanes, champs	les quatre
	<i>Charaxes</i>	<i>varanes vologedes</i> (Mabille, 1876)	savanes	les quatre
	<i>Charaxes</i>	<i>lactetintus lactetintus</i> (Karsch, 1892)	savane arborée	sud-soudanien
	<i>Charaxes</i>	<i>northcotti</i> (Rothschild, 1899)	savane arborée	sud-soudanien
Hamanumida	<i>daedalus</i> Fabricius, 1775		savanes, champs	les quatre
	<i>Melanitis</i>	<i>leda</i> (Linneaus, 1758)	savane arborée	soudanien
Cetoneinae	<i>Charadronota</i>	<i>quadrisignata</i> (Gory & Percheron, 1833)	savanes	soudanien et soudano-sahélien
	<i>Chlorocala</i>	<i>africana africana</i> (Drury, 1773)	galerie forestière	soudanienne
	<i>Chlorocala</i>	<i>guerini</i> (Janson, 1888)	savanes	soudanien
	<i>Chondrorhina</i>	<i>abbreviata</i> (Fabricius, 1801)	savanes	soudanien et soudano-sahélien
	<i>Diplognata</i>	<i>gagates</i> (Forester, 1771)	savanes	les quatre
	<i>Oxythyrea</i>	<i>guttifera</i> (Afzelius, 1817)	savanes, champs	les quatre
	<i>Pachnoda</i>	<i>cordata cordata</i> (Drury, 1773)	savanes, champs	les quatre
	<i>Pachnoda</i>	<i>marginata marginata</i> (Drury, 1773)	savanes, champs	les quatre
	<i>Pachnoda</i>	<i>Interrupta</i> (Olivier, 1789)	steppes	Sahélien
	<i>Polybaphes</i>	<i>balteata aequinoctalis</i> (Olivier, 1789)	savanes, champs	les quatre
	<i>Polybaphes</i>	<i>sanguineolenta</i> (Olivier, 1789)	savanes, champs	les quatre
	<i>Plaesiorrhinella</i>	<i>cinctuta</i> (Voet, 1779)	savane arborée	sud-soudanien
	<i>Rhabdotis</i>	<i>sobrina virginea</i> (Klug, 1855)	savanes, champs	les quatre
	<i>Stephanorrhina</i>	<i>guttata guttata</i> (Olivier, 1789)	galerie forestière	soudanien

VI.1.2.2. Evolution de la richesse spécifique des insectes frugivores le long du gradient climatique

La figure 18 montre l'évolution de la richesse spécifique des insectes frugivores le long du gradient climatique. La diversité totale qui est la somme de la diversité des Nymphalidae et des Cetoniinae a été plus importante dans la zone sud-soudanienne plus humide que dans les autres zones, notamment dans les formations naturelles.

La richesse spécifique le long du gradient a été décroissante du climat plus humide vers le climat plus sec. L'indice de diversité de Shannon calculé a été également décroissant le long du gradient climatique. Les indices de similitude de Sorensen et Jaccard calculés entre les zones ont montré en effet une décroissance des indices du climat humide vers le climat sec. Le plus fort coefficient de similitude observé a été celui calculé entre la zone climatique soudano-sahélienne et sahélienne (tableau 10).



Légende : RS = richesse spécifique, RSC = RS des champs, RSP = RS des pâturages, RSA = RS des formations naturelles, H'C = indice de Shannon des champs, H'P = indice de Shannon des pâturages, H'A = indice de Shannon des formations naturelles

Figure 18 : Evolution de la richesse spécifique le long du gradient climatique

Tableau 10: Coefficient de similitude de Sorensen (1948) et de Jaccard (1901) en pourcentage entre les zones climatiques pour la richesse spécifique en Nymphalidae et Cetoniinae

climat	Sud-soudanien	Nord-soudanien	Soudano-sahélien	Sahélien
<i>Coefficient de similitude de Sorensen</i>				
Sud-soudanien	100			
Soudanien	83	100		
Soudano-sahélien	65	82	100	
Sahélien	56	73	89	100
<i>Coefficient de similitude de Jaccard</i>				
Sud-soudanien	100			
Soudanien	70	100		
Soudano-sahélien	48	70	100	
Sahélien	39	57	80	100

VI.1.2.3. Fréquence de capture des insectes frugivores le long du gradient climatique et choix d'espèces indicatrices de variation climatique

La figure 19 montre la fréquence de capture des espèces d'insectes frugivores de la famille de Nymphalidae et de Cetoniinae le long du gradient climatique. Sur vingt-trois espèces prises en compte seulement huit espèces ont eu des fréquences de capture supérieures ou égales à 20 %. *C. epijasius* a été la seule espèce avec une fréquence supérieure à 70 %. C'est une espèce à large distribution géographique et qu'on retrouve dans tous les paysages.

Les huit espèces à fréquence de capture égale ou supérieure à 20 % ont été retenues pour l'analyse triadique partielle.

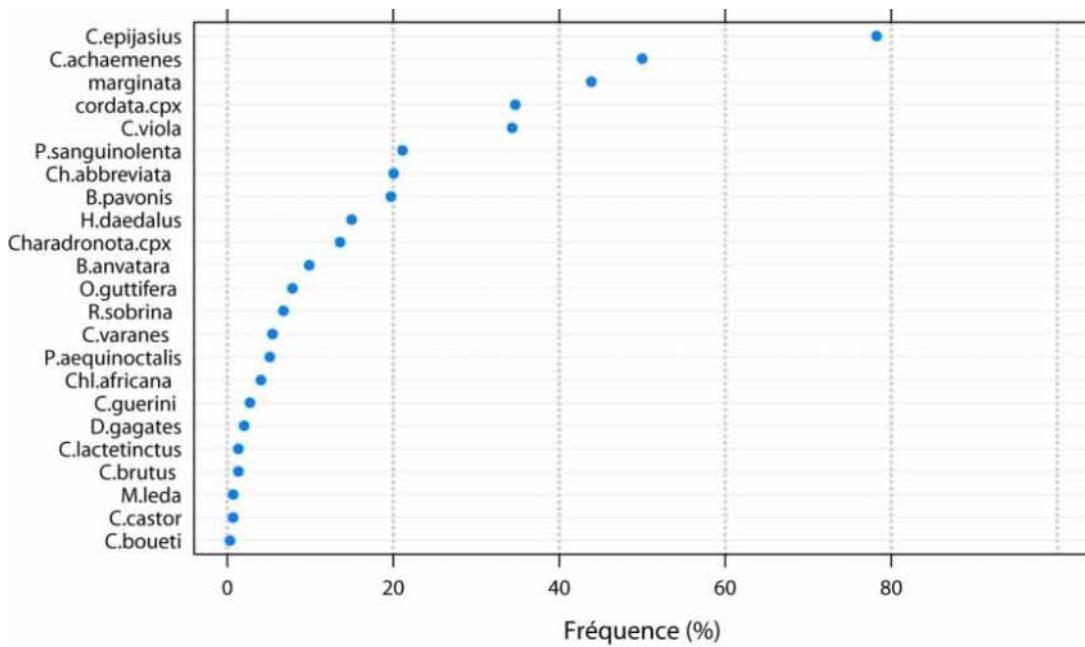


Figure 19 : Fréquence de capture des espèces d'insectes

VI.1.2.4. Espèces indicatrices des zones climatiques le long du gradient

L'analyse triadique partielle (ATP) a permis d'obtenir un regroupement des espèces d'insectes frugivores en fonction de leur densité et de leur variabilité le long du gradient climatique. Ainsi, les espèces les plus représentatives de chaque zone climatique se retrouvent ensemble (figure 20). La zone sud-soudanienne plus humide est indiquée par *B. pavonis*. La zone soudanienne est plus indiquée par deux espèces *C. viola* et *C. abbreviata*. La zone sahélienne et soudano-sahélienne sont particulièrement indiquées par *C. epijasius* et *C. achamenes*.

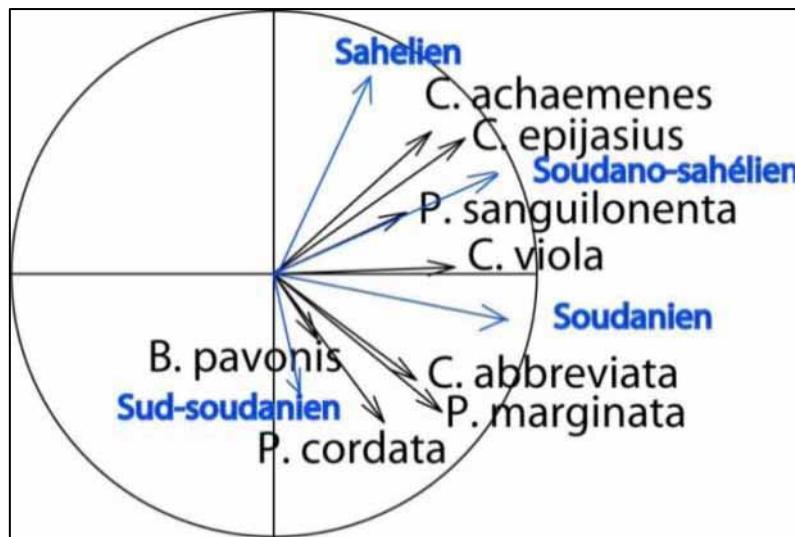
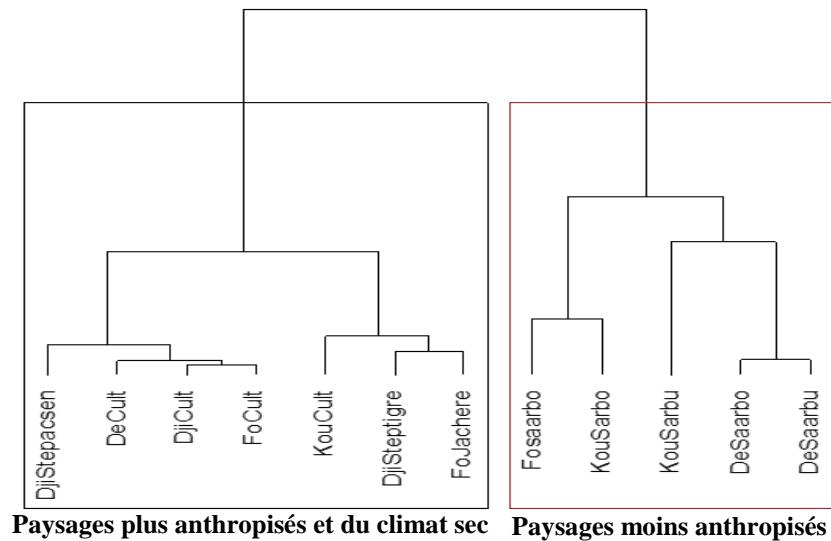


Figure 20 : Espèces indicatrices d'une zone climatique

VI.1.2.5. Typologie des paysages en fonction de la densité des insectes le long du gradient climatique

La figure 21 est une classification ascendante hiérarchique (CAH) des paysages le long du gradient climatique. Elle est générée à partir des densités des espèces retenues comme indicateurs biologiques. Au niveau de la CAH, la branche de gauche regroupe les paysages des zones sèches (les steppes) et les paysages les plus anthropisés (champs) et celle de droite regroupe les zones humides et les paysages les moins anthropisés (formations naturelles des aires protégées et les savanes arbustives des pâturages).

Il ressort une interaction entre la pratique humaine et le climat. L'anthropisation semble avoir le même effet sur les bioindicateurs que l'aridité, ce qui explique le regroupement des champs avec les steppes de la zone aride. En effet, le défrichement de la végétation pour la mise en culture fait disparaître certaines espèces végétales et ouvre le milieu, de manière similaire à l'aridité du climat en ce qui concerne la physionomie de la végétation.



Légende : KouSarbo = formations naturelles à Koumbia, KouSarbu = pâturage à Koumbia, KouCult = champs à Koumbia, Fosaarbo = formations naturelles à Folonzo, FoCult = champs à Folonzo, FoJachere = pâturage à Folonzo, DeSaarbo = formations naturelles à Dé dougou, DeSaarbu = pâturage à Dé dougou, DeCult = champs à Dé dougou, DjSteptigre = Steppe arbustive à Djibo, DjStepacsen = steppe arborée à Djibo et DjCult = champ à Djibo

Figure 21 : Classification ascendante hiérarchique des paysages le long du gradient climatique

VI.1.2.6. Contribution de la densité des espèces indicatrices dans la classification des paysages le long du gradient climatique choix de meilleurs indicateurs de variation climatique

Les espèces ont été classées en fonction de leur contribution dans la classification paysagère le long du gradient climatique. Celles qui interviennent plus sont *C. abbreviata*, *C. viola* et *C. achaemenes* avec un poids supérieur à 0,30 et un Cos^2 supérieur 0,6 (figure 22). Ces espèces se présentent comme ayant les plus fortes valeurs typologiques pour mesurer les impacts de l'homme et du climat sur l'écosystème. Ainsi, une espèce de Nymphalidae (*C. achaemenes*) et une espèce de cetoniinae (*C. abbreviata*) ont été choisies comme les meilleures indicatrices de variation climatique.

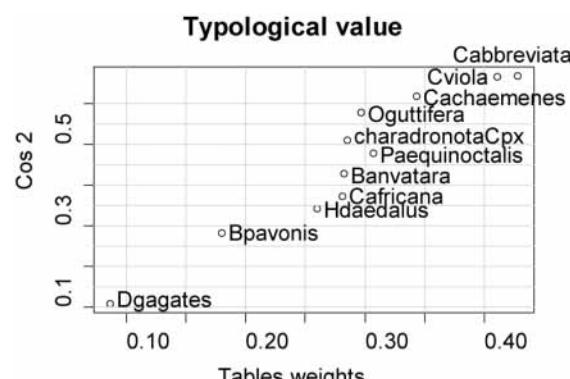
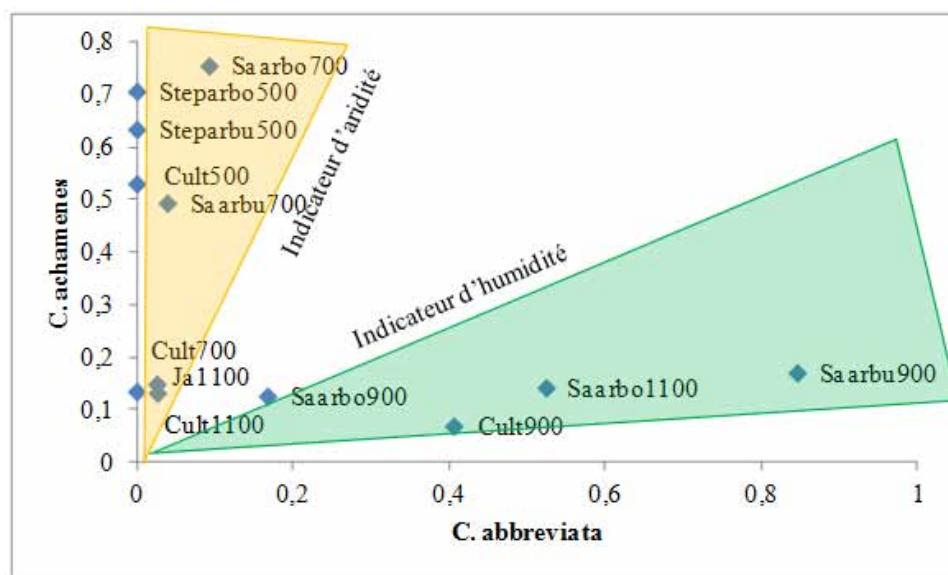


Figure 22 : Valeur typologique des bioindicateurs

VI.1.2.7. Variabilité de la densité de deux espèces bioindicateurs le long du gradient climatique

La densité croisée des deux espèces bioindicatrices choisies comme étant les meilleures a montré que leur densité évolue différemment le long du gradient climatique (figure 23). *C. achamenes* semble être favorisé par l'aridité ce qui explique que sa densité soit croissante le long du gradient d'aridité, tandis que la densité *C. abbreviata* est décroissante le long du même gradient. Sa densité est favorisée par l'humidité du climat. L'anthropisation a en revanche le même effet sur la densité des deux espèces. On remarque que leur densité est plus élevée dans les pâturages et dans les formations naturelles que dans les champs.



Légende : Saarbo1100, Cult1100, Ja1100 = formations naturelles, champs et pâturages de la zone sud-soudanienne à 1100 mm de pluies par an. Saarbo900, Saarbu900 et cult900 = formations naturelles, champs et pâturages de la zone nord-soudanienne à 900 mm de pluies par an. Saarbo700, Saarbu700 et cult700 = formations naturelles, champs et pâturages de la zone soudano-sahélienne à 700 mm de pluies par an. Steparbo500, Steparbu500 et Cult500 = steppe arborée et arbustive et champs de la zone sahélienne à 500 mm de pluies par an.

Figure 23 : Densité croisée de *C. abbreviata* et *C. achamenes*

VI.1.2.8. Valeurs bioindicateurs de deux groupes d'insectes frugivores selon les critères de Brown

Les deux groupes d'insectes frugivores ont été évalués par Bouyer *et al.*, (2007) en fonction des critères données par Brown (1991) et le groupe des Cetoniinae a été également réévalué selon les même critères par Touroult et Le Gall (2012). Nous avons également apporté une nouvelle évaluation à ces groupes selon les mêmes critères (tableau 11). La valeur totale comme indicateur a un score de 20 pour les Nymphalidae et 22 pour les Cetoniinae.

Les évaluations de certains critères ont été améliorées chez les deux groupes (espèces écologiquement fidèles, réponse à une perturbation prédictible, rapide, sensible et analysable). Ainsi, ces critères ont eu deux mentions positives contre une mention avant l'étude. Des mentions négatives ont été données à des critères comme « varie peu, toujours présent, étroite association avec les autres espèces et ressources pour le groupe des Nymphalidae ». La seule mention négative donnée au groupe des Cetoniinae est portée sur le critère largement étudié.

Tableau 11 : Evaluation de deux groupes d'insectes selon les critères de Brown (Brown, 1991)

Qualité désirable d'un indicateur en écologie et biogéographie	Nymphalidae (Bouyer <i>et al.</i> , 2007)	Nymphalidae (notre conclusion)	Cetoniinae (Bouyer <i>et al.</i> , 2007)	Cetoniinae (Touroult et Le Gall, 2012)	Cetoniinae (notre conclusion)
Taxonomie et écologie					
très diversifiées	++	++	++	++	++
Espèces écologiquement fidèles					
	+	++	+	++	++
Peu sédentaire	+	+	++	++	++
Espèces peu endémiques, ou si répandues, bien différencierées					
	+	++	++	++	++
Taxonomie bien connue, facilement identifiable	++	++	++	++	++
Largement étudié					
	++	++	++	+	+
Abondant, pas rare, facile à trouver	++	++	++	++	++
Varie peu (Toujours présent)					
	++	+	++	++	++
Facile à obtenir des échantillons d'espèces et leur variation	++	++	++	++	++
Joue un rôle important dans l'écosystème					
	+	+	+	+?	++
Réponse à une perturbation prédictible, rapide, sensible et analysable	+	++	+	+	++
Etroite association avec les autres espèces et ressources					
	++	+	+	+	+
Valeur totale comme indicateur (score maximum = 24)	19	20	20	20	22

VI.1.3. Discussion

VI.1.3.1. Richesse spécifique des insectes frugivores comme indicateur de variation climatique

La corrélation entre le climat et la richesse spécifique a été démontrée. En effet, certaines régions chaudes ont une faune et une flore plus diversifiée que les régions tempérées ou les régions froides (Francis et Currie, 2003 ; Currie *et al.*, 2004 ; Newbold *et al.*, 2009). Parmi les espèces de Nymphalidae et Cetoniinae étudiées, certaines ont une large distribution géographique qui s'étend de la région guinéenne à la région sahélienne. D'autres par contre, sont étroitement inféodées à une région ou un écosystème donné (Gama et Francis, 2008).

L'incidence du changement climatique sur la distribution des espèces n'a pas été mise en évidence dans la zone d'étude. Cependant, des travaux portant sur des périodes plus longues dans d'autres régions du monde ont mis en évidence une modification de la répartition des espèces induite par le réchauffement climatique (Parmesan *et al.*, 1999 ; Conrad *et al.*, 2004 ; Andrew et Hughes, 2005a ; 2005b). Ainsi, les régions du Nord jadis à climat plus froid, sont désormais colonisées par les espèces du Sud (Conrad *et al.*, 2004).

L'étude des communautés d'espèces le long d'un gradient latitudinal recouvrant plusieurs régions climatiques permet de prédire quel pourrait être l'impact du changement climatique sur ces communautés dans une région donnée (Andrew et Hughes, 2005a ; 2005b). Le suivi de l'évolution temporelle de l'aire de distribution de certaines espèces pourrait permettre de mesurer la variation du climat dans la région soudanienne (Currie *et al.*, 2004).

VI.1.3.2. Variation spatio-temporelle de la densité comme indicateur de variation climatique

La variation spatio-temporelle des densités des espèces d'insectes a permis une ségrégation des paysages en fonction du climat. Deux espèces se sont distinguées comme étant de bons indicateurs de la variation climatique. Le suivi de leur densité pourrait donc permettre de suivre l'évolution des conditions climatiques. En effet, la densité et le voltinisme² des insectes, notamment des papillons ont été modifié par la variation climatique (Porter *et al.*, 1991 ; Newman, 2006 ; Altermatt, 2010). Après 1980, la densité de la deuxième génération de plusieurs espèces de lépidoptères d'Europe a augmenté et l'exemple le plus marquant est celui de *Lithosia quadra*. Jadis, elle n'avait qu'une génération par an, maintenant elle en a

² Voltinisme : nombre de génération par année chez un organisme. On parle d'espèce univoltine lorsqu'elle donne une génération, bivoltine deux générations et multivoltines plusieurs générations par année (source : (Altermatt, 2010))

deux distinctes. La deuxième génération est favorisée par des hivers moins froids (Altermatt, 2010). Dans la zone d'étude, les Nymphalidae et les Cetoniinae sont bivoltines avec une forte densité pour la deuxième génération. La première génération émerge en début de saison de pluies entre juin et juillet et la deuxième génération en fin de saison de pluie entre septembre et octobre. Entre la deuxième et la première génération il y a une longue saison sèche avec des températures moyennes de 34°C. Cette période a sans doute une influence négative sur la densité de la première génération.

CONCLUSION

Les variations climatiques ont eu sans doute des impacts sur la biodiversité. Les communautés des insectes ont été largement utilisées pour évaluer ces impacts. Ainsi, le long d'un gradient d'aridité Sud-Nord du Burkina Faso, les communautés des Nymphalidae et des Cetoniinae ont montré une variation spatio-temporelle en fonction du climat et de l'anthropisation.

La dégradation de la végétation due à l'anthropisation a eu le même effet que l'aridité sur la densité et la diversité de la communauté des Nymphalidae et de Cetoniinae. Ces insectes pourraient être utilisés pour le suivi de l'évolution du climat.

CHAPITRE VI.2. COMMUNAUTE DES NEVROPTERES DU BURKINA FASO ET LEUR POTENTIEL INDICATEUR DE CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX

Résumé

La communauté des névroptères du Burkina Faso et son potentiel d'indicateur de changements environnementaux a été démontré au cours de cette étude. Les investigations menées le long d'un gradient climatique et dans la zone soudanienne pendant 15 mois ont permis de collecter d'importants matériaux biologiques, toute chose ayant permis d'avoir une idée sur la richesse en névroptères du Burkina Faso. Ainsi, la tribu la mieux représentée est celle des Nemoleontini avec 21 espèces. Au cours de l'étude de nouvelles espèces ont été trouvées et certaines espèces se sont distinguées comme des espèces spécifiques d'une zone donnée et de bons candidats indicateurs de changements environnementaux. En effet, *Palpares longimaculatus*, *Neuroleon raptor* et *Neuroleon pardalice* ont une écologie particulière dont le suivi à long terme peut indiquer la tendance de l'évolution de l'environnement. Aussi, l'aire de distribution de *Centroclisis punctulata* espèce sahélienne a tendance à glisser vers le Sud dans la zone nord soudanienne jadis plus humide. La comparaison de la communauté du sud du Burkina Faso avec celle du sud du Mali, deux zones climatiquement proches, a permis de comprendre la distribution spatio-temporelle de ce groupe d'insectes et d'indiquer leur corrélation avec les variations climatiques.

Mots clés : Névroptère, Burkina Faso, Changements environnementaux, distribution spatio-temporelle

INTRODUCTION

Les névroptères Myrmeleontidae et Ascalaphidae vivent essentiellement dans les milieux pas ou peu anthropisés et leur densité est influencée par la structure du sol (Farji-Brener *et al.*, 2008). L'émergence des adultes est en corrélation avec la variation climatique annuelle. En effet, Michel et Cadet (2009) ont démontré que la variation saisonnière de la communauté des Myrmeleontidae et Ascalaphidae au Sud du Mali présente des pics de diversité des espèces en fin de saison des pluies et pendant la saison sèche. Au cours de cette étude menée durant sept années, ils ont également remarqué que l'émergence des adultes se fait durant toute l'année avec des associations entre différentes espèces (Michel et Cadet, 2009). Aussi, le nombre d'espèces enregistré au cours du mois est étroitement corrélé aux facteurs climatiques tels que la température, la pluviométrie et l'humidité relative (Michel et Letourmy, 2007). La distribution temporaire des espèces dans la zone soudanienne est fortement dépendante du climat. Compte tenu de ces caractéristiques, les communautés de Myrmeleontidae et d'Ascalaphidae représentent des modèles biologiques pertinents pour l'étude de l'impact des changements environnementaux sur les communautés d'insectes et permettront de comprendre à long terme les tendances climatiques de la zone soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest. L'objectif de cette étude est de montrer le potentiel indicateur de cette communauté d'insectes et de proposer des espèces pertinentes dont le suivi de leur évolution le long d'un gradient climatique pourrait permettre de déceler la tendance climatique.

VI.2.1. Matériel et méthodes

Dans la région soudanienne les récoltes de Névroptères ont été réalisées durant 15 mois consécutifs, principalement dans les environs de Koumbia ($11^{\circ}15'17''N$ - $03^{\circ}41'17''O$) et dans la forêt classée de la Mou. Des prospections plus épisodiques ont également été menées dans les localités de Bobo-Dioulasso ($11^{\circ}10'21''N$ - $04^{\circ}17'21''O$), Dédougou ($12^{\circ}27'16''N$ - $03^{\circ}27'48''O$), Léraba ($10^{\circ}39'37''N$ - $05^{\circ}18'39''O$) et Folonzo ($09^{\circ}57'13''N$ - $04^{\circ}41'14''O$). Dans la région sahélienne une seule prospection a été réalisée dans la région de Djibo ($14^{\circ}05'57''N$ - $01^{\circ}37'37''O$) pendant quatre jours.

Les collectes ont été réalisées de jour et de nuit. Dans les localités, les prospections ont été menées dans la journée, à vue, à l'aide d'un filet entomologique le long de petits transects dans des savanes à graminées. Dans la strate herbacée, le filet est agité pour déranger les névroptères dans leur repos, afin de les localiser. Chaque spécimen récolté a été placé individuellement dans une pochette en papier portant le nom de la localité, la date et l'heure

de récolte, ainsi que des informations sur le type de biotope et sa localisation. Les collectes de jour ont été réalisées entre 8h et 16h.

Pour capturer les névroptères pendant la nuit nous avons utilisé un piège lumineux installé dans une zone dégagée à végétation basse. La toile blanche en guise d'écran tendue entre deux arbres est éclairée avec une lampe à vapeurs de mercure alimentée par un groupe électrogène. Les névroptères attirés par la lumière se posent sur la toile et sont capturés à la main ou à l'aide d'un filet à papillon. L'éclairage du piège débute au crépuscule et se termine généralement vers minuit. La durée du piégeage dépend de la fréquence d'apparition des espèces de névroptères.

Les échantillons collectés sont déterminés et classés si possible en familles, genres et espèces dans une base de donnée sur Excel comportant les informations suivantes : l'heure et la date de capture, la localité, le biotope et les coordonnées géographiques si possible.

A partir de la base de données, la richesse spécifique, la densité relative, la distribution et la période de capture et la dynamique annuelle de l'émergence des adultes ont été déterminées.

VI.2.2. Résultats obtenus

VI.2.2.1. Richesse spécifique de la communauté des névroptères

1402 spécimens de Myrmeleontidae incluant 50 espèces et 79 spécimens d'Ascalaphidae incluant sept espèces ont été récoltés au cours de l'étude (tableau 12). La tribu de Myrmeleontidae la mieux représentée est celle des Nemoleontini avec 21 espèces. On trouve ensuite les Palparini avec 12 espèces, les Acanthaclisini avec huit espèces, les Myrmeleontini avec quatre espèces, les Nemoleontini avec trois espèces, enfin les Myrmecaelurini avec deux espèces. Parmi les Ascalaphidae, les Encyoposini sont représentés par trois espèces, les Ascalaphini et les Suhpalacsini par deux espèces chacune.

Les Myrmeleontidae et les Ascalaphidae du Burkina Faso n'avaient encore jamais fait l'objet d'une étude approfondie et les informations disponibles étaient dispersées dans la littérature. Il n'est donc pas étonnant que 69 % (31/45) des taxa capturés au cours de notre étude et identifiés jusqu'à l'espèce soient nouveaux pour le pays (tableau 12).

Tableau 12 : Liste des espèces de Myrmeleontidae et d'Ascalaphidae capturées par localité

Genres	Espèces	auteurs	année	localités de capture et nombre d'individus collectés						Total/sp
				Fol.	Lér.	B.-D.	Kou.	Déd.	Dji.	
Myrmeleontidae Palparinae Palparini										
<i>Lachlatetes</i>	<i>furfuraceus</i>	(Rambur)	1842		3	1	1			5
<i>Nosa</i>	<i>Tigris</i>	(Dalman)	1823		2	41	1			44
<i>Palparellus</i>	<i>Spectrum</i>	(Rambur)	1842		3	19				22
<i>Palpares</i>	<i>incommodus</i>	(Walker)	1853		3	20				23
<i>Palpares</i>	<i>longimaculatus*</i>	Akoudjin & Michel	2011		6					6
<i>Palpares</i>	<i>nigrescens</i>	Navás	1914		1					1
<i>Palpares</i>	<i>percheronii*</i>	(Guérin)	1831					2		2
<i>Palpares</i>	<i>umbrosus*</i>	Kolbe	1898			1				1
<i>Parapalpares</i>	<i>Latipennis</i>	(Rambur)	1842		9	17	1	1		28
<i>Parapalpares</i>	<i>papilionoides*</i>	(Klug)	1834					1		1
<i>Stenares</i>	<i>Arenosus</i>	Navás	1924		1	10				11
<i>Tomatares</i>	<i>clavicornis</i>	(Latreille)	1817			1		1		2
Myrmeleontidae Myrmeleontinae Nemoleontini										
<i>Banyutus</i>	<i>guttifer*</i>	(Navás)	1924	1	1	8				10
<i>Capicua</i>	<i>acalcarata*</i>	Michel & Akoudjin	2011			1				1
<i>Capicua</i>	<i>nigra*</i>	Michel & Akoudjin	2011			3				3
<i>Creoleon</i>	<i>africanus*</i>	Rambur	1842	1	12	12				25
<i>Creoleon</i>	<i>mortifer*</i>	(Walker)	1853			1	1			2
<i>Creoleon</i>	<i>nubifer*</i>	(Kolbe)	1897	7	1	8	135	1		152
<i>Distoleon</i>	<i>harpalyce*</i>	(Banks)	1911	4		1	5			10
<i>Ganguilus</i>	<i>pallescens*</i>	Navás	1912	7		3				10
<i>Ganguilus</i>	<i>rex*</i>	Michel & Mansell	2010				1			1
<i>Gymnoleon</i>	<i>exilis*</i>	Banks	1911	11		7	4	3		25
<i>Macronemurus</i>	<i>loranthe*</i>	Banks	1911	5		6	492	2		505
<i>Macronemurus</i>	<i>sp.</i>					2	1			3
<i>Nemoleon</i>	<i>filiformis*</i>	(Gerstaecker)	1885				10			10
<i>Nemoleon</i>	<i>notatus*</i>	(Rambur)	1842	1			2			3
<i>Nemoleon</i>	<i>sp.</i>						28			28
<i>Neuroleon</i>	<i>drosimus*</i>	Navás	1912	19		8	10	4		41
<i>Neuroleon</i>	<i>modestus*</i>	(Navás)	1912	1						1
<i>Neuroleon</i>	<i>nubilatus*</i>	(Navás)	1912	1		6				7
<i>Neuroleon</i>	<i>pardalice*</i>	(Banks)	1911			2				2
<i>Neuroleon</i>	<i>raptor*</i>	Michel & Akoudjin	2012				1			1
<i>Neuroleon</i>	<i>ruber*</i>	Michel & Akoudjin	2012		9	2	7			18
<i>Pseudoformicaleo</i>	<i>gracilis*</i>	(Klug)	1834			1				1
Myrmeleontidae Myrmeleontinae Myrmeleontini										
<i>Hagenomyia</i>	<i>tristis*</i>	(Walker)	1853			8	1			9
<i>Myrmeleon</i>	<i>hyalinus*</i>	Olivier	1811		2	1				3
<i>Myrmeleon</i>	<i>obscurus*</i>	Rambur	1842	4		5	5	2		16
<i>Myrmeleon</i>	<i>sp.</i>				2	7	8			17

Tableau 12 : Liste des espèces de Myrmeleontidae et d'Ascalaphidae capturées par localité (suite)

Genres	Espèces	auteurs	année	localités de capture et nombre d'individus collectés						Total/sp	
				Fol.	Lér.	B.-D.	Kou.	Déd.	Dji.		
Myrmeleontidae Myrmeleontinae Myrmecaelurini											
<i>Myrmecaelurus</i>	<i>sectorius</i> *	Navás	1912	2		35	160	1	55	253	
<i>Myrmecaelurus</i>	<i>sp.</i>						1			1	
Myrmeleontidae Myrmeleontinae Nesoleontini											
<i>Cueta</i>	<i>martini</i> *	Navás	1914			9	7			16	
<i>Cueta</i>	<i>pallens</i> *	(Klug)	1834			1	30	3	2	36	
<i>Cueta</i>	<i>Sp</i>					2	3			5	
Myrmeleontidae Myrmeleontinae Acanthaclisini											
<i>Centroclisis</i>	<i>infernalis</i> *	(Navás)	1912				3	1		4	
<i>Centroclisis</i>	<i>punctulata</i>	Navás	1912			3			3	6	
<i>Centroclisis</i>	<i>Rufescens</i>	(Gerstaecker)	1885	2			5	3	2	12	
<i>Centroclisis</i>	<i>Ustulata</i>	(Navás)	1908			1				1	
<i>Fadrina</i>	<i>Rufa</i>	Navás	1912	1		2				3	
<i>Jaya</i>	<i>Atrata</i>	(Fabricius)	1781			4				4	
<i>Jaya</i>	<i>rogeri</i> *	(Navás)	1912			1				1	
<i>Phanoclisis</i>	<i>longicollis</i>	(Rambur)	1842			9		1		10	
Ascalaphidae Ascalaphinae Ascalaphini											
<i>Ascalaphus</i>	<i>cf festivus</i>	(Rambur)	1842			25	6	11		42	
<i>Tytomyia</i>	<i>Flinti</i>	Tjeder & Hansson	1992			1				1	
Ascalaphidae Ascalaphinae Encyoposini											
<i>Cirrops</i>	<i>kumari</i> *	Tjeder	1980				10			10	
<i>Encyoposis</i>	<i>cf hemistigma</i> *	(van der Weele)	1909	2			4			6	
<i>Phalascusa</i>	<i>Pardalis</i>	(Gerstaecker)	1888				13			13	
Ascalaphidae Ascalaphinae Suhpalacsini											
<i>Disparomitus</i>	<i>cf bacillus</i> *	(Gerstaecker)	1885			1	2			3	
<i>Disparomitus</i>	<i>sp.</i>					4				4	
Total nombre de spécimens/localité						71	1	205	1093	43	68
											1481

Légende : Fol. : Folonzo, Lér. : Léraba, B.-D. : Bobo-Dioulasso, Kou. : Koumbia, Déd. : Dédougou, Dji. : Djibo, * = espèce nouvelle pour le Burkina Faso.

Les différences très importantes de richesses spécifiques entre les régions proviennent pour l'essentiel de la fréquence d'échantillonnages très variable d'une localité à l'autre. Sans surprise on constate que c'est dans la région soudanienne qu'a été collecté le plus grand nombre d'espèces (figure 24). Cela est dû au fait que c'est dans cette zone qu'il y a eu plus d'échantillonnages en terme de couverture spatiale et temporelle.

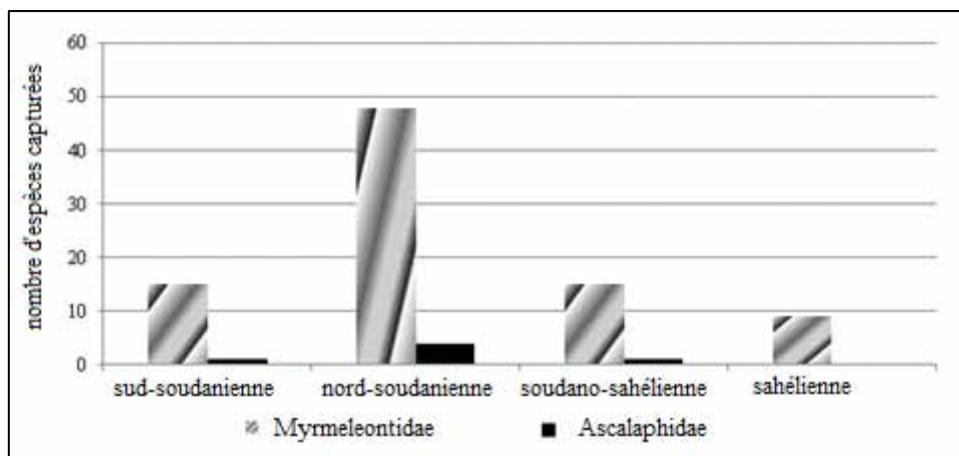


Figure 24 : Nombre d'espèces capturées par zone climatique

VI.2.2.2. Densité relative des espèces

Les techniques de collectes (filet entomologique, piège lumineux) n'ont pas permis d'évaluer avec précision les densités relatives des espèces. Cependant, les résultats montrent clairement que certaines espèces sont communes et ont des niveaux élevés de population (tableau 12). Parmi les Palparinae 2 espèces sont représentées par au moins 20 individus : *Nosa tigris* (40 individus) et *Palpares incommodus* (20 individus). Deux autres espèces sont également abondantes, *Palparellus spectrum* (19 individus) et *Parapalpares latipennis* (17 individus). Les trois espèces de Nemoleontini les plus abondantes sont *Macronemurus loranche* (505 individus), *Myrmecaelurus sectorius* (253 individus) et *Creoleon nubifer* (152 individus). A elle seule *M. loranche* représente 36 % de l'ensemble des Myrmeleontidae récoltés et apparaît comme étant l'espèce largement dominante en terme de densité relative. Compte tenu de leur abondance élevée ces espèces peuvent être échantillonnées facilement avec les techniques de collecte utilisées.

VI.2.2.3. Distribution biogéographique des espèces

La grande majorité des espèces collectées est largement distribuée depuis la région soudano-guinéenne jusqu'à la région soudano-sahélienne (tableau 12). Cependant, on note que certaines espèces ont une distribution plus limitée.

Toutes les espèces capturées dans la région soudano-guinéenne sont également présentes dans la région soudanienne voire, pour certaines, dans la région soudano-sahélienne (*Creoleon nubifer*, *Gymnoleon exilis*, *Macronemurus loranche*, *Neuroleon drosimus*, *Myrmeleon obscurus*, *Myrmecaelurus sectorius* et *Centroclisis rufescens*). Par contre aucune d'entre elles n'a été retrouvée dans la région sahélienne.

Parmi les espèces capturées dans la région sahélienne, deux sont connues comme inféodées à la région sahéro-saharienne, *Palpares percheronii* et *Parapalpares papilionoides*, et n'ont été capturées qu'à Djibo. Cinq autres ont une distribution plus vaste qui s'étend plus ou moins vers les autres régions situées plus au sud (tableau 12).

VI.2.2.4. Périodes de vol des adultes de Myrmeleontidae dans la région soudanienne

Les captures réalisées de façon suivie pendant 15 mois consécutifs ont mis en évidence, dans la région soudanienne, la présence d'adultes de Myrmeleontidae de janvier à décembre (tableau 13). Cependant, on constate que toutes les espèces n'ont pas des périodes de vol synchrones et qu'il y a au sein de la communauté une forte ségrégation temporelle des adultes.

Tableau 13 : Périodes de capture des adultes de Myrmeleontidae dans la région soudanienne

Myrmeleontidae	janv	févr	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sep	oct	nov	déc
<i>Neuroleon raptor</i>												
<i>Myrmeleon obscurus</i>												
<i>Capicua aclacarata</i>												
<i>Stenares arenosus</i>												
<i>Palpares nigrescens</i>												
<i>Cueta sp</i>												
<i>Capicua nigra</i>												
<i>Fadrina rufa</i>												
<i>Myrmeleon hyalinus</i>												
<i>Pseudoformicaleo gracilis</i>												
<i>Ganguilus rex</i>												
<i>Neuroleon nubilatus</i>												
<i>Myrmeleon sp</i>												
<i>Palpares incommodus</i>												
<i>Jaya atrata</i>												
<i>Neuroleon drosimus</i>												
<i>Creoleon nubifer</i>												
<i>Centroclisis rufescens</i>												
<i>Palpares longimaculatus</i>												
<i>Centroclisis ustulata</i>												
<i>Palparellus spectrum</i>												
<i>Nemoleon notatus</i>												
<i>Macronemurus loranthe</i>												
<i>Palpares umbrosus</i>												
<i>Nemoleon sp</i>												
<i>Centroclisis infernalis</i>												
<i>Creoleon mortifer</i>												
<i>Nemoleon filiformis</i>												
<i>Creoleon africanus</i>												
<i>Cueta martini</i>												

Tableau 13 : Périodes de capture des adultes de Myrmeleontidae dans la région soudanienne (suite)

Myrmeleontidae	janv	févr	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sep	oct	nov	déc
<i>Cueta sp</i>												
<i>Banyutus guttifer</i>												
<i>Neuroleon ruber</i>												
<i>Gymnoleon exilis</i>												
<i>Cueta pallescens</i>												
<i>Centroclisis punctulata</i>												
<i>Distoleon harpalice</i>												
<i>Ganguilus pallescens</i>												
<i>Myrmecaelurus sectorius</i>												
<i>Lachlatetes furfuraceus</i>												
<i>Nosa tigris</i>												
<i>Tomatares clavicornis</i>												
<i>Parapalpares latipennis</i>												
<i>Macronemurus sp</i>												
<i>Myrmecaelurus sp</i>												
<i>Creoleon sp</i>												
<i>Hagenomyia tristis</i>												

VI.2.2.5. Dynamique annuelle de l'émergence des adultes

Les figures 25 et 26 montrent qu'au Burkina Faso, dans la région soudanienne, le nombre d'espèces qui se trouvent simultanément au stade adulte varie continuellement au cours de l'année. Pour les Myrmeleontidae (figure 25), les résultats obtenus au cours de notre étude mettent clairement en évidence trois pics d'émergences des adultes.

Deux pics s'observent avant et en début de la saison des pluies. Le premier pic correspond à une augmentation rapide du nombre d'espèces au stade adulte en mars, à la fin de la saison sèche pour atteindre un nombre important en juin en début de saison des pluies correspondant ainsi au deuxième pic. Le troisième pic le plus important est observé en octobre à la fin de la saison des pluies. A cette période, le nombre d'espèces observé est nettement plus important. Les faibles valeurs sont enregistrées pendant la saison des pluies (août-septembre) et pendant la saison sèche (de fin décembre à la fin février) lorsque sont enregistrées les températures minimales les plus basses.

Pour les Ascalaphidae (figure 26), les résultats sont moins nets du fait du nombre limité de spécimens collectés. On retrouve cependant trois pics, à la fin mars, en juin et en novembre.

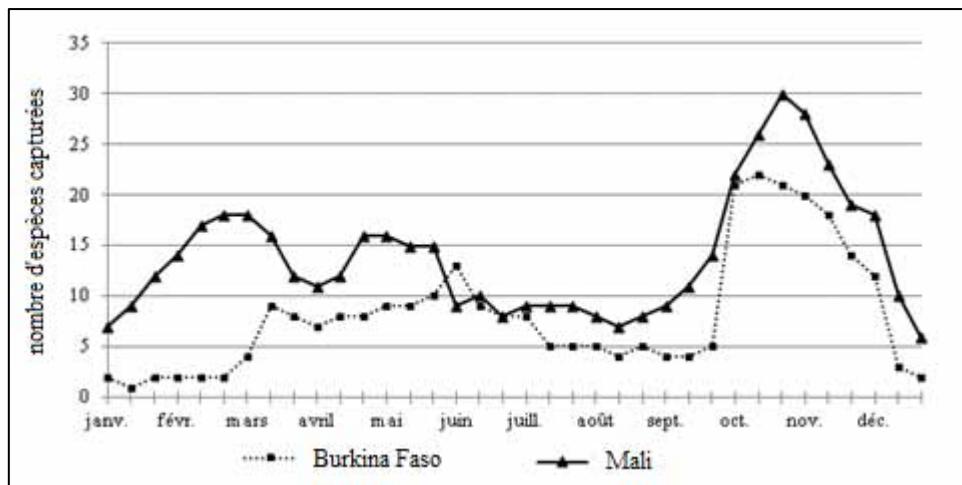


Figure 25 : Evolution annuelle de l'émergence des adultes de Myrmeleontidae dans la région soudanienne au Burkina Faso et au Mali (Michel et Cadet, 2009)

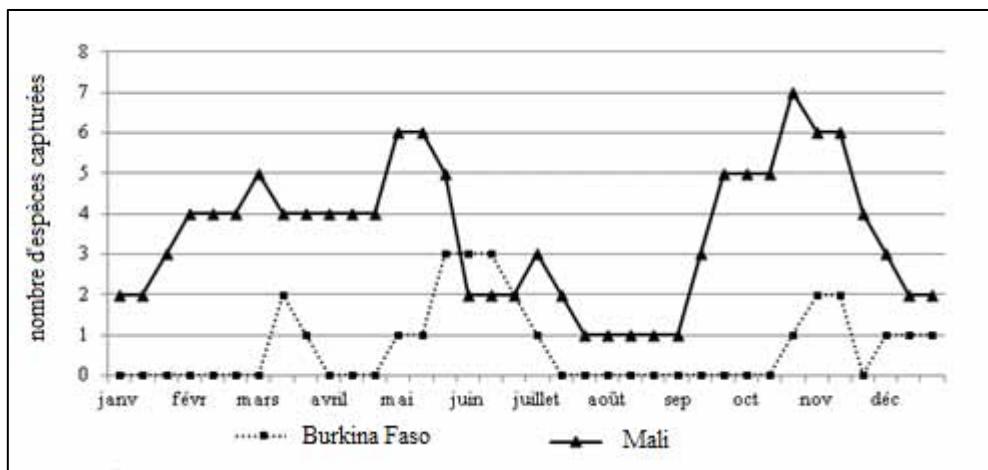


Figure 26 : Evolution annuelle de l'émergence des adultes d'Ascalaphidae dans la région soudanienne au Burkina Faso et Mali (Michel et Cadet, 2009)

VI.2.3. Discussion

VI.2.3.1. Etat de connaissance de la communauté des névroptères de l'Afrique de l'Ouest

Les névroptères d'Afrique sont mal connus, notamment leur distribution biogéographique. Les espèces du Mali décrites par Michel et Cadet, (2009), faisait état de 61 espèces de Myrmeleontidae et 12 espèces d'Ascalaphidae contre respectivement 48 et 7 espèces au Burkina Faso. Ces différences sont certainement en grande partie dues aux durées de prospections très différentes d'un pays à l'autre (15 mois au Burkina Faso contre six ans au Mali). Il est donc probable que d'autres espèces collectées au Mali soient également présentes dans le sud du Burkina Faso mais seules des prospections complémentaires permettront de parfaire l'inventaire des espèces présentes au Burkina Faso. Plusieurs espèces de Myrmeleontidae présentes au sud du Burkina Faso n'ont pas été trouvées au sud du Mali, ce qui fait penser aux caractères endémiques de certaines espèces à écologie particulière.

Même si la période de vol de la plupart des espèces reste à préciser, la ségrégation temporelle des adultes observée au Burkina Faso est tout à fait conforme aux résultats obtenus dans la région de Sikasso (Michet et Cadet, 2009). Dans les deux cas des adultes de différentes espèces apparaissent tout au long de l'année sans interruption, et des durées de vol, très variables d'une espèce à l'autre, ont également été enregistrées au Mali.

Dans les deux pays on note un maximum d'espèces au stade adulte à la fin de la saison des pluies en octobre-novembre, ainsi que deux autres pics moins importants à la fin de la saison sèche en février-mars et au début de la saison des pluies en mai-juin. On constate également dans les deux cas une baisse nette de juillet à septembre et en décembre-janvier. Toutefois, deux différences majeures peuvent être notées. Au Burkina Faso, on constate d'une part un déficit d'espèces adultes en février-début mars par rapport au Mali et d'autre part un nombre d'espèces plus élevé en juin qu'au Mali. Cependant, ces différences demandent à être confirmées par d'autres prospections.

VI.2.3.2. Choix d'espèces indicatrices

Même si les données collectées au Burkina Faso sont encore incomplètes pour pouvoir décrire précisément les communautés de Myrmeleontidae et d'Ascalaphidae, elles permettent cependant de sélectionner certaines espèces qui pourraient être utilisées comme indicateurs de changement environnementaux.

L'inventaire réalisé dans le sud du Mali étant pratiquement exhaustif (Michel et Cadet, 2009), on peut en conclure que les espèces capturées dans la région soudanienne au Burkina Faso et non recensées du sud du Mali, ont une aire de distribution qui n'inclut pas la région de Sikasso. La majorité de ces espèces (*Palpares longimaculatus*, *Neuroleon pardalice*, *Centroclisis punctulata*, *Fadrina rufa* et *Jaya rogeri*) sont connues pour être présentes dans les régions soudano-sahélienne et sahélienne. La présence de ces espèces dans la région de Bobo-Dioulasso et leur absence dans la région de Sikasso pourrait s'expliquer par une aridité plus importante, en particulier pendant la saison sèche, et par des températures plus élevées dans la région de Bobo-Dioulasso qu'à Sikasso. L'extension de l'aire de distribution de ces espèces pourrait donc traduire une aridification du milieu associé au changement global. En particulier l'espèce la plus intéressante de ce point de vue est *Centroclisis punctulata* qui semble atteindre dans la région de Bobo-Dioulasso l'extrême sud de son aire de répartition en Afrique de l'ouest. Nous proposons donc de retenir ces espèces comme indicateurs de changement climatique. On peut ajouter à cette liste les deux espèces de Palparinae, *P. percheronii* et *P. papilionoides*, inféodées à la région sahélienne, mais dont l'aire de

distribution pourrait être modifiée par une aridification des régions situées plus au sud, en particulier la région soudano-sahélienne.

Aussi, plusieurs espèces collectées dans le sud du Burkina Faso et non trouvées au Mali (en particulier *Palpares longimaculatus*, *Neuroleon pardalice* et *Jaya rogeri*) ont une aire de distribution apparemment très limitée et morcelée. Ces espèces pourraient être des espèces reliques associées aux forêts préservées dans le sud du Burkina Faso. Leur présence/absence pourrait donc traduire le niveau de conservation de la biodiversité.

CONCLUSION

La communauté des névroptères du Burkina Faso pourrait être utilisée comme des indicateurs de changements environnementaux. En effet, certaines espèces qui semblent être endémiques (*Palpares longimaculatus*, *Neuroleon raptor* et *pardalice*) sont de bons candidats pour le suivi écologique à long terme. En outre, des espèces sahéliennes comme *Centroclisis punctulata* ont tendance à coloniser des zones climatiques jadis plus humides. La comparaison de la communauté du sud du Burkina Faso avec celle du sud du Mali deux zones climatiquement proches a permis de comprendre la distribution spatio-temporelle de ce groupe d'insecte et indiquer leur corrélation avec les variations climatiques.

CHAPITRE VII : NOUVELLES ESPECES DE MYRMELEONTIDAE ET D'ASCALAPHIDAE (NEVROPTERE) DETERMINEES ET LEUR ECOLOGIE

Résumé

La communauté des Myrmeleontidae et d'Ascalaphidae d'Afrique de l'Ouest est mal connue sur le plan taxonomique. Pour contribuer à la connaissance de la biodiversité et à la détermination des Myrmeleontidae et Ascalaphidae de l'Afrique de l'Ouest, de nouvelles espèces ont été décrites et certains genres et groupes taxonomiques ont été révisés. Leur écologie a été mentionnée, ce qui a permis de poser la question de la fragilité écologique de certaines espèces qu'on ne trouve qu'au Burkina Faso comme *Palpares longimaculatus* Akoudjin et Michel, 2012 et *Neuroleon raptor* Michel et Akoudjin, 2012.

Mots clés : myrmeleontidae, ascalaphidae, taxonomie, nouvelles espèces, écologie

INTRODUCTION

La communauté des Myrmeleontidae et d'Ascalaphidae d'Afrique de l'Ouest est mal connue sur le plan taxonomique, ce qui a conduit à la révision de plusieurs familles et genres. Depuis la révision de la famille des Palparinae (Myrmeleontidae) par Prost, (1955), plusieurs nomenclatures ont été proposées (Mansell, 1996 ; Stange, 2004), ce qui a abouti à la révision de quelques genres de la famille de Myrmeleontinae (Mansell, 1987 ; Prost 1996, 1998 ; Michel et Mansell, 2010). L'identification de plusieurs espèces appartenant à d'autres genres reste incertaine (Michel et Akoudjin, 2011). Pour contribuer à la connaissance de la biodiversité et à la détermination des Myrmeleontidae et Ascalaphidae de l'Afrique de l'Ouest, de nouvelles espèces ont été décrites et certains genres et groupes taxonomiques ont été révisés.

VII.1. MATERIEL ET METHODES

Les échantillonnages ont été réalisés dans les environs de Koumbia et de Bobo-Dioulasso dans la zone soudanienne. Les captures de névroptères ont été réalisées sur cinq sites durant 15 mois consécutifs aux abords de la forêt de la Mou sur l'axe routier Koumbia-Gombeledougou. Des prospections plus épisodiques ont été menées sur deux sites aux environs de Bobo-Dioulasso. Les sites choisis sur le terrain sont des zones à végétation basse dominées par la strate herbeuse. Les individus sont capturés au filet entomologique pendant la journée et à la lumière la nuit tombée.

Les échantillons collectés ont été déterminés au Centre de Biologie pour la Gestion des Populations (CBGP) à Montpellier. Les espèces soupçonnées d'être de nouvelles espèces ont été comparées en utilisant les bases de données constituées à partir des types étudiés dans plusieurs musées européens.

La méthodologie de préparation, de conservation, d'observation et de prise de vue des caractères morphologiques des espèces est décrite par Michel et Akoudjin, (2011).

VII.2. RESULTATS ET DISCUSSION

L'étude des Myrmeleontidae a révélé que plusieurs espèces étaient nouvelles pour la science. Certaines ont été décrites d'autres sont encore en cours d'étude et n'ont pu jusqu'à présent être identifiées que jusqu'au genre.

VII.2.1. Nouvelles espèces décrites

VII.2.1.1. Nouvelle espèce du genre Palpares : Palpares longimaculatus

Cette espèce a été décrite à partir de spécimens collectés à Bobo-Dioulasso dans une savane à graminées située aux abords immédiats de la ville. Les seuls spécimens connus avant notre étude provenaient de l'extrême sud de la région des Niayes, près de Dakar, au Sénégal et avaient été confondus avec une espèce proche, *Palpares radiatus* Rambur, 1842.

L'espèce présente les mensurations suivantes :

- L'aile antérieure ♂ 45–54 mm ; ♀ 55–56 mm ;
- L'aile postérieure ♂ 41–50 mm ; ♀ 51–53 mm ;
- Abdomen ♂ 41–46 mm ; ♀ 33 mm.

Palpares longimaculatus (photo 2) a une tête jaune portant une bande noire bien visible sur le vertex et l'occiput qui s'étend jusqu'au métathorax. Il présente un abdomen brun clair et des ailes étroites. Les membranes des ailes antérieures portent des marques pales qui se limitent par endroit à certaines veines longitudinales et transversales. Les bords postérieurs des ailes sont bordés par une pseudo-frange visible comprenant une série de cellules délimitées par des nervures brunes. Une bande apicale longitudinale atteint le ptérostigma au niveau des ailes postérieures. Le segment terminal du palpe labial est très légèrement claviforme à l'extrémité en forme de fente avec une ouverture sensorielle. Le gonarcus présente un capot en forme de bulle bien développée et régulièrement arrondie.

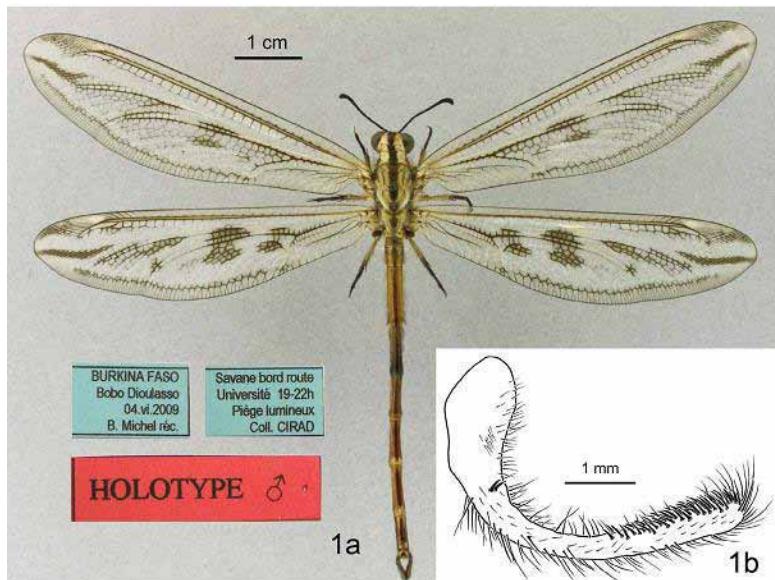


Photo 2 : *Palpares longimaculatus* Akoudjin & Michel, 2012

VII.2.1.2. Deux nouvelles espèces du genre *Capicua* : *Capicua nigra* et *Capicua acalcarata*

Ces deux espèces (photo 3 et 4) incluses dans le genre *Capicua* ont été capturées pendant la saison sèche. Elles vivent en syntopie dans les savanes à graminées ou arbustives. Elles se posent sur le sol ou sur les chaumes laissés par les feux de brousse.

La période d'émergence des adultes se situe de novembre à fin avril c'est à dire pendant la saison sèche dans la zone soudanienne qui s'étend du Sud du Burkina Faso jusqu'au Sud du Mali. *Capicua nigra* a été échantillonné de février à mars et *Capicua acalcarata* de janvier à fin mars. Ces deux espèces ont été trouvées seulement au Burkina Faso et au Mali.

Capicua nigra (photo 3) a une face jaune et présente un corps totalement noir. Les ailes sont étroites et l'aile antérieure mesure entre 20 et 23 mm et l'aile postérieure 19 et 22 mm. La base des pattes est colorée en jaune et contraste avec la couleur noire du thorax. Les éperons tibiaux sont nettement plus courts que la première tarsomère. On note l'absence de longues touffes de soies de couleur blanche au niveau du fémur antérieur.

Capicua acalcarata (photo 4) a un corps coloré en brun foncé avec des ailes étroites. Les ailes antérieures mesurent entre 15 et 19 mm et les ailes postérieures entre 14 et 18 mm. La base des pattes est jaune contrastant avec la coloration foncée des sternites thoraciques. Les éperons tibiaux sont absents, sont absentes également les longues touffes blanches de soies au niveau du fémur antérieur. Le lobe post ventral de l'ectoproctes chez le mâle est bien développé et de couleur jaunâtre avec quatre soies dressées.

C. acalcarata peut se distinguer de *C. nigra* par sa petite taille, l'absence d'éperons tibiaux et l'insertion distale de grosses soies au niveau du lobe post ventral de l'ectoprocte du mâle.



Photo 4 : *Capicua acalcarata*
Michel & Akoudjin, 2011



Photo 3 : *Capicua nigra*
Michel & Akoudjin, 2011

VII.2.1.3. Deux Nouvelles espèces du genre *Neuroleon* : *Neuroleon raptor* et *Neuroleon ruber*

La systématique de ce genre demeure peu satisfaisante et il serait nécessaire de revoir l'ensemble des espèces pour fixer clairement le statut de nombreux taxa. Grâce à l'important matériel conservé dans la collection du CIRAD à Montpellier, constitué par les collectes effectuées au Mali par Michel et Cadet, (2009) et au Burkina Faso dans le cadre de notre étude il a été possible de réviser les espèces présentes en Afrique de l'Ouest. Cette révision inclut la description de quatre espèces nouvelles dont les deux mentionnées ci-dessus (photo 5 et 6) sont présentes au Burkina Faso (Michel et Akoudjin, 2012). *Neuroleon raptor* et *Neuroleon ruber* sont décrites comme étant de nouvelles espèces dans ce genre.

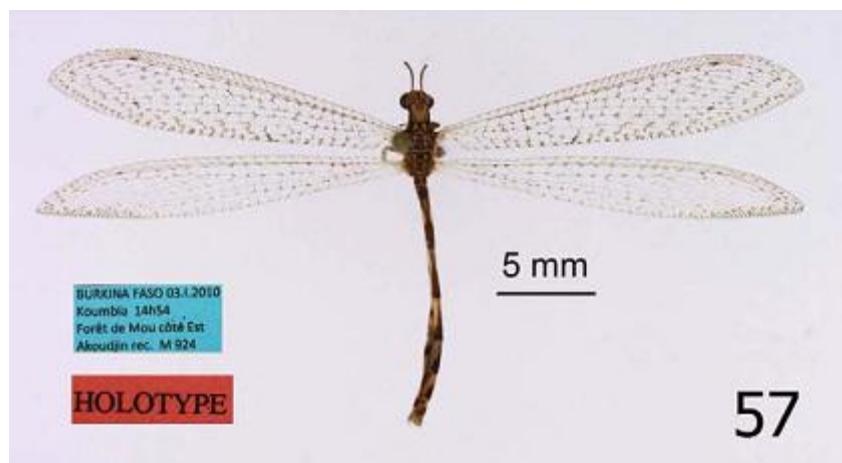


Photo 5 : *Neuroleon raptor* Michel & Akoudjin, 2012

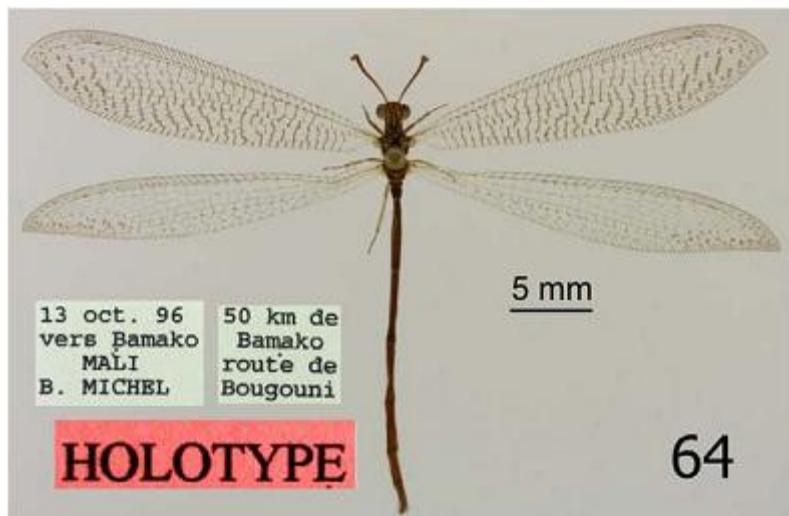


Photo 6 : *Neuroleon ruber* Michel & Akoudjin, 2012

Neuroleon raptor (photo 5) capturée jusque-là au Burkina Faso a une face jaunâtre avec deux marques brunes à la base des antennes et un trait noir longitudinal au niveau de la tête. Les ailes antérieures mesurent 19 mm ainsi que les ailes postérieures. L'abdomen est de couleur marron avec triangle jaune de chaque côté. Une ligne médiane y est également observée. L'ectoprocte est ronde. Au niveau des gonades ont y observe 5 à 6 longues soies de chaque côté.

Neuroleon ruber (photo 6) est capturé dans les savanes à graminées et les savanes arbustives en fin de saison sèche entre le début de septembre et le début de novembre. Il a une coloration brune à orange. Sa face est jaunâtre avec des marques noires à la base des antennes. On observe sur la face un trait médian noir et vertical qui s'étend jusqu'aux mandibules. Sur le pronotum du thorax on observe deux traits longitudinaux visibles et largement séparés. Les pattes sont jaunes. Les éperons tibiaux sont aussi longs que le tarsomère au niveau des pattes antérieures et moyennes. Au niveau des pattes postérieures, les éperons tibiaux se trouvent dans la moitié basale du tarsomère. Le dimorphisme sexuel n'est pas observé au niveau des pattes postérieures. Huit à neuf longues soies noires sont observable au niveau du gonosaccus chez le mâle.

VII.2.2. Discussion

VII.2.2.1. Ecologie et aire de distribution de *Palpares longimaculatus*

Au Burkina Faso, *P. longimaculatus* a été trouvé associé à une autre espèce de Palparinae, *Palparellus spectrum* Rambur, 1842. Dans le sud du Mali cette dernière espèce est associée *Palpares incommodus* proche de *P. longimaculatus* (Michel, 1999). *P. longimaculatus* n'a jamais été trouvé dans la région de Sikasso au Mali présentant pourtant des conditions

écologiques et climatiques très proches de celles de Bobo-Dioulasso (Michel, 1999), alors qu'il a été échantillonné dans les Niayes au Sénégal. Climatiquement, la région des Niayes est caractérisée par une saison sèche d'octobre à juin et une saison des pluies de juillet à septembre, avec une pluviosité annuelle d'environ 400 mm (Cissé *et al.*, 2006) donc très inférieure à celle de Bobo-Dioulasso où la saison des pluies s'étend de mai à octobre avec une pluviosité annuelle d'environ 1 000 mm. Cependant, malgré la faible pluviosité, la région des Niayes bénéficie d'une humidité relative élevée grâce à l'alizé maritime, vent dominant chargé d'humidité et fortement influencé par le courant froid des Canaries (Ndjekouneyom, 2007). Cette région était anciennement plus humide qu'actuellement et est connue pour héberger une flore soudano-guinéenne relictuelle qui a persisté depuis l'Holocène, il y a environ 10 000 ans (Lézine, 1989 ; Lézine et Chateauneuf, 1991).

P. longimaculatus pourrait constituer une espèce relique qui ne subsiste plus que sous forme de populations isolées suite aux modifications climatiques enregistrées en Afrique de l'Ouest. Son aire de distribution reste encore mal connue pour tirer une conclusion avec certitude sur son aire de distribution et son écologie.

VII.2.2.2. Ecologie et aire de distribution du genre *Capicua*

Les deux nouvelles espèces décrites dans le genre *Capicua*, se retrouvent dans les savanes arbustives avec sol latéritique couvert d'herbes sèches (Michel et Akoudjin, 2011). Les adultes émergent au cours de la saison sèche de novembre à fin avril. *C. nigra* a été capturé de février à mars et *C. acalcarata* de janvier à fin mars. Les deux espèces sont recensées seulement au Mali et au Burkina Faso (Michel et Akoudjin, 2011).

VII.2.2.3. Ecologie et aire de distribution du genre *Neuroleon*

Le genre *Neuroleon* est un des plus importants genres de Myrmeleontidae pour ce qui concerne le nombre d'espèces. Stange (2004) dans son catalogue mondial, a répertorié 123 espèces. Le genre couvre l'Afrique de l'Ouest et son aire de distribution s'étend du Sénégal au Cameroun en incluant le Cap Vert et en excluant la région désertique.

Le genre *Neuroleon* se retrouve généralement dans les savanes arbustives et dans les savanes à graminées. On les retrouve souvent dans les îlots de végétation dans les zones de cultures. Les adultes émergent généralement pendant la saison sèche d'octobre à juin. Ils se posent sur le sol latéritique pour échapper sans doute à des prédateurs. La coloration de leur corps est similaire à celle du sol latéritique.

N. raptor n'est connu que par un seul mâle capturé à Koumbia en janvier 2010. Cette espèce semble donc être rare et comme pour *P. longimaculatus*, pourrait avoir une distribution très limitée. Il est nécessaire de disposer de plus d'informations pour pouvoir préciser son écologie et sa distribution. Par contre, *N. ruber* a une aire de distribution qui s'étend de la Guinée au Cameroun. L'espèce est présente dans les savanes arbustives et à graminées. Les adultes émergent pendant la fin de la saison des pluies, de début septembre à début novembre dans la zone soudanienne (Michel et Akoudjin, 2012).

CONCLUSION

L'identification de nouvelles espèces de Myrmeolidae et leur écologie particulière comme celle de *N. raptor* et *P. longimaculatus*, a permis de poser une question fondamentale sur leur mode de distribution. En effet, ces espèces semblent être des espèces relictuelles ou à écologie délicate de ce fait, toutes perturbations d'ordre climatiques ou anthropiques peuvent entraîner leur disparition.

QUATRIEME PARTIE : DISCUSSION GENERALE

ETAT ECOLOGIQUE DES PAYSAGES RURAUX

L'étude a été menée dans quatre terroirs le long du gradient climatique Nord-Sud. Les terroirs ne présentent pas les mêmes faciès paysagers ni la même emprise agricole. La zone soudanienne et la zone soudano-sahélienne sont des zones fortement peuplées. Après le recensement général de la population en 2006, les régions de la boucle du Mouhoun (10,5 % de la population totale) et des Hauts bassins (10,3 %) sont les plus peuplées après la région du Centre (12,3 %) qui abrite la capitale administrative du pays, tandis que la région des Cascades (3,8 %) est la moins peuplée (INSD, 2008). Le Sahel abrite 6,9 % de la population totale (INSD, 2008). La démographie augmente la pression sur les ressources naturelles dans un pays où 77,3 % de la population est rurale (INSD, 2008). Par voie de conséquence, les zones à forte densité humaine sont les zones à forte pression foncière. Les zones soudanienne et soudano-sahélienne sont les zones à forte production agricole, avec notamment la culture du coton. La zone sud-soudanienne, plus précisément le terroir de Folonzo, bien que favorisée par une bonne pluviométrie est moins peuplée et l'activité agricole y est moins importante. De ce fait, elle abrite toujours de fortes densités d'animaux sauvages et les formations végétales y subissent moins la pression de l'homme. Dans cette région infestée de glossines, vecteurs de la trypanosomose animale africain (TAA), les animaux sauvages constituent un frein au développement de l'élevage, car ils constituent un réservoir parasitaire (Rayaisse *et al.*, 2015).

Au Sahel, c'est l'élevage qui domine l'activité agricole. Le pastoralisme est la principale activité économique et tous les paysages sont parcourus par le bétail (Hellendorff, 2012).

La dégradation des écosystèmes au Burkina Faso est liée aux facteurs anthropiques, notamment les activités agricoles (Gomgnimbou *et al.*, 2010). Les cultures de rente exercent une pression plus forte sur l'environnement que les cultures vivrières. Les zones les plus affectées par la dégradation des écosystèmes sont les zones cotonnières (Gomgnimbou *et al.*, 2010).

Les effets conjugués de la démographie et des activités agricoles et pastorales entraînent diverses pressions sur l'environnement ainsi que la modification du paysage et des écosystèmes naturels.

Au cours de cette étude, dans chacun des terroirs à l'exception du Sahel trois paysages ruraux ont été identifiés en fonction du mode d'utilisation des terres : les aires protégées, les aires de pâtures et les aires de cultures. Au Sahel nous avons identifiés la zone de cultures, la steppe arbustive et la steppe arborée.

Ecosystèmes agricoles

Les écosystèmes agricoles sont des milieux où les producteurs éliminent la plupart des espèces végétales des forêts naturelles pour ne conserver que quelques ligneux utilitaires associés aux cultures annuelles (MEE, 1999). L'essentiel des écosystèmes agricoles recensés dans notre étude sont les parcs à karité et Néré avec une densité variable des arbres. Il faut noter que les écosystèmes agricoles au Burkina Faso forment une mosaïque paysagère constituée d'espaces agro-forestiers, des champs de cultures traditionnelles et de rente, ainsi que de jachères plus ou moins anciennes qui se raréfient.

L'état écologique de ces espaces diffère d'une région à l'autre. Dans les zones à forte culture cotonnière ils sont plus dégradés à cause de l'utilisation intensive des produits phytosanitaires, des engrains et du travail du sol (MEE, 1999 ; Gomgnimbou *et al.*, 2010). L'insuffisance des terres disponibles a entraîné la disparition des jachères dans certaines zones. Ainsi, dans la zone soudano-sahélienne à forte emprise agricole, les jachères sont pratiquement inexistantes alors que dans la zone sud-soudanienne des vieilles jachères ont été recensées et leur composition floristique est sensiblement égale à celle des aires protégées.

Dans ces écosystèmes, la majorité des espèces végétales recensées sont des adventices. Le travail du sol favorise le drageonnage de certaines espèces comme *Daniellia oliveri*. Le taux de rejet de souches est un indicateur du temps d'exploitation du champ (Harivel *et al.*, 2006). Les écosystèmes agricoles de la zone sud-soudanienne présentent plus de rejets des souches d'espèces éliminées pour la mise en place des champs que ceux de la zone soudanienne. En effet, dans les zones nord-soudanienne et soudano-sahélienne, les champs sont exploités en continu et la pratique de la jachère est impossible à cause de l'indisponibilité en terre (Kaboré *et al.*, 2012).

Ecosystèmes pastoraux

Les écosystèmes pastoraux sont constitués d'espaces accessibles aux animaux domestiques. Dans le cadre de notre étude, les espaces concernés sont les savanes sur sol non propice à la culture et les jachères. Dans la zone nord-soudanienne, les écosystèmes pastoraux sont constitués essentiellement de savanes arbustives sur sol cuirassé tandis qu'en zone sud-soudanienne ce sont les jachères, les savanes arbustives sur sol mince et les savanes arborées sur les éboulis de roche. Dans la zone nord-soudanienne la pression agricole a repoussé les zones de pâtures vers les terrains non propices à l'agriculture (Bondé *et al.*, 2013).

Ces écosystèmes s'avèrent importants à cause du rôle qu'ils jouent dans la préservation de la biodiversité surtout dans les zones à forte emprise agricole. Leur richesse spécifique varie en

fonction des terroirs. La richesse floristique des écosystèmes pastoraux est sensiblement égale entre la zone nord-soudanienne et la zone soudano-sahélienne par contre elle est légèrement inférieure dans la zone sud-soudanienne à cause de la stabilité de la végétation peu perturbée dans laquelle un ordre hiérarchique entre les différentes espèces s'est établi.

Dans la zone soudanienne, ces espaces favorisent également le développement de certaines espèces d'insectes. C'est le cas, par exemple, pour des espèces de Cetoniinae dont les densités y sont très élevées.

Aires protégées ou forêts classées

Les aires protégées de notre étude sont des domaines classés. Ce sont les forêts classées de la Mou, de Toroba et la réserve partielle de faune de la Comoé-Léraba qui fait partie des sites Ramsar³ du Burkina Faso depuis 2009. La végétation dominante dans les aires protégées est la savane arborée à *Isoberlinia doka*. Les aires protégées subissent aussi bien de fortes pressions humaines qu'animales (Burkina Faso, 2010). Toutes les aires protégées sont occupées partiellement par des champs (Nikiema *et al.*, 2001) et pâturées par le bétail à l'exception de la réserve de faune de la Comoé-Léraba à cause de la forte prévalence trypanosomienne (Pagabeleguem *et al.*, 2012 ; Rayasse *et al.*, 2015). Le braconnage et la coupe frauduleuse du bois y sont développés. La perte du couvert végétal au Burkina Faso est estimée à environ 4% par an (Bombiri, 2008).

Ces pressions affectent la biodiversité en général car les forêts classées constituent les derniers refuges pour la faune dans le contexte actuel de pression humaine élevée.

Steppes

Beaucoup d'études ont montré la fragilité de la végétation du Sahel. Elle est sous la menace des variabilités et changements climatiques et de la pression humaine (Boudet, 1989; Ganaba et Guinko, 1995; Diouf *et al.*, 2002; Ganaba *et al.*, 2004).

Les steppes concernées par notre étude sont les steppes arbustives dominées par *Boscia senegalensis* et la steppe arborée dominée par *Acacia laeta* en association avec *Acacia senegal* qui fait l'objet d'une exploitation pour la gomme arabique. La steppe arborée à *Acacia laeta* est un site protégé par le service des eaux et forêts, malheureusement elle est très pâturée subissant ainsi, la pression animale. Les dégradations observées dans les steppes sont la mortalité massive d'arbres et l'érosion du sol, de telle sorte qu'en certains endroits, on

³ La Convention de Ramsar (ratifiée en 1971 à Ramsar en Iran) a pour objectif d'enrayer la tendance à la disparition des zones humides de favoriser leur conservation, ainsi que celle de leur flore et de leur faune et de promouvoir et favoriser leur utilisation rationnelle. Le Burkina Faso a adhéré depuis 1990 et dispose actuellement 15 sites Ramsar.

observe sur de grandes superficies un « cimetière » de bois morts. Cette situation a retenu notre attention. Pour mieux comprendre les causes de ce phénomène, nous avons procédé à des observations fines sur les mortalités anciennes et récentes. Il ressort que les changements climatiques ne sont pas la cause majeure. Cette mortalité est plutôt due à une pratique très répandue qui consiste à tailler les individus ligneux de sorte que leurs branches touchent le sol tout en restant rattachées au tronc. Dans cette position, tant que la plante vit, les nouvelles feuilles émises par les branches rabattues au sol restent accessibles au bétail. Les arbres concernés finissent par mourir suite à la forte défoliation et aux conditions climatiques extrêmes. Bégué *et al.* (2011) montrent que la résistance des individus ligneux à la sécheresse de 2000 à 2006 était due à une accumulation des ressources pendant les bonnes périodes de pluviométrie (1982 à 1999) ce qui a permis le reverdissement du Sahel dans le bassin-versant du Bani, au Mali. Ainsi, une pluviométrie normale favorise la régénération du couvert végétal (Boudet, 1989; Diouf *et al.*, 2002), bien sûr si les pratiques humaines sont adéquates.

BIOINDICATEURS DE CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX

Les dégradations provoquées par l'action directe de l'homme sont amplifiées par le dérèglement du climat. Pour mieux comprendre l'évolution de notre environnement soumis à une forte pression anthropique et aux changements climatiques il est primordial de mettre en place des outils de surveillance des écosystèmes. Plusieurs outils peuvent être proposés, mais dans le cadre de notre étude nous nous sommes intéressés à trois groupes d'insectes comme indicateurs de la pression anthropique et du changement climatique.

Bioindicateurs d'anthropisation

Pour mieux cerner les conséquences de l'action de l'homme notre étude a été menée dans des aires protégées, des aires de cultures et des aires de pâtures dans quatre terroirs du Burkina Faso. Comme bioindicateurs nous avons utilisé des communautés végétales et des communautés d'insectes frugivores (Nymhalidae et Cetoniinae). Il ressort que la diversité spécifique de la flore et la variation spatio-temporelle de la diversité et la densité des insectes frugivores reflètent le niveau d'anthropisation du milieu.

Richesse spécifique comme indicateur d'anthropisation

Dans les terroirs, la richesse spécifique de la flore est plus faible dans les aires protégées que dans les autres paysages, et la plus forte diversité se rencontre dans les zones de cultures. Ce résultat est en accord avec le fait que les milieux conservés depuis longtemps hébergent une richesse spécifique végétale moindre que celle des milieux perturbés en continu (comme les zones de cultures par le défrichement et le travail du sol et les zones de pâtures par le

broutage des animaux). Cet état d'évolution de la richesse spécifique des aires protégées correspond à l'évolution de la végétation vers un stade climacique. Au cours de la succession des formations végétales, les espèces rentrent en compétition et se succèdent, jusqu'à laisser la place à certaines associations d'espèces qui vont se maintenir en équilibre dynamique avec leur milieu en fonction du climat, du sol et de la topographie (Ramade, 1984 ; Drouin, 1991). Toutefois, le climax étant le stade ultime de développement de la végétation en équilibre avec l'ensemble des facteurs du milieu, il reste théorique voire inaccessible selon plusieurs auteurs (Ramade, 1984 ; Drouin, 1991).

La dynamique d'un écosystème dépend du degré de perturbation induite. Ainsi, la perturbation de l'écosystème des aires protégées se résumerait à l'action du climat et dans une moindre mesure à l'action de l'homme qui varie fortement d'une aire protégée à l'autre. Dans notre étude, la réserve faunique de la Comoé-Léraba semble être l'aire protégée qui subit le moins l'action de l'homme tandis que la forêt classée de Toroba se trouve être occupée et dégradée à hauteur de 85,5% (Nikiema *et al.*, 2001).

Les coefficients de similitude de Sorensen et Jaccard calculés entre les paysages montrent que la richesse floristique des zones de pâtures est intermédiaire entre celle des zones de cultures et celle des aires protégées. Les zones de pâtures semblent donc moins perturbées que les zones de cultures, mais le broutage et le piétinement des animaux domestiques favorisent l'émergence de certaines espèces végétales et la disparition d'autres espèces très sensibles (Miehe, 2003). En effet, dans la zone des savanes à forte pression pastorale, *Hyparrhenia smithiana* (Hook. f.) Stapf, espèce très sensible au broutage ne se retrouve que dans les aires protégées tandis que des espèces comme *Cenchrus biflorus* et *Dactyloctenium aegyptium* prolifèrent dans les zones de pâtures. Les espèces retrouvées à la fois aux zones de cultures et aux aires protégées sont des espèces utilitaires épargnées par l'homme lors des défrichements (Bondé *et al.*, 2013). Ce sont particulièrement *Vitellaria paradoxa* et *Parkia biglobosa* dans la zone soudanienne et *Balanites aegyptiaca* au Sahel (Breman et Sissoko, 1998). Ces espèces sont importantes pour l'homme à cause de leur valeur alimentaire, médicinale et économique (Kaboré *et al.*, 2012).

Contrairement à la richesse floristique, la richesse entomologique est plus importante dans les aires protégées que dans les autres paysages ce qui se traduit par un indice de Shannon plus élevé. Plusieurs études en Afrique ont montré que les milieux naturels et conservés présentent plus de diversité en insectes frugivores (Nymphalidae et de Cetoniinae) que les milieux anthropisés (Fermon, *et al.*, 2000; Touroult, 2000 ; Sundufu et Dumbuya, 2008; Touroult et Le Gall, 2012). Leur richesse spécifique comme indicateur de bonne santé d'un écosystème a

été démontrée par plusieurs études de par le monde (Ramos, 2000 ; Beck *et al.*, 2002 ; Bobo *et al.*, 2006 ; Aviron *et al.*, 2009). En Afrique de l'Ouest, dans la zone forestière au Benin (Touroult et Le Gall, 2012), en Côte d'Ivoire (Fermon *et al.*, 2000) et en Sierra Leone (Sundufu et Dumbuya, 2008), les études ont montré que les milieux forestiers présentent plus de richesse que les milieux anthropisés (zone de cultures et plantation forestière) et que les reliques forestières constituent des zones de transition favorables pour la migration des espèces d'un massif forestier à l'autre. Une étude menée au Benin a montré l'importance des plantations de palmiers comme zone de transit entre massifs forestiers pour les cetoninae dont les populations régressent fortement suite à l'ouverture de la végétation pour planter des zones de cultures (Touroult et Le Gall, 2012). Ce même constat est fait à Folonzo dans la zone sud-soudanienne de notre étude où les bosquets et les îlots forestiers existants dans les zones de cultures et de pâtures ont permis d'enregistrer une richesse spécifique croissante au cours des inventaires alors que la richesse maximale était déjà atteinte dans l'aire protégée depuis le troisième inventaire. Egalement, en Afrique de l'Ouest dans la zone des savanes, l'intérêt de la richesse spécifique des insectes frugivores comme indicateur de dégradation anthropique a été montré (Bouyer *et al.*, 2007).

La comparaison des inventaires de névroptères des régions de Sikasso au Mali et de Bobo-Dioulasso indique que plusieurs espèces (telles que *Palpares longimaculatus*, *Neuroleon pardalice*) rencontrées uniquement au Burkina Faso pourraient avoir été favorisées par une meilleure conservation du milieu naturel. Ces espèces pourraient donc être d'un grand intérêt pour mesurer l'évolution des paysages dans la région soudanienne.

Variation spatio-temporelle des densités comme indicateur d'anthropisation

La densité des populations de Nymphalidae et de Cetoniinae varient en fonction du temps et du paysage. Dans notre étude, il ressort que les plus fortes densités sont enregistrées dans les zones de pâtures qui se positionnent comme un milieu à dégradation intermédiaire entre les aires protégées et les zones de cultures. Ce résultat concorde avec la théorie de la dégradation intermédiaire qui montre que la dégradation a un effet positif sur la densité des espèces jusqu'à un certain seuil. Une fois ce seuil dépassé, la dégradation devient critique pour la densité et la diversité des espèces (Connell, 1978). Le même type de résultat a été obtenu en comparant les densités des communautés d'insectes frugivores entre des milieux protégés du parc international du W et des milieux anthropiques environnant (Bouyer *et al.*, 2007). L'environnement du parc du W est similaire à celui de nos zones d'études notamment la zone des savanes et la zone sud-soudanienne.

Bioindicateurs de variation climatique

Pour rappel, notre étude a été conduite le long d'un gradient climatique dont la pluviuosité annuelle varie de 1100 mm (au sud) à 500 mm (au nord) mm.

Richesse spécifique comme indicateur de variation climatique

Plusieurs études montrent qu'il y a une corrélation entre le climat et la richesse spécifique ; les régions chaudes ayant une faune et une flore plus riches que les régions tempérées ou les régions froides (Francis et Currie, 2003 ; Currie *et al.*, 2004 ; Newbold *et al.*, 2009). Au Burkina Faso, la richesse spécifique des Nymphalidae et Cetoniinae est décroissante du Sud vers le Nord. Parmi les espèces de Nymphalidae et cetoniinae étudiées 12 ont une large distribution géographique, d'autres sont plus étroitement inféodées aux régions soudanaises, sahéliennes ou guinéennes. La richesse spécifique des névroptères montre également une variabilité latitudinale dans le même sens mais qui reste cependant à préciser par des inventaires complémentaires. Cette même variation s'observe également pour la richesse spécifique des communautés végétales avec un nombre croissant d'espèces du nord vers le sud.

Le suivi de l'évolution de l'aire de distribution des cetoniinae *Charadronota quadrisignata* et *Chondrorhina abbreviata* pourrait permettre de mesurer l'évolution du climat dans la région soudanienne. Des espèces de Myrmeleontidae présentes dans la région de Bobo-Dioulasso et absentes de la région de Sikasso au Mali et dont l'extension de l'aire de distribution pourrait traduire une accentuation de l'aridité (telles que *Centroclisis punctulata*, *Fadrina rufa*, *Jaya rogeri*). D'autres espèces inféodées à la zone sahélienne, *Palpares percheronii* et *Parapalpares papilionoides* (Myrmeleontidae) pourraient représenter de bons indicateurs pour le suivi du déplacement des isohyètes vers le sud (Vernet, 2006).

La durée limitée de notre étude n'a pas permis de mettre en évidence l'incidence du changement climatique sur la distribution des espèces. Cependant, des travaux portant sur des périodes plus longues dans d'autres régions du monde ont mis en évidence une modification de la répartition des espèces induite par le réchauffement du climat (Parmesan *et al.*, 1999 ; Conrad *et al.*, 2004 ; Andrew et Hughes, 2005a ; 2005b). D'autre part, l'étude des communautés d'espèces le long d'un gradient latitudinal recouvrant plusieurs régions climatiques permet de prédire quel pourrait être l'impact du changement climatique sur ces communautés dans une région donnée (Andrew et Hughes, 2005a).

Variation spatio-temporelle de la densité comme indicateur de variation climatique

La densité des espèces choisies comme les meilleurs bioindicateurs varie le long du gradient climatique. L'utilisation simultanée de la densité de quelques espèces de Nymphalidae et cetoniinae a permis une ségrégation des paysages en fonction du climat. Les aires protégées se retrouvent parfaitement dans leur milieu climatique tandis que tous les paysages anthropisés se regroupent avec ceux du climat aride (le sahel). Ce qui a permis de conclure que l'aridité a le même effet que la dégradation du milieu.

Parmi les espèces considérées dans notre étude, deux se sont distinguées comme étant des bons indicateurs de la variation climatique. En effet, leur densité évolue de façon contraire. *C. achamenes* semble être favorisé par l'aridité ce qui explique que sa densité soit croissante le long du gradient d'aridité, tandis que *C. abbreviata* a une densité décroissante le long du même gradient. Le suivi des densités de ces espèces pourrait donc permettre de suivre l'évolution des conditions climatiques.

Des études ont montré que la variation climatique a un effet sur la densité et le voltinisme⁴ des insectes (Porter *et al.*, 1991 ; Newman, 2006 ; Altermatt, 2010). Avec les variabilités et changements climatiques la densité de la deuxième génération de plusieurs espèces de lépidoptères d'Europe a augmenté après 1980. L'exemple le plus marquant est celui de *Lithosia quadra* Linnaeus, 1758 qui est passé aujourd'hui à deux générations distinctes (Altermatt, 2010). D'une façon générale, toutes les espèces européennes de lépidoptère sont devenues partiellement bivoltines à cause de l'impact des variabilités et changements climatiques (Altermatt, 2010). Au cours de notre étude, les Nymphalidae et les Cetoniinae sont bivoltines avec une tendance vers une plus forte densité pour la deuxième génération. La première génération émerge en début de saison de pluies entre juin et juillet et la deuxième génération en fin de saison de pluie entre septembre et octobre. Entre la deuxième et la première génération il y a une longue saison sèche avec des températures moyennes de 34°C. Cette période a sans doute une influence négative sur la densité de la première génération.

⁴ Voltinisme : nombre de génération par année chez un organisme. On parle d'espèce univoltine lorsqu'elle donne une génération, bivoltine deux générations et multivoltines plusieurs générations par année (source : (Altermatt, 2010))

EVALUATION DE LA QUALITE DES ESPECES BIOINDICATRICES

Dans notre étude, les groupes d'insectes utilisés ont fait ressortir certaines propriétés permettant de les utiliser comme indicateurs de l'état des écosystèmes ruraux face à l'action de l'homme et du climat :

✓ Taxonomie, détermination et échantillonnage facile

Les trois groupes taxonomiques utilisés dans notre étude, Nymphalidae, Cetoniinae et Myrmeleontidae, sont facilement reconnaissables même pour les non spécialistes et leur capture est relativement aisée. Les insectes frugivores sont facilement échantillonnés à l'aide des pièges appâtés avec de la banane fermentée, propriété démontrée dans plusieurs études (Bouyer *et al.*, 2007; Tchibozo *et al.*, 2008; Touroult et Le Gall, 2012). Les névroptères peuvent être capturés à vue à l'aide d'un filet à papillon ou d'un piège lumineux. Pour ce dernier groupe, cependant, il est nécessaire de focaliser les échantillonnages sur les espèces communes, facilement détectables dans leur milieu avec les techniques de récolte citées ci-dessus.

L'identification des espèces de Nymphalidae et de Cetoniinae ne pose pas de problème particulier et la plupart des Myrmeleontidae, en particulier ceux retenus comme bioindicateurs, sont également facilement identifiables avec un minimum d'expérience.

✓ Fidélité à un écosystème

Cette propriété a été démontrée pour les lépidoptères (Nymphalidae) dans plusieurs études (; Fermon *et al.*, 2000, 2001 ; Larsen, 2005 ; Bobo *et al.*, 2006). Ainsi, l'écologie des Nymphalidae est mieux connue en Afrique que celle des cetoniiiae (Tchibozo *et al.*, 2008 ; Touroult et Le Gall, 2012). Dans notre étude il est démontré que l'aire géographique de certaines espèces s'étend jusqu'au sahel. Ainsi, les espèces de cétoines (*P. marginata* et *D. gagates*) et les espèces de charaxes (*C. epijasius*, *C. achaemenes* et *C. varanes*) se retrouvent au sud du Benin (Tchibozo *et al.*, 2008 ; Touroult et Le Gall, 2012) sont observées au sahel, et se trouvent être des espèces rencontrées dans les zones de cultures et les savanes. En fait, ce sont des espèces qui aiment les milieux ouverts (Bouyer *et al.*, 2007; Touroult et Le Gall, 2012). Les espèces de forêts humides comme *C. africana* et *C. guerini* trouvées au Benin (Touroult et Le Gall, 2012) sont également observées dans les galeries forestières au Burkina Faso dans la zone soudanienne. Sans doute leur écologie s'étend des forêts humides guinéennes vers les forêts galeries des zones soudaniennes à travers les cours d'eau comme la Comoé et le Mouhoun (César *et al.*, 2011).

Même si notre étude n'a pas permis de démontrer la fidélité des névroptères à un type d'écosystème, des travaux antérieurs indiquent que la plupart des espèces sont inféodées aux milieux ouverts du type savanes à graminées. Seul, un nombre limité d'espèces vivent préférentiellement dans les biotopes plus fermés (Michel, 1998, 1999, 2000, 2001 ; Michel et Cadet, 2009 ; Michel et Letourmy, 2007).

✓ **Réponse à une perturbation de l'écosystème**

La réponse des Nymphalidae et des Cetoniinae à un stress induit dans l'écosystème a été démontrée par plusieurs études (Fermon *et al.*, 2000 ; Bouyer *et al.*, 2007; Sundufu et Dumbuya, 2008; Touroult et Le Gall, 2012). L'anthropisation a un effet sur la densité et la diversité des espèces dans la zone des savanes (Bouyer *et al.*, 2007) et en zone forestière (Fermon *et al.*, 2000 ; Bobo *et al.*, 2006). La réponse des névroptères à l'anthropisation n'a pas été étudiée car notre étude, avait pour objectif de rechercher les espèces susceptibles d'être utilisées comme indicateurs de modifications climatiques. Les résultats montrent que dans cette optique plusieurs paramètres pourraient être pris en compte, en particulier la distribution de certaines espèces ou la date d'émergence des adultes.

✓ **Rôle important dans l'écosystème**

Les Nymphalidae, Cetoniinae et les névroptères jouent un rôle important dans l'écosystème comme les insectes en général (Guilbot, 1999). Les Nymphalidae étant frugivores à l'état adulte et herbivore à état larvaire jouent un rôle essentiel dans la chaîne trophique ce qui fait d'eux de bons marqueurs de l'état des écosystèmes (Stork *et al.*, 2003 ; Kery et Plattner, 2007). Les chenilles sont généralement inféodées à un groupe restreint de plantes et constituent un maillon essentiel dans la chaîne alimentaire. Les adultes des cétoines également floricoles contribuent à la pollinisation des plantes et les larves détritivores (Šípek *et al.*, 2009) contribuent au recyclage de la matière organique (Touroult et Le Gall, 2012). Les Myrmeleontidae et Ascalaphidae sont prédateurs aussi bien à l'état adulte que larvaire, et contribuent donc au maintien de l'équilibre des populations d'insectes, notamment ceux nuisibles (Strange, 1980 ; Hauber, 1999 ; Guillette *et al.*, 2009).

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

CONCLUSION GENERALE

La communauté des insectes frugivores a été largement utilisée pour l'évaluation de l'état écologique dans la gestion environnementale. Dans le cadre cette étude, l'objectif était de trouver des espèces pouvant être des outils d'indication de l'évolution des écosystèmes agro-sylvopastoraux du Burkina Faso sous influences double de l'homme et du climat. Ainsi, une étude a été conduite en combinant à la fois les inventaires botaniques et entomologiques dans quatre terroirs le long d'un gradient climatique. L'étude botanique a permis de définir un gradient anthropique, du plus dégradé au moins dégradé. Le long de ce gradient, se retrouvent des forêts classées ou aires protégées qui sont les zones les plus conservées ; les zones de cultures qui sont les zones les plus dégradées et les zones de pâtures sont des zones à dégradation intermédiaire entre les deux. Ce même gradient a été défini par les communautés d'insectes étudiées. En effet, les Nymphalidae se sont montrés comme des bons indicateurs des forêts classées ou aires protégées, tandis que les Cetoniinae ont indiqué les zones de pâtures.

Le long du gradient climatique, l'aridité a eu le même effet sur la végétation que l'anthropisation à travers des espèces végétales inventoriées. L'étude botanique a permis la ségrégation de deux domaines de végétation distingue : la savane soudanienne et la steppe sahélienne. L'étude entomologique a plutôt montré que des espèces pourraient être utilisées pour suivre l'évolution et l'influence du climat sur les communautés d'insectes étudiées. Certaines espèces se sont montrées comme des indicateurs potentiels de la variation climatique le long du gradient d'aridité.

Les résultats présentés dans cette thèse constituent une nouvelle contribution à la connaissance des rapports entre les modifications environnementales et les communautés d'insectes en Afrique de l'Ouest. Afin d'approfondir les résultats obtenus les travaux devraient être complétés par de nouvelles recherches menées en ciblant les observations sur les espèces retenues comme bioindicateurs. Dans cette perspective nous proposons de poursuivre les études en approfondissant les points suivants :

- Détermination de la relation entre insectes et plantes à travers l'étude de l'inféodation d'une espèce d'insecte à une ou plusieurs plantes.
- Suivi des groupes d'insectes dans chaque terroir tout au long de l'année afin de mieux comprendre la biologie des espèces en fonction de la variation annuelle du climat et du degré de dégradation du milieu naturel.
- Délimitation précise de l'aire de distribution des espèces retenues comme bioindicateur du changement climatique en corrélant ces données avec les données

météorologiques locales. Cette étude permettra de voir la corrélation entre la dynamique annuelle des espèces d'insectes et les paramètres climatiques tel que la température, l'humidité relative, l'évapotranspiration et la pluviométrie.

- Estimation réelle de l'occupation des sols dans chaque terroir afin de vérifier s'il existe une corrélation entre le taux d'occupation des sols et la diversité et la densité des insectes frugivores. Cette étude aura pour objectif d'estimer le degré de dégradation du terroir à partir des bioindicateurs qui seront les outils d'évaluation et de suivi.
- Suivi des aires de distribution des espèces d'insectes en relation avec les facteurs climatiques en particulier la température et l'humidité relative du milieu le long du gradient climatique. Cette étude permettra de mettre en évidence une évolution du cycle biologique des espèces en fonction des zones climatiques.

Toutes ces actions permettraient de décrire précisément la situation actuelle de ces espèces en terme de densité de population et de répartition géographique. Ces données pourront être utilisées pour mesurer l'impact des changements environnementaux sur les communautés d'insectes au Burkina Faso.

A l'issue de cette étude plusieurs enseignements ont été tirés, et nous pouvons faire des recommandations pour la sauvegarde de la biodiversité face à la menace que représentent à la fois l'anthropisation du milieu et le changement climatique.

A l'Etat :

- ✓ Assurer et renforcer la protection des domaines forestiers classés en améliorant leur surveillance. Ces réserves représentent des zones refuges pour la biodiversité ;
- ✓ Créer des couloirs de transit entre les îlots forestiers pour faciliter le déplacement et l'extension de la biodiversité ;
- ✓ Assurer la formation des acteurs locaux dans la protection et la régénération des couverts végétaux-

Aux gestionnaires des aires protégées :

- ✓ Augmenter les mesures de protection pour réduire l'accès des aires protégées aux animaux domestiques ;
- ✓ Mettre en place des îlots de parcelles efficacement protégés à défaut d'assurer la protection intégrale de toute la forêt classée, afin d'assurer la survie des espèces sensibles ;
- ✓ Suivre l'évolution de la communauté des insectes frugivores Nymphalidae et Cetoniinae afin de connaître l'état écologique des aires protégées.

Aux acteurs locaux (agriculteurs et éleveurs) :

- ✓ Favoriser une structure en mosaïque de l'aire agricole avec des jachères pour la conservation de la biodiversité ;
- ✓ Opter pour une meilleure conduite des troupeaux en réduisant la pression pastorale, afin d'atténuer l'action du changement climatique sur les formations végétales naturelles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **AGEREF., 2004.** Plan d'aménagement et de gestion de la forêt classée et réserve partielle de faune de la Comoé- Léraba. 23p.
2. **Akoudjin M., César J., Kombassere A., Bouyer J., 2011.** Spatio-temporal variability of fruit feeding insects used as ecological indicators in West Africa as ecological indicators. *Bois et Forêts Des Tropiques*, 308(2), pp.21–32.
3. **Akoudjin M et Michel B., 2011.** A new species of *Palpares* Rambur (Neuroptera: Myrmeleontidae) with an identification key to the species of West Africa. *Zootaxa* 2792: pp.33-40.
4. **Al Hamndou D., Requier-Desjardins M., 2008.** Variabilité climatique, désertification et biodiversité en Afrique : s'adapter, une approche intégrée. *VertigO*, 8, 24p.
5. **Altermatt F., 2010.** Climatic warming increases voltinism in European butterflies and moths. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 277(1685), pp.1281–1287.
6. **Andrew NR., Hughes L., 2005a.** Arthropod community structure along a latitudinal gradient: Implications for future impacts of climate change. *Austral Ecology*, 30(3), pp.281–297.
7. **Andrew NR., Hughes L., 2005b.** Diversity and assemblage structure of phytophagous Hemiptera along a latitudinal gradient: predicting the potential impacts of climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 14(3), pp.249–262.
8. **Aubreville A., 1958.** A la recherche de la forêt de Côte d'Ivoire. *Bois Forêt Trop*, 57, pp.16–84.
9. **Aviron S., Sanvido O., Romeis J., Herzog F., Bigler F., 2009.** Case-specific monitoring of butterflies to determine potential effects of transgenic Bt-maize in Switzerland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 131, pp.137-144.
10. **Banque Mondiale., 1995.** Projet pilote de gestion participative des ressources naturelles et de la faune en Afrique de l'Ouest. document de projet, rapport n° 13660 AFR.
11. **Beck J., Schulze CH., Linsenmair KE., Fiedler K., 2002.** From forest to farmland: Diversity of geometrid moths along two habitat gradients on Borneo. *Journal of Tropical Ecology*, 18(01), pp.33–51.
12. **Bégué A., Vintrou E., Ruelland D., Claden M., Dessay N., 2011.** Can a 25-year trend in Soudano-Sahelian vegetation dynamics be interpreted in terms of land use change? A remote sensing approach. *Global Environmental Change*, 21(2), pp.413–420. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378011000240>
13. **Benoît É., 2008.** Les changements climatiques : Vulnérabilité, impacts et adaptation dans le monde de la médecine traditionnelle au Burkina Faso. *VertigO*, 8, 19p.
14. **Blanc L., Chessel D., Doledec S., 1998.** Etude de la stabilité temporelle des structures spatiales par analyses d'une série de tableaux de relevés faunistiques totalement appariés. *Bulletin Français de La Pêche et de La Pisciculture*, 348, pp.1–21.
15. **Blanchard M., 2005.** Relations agriculture élevage en zone cotonnière: territoire de Koumbia et Waly, Burkina Faso. Mémoire DESS. Université Paris XII. Val de Marne.

16. **Bobo KS., Waltert M., Fermon H., Njokagbor J., Mühlenberg M., 2006.** From forest to farmland: Butterfly diversity and habitat associations along a gradient of forest conversion in southwestern cameroon. *Journal of Insect Conservation*, 10(1), pp.29–42.
17. **Bombiri P., 2008.** Comptabilité environnementale et biodiversité. Etude de cas / Burkina Faso. Communication orale. MECV/CONEEDD., 20p.
18. **Bondé L., Ouédraogo O., Kagambèga F., Boussim J.I., 2013.** Impact des gradients topographique et anthropique sur la diversité des formations ligneuses soudaniennes. *Bois et Forêts Des Tropiques*, 318(4), pp.15–26.
19. **Botoni/Liehoun E., Daget P., César J., 2006.** Activités de pâturage, biodiversité et végétation pastorale dans la zone Ouest du Burkina Faso. *Revue Élev Méd vét Pays trop*, 59, pp. 31-38
20. **Boudet G., 1989.** Evolution de la végétation des parcours sahéliens et possibilités de réhabilitation. *Fourrages*, 120, pp.401–415. Retrieved from www.afpf-asso.fr/download.php?type=1&id=994&statut=0?
21. **Bousquet B., 1989.** Division des sciences écologiques: Région Cormoé-Léraba. Compte rendu d'une prospection propositions d'actions. UNESCO/ Fonds du patrimoine mondial.
22. **Bouyer J., Sana Y., Samandoulgo, Y., Cesar J., Guerrini L., Kabore-Zoungrana C., Dulieu D., 2007.** Identification of ecological indicators for monitoring ecosystem health in the trans-boundary W Regional park: A pilot study. *Biological Conservation*, 138(1-2), pp.73–88.
23. **Breman H., Sissoko K., 1998.** L'intensification agricole au Sahel. KARTHALA Editions. Retrieved from <http://books.google.ro/books?id=SFtwRjkau-oC>
24. **Bricquet JP., Bamba F., Mahé G., Toure M., Olivry JC., 1997.** Evolution récente des ressources en eau de l'Afrique atlantique. *Rev Sci Eau*, 3, pp.321–337.
25. **Brown KSJ., Brown GG., 1992.** Habitat alteration and species loss in Brazilian forests. *Tropical Deforestation and Species Extinction*, pp.119–142.
26. **Brown KSJ., 1991.** Conservation of insects and their habitats: insects as indicators. In: Collins, N.M., Thomas, J.A. (Eds.), *The Conservation of Insects and their Habitats*. In Academic Press, London, pp.350–404.
27. **Brunt J., Sourabié N., 1985.** Etat de connaissance de la fertilité des sols du Burkina Faso. Bureau National des Sols, Documentation technique, N° 1 Janvier 1985 Ouagadougou.
28. **Burkina Faso., 2010.** Quatrième rapport national du Burkina Faso sur la diversité biologique.
29. **Carvalho KS., Vasconcelos HL., 1999.** Forest fragmentation in central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants. *Biological Conservation*, 91(2-3), pp.151–157.
30. **César J., 1991.** Typologie, diagnostic et évaluation de la production fourragère des formations pastorales en Afrique tropicale, *Fourrages*, 128, pp. 423-442.
31. **César J., Bouyer J., Granjon L., Akoudjin M., Guerrini L., Louppe D., 2010.** Les relictus forestières de la falaise de Banfora : un peuplement original au voisinage de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Bois et Forêts Des Tropiques*, 305(3), pp.43–55.
32. **Chevalier A., 1948.** Biogéographie de la forêt dense ombrophile de la Côte d'Ivoire. *Bot. Appl. Agr. Trop*, 28(305-306), pp.101–115.

33. **Cissé I., Fall ST., Badiane M., Diop Y., Diouf A., 2006.** Horticulture et usage des pesticides dans la zone des Niayes au Sénégal, ISRA/LNERV, EISMV, LACT / Faculté de Médecine Pharmacie / UCAD, document de travail Ecocité n°8, www.ecocite.org, 14 p.
34. **Cleary DFR., Mooers AU., Eichhorn KAO., Van Tol J., De Jong R., Menken SBJ., 2004.** Diversity and community composition of butterflies and odonates in an ENSO-induced fire affected habitat mosaic: a case study from East Kalimantan, Indonesia. *Oikos*, 105(2), pp.426–448.
35. **Connell J., 1978.** Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs: high diversity of trees and corals maintained only in a nonequilibrium state. *Science, New Series*, 199(4335), pp.1302–1310.
36. **Conrad KF., Woiwod IP., Parsons M., Fox R., Warren M.S., 2004.** Long-term population trends in widespread British moths. *Journal of Insect Conservation*, 8(2-3), pp.119–136. Retrieved from <http://link.springer.com/article/10.1007/s10841-004-1332-5>
37. **Cornet A., 1981.** Mesure de biomasse et détermination de la production nette aérienne de la strate herbacée dans trois groupements végétaux de la zone sahélienne au Sénégal, *Acta Ecologica/Ecol Plant*, 2, pp. 251-266.
38. **Courtin F., Rayaissé J.B., Tamboura I., Serdébéogo O., Koudougou Z., Solano P., Sidibé I., 2010.** Updating the Northern Tsetse Limit in Burkina Faso (1949–2009): Impact of Global Change. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7 (4), pp.1708-1719.
39. **Currie D., Mittelbach G., Cornell H., Field R., Guégan JF., Hawkins B., Turner JR., 2004.** Predictions and tests of climate-based hypotheses of broad-scale variation in taxonomic richness. *Ecology Letters*, 7(12), pp.1121–1134.
40. **D'Orgeval T., 2008.** Impact du changement climatique sur la saison des pluies en Afrique de l'Ouest: que nous disent les modèles de climat actuels? *Sécheresse*, 19(2), pp.79–85.
41. **Da Silva PM., Aguiar CAS., Niemelä J., Sousa JP., Serrano ARM., 2008.** Diversity patterns of ground-beetles (Coleoptera: Carabidae) along a gradient of land-use disturbance. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 124(3-4), pp.270–274.
42. **Dajoz R., 2000.** Précis d'écologie. Paris: Dunod Paris, France.
43. **Dale VH., Beyeler SC., 2001.** Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1(1), pp.3–10.
44. **Debinski DM., VanNimwegen RE., Jakubauskas ME., 2006.** Quantifying Relationships Between Bird And Butterfly Community Shifts And Environmental Change. *Ecological Applications*, 16(1), pp.380–393. Retrieved from <http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/04-1896>
45. **Devries PJ., Murray D., Lande R., 1997.** Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. *Biological Journal of the Linnean Society*, 62(3), pp.343–364.
46. **Diallo M., 2006.** Savoirs locaux et pratiques de conduite des troupeaux au pâturage : Elaboration d'une méthode d'étude. Mémoire de DEA. IDR/UPB.
47. **Diouf M., Akpo L., Rocheteau A., Do F., Goudiaby V., Diagne A., 2002.** Dynamique du peuplement ligneux d'une végétation sahélienne au Nord-Sénégal (Afrique de l'Ouest).

- Journal Des Sciences, 2(1), 9p. Retrieved from <http://www.cadjds.org/media1/JDSV2N1/2article diouf.pdf>
48. **Djarra/Lombo BC., 1998.** Diagnostic spécifique des systèmes de culture à base d'igname dans la zone d'intervention du projet GEPRENAF. Rapport de stage de fin de cycle présenté en vue de l'obtention du diplôme de Technicien Supérieur d'Agriculture.
 49. **Drouin J., 1991.** L'écologie et son histoire. (Flammarion, Ed.). Paris.
 50. **Farji-Brener A., Carvajal D., GEI M., Olano J., Sanchez J., 2008.** Direct and indirect effects of soil structure on the density of an antlion larva in a tropical dry forest. *Ecological Entomology*, 33(2), pp.183–188.
 51. **Fermon H., Schulze CH., Waltert M., Mühlenberg M., 2001.** The butterfly fauna of the Noyau Central, Lama Forest (Republic of Benin), with notes on its ecological composition and geographic distribution. *Africa Entomology*, 9(2), pp.1–9.
 52. **Fermon H., Waltert M., Larsen T., Asta U., Mühlenberg M., 2000.** Effects of forest management on diversity and abundance of fruit-feeding nymphalid butterflies in south-eastern Côte d'Ivoire. *Journal of Insect Conservation*, 4, pp.173–189.
 53. **Francis A., Currie D., 2003.** A globally consistent richness-climate relationship for angiosperms. *American Naturaliste*, 161(4), pp.521–536.
 54. **Fontes J., Guinko S., 1995.** Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso: notice explicative. Toulouse : Ministère de la Coopération Française, 66p.
 55. **Fournier A., 1991.** Phénologie, croissance et production végétales dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest: Variation selon un gradient climatique, Paris, Orstom édition, 312 p.
 56. **Fournier A., Floret C., Gnahooua G., 2001.** Végétation des jachères et succession post-culturale en Afrique tropicale, 45 p. Floret C., Pontanier R., La jachère en Afrique tropicale: de la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances, John Libbey Eurotext, France, pp. 123-168.
 57. **Gama G., Francis F., 2008.** Etude de la biodiversité entomologique d'un milieu humide aménagé : le site du Wachnet, le long du Geer à Waremme (Province de Liège, Belgique). *Faunistic Entomology*, 61(1–2), 33–42.
 58. **Ganaba S., Guinko S., 1995.** Etat actuel et dynamique du peuplement ligneux de la région de la mare d'Oursi (Burkina Faso). *Etudes Flor. Vég*; Burkina Faso 2, 2, pp.3–14.
 59. **Ganaba S., Ouadba J., Bognounou O., 2004.** Plantes de construction d'habitations en région sahélienne. *Bois et Forêts Des Tropiques*, 282(4), pp.11–17.
 60. **Gardiner AJ., Reid RS., Kiema S., 2005.** Impact of land-use on butterflies in south-western Burkina Faso. *African Entomology*, 13(2), pp.201-212.
 61. **GEPRENAF., 1996.** Diagnostic conjoint initial des villages de la zone d'intervention du projet GEPRENAF. Niangoloko.
 62. **GIEC., 2007.** Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.
 63. **GIEC., 2001.** Bilan 2001 des changements climatiques : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au Troisième Rapport d'évaluation du GIEC 2001.
 64. **Gillet F., 2000.** La phytosociologie synusiale intégrée: guide méthodologique. Université de Neuchâtel, Institut de Botanique, Doc Labo Ecol Vég 1, <http://www.migration->

population.ch/files/content/sites/lsv/files/shared/documents/phyto_syn_int.pdf. consulté le 22 mars 2014.

65. **Gobbi M., Fontaneto D., 2008.** Biodiversity of ground beetles (Coleoptera : Carabidae) in different habitats of the Italian Po lowland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 127, pp.273–276.
66. **Gomgnimbou AP., SAavadogo P., Nianogo A., Millogo-Rasolodimby J., 2010.** Pratiques agricoles et perceptions paysannes des impacts environnementaux de la coton culture dans la province de la Kompienga (Burkina Faso). *Sciences et Nature*, 7(2), pp.165–175.
67. **Guibert H., Alle U., Dimon R., Dedehouanou H., Visssoh P., Vodouhegbossou S., Agbossou E., 2010.** Correspondances entre savoirs locaux et scientifiques : perceptions des changements climatiques et adaptations. In ISDA (p. 10).
68. **Guilbot R., 1999.** Les insectes des prairies : un maillon essentiel de l'écosystème prairial. *Fourrages*, 160, pp.403–416.
69. **Guillaumie K., Hassoun C., Manero A., Chourrout M., Schoeller M., 2005.** La sécheresse au sahel, un exemple de changement climatique. Atelier changement climatique ENPC-Département VET, 40p.
70. **Guillette LM., Hollis KL., Markarian A., 2009.** Learning in a sedentary insect predator: antlions (Neuroptera: Myrmeleontidae) anticipate a long wait. *Behavioural Processes*, 80(3), pp.224–32.
71. **Harivel A., Bellefontaine R., Boly O., 2006.** Aptitude à la multiplication végétative de huit espèces forestières d'intérêt au Burkina Faso. *Bois et Forêts Des Tropiques*, 288(2), pp.39–50.
72. **Harvey JA., Putten WH., Van Der Turin H., Wagenaar R., Bezemer TM., 2008.** Effects of changes in plant species richness and community traits on carabid assemblages and feeding guilds. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 127, pp.100–106.
73. **Hauber ME., 1999.** Variation in pit size of antlion (*Myrmeleon carolinus*) larvae: the importance of pit construction. *Physiological Entomology*, 24(1), pp.37–40.
74. **Hellendorff B., 2012.** Changement climatique et conflits agro-pastoraux au Sahel, Note d'Analyse du GRIP. Bruxelles. Retrieved from http://www.grip.org/sites/grip.org/files/NOTES_ANALYSE/2012/NA_2012-10-02_FR_B-HELLENDORFF.pdf
75. **Heywood VH., Mace GM., May RM., Stuart SN., 1994.** Uncertainties in extinction rates. *Nature*, 368(6467), pp.105–105.
76. **Hien M., 2000.** Etude des causes de mortalité de *Pteurocarpus lucens* Lepr. en zone subsahélienne du Burkina Faso. UPB, Bobo-Dioulasso.
77. **Hill JK., Hamer KC., 1998.** Using species abundance models as indicators of habitat disturbance in tropical forests. *Journal of Applied Ecology*, 35(3), pp.458–460.
78. **Hill JK., Hamer KC., 2004.** Determining impacts of habitat modification on diversity of tropical forest fauna: the importance of spatial scale. *Journal of Applied Ecology*, 41(4), pp.744–754.
79. **Hilty J., Merenlender A., 2000.** Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biological Conservation*, 92(2), pp.185–197.

80. **Husson F., Lê S., Pagès J., 2009.** Analyse de données avec R. Rennes: Presses universitaires de Rennes. Retrieved from <http://www.journal-sfds.fr/ojs/index.php/StatEns/article/view/100/89>
81. **Hutchinson J., Dalziel M., 1954-1972.** Flora of west tropical Africa, Edition 2, Volumes 1-3, Champaign, Balogh Scientific Books, 1174p.
82. **INSD., 2008.** Recensement général de la population et de l'Habitation de 2006 : Résultats définitifs.
83. **INSD., 2009a.** Tableau de bord de l'environnement. Ouagadougou.
84. **INSD., 2009b.** Recensement général de la population et de l'habitation de 2006 (RGPH-2006 : Monographie de la région de boucle du Mouhoun. Ouagadougou. Retrieved from http://www.insd.bf/fr/IMG/pdf/monographie/monographie_bouletemouhoun.pdf
85. **INSD., 2009c.** Recensement général de la population et de l'habitation de 2006 (RGPH-2006 : Monographie de la région des Cascades. Ouagadougou. Retrieved from http://www.insd.bf/fr/IMG/pdf/monographie/monographie_sahel.pdf
86. **INSD., 2009d.** Recensement général de la population et de l'habitation de 2006 (RGPH-2006 : Monographie de la région des hauts bassins. Ouagadougou. Retrieved from http://www.insd.bf/fr/IMG/pdf/monographie/monographie_hautsbassins.pdf
87. **INSD., 2009e.** Recensement général de la population et de l'habitation de 2006 (RGPH-2006 : Monographie de la région du sahel. Ouagadougou. Retrieved from http://www.insd.bf/fr/IMG/pdf/monographie/monographie_sahel.pdf
88. **IPCC., 2007.** Climate Change 2007 : An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Change (Vol. 446).
89. **Jaccard P., 1901.** Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. Bulletin de La Société Vaudoise Des Sciences Naturelles, 37, pp.547–579.
90. **Kaboré S., Bastide B., Boussim J., 2012.** Dynamique du karité, *Vitellaria paradoxa*, dans les systèmes agraires du Burkina Faso. Bois et Forêts Des Tropiques, 313(3), pp.47–59.
91. **Kery M., Plattner M., 2007.** Species richness estimation and determinants of species detectability in butterfly monitoring programmes. Ecological Entomology, 32(1), pp.53–61.
92. **Koita B., Bobian A., 1999.** Evolution de la diversité végétale avec le temps de jachère en zone soudanienne au Sénégal, 7p. Floret C., Pontanier R., La jachère en Afrique tropicale: rôles, aménagement, alternatives: 1 Actes du séminaire international, Dakar, Sénégal, 13-16 avril 1999, pp. 408-414.
93. **Kremen C., 1992.** Assessing the Indicator Properties of Species Assemblages for Natural Areas Monitoring. Ecological Applications, 2(2), pp.203-217.
94. **Lamachere JM., 1987.** Cartographie des aptitudes au ruissellement et à l'infiltration des sols d'un bassin versant sahélien par interprétation des images SPOT : le bassin versant de la mare d'Oursi au Burkina Faso. Colloque international SPOT 1, novembre 1987, Paris. Utilisat. CEPADUES Éditions, pp.41–51.
95. **Larsen TB., 2005.** Butterflies of West Africa: text volume. (T. B. Larsen, Ed.). Apollo Books ST - Butterflies of West Africa. Retrieved from <http://www.cabdirect.org/abstracts/20063028767.html>

96. **Levang P., Grouzis M., 1980.** Méthodes d'étude de la Biomasse herbacée de formations sahéliennes : application à la Mare d'Qursi, Haute-Volta. *Acta Ecologica, Ecol. Plant*, vol. I (15), pp.231-244.
97. **Lézine A., 1989.** Late quaternary vegetation and climate of the Sahel. *Quaternary Research*, 32(3), pp.317–334.
98. **Lézine A., Chateauneuf J., 1991.** Peat in the “Niayes” of Senegal: depositional environment and Holocene evolution. *Journal of African Earth Sciences (and the Middle East)*, 12(1-2), pp.171–179.
99. **Linglart M., Blandin P., 2006.** La biodiversité des petits bois, "anthroposystèmes insulaires" dans les plaines de grandes cultures : l'exemple du Gâtinais occidental, *Ann Géo*, 651, pp. 569-596.
100. **Magrin Geraud Y., 1996.** Crise climatique et mutations de l'agriculture : l'émergence d'un grenier céréalier entre Tchad et Chari. *Annale de Geographie*, 105(592), pp.620–644.
101. **Mansell M.W., 1987.** The ant-lions of southern Africa (Neuroptera: Myrmeleontidae): genus *Cymothales* Gerstaecker, including extralimital species. *Systematic Entomology*, 12, pp.181–219.
102. **MEE., 1999.** Monographie nationale sur la diversité biologique du Burkina Faso. Ouagadougou.
103. **Michel B., 1998.** Description d'un nouveau genre et de deux nouvelles espèces d'Ascalaphidae afrotropicaux (Neuroptera, Ascalaphidae). *Bulletin De La Societe Botanique De France*, 103(1), pp.45-50.
104. **Michel B., 1999.** Biodiversité et écologie des Palparinae du sud du Mali (Neuroptera, Myrmeleontidae). *Bulletin De La Societe Botanique De France*, 104(1), pp.45-52.
105. **Michel B., 2000.** Contribution à la connaissance des Ascalaphes du Mali et description de la femelle de *Tytomyia flinti* Tjeder, 1992 (Neuroptera, Ascalaphidae). *Bulletin De La Societe Botanique De France*, 105(1), pp.53-59.
106. **Michel B., 2001.** Sur la ponte des Ascalaphidae afrotropicaux (Neuroptera, Ascalaphidae). *Bulletin De La Societe Botanique De France*, 106(4), pp.401-408.
107. **Michel B., Akoudjin M., 2011.** Reinstatement of the genus *Capicua* Navás with descriptions of two new species (Neuroptera, Myrmeleontidae). *Zootaxa*, 3032, pp.40- 46.
108. **Michel B., Akoudjin M., 2012.** Review of *Neuroleon* Navás of West Africa with descriptions of four new species (Neuroptera, Myrmeleontidae). *Zootaxa*, 3519, pp.32-52.
109. **Michel B., Cadet P., 2009.** Seasonality in adult flight activity of two neuroptera assemblages of southern Mali. *African Journal of Ecology*, 47(4), pp.670-679.
110. **Michel B., Letourmy P., 2007.** Characterisation of a West African Myrmeleontinae assemblage (Neuroptera Myrmeleontidae): first evidence of a relationship between adult occurrences and climatic conditions. *Tropical Zoology*, 20, pp.197-209.
111. **Michel B., Mansell M.W., 2010.** Revision of the genus *Ganguilus* Navás (Neuroptera, Myrmeleontidae) with descriptions of three new species. *Zootaxa*, 2386, pp.1–24.
112. **Miehe S., 2003.** Inventaire et suivi de la végétation dans le périmètre expérimental à Widou Thiengoly dans le cadre du projet Sénégalo-Allemand Autopromotion pastorale dans le Ferlo (PAPF) (N°99.2003.4-001.00). Rapport Final 2002.

113. **Monfort N., 1992.** Les communautés de Charaxes dans les milieux naturels du Rwanda, *Lambillionea*, 31 : pp. 5-20.
114. **Mongo L.I.W., Visser M., De Cannière C., Verheyen E., Akaibe B.D., Ali-patho J., Bogaert U.J., 2012.** Anthropisation et effets de lisière : impacts sur la diversité des rongeurs dans la Réserve Forestière de Masako (Kisangani, R.D. Congo), *Tropical Conservation Science*, 5, pp. 270-283.
115. **Mueller-Dombois D., Ellenberg H., 1974.** Aims and methods of vegetation ecology, http://www.geobotany.org/library/pubs/Mueller-Dombois1974_AimsMethodsVegEcol_ch5.pdf. Consulté le 22 mars 2014.
116. **Nacambo K., 2010.** Analyse des déterminants socioculturels des perceptions et stratégies d'adaptation des agro-éleveurs face aux changements climatiques : cas de Folonzo, Tengrela, Péni et Koumbia au Burkina Faso.
117. **Ndjekouneyom S., 2007.** Les impacts du maraîchage sur la végétation ligneuse dans la région des Niayes centrales (Mboro-Diogo) au Sénégal. *Memoire Online*. Retrieved from http://www.memoireonline.com/01/13/6832/m_Les-impacts-du-marachage-sur-la-vegetation-ligneuse-dans-la-region-des-Niayes-centrales-Mboro16.html
118. **Newbold T., Gilbert F., Zalat S., El-Gabbas A., Reader T., 2009.** Climate-based models of spatial patterns of species richness in Egypt's butterfly and mammal fauna. *Journal of Biogeography*, 36(11), pp.2085-2095.
119. **Newman JA., 2006.** Using the output from global circulation models to predict changes in the distribution and abundance of cereal aphids in Canada: a mechanistic modeling approach. *Global Change Biology*, 12(9), pp.1634-1642.
120. **Niasse M., Afouda A., Amani Abou., (ed.) 2004.** Réduire la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux impacts du climat sur les ressources en eau, les zones humides et la désertification : Eléments de stratégie régionale de préparation et d'adaptation. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni. xviii + 71p.
121. **Nignan B., Dembélé O., 1997.** Étude socio-anthropologique des trames foncières de dix-sept villages de la zone d'intervention du GEPRENAF (Province de la Comoé).
122. **Nikiema A., Ouedraogo S., Boussim J., 2001.** Situation des ressources génétiques forestières du Burkina Faso. Atelier sous-régional FAO/IPGRI/ICRAF sur la conservation, la gestion, l'utilisation durable et la mise en valeur des ressources génétiques forestières de la zone sahélienne (Ouagadougou, 22. Rome, Italie).
123. **Noss RF., 1999.** Assessing and monitoring forest biodiversity-A suggested framework and indicators. *Forest Ecology and Management*, 115(2), pp. 135-146.
124. **Ormerod SJ., Weatherley NS., Merrett WJ., 1990.** The influence of conifer plantations on the distribution of the golden ringed dragonfly *Cordulegaster boltoni* (Odonata) in upland Wales. *Biological Conservation*, 53(4), pp. 241-251.
125. **Ouattara NF., Ouédraogo KD., 2004.** Caractérisation climatique des sites de recherche du programme sur les zones en marge du désert (DMP). Rapport d'étude, Programme DMP/GEF Burkina.
126. **Ouédraogo K., 2001.** L'étude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA) : Burkina Faso. FAO, Rome, Italie 39 p.
127. **Ouédraogo I., 1994.** Géologie et hydrologie des formations sédimentaires de la boucle du Mouhoun (Burkina Faso). thèse de 3è cycle en géologie. UCAD. Dakar. UCAD.

128. **Ouédraogo M., Dembélé Y., Somé L., 2010.** Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso. *Sécheresse*, 21(2), pp. 87-96.
129. **Ouin A., Martin M., Burel F., 2008.** Agricultural landscape connectivity for the meadow brown butterfly (*Maniola jurtina*). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 124(3-4), pp. 193-199.
130. **Pagabeleguem S., Sangare M., Bengaly Z., Akoudjin M., Belem A.M.G., Bouyer J., (2012).** Climate, Cattle Rearing Systems and African Animal Trypanosomosis Risk in Burkina Faso. *PLoS ONE* 7(11): doi:10.1371/journal.pone.0049762
131. **Paoletti MG., 1999.** Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1-3), pp. 1-18.
132. **Parmesan C., Ryrholm N., Stefanescu C., Hill JK., Thomas CD., Descimon H., Warren M., 1999.** Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature*, 399(6736), pp. 579-583.
133. **Paturel JE., Servat E., Delattre MO., Lubès-Niel H., 1998.** Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique. *Hydrological Sciences Journal*, 43(6), pp. 937-946.
134. **Péron Y., Zalacain V., Laclavere G., 1975.** Atlas de la Haute-Volta. Série "Les atlas jeune Afrique". Paris, Jeune Afrique.
135. **Porter J., Parry M., Carter T., 1991.** The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 57(1-3), pp. 221-240.
136. **Prost A. 1998.** Les Acanthaclisinae d'Afrique occidentale et centrale [Neuroptera, Myrmeleontidae]. *Revue française d'Entomologie*, 20, 157-173.
137. **Prost, A. 1996.** Le genre *Jaya* Navás 1912 [Neuroptera, Myrmeleontidae]. *Revue française d'Entomologie*, 18, 49-54.
138. **Ramade F., 1984.** Éléments d'écologie. Ecologie fondamentale. (McGraw-Hill, Ed.) (McGraw-Hil.).
139. **Ramos F., 2000.** Nymphalid butterfly communities in an amazonian forest fragment. *Journal Of Research On The Lepidoptera*, 1996, pp. 29-41.
140. **Rankovic A., Pacteau C., Abbadie L., 2012.** Services écosystémiques et adaptation urbaine interscalaire au changement climatique : un essai d'articulation. *VertigO*, hors sereie 12, 28p.
141. **Rayaisse J-B., Salou E., Kiema S., Akoudjin M., Kaba D., Kagbadouno M., Djohan V., Camara M., Dayo G-K., Courtin F., Solano P., Bouyer J., 2015.** Tsetse diversity and abundance in Southern Burkina Faso in relation with the vegetation. *Parasitol Res.* DOI 10.1007/s00436-015-4560-6
142. **Schüepp C., Rittiner S., Entling M.H. 2012.** High Bee and Wasp Diversity in a Heterogeneous Tropical Farming System Compared to Protected Forest. *PLoS ONE* 7(12), 8p.
143. **Serpantie G., Ouattara B., 2001.** Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest, 62 p. Floret C., Pontanier R., La jachère en Afrique tropicale: de la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances, John Libbey Eurotext, France, pp. 123-168.

144. Šípek P., Gill B., Grebennikov V., 2009. Afromontane Coelocorynus (Coleoptera : Scarabaeidae: Cetoniinae): Larval descriptions, biological notes and phylogenetic placement. *Eur.J.Entomol*, 5759(6), pp.95–106.
145. SOCREGE., 2004. Monographie socio-foncière de la province du Soum.
146. Sørensen T., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Biol. Skr.*, 5, pp.1–34.
147. Sparrow H., Sisk T., Ehrlich P., Murphy D., 1994. Technique and Guidelines for Monitoring Neotropical Butterflies. *Conservation Biology*, 8(3), pp.800–809.
148. Spitzer K., Jaros J., Havelka J., Leps J., 1997. Effect of small-scale disturbance on butterfly communities of an Indochinese montane rainforest. *Biological Conservation*, 80, pp.9–15. Retrieved from <http://www.esajournals.org/doi/abs/10.2307/1941776>
149. Stange, L.A., 2004. A systematic catalog, bibliography and classification of the world antlions (Insecta: Neuroptera: Myrmeleontidae). *Memoirs of the American Entomological Institute*, 74, pp.1–565
150. Stange LA., 1980. The ant-lions of Florida. I. Genera (Neuroptera: Myrmeleontidae). *Entomology Circular*, Division of Plant Industry, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, (215), 4. Retrieved from <http://www.cabdirect.org/abstracts/19800578518.html>
151. Stork NE., Srivastava DS., Watt AD., Larsen, TB., 2003. Butterfly diversity and silvicultural practice in lowland rainforests of Cameroon. *Biodiversity and Conservation*, 12, pp.387–410.
152. Sundufu AJ., Dumbuya R., 2008. Habitat preferences of butterflies in the Bumbuna forest, Northern Sierra Leone. *Journal of Insect Science*, 8(64), 17p.
153. Tarrier MR., Benzyane M., 2003. L'arganeraie marocaine se meurt : problématique et bio-indication. *Sécheresse*, 14(1), pp.60–77.
154. Tchibozo S., Aberlenc H., Ryckewaert P., Le Gall P., 2008. Première évaluation de la biodiversité des Odonates, des Cétoines et des Rhopalocères de la forêt marécageuse de Lokoli (Sud Bénin). *Bulletin De La Societe Botanique De France*, 113(4), pp. 497–509.
155. Theau JP., Cruz P., Fallour D., Jouany C., Lecloux E., Duru M., 2010. Une méthode simplifiée de relevé botanique pour une caractérisation agronomique des prairies permanentes, *Fourrages*, 201, pp. 19-25.
156. Thioulouse J., Chessel D., 1987. Les analyses multi-tableaux en écologie factorielle. I-De la typologie d'état à la typologie de fonctionnement par l'analyse triadique. *Acta Ecologica, Ecologia Generalis*, 8(4), pp. 463–480.
157. Thomas AGB., 1987. L'application de l'étude d'impact sur l'environnement dans la pratique: bien plus une question des choix judicieux des bioindicateurs qu'un défi à la science. *Revue Suisse de Zoologie*, Geneve, 94(3), pp. 503–510.
158. Thomas P., 2008. Typologie et cartographie de la végétation de la réserve nationale de Gile (Mozambique): Étude préalable à la réintroduction de grands mammifères, Université Montpellier II, Montpellier, 33p.
159. Touroult J., 2000. Importance des palmeraies comme refuge pour les insectes forestiers au Sud-Bénin.

160. **Touroult J., Le Gall P., 2012.** Fruit feeding Cetoniinae community structure in an anthropogenic landscape in West Africa. *Journal of Insect Conservation*, 12p.
161. **UNFCCC, 1992.** Convention Cadre des Nations unies sur les changements climatiques, 33 p.
162. **Vall E., Laye-toure S., Gue-traore J., Ouédraogo S., Sankara E., Kanwe AB., Chia E., 2006.** Recherche-action en partenariat pour la conception d'innovations: l'expérience du projet Teria Concevoir de bonnes pratiques basées sur l'amitié entre l'agriculture et l'élevage: communication au FRSIT., 12p.
163. **Van Straalen NM., 1998.** Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. *Applied Soil Ecology*, 9, pp.429–437.
164. **Vernet R., 2006.** Evolution du peuplement et glissement des isohyètes à la fin de la préhistoire et au début de l'histoire en Afrique de l'Ouest sahelienne. *Mande Studies*, 6, pp.29–48.
165. **Wilkinson D.M., 1999.** The disturbing history of intermediate disturbance, *Oikos*, 84, pp. 145-147.
166. **Wood B., Gillman MP., 1998.** The effects of disturbance on forest butterflies using two methods of sampling in Trinidad. *Biodiversity and Conservation*, 7, pp.597–616.
167. **Woodcock BA., Westbury DB., Tscheulin T., Harrison-Cripps J., Harris SJ., Ramsey AJ., Potts SG., 2008.** Effects of seed mixture and management on beetle assemblages of arable field margins. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 125(1-4), pp.246–254.

ANNEXES

ANNEXE 1 : FICHE DE SUIVI ECOLOGIQUE

Situation initiale

TRANSECT :

Référence

Nom du collecteur :

Date : ___/___/___	Heure :	N°piège :	Latitude _____
Localité :		Longitude _____	

Piège

Espèce-arbre :

Situation : **1** Ombragé **2 1/2** ombragé **3** ensoleillé

Milieu physique :

1 savane, **2** forêt claire, **3** culture, **4** sol nu

Si culture, type : 1 céréales, 2 coton, 3 maraîchage

Situation

Aménagements humains : **1** Point d'eau Village le plus proche :

_____ **2** Barrage

3 Gué

4 Pont

5 Autre :

Végétation

Présence de feux **1** oui **2** non

Dégâts par feux **1** (buissons) **2** (arbres)

Distance au piège **1** (0-10m) **2** (10-20m) **3** (20-30m)

Relevé phytosociologie

NOM DE L'ESPECE		STRA TE	Côte A-D	NOM DE L'ESPECE		STRA TE	Côte A-D
1				1			
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
7				7			
8				8			
9				9			

Fréquentation animale

Domestiques (0 à 3) BV _____

Utilisation **1** Point d'abreuvement

Ptit rum _____

2 Point de passage

Porcs _____

3 Pâturage

Autres _____

4 Autre

Sauvages : (0 à 3) Reptiles : _____

Ruminants auvages : _____

ANNEXE 2 : FICHE D'ENQUETE BIOINDICATEURS : RELEVES QUOTIDIENS**Date : __/ __/ __****N° piège :****climat depuis pose :**Date et heure de pose : H Heure de levée H

Code : Zone/ Date/ n° Piège

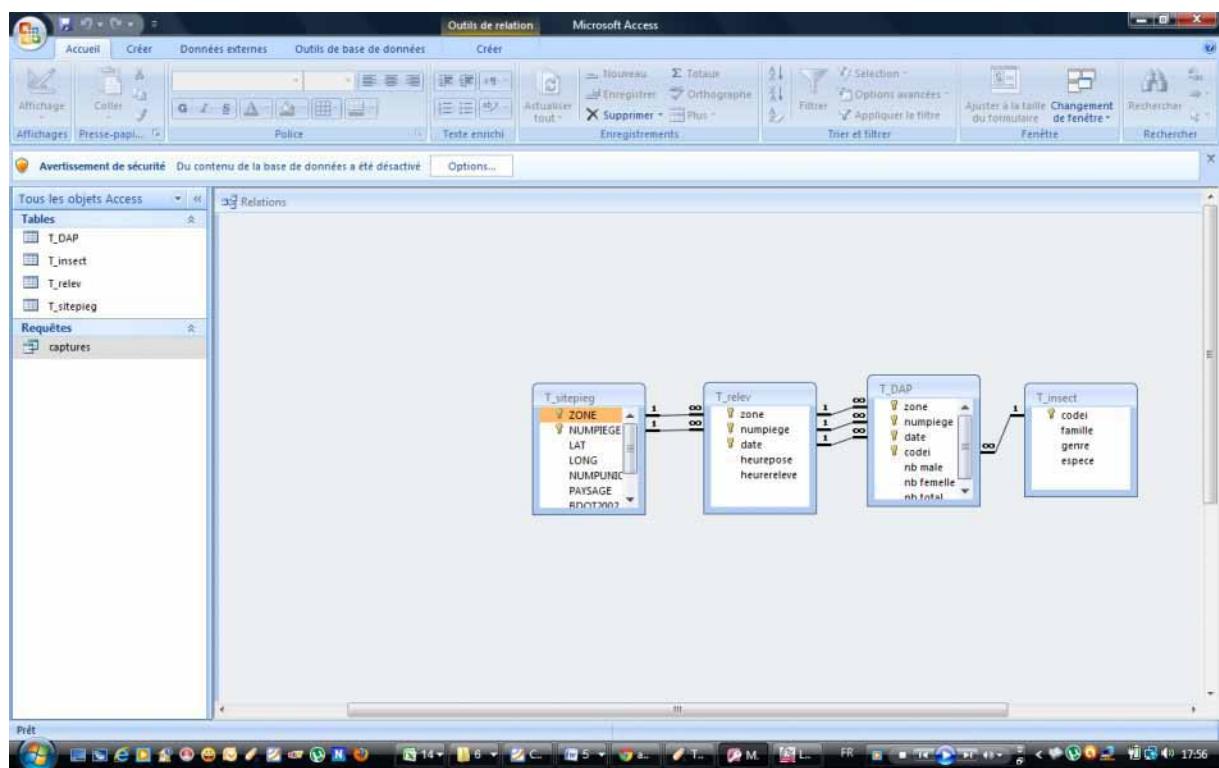
NOM DE L'ESPECE	Nombre d'individus

Date : __/ __/ __ N° piège : climat depuis pose :Date et heure de pose : H Heure de levée H

Code : Zone/ Date/ n° Piège

NOM DE L'ESPECE	Nombre d'individus

ANNEXE 3 : BASE DE DONNEES ACCESS DES NYMPHALIDAE ET CETONIINAE



ANNEXE 4 : LISTE ALPHABETIQUE DES ESPECES VEGETALES RECENSEES

Famille	Nom scientifique
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.
Papilionaceae	<i>Aeschynomene indica</i> L.
Papilionaceae	<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schum. et Thonn.) J. Leonard
Araceae	<i>Amorphophallus aphyllus</i> (Hook.) Hutch.
Vitaceae	<i>Ampelocissus africana</i> (Lour.) Merr.
Araceae	<i>Anchomanes difformis</i> Engl.
Gramineae	<i>Andropogon chinensis</i> (Nees) Merr.
Gramineae	<i>Andropogon fastigiatus</i> Sw.
Gramineae	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth
Gramineae	<i>Andropogon pseudapricus</i> Stapf
Gramineae	<i>Andropogon tectorum</i> Schum.
Commelinaceae	<i>Aneilema setiferum</i> A. Chev.
Liliaceae	<i>Asparagus africanus</i> Lam.
Liliaceae	<i>Asparagus flagellaris</i> (Kunth) Bak.
Asteraceae	<i>Aspilia africana</i> (Pers.) C.D.Adams
Asteraceae	<i>Aspilia bussei</i> O.Hoffm. & Muschl.
Asteraceae	<i>Aspilia ciliata</i> (Schumach.) Wild
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i> L.
Gramineae	<i>Brachiaria deflexa</i> (Schumach.) C.E. Hubb.
Gramineae	<i>Brachiaria villosa</i> (Lam.) Camus
Gramineae	<i>Brachiaria lata</i> (Schumach.) C.E. Hubb.
Gramineae	<i>Brachiaria serrifolia</i> (Hochst.) Stapf
Gramineae	<i>Brachiaria stigmatisata</i> (Mez) Stapf
Scrophulariaceae	<i>Buchnera hispida</i> Buch.Ham. ex G.Don
Cyperaceae	<i>Bulbostylis abortiva</i> (Steud.) C.B.Cl.
Caesalpiniaceae	<i>Cassia mimosoides</i> L.
Caesalpiniaceae	<i>Cassia nigricans</i> Vahl
Caesalpiniaceae	<i>Cassia obtusifolia</i> L.
Caesalpiniaceae	<i>Cassia occidentalis</i> L.
Gramineae	<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.
Pedaliaceae	<i>Ceratotheca sesamoides</i> Endl.
Pedaliaceae	<i>Sesamum indicum</i> L
Gramineae	<i>Chloris pilosa</i> Schumach.
Asteraceae	<i>Chrysanthellum indicum</i> DC.
Vitaceae	<i>Cissus araloides</i> (Welw. ex Bak.) Planch.
Vitaceae	<i>Cissus cornifolia</i> (Bak.) Planch.
Vitaceae	<i>Cissus doeringii</i> Gilg & Brandt
Vitaceae	<i>Cissus sp</i>
Vitaceae	<i>Cissus waterlotii</i> A. Chev.
Capparidaceae	<i>Cleome viscosa</i> L.
Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum planchoni</i> Hook.f.
Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum tinctorium</i> A.Rich.
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.

Annexe 4 : liste alphabetique des espèces végétales recensées (suite)

Famille	Nom scientifique
Commelinaceae	<i>Commelina forskalaei</i> Vahl
Tiliaceae	<i>Corchorus fascicularis</i> Lam.
Tiliaceae	<i>Corchorus olitorius</i> L.
Amaryllidaceae	<i>Crinum zeylanicum</i> (L.) L.
Papilionaceae	<i>Crotalaria goreensis</i> Guill. & Perr.
Papilionaceae	<i>Crotalaria macrocalyx</i> Benth.
Papilionaceae	<i>Crotalaria microcarpa</i> Hochst. ex Benth.
Papilionaceae	<i>Crotalaria pallida</i> Ait.
Papilionaceae	<i>Crotalaria retusa</i> L.
Gramineae	<i>Ctenium newtonii</i> Hack.
Cucurbitaceae	<i>Cucumis melo</i> L.
Hypoxydaceae	<i>Curculigo pilosa</i> (Schum. & Thonn.) Engl.
Commelinaceae	<i>Cyanotis lanata</i> Benth.
Commelinaceae	<i>Cyanotis</i> sp
Gramineae	<i>Cymbopogon giganteus</i> Chiov.
Cyperaceae	<i>Cyperus digitatus</i> Roxb.
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp
Gramineae	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) P. Beauv.
Papilionaceae	<i>Desmodium gangeticum</i> (L.) DC.
Papilionaceae	<i>Desmodium velutinum</i> (Willd.) DC.
Gramineae	<i>Digitaria debilis</i> (Desf.) Willd.
Gramineae	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.
Gramineae	<i>Diheteropogon amplectens</i> (Nees.) Clayton
Gramineae	<i>Diheteropogon hagerupii</i> Hitchc.
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea dumetorum</i> (Kunth) Pax
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea togoensis</i> Kunth
Gramineae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.
Gramineae	<i>Elionurus ciliaris</i> Kunth
Lamiaceae	<i>Englerastrum schweinfurthii</i> Briq.
Gramineae	<i>Eragrostis atrovirens</i> (Desf.) Trin. ex Steud
Gramineae	<i>Eragrostis ciliaris</i> R. Br.
Gramineae	<i>Eragrostis tremula</i> Hochst ex Steud
Gramineae	<i>Eragrostis turgida</i> (Schumach.) de Willd
Gramineae	<i>Euclasta condylotricha</i> Stapf
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia convolvuloides</i> Hochst. ex Benth.
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia geniculata</i> Ortega
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i> L.
Convolvulaceae	<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.
Rubiaceae	<i>Fadogia agrestis</i> Schweinf. ex Hiern
Cyperaceae	<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl
Cyperaceae	<i>Fimbristylis pilosa</i> Vahl
Cyperaceae	<i>Fimbristylis hispidula</i> (Vahl) Kunth
Liliaceae	<i>Gloriosa simplex</i> L.

Annexe 4 : liste alphabetique des espèces végétales recensées (suite)

Famille	Nom scientifique
Tiliaceae	<i>Grewia cissoides</i> Hutch. & Dalz.
Gramineae	<i>Hackelochloa granularis</i> O. Kuntze
Amaryllidaceae	<i>Scadoxus multiflorus</i> (Martyn) Ruf.
Boraginaceae	<i>Heliotropium strigosum</i> Willd.
Gramineae	<i>Heteropogon contortus</i> (L.) P. Beauv.
Malvaceae	<i>Hibiscus asper</i> Hook.f.
Malvaceae	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.
Lamiaceae	<i>Hoslundia opposita</i> Vahl
Gramineae	<i>Hyparrhenia smithiana</i> (Hook. f.) Stapf
Gramineae	<i>Hyparrhenia sp</i>
Gramineae	<i>Hyparrhenia subplumosa</i> Stapf
Lamiaceae	<i>Hyptis spicigera</i> Lam.
Gramineae	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) P. Beauv.
Papilionaceae	<i>Indigofera dendroides</i> Jacq.
Papilionaceae	<i>Indigofera hirsuta</i> L.
Papilionaceae	<i>Indigofera kerstingii</i> Harms
Papilionaceae	<i>Indigofera secundiflora</i> Poir.
Papilionaceae	<i>Indigofera stenophylla</i> Guill. & Perr.
Papilionaceae	<i>Indigofera tinctoria</i> L.
Papilionaceae	<i>Indigofera trichopoda</i> Lepr.
Convolvulaceae	<i>Ipomoea eriocarpa</i> R. Br.
Zingiberaceae	<i>Siphonochilus aethiopicus</i> (Schweinf.) Burtt
Cyperaceae	<i>Kyllinga erecta</i> Schum.
Cyperaceae	<i>Kyllinga squamulata</i> Thonn. ex Vahl
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.
Verbenaceae	<i>Lantana ukambensis</i> (Vatke) Verdc.
Acanthaceae	<i>Lepidagathis alopecuroides</i> (Vahl) R. Br. ex Griseb.
Asclepiadaceae	<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.
Lamiaceae	<i>Leucas martinicensis</i> (Jacq.) R. Br.
Verbenaceae	<i>Lippia chevalieri</i> Moldenke
Gramineae	<i>Loudetia simplex</i> (Nees) Hubb.
Gramineae	<i>Loudetia togoensis</i> (Pilger) C.E. Hubbard
Cyperaceae	<i>Mariscus cylindristachyus</i> Steud.
Asteraceae	<i>Melanthera sp</i>
Gramineae	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka
Papilionaceae	<i>Melliniella micrantha</i> Harms
Sterculiaceae	<i>Melochia corchorifolia</i> L.
Gramineae	<i>Microchloa indica</i> Beauv.
Rubiaceae	<i>Mitracarpus villosus</i> (Sw.) DC.
Aizoaceae	<i>Mollugo nudicaulis</i> Lam.
Gramineae	<i>Monocymbium ceresiiforme</i> Stapf
Papilionaceae	<i>Mucuna poggei</i> Taub.
Ochnaceae	<i>Ochna schweinfurthiana</i> F. Hoffm.

Annexe 4 : liste alphabetique des espèces végétales recensées (suite)

Famille	Nom scientifique
Lamiaceae	<i>Ocimum americanum</i> L.
Ophioglossaceae	<i>Ophioglossum costatum</i> R. Br.
Gramineae	<i>Oryza longistaminata</i> A. Chev. & Roehr.
Gramineae	<i>Oxythenanthera abyssinica</i> (Rich.) Munzo
Amaranthaceae	<i>Pandiaka angustifolia</i> (Vahl) Hepper
Gramineae	<i>Panicum phragmitoides</i> Stapf
Gramineae	<i>Panicum subalbidum</i> Kunth.
Gramineae	<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.
Gramineae	<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.
Gramineae	<i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schult.
Gramineae	<i>Pennisetum unisetum</i> (Nees) Benth.
Acanthaceae	<i>Peristrophe paniculata</i> (Forsk.) Brummitt
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus amarus</i> Schum. & Thonn.
Solanaceae	<i>Physalis angulata</i> L.
Solanaceae	<i>Physalis lagascae</i> Roem. & Schult.
Caryophyllaceae	<i>Polycarpha eriantha</i> Hochst. ex A.Rich.
Polygalaceae	<i>Polygala arenaria</i> Willd.
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.
Papilionaceae	<i>Pseuderarthria hookeri</i> Wight & Arn.
Papilionaceae	<i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC.
Papilionaceae	<i>Rhynchosia procurrens</i> (Hiern.) K. Schum.
Liliaceae	<i>Sansevieria liberica</i> Ger. & Labr.
Euphorbiaceae	<i>Sapium grahamii</i> (Stapf) Prain
Gramineae	<i>Schizachyrium brevifolium</i> (Sw.) Nees ex Büse
Gramineae	<i>Schizachyrium exile</i> (Hochst.) Pilger
Gramineae	<i>Schizachyrium platyphyllum</i> (Franch.) Stapf
Gramineae	<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston
Solanaceae	<i>Schwenckia americana</i> L.
Cyperaceae	<i>Scleria bulbifera</i> Hochst. ex A.Rich.
Scrophulariaceae	<i>Scoparia dulcis</i> L.
Gramineae	<i>Setaria barbata</i> (Lam.) Kunth.
Gramineae	<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult.
Malvaceae	<i>Sida acuta</i> Burm.f.
Malvaceae	<i>Sida alba</i> L.
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.
Malvaceae	<i>Sida urens</i> L.
Rubiaceae	<i>Spermacoce filifolia</i> (Schum. et Thonn.) Lebrun & Stork
Rubiaceae	<i>Spermacoce radiata</i> (DC.) Sieber ex Hiern
Rubiaceae	<i>Spermacoce ruelliae</i> DC.
Rubiaceae	<i>Spermacoce stachydea</i> DC.
Loganiaceae	<i>Spigelia anthelmia</i> L.
Gramineae	<i>Sporobolus festivus</i> Hosch ex A. Rich.
Gramineae	<i>Sporobolus cordofanus</i> (Steud.) Coss.

Annexe 4 : liste alphabetique des espèces végétales recensées (suite)

Famille	Nom scientifique
Scrophulariaceae	<i>Striga hermontica</i> (Del.) Benth.
Araceae	<i>Stylochaeton lancifolius</i> Kotschy & Peyr.
Araceae	<i>Stylochiton hypogaeus</i> Lepr.
Araceae	<i>Stylosanthes scabra</i> Vog.
Taccaceae	<i>Tacca leontopetaloides</i> (L.) O. Ktze
Papilionaceae	<i>Tephrosia bracteolata</i> Guill. & Perr.
Papilionaceae	<i>Tephrosia elegans</i> Schum.
Papilionaceae	<i>Tephrosia heterophylla</i> Vatke.
Papilionaceae	<i>Tephrosia pedicellata</i> Bak.
Lamiaceae	<i>Tinnea barteri</i> Gürke
Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris</i> L.
Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i> L.
Gramineae	<i>Tripogon minimus</i> (A. Rich.) Hochst. ex Steud
Tiliaceae	<i>Triumfetta rhomboidea</i> Jacq.
Asteraceae	<i>Vernonia nigritiana</i> Oliv. & Hiern
Asteraceae	<i>Vernonia galamensis</i> (Cass.) Less.
Asteraceae	<i>Vernonia perrottetii</i> Sch. Bip.
Gramineae	<i>Vetiveria nigritana</i> (Benth.) Stapf
Asteraceae	<i>Pentanema indicum</i> (L.) Ling
Verbenaceae	<i>Vitex madiensis</i> Oliv.
Sterculiaceae	<i>Waltheria indica</i> L.
Malvaceae	<i>Wissadula amplissima</i> (L.) R.E.Fries
Papilionaceae	<i>Zornia glochidiata</i> Reichb. ex DC.
Mimosaceae	<i>Acacia dudgeoni</i> Craib ex Holl.
Mimosaceae	<i>Acacia erythrocalyx</i> Brenan
Mimosaceae	<i>Acacia hockii</i> De Wild
Mimosaceae	<i>Acacia laeta</i> R.Br. ex Benth.
Mimosaceae	<i>Acacia macrostachya</i> Reichenb.ex Benth.
Mimosaceae	<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Del.
Mimosaceae	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd.
Mimosaceae	<i>Acacia seyal</i> Del.
Bombacaceae	<i>Adansonia digitata</i> L.
Rutaceae	<i>Afraegle paniculata</i> (Schum. & Thonn.) Engl
Caesalpiniaceae	<i>Afzelia africana</i> Sm. ex Pers.
Mimosaceae	<i>Albizia chevalieri</i> Harms
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.
Annonaceae	<i>Annona senegalensis</i> Pers.
Combretaceae	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (DC.) Guill. & Perr.
Liliaceae	<i>Asparagus africanus</i> Lam.
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.
Apocynaceae	<i>Baissea multiflora</i> A.DC.
Zygophyllaceae	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.
Caesalpiniaceae	<i>Berlinia grandiflora</i> (Vahl) Hutch. & Dalz.

Annexe 4 : liste alphabetique des espèces végétales recensées (suite)

Famille	Nom scientifique
Bombacaceae	<i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet
Capparidaceae	<i>Boscia angustifolia</i> A. Rich.
Capparidaceae	<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam. ex Poir.
Burseraceae	<i>Boswellia dalzielii</i> Hutch.
Euphorbiaceae	<i>Bridelia ferruginea</i> Benth.
Caesalpiniaceae	<i>Burkea africana</i> Hook.
Capparidaceae	<i>Cadaba farinosa</i> Forsk.
Papilionaceae	<i>Cajanus kerstingii</i> Harms
Asclepiadaceae	<i>Calotropis procera</i> (Ait.) Ait. f.
Rubiaceae	<i>Canthium venosum</i> (Oliv.) Hiern
Capparidaceae	<i>Capparis sepiaria</i> L.
Caesalpiniaceae	<i>Cassia sieberiana</i> DC.
Caesalpiniaceae	<i>Cassia singueana</i> Del.
Vitaceae	<i>Cissus populnea</i> Guill. & Perr.
Vitaceae	<i>Cissus quadrangularis</i> L.
Sterculiaceae	<i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R.Br.
Sterculiaceae	<i>Cola laurifolia</i> Mast.
Combretaceae	<i>Combretum aculeatum</i> Vent.
Combretaceae	<i>Combretum collinum</i> Fres.
Combretaceae	<i>Combretum adenogonium</i> Steud ex A.Rich.
Combretaceae	<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.
Combretaceae	<i>Combretum micranthum</i> G. Don
Combretaceae	<i>Combretum molle</i> R.Br. ex G. Don
Combretaceae	<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.
Burseraceae	<i>Commiphora africana</i> (A. Rich.) Engl.
Boraginaceae	<i>Cordia myxa</i> L.
Capparidaceae	<i>Crateva adansonii</i> DC.
Rubiaceae	<i>Crossopteryx febrifuga</i> (Afzel. ex G.Don) Benth.
Papilionaceae	<i>Dalbergia melanoxylon</i> Guill. & Perr.
Caesalpiniaceae	<i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. & Dalz.
Caesalpiniaceae	<i>Detarium microcarpum</i> Guill. & Perr.
Mimosaceae	<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.
Ebenaceae	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A.DC.
Mimosaceae	<i>Entada africana</i> Guill. & Perr.
Papilionaceae	<i>Erythrina senegalensis</i> DC.
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn.
Rubiaceae	<i>Feretia apodantha</i> Del.
Moraceae	<i>Ficus exasperata</i> Vahl.
Moraceae	<i>Ficus glumosa</i> (Miq.) Del.
Moraceae	<i>Ficus platyphylla</i> Del.
Moraceae	<i>Ficus sycomorus</i> L.
Flacourtiaceae	<i>Flacourtie flavescentia</i> Willd.
Papilionaceae	<i>Flemingia faginea</i> (Guill. & Perr.) Bak.

Annexe 4 : liste alphabetique des espèces végétales recensées (suite)

Famille	Nom scientifique
Rubiaceae	<i>Gardenia aqualla</i> Stapf & Hutch.
Rubiaceae	<i>Gardenia erubescens</i> Stapf & Hutch.
Rubiaceae	<i>Gardenia sp</i>
Rubiaceae	<i>Gardenia ternifolia</i> Schum. & Thon
Tiliaceae	<i>Grewia bicolor</i> Juss.
Tiliaceae	<i>Grewia cissoides</i> Hutch. & Dalz.
Tiliaceae	<i>Grewia flavescens</i> Juss.
Tiliaceae	<i>Grewia lasiodiscus</i> K.Schum.
Combretaceae	<i>Guiera senegalensis</i> J.F.Gmel.
Malvaceae	<i>Hibiscus asper</i> Hook.f.
Apocynaceae	<i>Holarrhena floribunda</i> (G.Don) Dur. & Schinz
Euphorbiaceae	<i>Hymenocardia acida</i> Tul.
Euphorbiaceae	<i>Hymenocardia heudelotii</i> Müll. Arg.
Caesalpiniaceae	<i>Isoberlinia tomentosa</i> (Harms) Craib & Stapf
Caesalpiniaceae	<i>Isoberlinia doka</i> Craib & Stapf
Meliaceae	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A.Juss.
Anacardiaceae	<i>Lannea acida</i> A.Rich.
Anacardiaceae	<i>Lannea microcarpa</i> Engl. & K.Krause
Anacardiaceae	<i>Lannea velutina</i> A.Rich.
Vitaceae	<i>Leea guineensis</i> G.Don
Papilionaceae	<i>Lonchocarpus cyanescens</i> (Schum. & Thonn.) Benth.
Papilionaceae	<i>Lonchocarpus laxiflorus</i> Guill. & Perr.
Ochnaceae	<i>Lophira lanceolata</i> Van Tiegh. ex Keay
Capparidaceae	<i>Maerua angolensis</i> DC.
Sapotaceae	<i>Manilkara multinervis</i> (Bak.) Dub.
Rosaceae	<i>Parinari polyandra</i> Benth.
Celastraceae	<i>Maytenus senegalensis</i> (Lam.) Exell
Rubiaceae	<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.) O.Ktze
Dipterocarpaceae	<i>Monotes kerstingii</i> Gilg
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i> Lam.
Rubiaceae	<i>Nauclea latifolia</i> Sm.
Flacourtiaceae	<i>Oncoba spinosa</i> Forsk.
Opiliaceae	<i>Opilia amentalea</i> Roxb.
Anacardiaceae	<i>Ozoroa insignis</i> Del.
Palmae	<i>Hyphaene thebaica</i> (L.) Mart.
Rosaceae	<i>Parinari curatellifolia</i> Planch. ex Benth.
Mimosaceae	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) Benth.
Sapindaceae	<i>Paullinia pinnata</i> L.
Rubiaceae	<i>Pavetta crassipes</i> K.Schum.
Papilionaceae	<i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth. ex Bak.) Van Meeuwen
Caesalpiniaceae	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.
Caesalpiniaceae	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Milne-Redh.
Mimosaceae	<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.

Annexe 4 : liste alphabetique des espèces végétales recensées (fin)

Famille	Nom scientifique
Meliaceae	<i>Pseudocedrela kotschy</i> (Schweinf.) Harms
Hypericaceae	<i>Psorospermum febrifugum</i> Spach
Combretaceae	<i>Pteleopsis suberosa</i> Engl. & Diels
Papilionaceae	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.
Papilionaceae	<i>Pterocarpus lucens</i> Lepr. ex Guill. & Perr.
Rubiaceae	<i>Rytigynia senegalensis</i> Blume
Apocynaceae	<i>Saba senegalensis</i> (A.DC.) Pichon
Anacardiaceae	<i>Sclerocarya birrea</i> (A.Rich.) Hochst.
Polygalaceae	<i>Securidaca longepedunculata</i> Fres.
Euphorbiaceae	<i>Flueggea virosa</i> (Roxb. ex Willd.) Voigt
Sterculiaceae	<i>Sterculia setigera</i> Del.
Bignoniaceae	<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.
Loganiaceae	<i>Strychnos innocua</i> Del.
Loganiaceae	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.
Caesalpiniaceae	<i>Swartzia madagascariensis</i> Desv.
Myrtaceae	<i>Syzygium guineense</i> (Willd.) DC.
Caesalpiniaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.
Combretaceae	<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. & Perr.
Combretaceae	<i>Terminalia glaucescens</i> Planch. ex Benth.
Combretaceae	<i>Terminalia laxiflora</i> Engl.
Combretaceae	<i>Terminalia macroptera</i> Guill. & Perr.
Combretaceae	<i>Terminalia mollis</i> Laws.
Meliaceae	<i>Trichilia emetica</i> Vahl
Euphorbiaceae	<i>Uapaca togoensis</i> Pax
Sapotaceae	<i>Vitellaria paradoxa</i> Gaertn.f.
Verbenaceae	<i>Vitex chrysocarpa</i> Planch. ex Benth.
Verbenaceae	<i>Vitex doniana</i> Sweet
Verbenaceae	<i>Vitex madiensis</i> Oliv.
Papilionaceae	<i>Xeroderris stuhlmannii</i> (Taub.) Mendonça & Sousa
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> L.
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.

ANNEXE 5 : PHOTO D'ESPECES DE NYMPHALIDAE LES PLUS COURANTES

Charaxes achamenes atlantica ♀ ; *Charaxes achamenes atlantica* ♂



Charaxes epijasius



Il existe une différence de coloration de la bande apicale entre le mâle et la femelle. Chez la femelle, la bande apicale est jaunâtre tandis que chez le mâle elle blanche. C'est une espèce cosmopolite des savanes à large distribution géographique. On le retrouve jusqu'au sahel. Elle indique préférentiellement des formations naturelles ouvertes.

On le retrouve dans les savanes et les steppes arborées et arbustives du sahel. Elle est cosmopolite indiquant des formations végétales ouvertes.

Charaxes viola viola ♀ ; *Charaxes viola viola* ♂



Bicyclus pavonis



Le mâle présente une coloration noire sur l'ensemble des ailes à l'exception des tâches blanche qu'on observe à la partie supérieure des ailes supérieures. La femelle est plus colorée, avec un aspect qui tire vers la femelle de *Charaxes achamenes* avec pour différence la bande apicale qui est plus large chez la femelle *Charaxes viola*.

espèces à distribution limité, on le retrouve préférentiellement dans les savanes arborées. Elle n'a pas été recensée au sahel. Elle indique un milieu conservé.

Hamanumida daedalus



Sa coloration rappelle la pintade. C'est une espèce cosmopolite préférant la végétation ouverte et vol au ras du sol.

Charaxes varanes



C'est une espèce cosmopolite de savanes. Il a été retrouvé dans les steppes arborées du sahel. En dépit de sa large distribution géographique c'est une espèce à très faible densité. On le croise de façon sporadique.

Byblia anvatara



C'est une espèce cosmopolite. On la retrouve dans les végétations ouvertes comme les savanes herbeuses.

ANNEXE 6 : PHOTO D'ESPECES DE CETONIINAE LES PLUS COURANTES

Rhabdotis sobrina



C'est une espèce cosmopolite retrouvée jusqu'au sahel. Elle est également floricole ce qui rend son échantillonnage difficile à la période de floraison.

Pachnoda cordata



Pachnoda marginata



Charadronota quadrisignata



Cette espèce est exclusivement rencontrée dans la zone soudanienne dans les savanes arborées. elle n'a pas été recensée au sahel.

Polybaphes sanguinolenta ; *Polybaphes aequinoctalis*



Oxythyrea guttifera



C'est une espèce qui a une large distribution géographique mais à faible densité dans tous les habitats.

Chondrorhina abbreviata



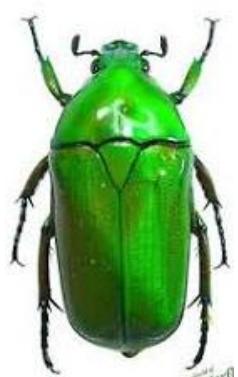
C'est une espèce cosmopolite retrouvée jusqu'au sahel. Elle se rencontre en forte densité dans les pâtures.

Diplognatha gagates



C'est une espèce cosmopolite retrouvée jusqu'au sahel, mais échantillonnée sporadiquement.

Chlorocala africana



C'est une espèce de forêt humide, elle remonte dans la zone soudanienne par les galeries forestières.

ANNEXE 7 : photos illustratives de névroptères indicatrices d'une zone climatique au Burkina Faso

Creoleon nubifer



espèce soudanienne

Gymnoleon exilis



espèce soudanienne

Macronemurus loranthe



espèce soudanienne

Centroclisis rufescens



espèce soudanienne

Myrmeleon obscurus



espèce soudanienne

Myrmecaelurus sectorius



espèce soudanienne

Neuroleon drosimus



espèce soudanienne

Palpares percheronii



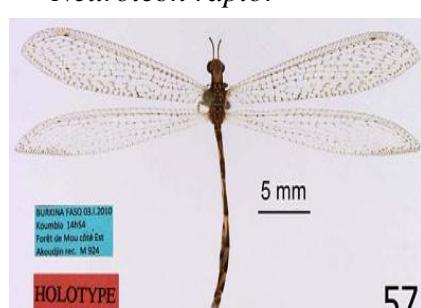
espèce sahelo-saharienne

Parapalpares papilionoides



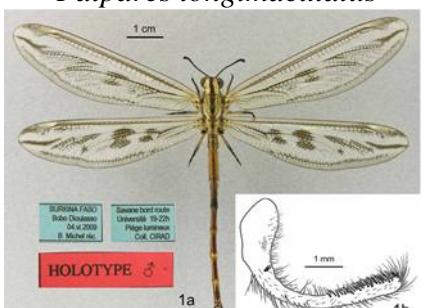
espèce sahelo-saharienne

Neuroleon raptor

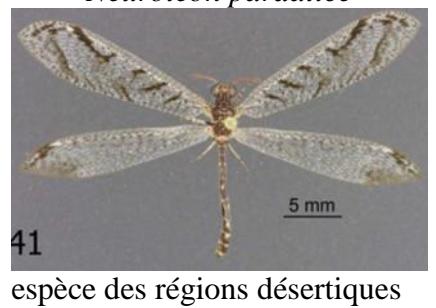


espèce endémique et rare de la zone soudanienne

Palpares longimaculatus



Neuroleon pardalice



espèce des régions désertiques

ANNEXE 8 : LISTE DES TRAVAUX SCIENTIFIQUES REALISES AU COURS DE CETTE ETUDE

Articles publiés

AKOUDJIN M., KIEMA S., SANGARE M., CESAR J., BOUYER J. et KABOREZOUNGRANA C. (2016). Influence des activités agricoles sur la végétation le long d'un gradient pluviométrique nord-sud du Burkina Faso, *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*[En ligne], Volume 16 Numéro1 | mai 2016, mis en ligne le 09 mai 2016, consulté le 25 mai 2016. URL : <http://vertigo.revues.org/17015> ;

MICHEL B. et AKOUDJIN M. (2012) Review of the *Neuroleon* of West Africa with descriptions of four new species (Neuroptera, Myrmeleontidae) *Zootaxa* 3519: 32–52pp.

MICHEL B. et AKOUDJIN M. (2011). Reinstatement of the genus *Capicua* (Neuroptera, Myrmeleontidae) with descriptions of two new species. *Zootaxa* 3032 : 40-46pp.

AKOUDJIN M., CESAR J., KOMBASSERE A. et BOUYER J. (2011). Spatio-temporal variability of fruit feeding insects used as ecological indicators in West Africa. *Bois et Forêts des Tropiques* n°308 (2), 21-32pp.

AKOUDJIN M. et MICHEL B. (2011). A new species of *Palpares* Rambur (Neuroptera: Myrmeleontidae) with an identification key to the species of West Africa. *Zootaxa* 2792: 33-40pp.

Articles en projet

Variation spatio-temporelle de 2 groupes d'insecte le long d'un gradient climatique comme bioindicateur d'anthropisation et de variation climatique

Variation spatio-temporelle de 2 groupes d'insecte comme bioindicateur d'anthropisation dans quatre zones agro-écologique du Burkina Faso

Communauté des névroptères du Burkina Faso et leur potentiel indicateur de variation climatique

Communications

Akoudjin M., Grozavu A. et Bouyer J. (2013). Nymphalidae and Cetoniinae fruit feeding as bioindicators of environmental change. 8th edition of the international symposium “present environment and sustainable development”. 31 mai au 02 juin 2013 Iasi, Roumanie.

Akoudjin M., Grazavu A. et Bouyer J. (2012). Using fruit-feeding insects as tool monitoring of environment. 7th edition of the international symposium “present environment and sustainable development”. 01 - 02 juin 2012 Iasi, Roumanie

Akoudjin M., Michel B. et Bouyer J. (2011).Identification d'insectes indicateurs d'anthropisation et de variation climatique le long du gradient d'aridité Sud-Nord au Burkina Faso. Atelier final du programme RIPIECSA. 18 – 21 octobre 2011 Cotonou, Benin.

Akoudjin M., Kiema S., Sangare M., Bouyer J. et Kabore-Zoungrana C. (2011). Diversité des insectes frugivores (*Nymphalidae* et *Cetoniinae*) le long d'un gradient climatique et identification d'indicateurs potentiels de variation climatique. Atelier « Accompagnement à l'écriture d'articles scientifiques sur les résultats des programmes de recherche sur le climat et l'environnement en Afrique ».19-23 mai 2011 Dakar, Sénégal.

Akoudjin M., Michel B et Bouyer J. (2011). Indicateur biologique d'anthropisation et de changement climatique le long du gradient d'aridité au Burkina Faso. Colloque international « *changements climatiques et droits humains* » 16-18 mai 2011 Dakar, Sénégal.

Akoudjin, M., Kiema, S., Michel, B., Sangare M. et Bouyer J. (2010). Identification des bio-indicateurs d'anthropisation et de variation climatique le long du gradient d'aridité Sud-Nord du Burkina Faso. Sésssion n°4, communication n°9 colloque international, 06-08 juillet 2010 Dakar, Sénégal.

Poster

Akoudjin M., César J., Kombassere A., Bouyer J. (2009). Validation of Fruit Feeding Insects as Ecological Indicators in Savannah Areas. 3^e conference AMMA, 20-24 juillet 2009 Ouagadougou, Burkina Faso.

