

Influence des facteurs climatiques sur les insectes pollinisateurs potentiels du *moringa oleifera* lam. Au Burkina Faso

BAZIE Babou Frédéric^{1,2*}, DAO Madjelia Cangré Ebou¹, DRABO Fogné Samuel², DA Nomwine¹, KABRE Salifou^{1,2}, GNANKINE Olivier^{2*}

Résumé

Les paramètres climatiques tels que la température, la pluviométrie, l'humidité relative et le vent sont essentiels dans la répartition et l'abondance des insectes visiteurs floraux. *Moringa oleifera* Lam. espèce ligneuse cultivée dans les différentes zones climatiques du Burkina Faso présente une floraison abondante avec de nombreuses et fréquentes visites d'insectes. Cette étude vise à montrer les effets des variations climatiques sur l'abondance et l'organisation des visites des insectes pollinisateurs en zones sahélienne, nord et sud soudanienne du Burkina Faso. Des collectes d'insectes ont été réalisées dans des plantations de Moringa en floraison en 2018 et 2019 à l'aide du filet fauchoir. Les Hyménoptères ont été le plus représentés avec 27 espèces, suivi des Diptera avec 14 espèces et des Lepidoptera avec 09 espèces. Les insectes pollinisateurs potentiels communs aux trois zones climatiques ont été répertoriés: *Alophora hemiptera*, *Anthophora* sp, *Apis mellifera*, *Bombus* sp, *Hypolimnas misippus*, *Sphcodes spinolosus* *Xylocopa* sp, *ylcopa violacea*. Les analyses Canoniques des Correspondances (ACC) réalisées sur les abondances des pollinisateurs et les variables climatiques ont montrées que les facteurs environnementaux présentant une corrélation significative avec l'abondance des pollinisateurs potentiels dans les zones climatiques sont la température maximale et la pluviométrie annuelle. Les trois plus abondants pollinisateurs potentiels ont été négativement corrélés dans le GLM, avec la température maximale (p-value <0,05). Le nombre d'insectes pollinisateurs diminue avec la température du milieu. Les principaux pollinisateurs potentiels se répartissent différemment dans les zones climatiques en réponse aux conditions environnementales.

Mots clés: *Moringa oleifera*, insectes pollinisateurs, température, humidité relative, facteurs climatiques, Burkina Faso.

Abstract

Title : Effects of climatic factors on potential insect pollinators of moringa oleifera lam. In Burkina Faso

climatic parameters such as temperature, rainfall, relative humidity and wind are essential in the distribution and abundance of floral insect visitors. *Moringa oleifera* Lam., a woody species cultivated in the different climatic zones of Burkina Faso, presents an abundant flowering with numerous and frequent insect visits. This study aims to show the effects of climatic variations on the abundance and organization of pollinating insect visits in the Sahelian, northern and southern Sudanian zones of Burkina Faso. Insect collections were conducted in flowering Moringa plantations in 2018 and 2019 using the swath net. Hymenoptera were the most represented with 27 species, followed by Diptera with 14 species and Lepidoptera with 09 species. The potential pollinating insects common to the three climatic zones were noticed: *Alophora hemiptera*, *Anthophora* sp, *Apis mellifera*, *Bombus* sp, *Hypolimnas misippus*, *Sphcodes spinolosus* *Xylocopa* sp, *ylcopa violacea*. Canonical Correspondence Analyses (CCA) performed on pollinator abundances and climatic variables showed that the environmental factors with significant correlation with the abundance of potential pollinators in the climatic zones were maximum temperature and annual rainfall. The three most abundant potential pollinators were negatively correlated in the GLM with maximum temperature (p-value <0.05). The number of insect pollinators decreased with environmental temperature. The main potential pollinators distributed differently in climatic zones in response to environmental conditions.

Key words: *Moringa oleifera*, insect pollinators, temperature, relative humidity, climatic factors, Burkina Faso.

(1): Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles Ouagadougou / Burkina Faso (INERA) 03 BP 7047 Ouagadougou 03
(2): UFR/SVT Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée,

Université Joseph Ky-ZERBO, 03 BP 7021 Ouagadougou 03

Auteur pour correspondances: Email: bazie524@yahoo.fr;
Tél: +22670604033

1. Introduction

Moringa oleifera Lam. est une plante originaire des vallées du sud de l'Himalaya en Inde (Foidl *et al.*, 2001). Il aurait été introduit au début du 20^{ème} siècle en Afrique par le biais du commerce et des échanges maritimes durant cette période. Les plus vieux spécimens africains proviennent du Sénégal et d'Égypte (NIGG, 1993). De nos jours le moringa est cultivé partout en Afrique mais sa propagation naturelle reste faible (Zhang *et al.*, 2018). Cette faible propagation pourrait s'expliquer selon (Goulson *et al.*, 2015), par le déclin des pollinisateurs, la dégradation des habitats, la perte d'habitats, ainsi que par le changement climatique entraînant des pertes de colonies d'abeilles mellifères et un déclin des pollinisateurs sauvages. Cependant, les parasites/maladies et les facteurs

environnementaux tels que la température, l'humidité affectent le rythme d'apparition des insectes pollinisateurs au cours de la floraison, pouvant réduire le succès de la pollinisation et donc le rendement de nombreuses espèces de plantes cultivées et sauvages (Taimanga *et al.*, 2018). Ainsi, différentes espèces de pollinisateurs réagissent de façon différente aux facteurs climatiques, et les résultats de ces changements influencent, à des degrés variables, leur diversité et l'abondance de leurs populations Chagnon, (2008). Aussi, l'absence de pollinisation, la limitation de photoassimilat et les conditions météorologiques défavorables sont-elles susceptibles d'influencer les fruits en développement (Nyoka *et al.*, 2015).

Cependant, les travaux de Shiwani *et al.*, (2018) menés en Inde ont permis d'identifier les Hyménoptères tels que les abeilles

domestiques (*Apis* sp), les abeilles sauvages et les guêpes comme les pollinisateurs visitant le plus les fleurs de *Moringa oleifera*. La plupart des pollinisateurs se nourrissent de substances végétales (pollen, nectar, pièces florales) et sont considérés de ce fait comme des suceurs. Ainsi les insectes pollinisateurs à la recherche de leur nourriture participent au transport du grain de pollen sur le stigmate du pistil. Cette relation s'inscrit dans un contexte de mutualisme entre les pollinisateurs et leur hôte (Tankoano, 2008). Elle ne peut être durable que s'il y a un gain réciproque (Dao, 2002). Selon Zhang et al., (2018), la production de fruits de moringa a tendance à être faible par rapport à sa forte production florale ; les raisons de cette faible fructification ne sont pas clairement établies. Certains auteurs ont avancé les hypothèses selon lesquelles d'une part, les changements climatiques modifieraient ou dérègleraient les relations entre les plantes et leurs pollinisateurs, autant à l'échelle locale que régionale (Chagnon, 2008). D'autre part l'absence des insectes pollinisateurs ou du nombre insuffisant de ceux-ci au cours de la floraison, réduirait fortement ou rendrait nul les rendements fruitiers (Taimanga et al., 2018; Tchuenguem, 2005; Vaughton et al., 2010). Au Burkina Faso, la connaissance des relations entre les espèces végétales et leurs insectes floricoles est en forte progression grâce aux recherches menées par certains chercheurs (Diallo, 2001; Dao, 2002; Tankoano, 2008). *Moringa oleifera* Lam. fait partie des espèces forestières de plus en plus exploitées au Burkina Faso et constitue un potentiel important en termes de revenus générés aussi bien pour les populations que pour l'Etat (PNDES, 2016). Elle est en cours de vulgarisation partout au Burkina Faso par les institutions de recherche et les partenaires au développement (Bationo, 2007). De par la commercialisation de ses feuilles et fruits pour des usages dans l'alimentation, la médecine traditionnelle dans la cosmétique, elle constitue d'importante source de devises pour les populations et contribue à la lutte contre la pauvreté et la malnutrition.

Malgré l'importance de l'espèce et les travaux menés, les interactions entre plusieurs plantes cultivées dans diverses régions et les insectes floricoles sont méconnues. Krieg et al. (2017) ont identifié *Apis mellifera adansonii* et les fourmis comme étant des pollinisateurs de moringa dans la partie sud soudanienne du Burkina Faso. La présente étude vise à déterminer les facteurs climatiques influençant l'abondance et l'organisation des visites des insectes pollinisateurs de moringa dans les trois zones climatiques du Burkina Faso.

2. Matériel et Méthode

2.1. Site d'étude

L'étude a été menée dans trois zones climatiques du Burkina Faso à savoir les zones sahéliennes, nord soudanienne et sud soudanienne (Figure 1). Dans chaque zone climatique, deux sites ont été retenus. En zone nord soudanienne, l'étude a été menée dans la station d'expérimentation de l'INERA à Ouagadougou et dans le village de Komsilga une commune rurale de la province du Kadiogo. En zone sud soudanienne, les sites d'étude sont localisés dans les villages riverains de Bobo Dioulasso, Kouakoualé et Toukoro. En zone sahélienne, les sites d'étude sont localisés à Poukma et Goinré tous situés dans la commune de Ouahigouya.

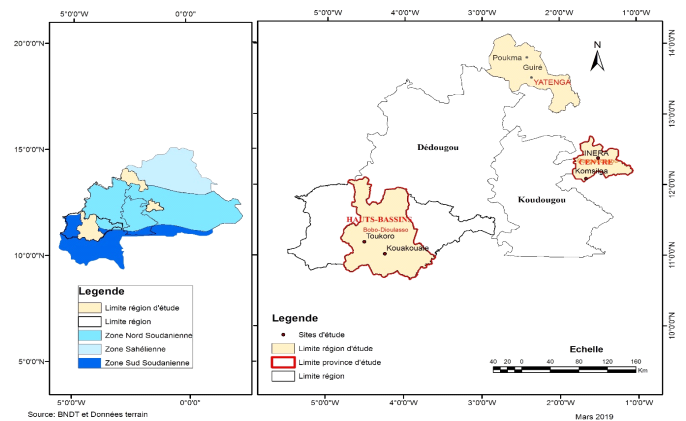


Figure 1 : Localisation des sites d'études dans les trois zones climatiques du Burkina Faso

2.2. Matériel végétal

Les observations ont été réalisées dans des plantations de moringa âgés de 02 à 06 ans selon les sites d'étude. Tous les pieds de moringa sont entrés en floraison dès la deuxième année de production. La culture biologique est celle pratiquée. L'objectif visé à travers la production de moringa dans les différents sites est essentiellement la production de fruits. Les champs de moringa étaient mono-spécifiques dans les plantations de la station expérimentale de l'INERA/DEF par contre à Komsilga, à Bobo Dioulasso et à Ouahigouya le moringa était cultivé en association avec des cultures maraîchères (aubergines, choux, oignon, laitue...).

2.3. Méthodologie

2.3.1. Collecte et détermination des insectes pollinisateurs

L'étude a été réalisée pendant la période de floraison de moringa qui a lieu de juillet à septembre selon Arbonnier, (2002) en zone soudano sahélienne. Au total cinq arbres en floraison ont été échantillonnés au hasard puis étiquetés sur chacun des sites pour un suivi en 2018 et en 2019. Chaque mois de juillet à septembre, nous avons collecté durant 10 jours consécutifs sur tous les arbres échantillonnés tous les insectes visitant les fleurs. La collecte des insectes a lieu à l'aide du filet fauchoir de 06 h à 18 h pendant au moins 05 mn / heure / arbre (Diallo, 2001; Aouar-Sadli, 2008; Kenza et al., 2019). Ce qui nous a permis de collecter durant toute la période de floraison de moringa 150 heures/site en 2018 et en 2019. Les espèces ont été collectées et conservées dans de l'éthanol à 70 %, puis envoyées au laboratoire pour l'identification (Chinery, 1986). En plus des observations sur le terrain, deux approches complémentaires ont été utilisées : l'observation de la morphologie à la loupe binoculaire pour voir la présence ou l'absence de poils sur l'abdomen pouvant transporter le pollen, la présence du panier à pollen sur les pattes postérieures et l'étude bibliographique des régimes alimentaires des insectes. Seules les espèces respectant ces critères sont retenues comme pollinisateurs potentiels. Cette méthode s'inspire de celle menée par Dao, (2002) et Tankoano, (2008).

2.3.2. Corrélations entre les données climatiques et l'abondance relative des pollinisateurs potentiels

L'abondance relative des insectes pollinisateurs au cours de la journée est autant liée à leurs régimes alimentaires qu'aux facteurs environnementaux. Pour établir une corrélation

entre l'abondance relative des pollinisateurs potentiels et les facteurs climatiques, nous nous sommes inspirés de la méthode décrite par Abrol, (2012), Espindola *et al.*, (2011); Kumar, (2012) pour tester les influences des facteurs climatiques sur la composition des pollinisateurs potentiels trouvés dans les zones climatiques.

Les variables climatiques ont été extraites pour chaque zone climatique à partir des données brutes fournies par la Direction Générale de la Météorologie (DGM) couvrant les périodes de collectes de janvier 2018 à décembre 2019. Les données fournies sont la température minimale et maximale, l'humidité minimale et maximale, la vitesse journalière du vent et les précipitations mensuelles.

2.4. Analyse de données

L'abondance des pollinisateurs potentiels

L'abondance désigne le nombre d'individus capturés pour une espèce d'insecte donnée. Son évaluation s'est faite sur la base des effectifs de chaque espèce collectée. Les abondances relatives des insectes visiteurs collectés dans les 03 zones climatiques au cours des saisons de collectes en 2018 puis en 2019 ont été calculées selon la formule suivante :

$$ABr = \frac{NiE}{NiT} * 100$$

ou ABr est l'abondance relative, NiE est le nombre d'individu de l'espèce E et NiT est le nombre total d'individus collectés.

Les nombre moyens des insectes pollinisateurs potentiels selon les zones climatiques et aussi le matin, à midi et le soir ont été comparés à l'aide du test de Kruskal Wallis grâce au logiciel I XLSTAT 2016.02. La signification statistique a été fixée à 0,05.

Corrélations entre l'abondance des insectes pollinisateurs, et les variables climatiques

L'Analyse Canonique des Correspondances (ACC) des abondances des pollinisateurs et les variables climatiques a été réalisée avec le logiciel R 3.2.5 grâce au package " anacor" de R (<http://www.jstatsoft.org/v31/i05/>) puis le package " Vegan" (<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>) du logiciel R. Un modèle linéaire général (GLM) avec une distribution de poisson tenant compte des variables climatiques recueillies et l'abondance des trois pollinisateurs potentiels les plus couramment rencontrés a été effectué. Enfin, la signification des paramètres estimés a été testée par une statistique de Wald-z.

3. Résultats

3.1. Abondance relative des pollinisateurs potentiels

Les insectes pollinisateurs de *M. oleifera*, identifiés au cours de l'étude appartenaient à 3 ordres. Il s'agit de l'ordre des Hymenoptera, Diptera et des Lepidoptera. L'ordre des Hymenoptera était le plus représenté avec 27 espèces, suivi de l'ordre des Diptera avec 14 espèces et celui des Lepidoptera avec 07 espèces. Les collectes nous ont permis de recenser 50 espèces d'insectes pollinisateurs potentiels dans les trois zones climatiques du Burkina Faso entre 2018 et 2019 (Tableau 1). Les principaux insectes pollinisateurs potentiels déterminés sont *Apis mellifera* (18,52%), *Bombus* sp (12,55%), *Xylocopa* sp (5,02%) *Anthophora* sp (4,28 %). Les insectes pollinisateurs

les moins collectés sont *Vespa* sp (0,03%), *Stomoxys calcitrans* (0,07%). Les collectes en zone sud soudanienne ont permis d'enregistrer 19 espèces d'insectes pollinisateurs comprenant 6934 individus, en zone nord soudanienne ce sont au total 30 espèces avec 6814 individus tandis que 28 espèces comprenant 5767 individus en zone sahélienne. Parmi les espèces d'insectes collectées, 5 espèces ont été communes aux zones sahélienne et nord soudanienne. Une espèce a été commune aux zones nord soudanienne et sud soudanienne. Quant aux zones sahélienne et sud soudanienne, elles présentent en commun 07 espèces d'insectes. Les insectes pollinisateurs potentiels communs aux trois zones climatiques ont été *Alophora hemiptera*, *Anthophora* sp, *Apis mellifera*, *Bombus* sp, *Hypolimnas misippus*, *Sphecodes spinolosus* *Xylocopa* sp et *Xylocopa violacea*. Les espèces spécifiques à la zone nord soudanienne étaient *Lucilia caesar*, *Dasypholia cyanella*, et *Arctia caja*. En zone Sahélienne, *Eristalis tenax*, *Chelostoma florissomne*, *Calliopum aeneum*, et *Bombus agrillaceus* ont été des insectes pollinisateurs spécifiquement rencontrés. Quant à la zone sud soudanienne les pollinisateurs potentiels spécifiquement rencontrés ont été *Ammophila sabulasa*, *Pemphredon lugubris* et *Sceliphron destillatorium*. Le test de Kruskal-Wallis au seuil de 5% (p-value = 0,004) montre qu'il existe une distribution différentielle entre l'abondance relatives des insectes pollinisateurs potentiels de *moringa* dans les trois zones climatiques.

Tableau 1: Distribution spécifique des insectes pollinisateurs potentiels de *M. oleifera* dans les trois zones climatiques

Nom Scientifique	Nord	Sahélienne	Sud	Nt	A B r (%)
	soudanienne		soudanienne		
<i>Agriotypus armatus</i>	-	202	126	328	1.68
<i>Alophora hemiptera</i>	178	214	258	650	3.33
<i>Amegilla cingulata</i>	689	-	-	689	3.53
<i>Ammophila sabulasa</i>	-	-	90	90	0.46
<i>Anoplius marginatus</i>	-	154	138	292	1.50
<i>Anthophora hispanica</i>	-	84	-	84	0.43
<i>Anthophora pilipes</i>	259	-	83	342	1.75
<i>Anthophora</i> sp	447	72	316	835	4.28
<i>Apanteles</i> sp	50	-	-	50	0.26
<i>Apis mellifera</i>	181	1424	2010	3615	18.52
<i>Arctia caja</i>	53	-	-	53	0.27
<i>Bombus agrillaceus</i>	-	48	-	48	0.25
<i>Bombus</i> sp	769	610	1071	2450	12.55
<i>Calliopum aeneum</i>	-	96	-	96	0.49
<i>Chelostoma florissomne</i>	-	80	-	80	0.41
<i>Coelopa frigida</i>	107	102	-	209	1.07
<i>Colletes succinta</i>	-	172	81	253	1.30
<i>Danaus chrysippus</i>	-	236	719	955	4.89
<i>Dasyphora cyanella</i>	206	-	-	206	1.06
<i>Eristalis tenax</i>	-	72	-	72	0.37
<i>Eucera longicornis</i>	-	202	90	292	1.50
<i>Gasterophilus intestinalis</i>	-	120	-	120	0.61
<i>Gymnochaeta viridis</i>	142	-	-	142	0.73
<i>Hypolimnas misippus</i>	293	168	184	645	3.31
<i>Leucania impura</i>	-	48	-	48	0.25
<i>Lucilia caesar</i>	381	-	-	381	1.95
<i>Megachile xanthoptera</i>	49	-	-	49	0.25
<i>Musca domestica</i>	34	-	-	34	0.17
<i>Nepheronia argia</i>	336	-	-	336	1.72
<i>Nola confusalis</i>	51	-	-	51	0.26
<i>Pemphredon lugubris</i>	-	-	103	103	0.53
<i>Pieris rapae</i>	339	-	-	339	1.74
<i>Platystoma seminatonis</i>	-	128	-	128	0.66
<i>Polistes fuscatus</i>	48	-	-	48	0.25
<i>Polistes grallicus</i>	151	56	-	207	1.06
<i>Pollenia rudis</i>	75	64	-	139	0.71
<i>Polyommatus icarus</i>	118	-	-	118	0.60
<i>Sceliphron destillatorium</i>	-	-	65	65	0.33
<i>Sphecodes spinolosus</i>	346	200	99	645	3.31
<i>Stelis pintulatisima</i>	-	114	-	114	0.58
<i>Stomoxys calcitrans</i>	-	13	-	13	0.07
<i>Syrphus ribesii</i>	53	-	-	53	0.27
<i>Vespa</i> sp	6	-	-	6	0.03

<i>Vespila vulgaris</i>	-	318	437	755	3.87
<i>Volucella zonaria</i>	37	-	-	37	0.19
<i>Xylocopa albifimbria</i>	185	-	-	185	0.95
<i>Xylocopa pubescens</i>	710	-	-	710	3.64
<i>Xylocopa sp</i>	370	260	350	980	5.02
<i>Xylocopa violacea</i>	151	238	327	716	3.67
<i>Yponomeuta padella</i>	-	272	387	659	3.38
Total	6814	5767	6934	19515	100

Nt= nombre total de chaque espèce collecté, ABr= Abondance relative, - = espèces absente

3.2. Organisation journalières des visites des insectes pollinisateurs potentiels dans les zones climatiques

Les insectes pollinisateurs, dans l'ensemble, sont actifs de 06 h à 18 h. Les pollinisateurs potentiels ont été classés en 03 groupes basés sur les périodes de visite dans la journée ; (i) le premier groupe formé d'insectes matinaux (06 - 09 h) (ii) deuxième groupe formé d'insectes des heures chaudes (09 - 14h) (iii) le troisième groupe composé d'insectes du soir (14-18 h).

La figure 2 montre que les périodes d'activité des insectes pollinisateurs varient au cours de la journée et d'une espèce à l'autre. Les résultats obtenus indiquent que certaines espèces sont présentes sur le moringa durant toute la journée, c'est le cas de *Anthophora sp*. Cependant, *Apis mellifera* est présente tôt le matin et *Xylocopa sp* pendant les heures chaudes de la journée. Le pourcentage moyen de présence des principaux pollinisateurs potentiels est relativement élevé le matin et le soir mais faible à midi. Ces espèces visitent essentiellement la fleur le matin ou le soir.

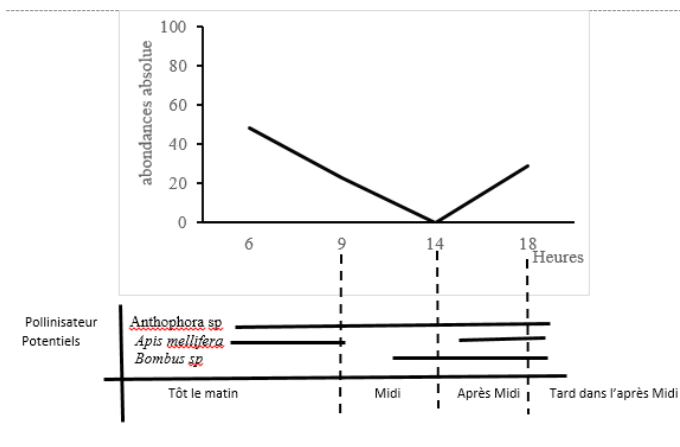


Figure 2: Organisation des principaux pollinisateurs potentiels de moringa au cours de la journée

Le test de Kruskal- Wallis montre qu'il existe une différence significative entre les nombres moyens d'insectes pollinisateurs potentiels collectés le matin, à midi et le soir ($p = 0,02$) au seuil de 5%. Le test de séparation des moyennes de Dunn au seuil de 5% appliqué à l'organisation journalière des pourcentages moyens de présences des pollinisateurs potentiels de moringa montre que le pourcentage moyen de présence des pollinisateurs est plus important le matin . Ce nombre est relativement moyen le soir. Par contre à midi le pourcentage de présence d'insectes est faible (Tableau 2).

Tableau 2: Pourcentages moyens des insectes pollinisateurs potentiels au cours des moments de la journée dans les trois zones climatiques (test de Kruskal- Wallis au seuil de 5%)

Variables	Moyenne	écartype	P- value
Tôt le Matin	509 ^a	0,843	0,02
Midi	220 ^b	0,432	
Après Midi	123 ^c	0,223	
Tard après Midi	212 ^b	0,356	

3.3. Corrélations entre l'abondance des pollinisateurs et les variables climatiques

Les analyses canoniques des correspondances (ACC) effectuées avec les abondances relatives des pollinisateurs potentiels et les variables climatiques par zone climatique ont permis une répartition des pollinisateurs potentiels en groupes constitués d'individus similaires suivant leur tolérance aux variables climatiques. Les deux premiers axes notés F1 et F2 contribuent à expliquer la corrélation à hauteur 96,4% de l'inertie totale qui existe entre des insectes polinisateurs et les paramètres environnementaux dans les trois zones climatiques (figure 3). L'axe F1 présente une corrélation positive avec la température maximale, l'humidité moyenne et la vitesse moyenne du vent constitué d'individus appartenant à la zone nord et sud soudanienne. L'axe F2 est corrélée avec l'humidité relative de l'air et la vitesse moyenne du vent et est définie par les individus rencontrés dans la zone sahélienne.

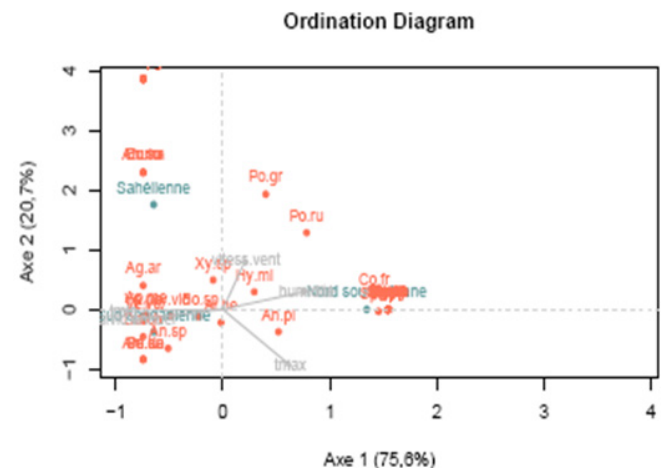


Figure 3: Analyse canonique de la correspondance du nombre et de la composition de pollinisateurs potentiels trouvés dans les zones climatiques et les conditions climatiques qui ont sévi, package "anacor" de R. Les variables sont indiquées sur chaque flèche; la direction des flèches indique le sens des corrélations. Le pourcentage de variance expliqué est indiqué sur les axes.

L'analyse canonique des correspondances avec le package " Vegan" de R montre que les facteurs environnementaux présentant une corrélation significative avec l'abondance des pollinisateurs potentiels dans les zones climatiques sont la température maximale et la pluviométrie annuelle. L'axe 1 est défini par la pluviométrie annuelle tandis que l'axe 2 est défini par la température maximale (Figure 4) dans l'ACC. L'abondance relative des pollinisateurs en zone nord soudanienne sont dans un premier temps corrélés

négativement et dans un second temps positivement avec la pluviométrie annuelle et la température maximale. En zone sahélienne les pollinisateurs potentiels présentent une forte corrélation positive avec la pluviométrie annuelle et sont négativement corrélés avec la température maximale. Cependant les pollinisateurs en zone sud soudanienne semblent avoir une faible corrélation positive avec la température et la pluviométrie.

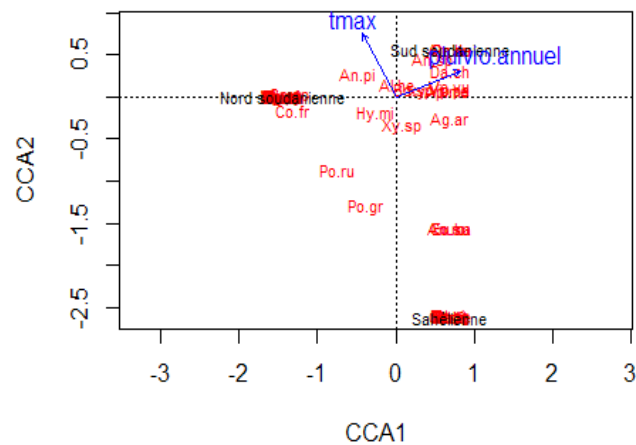


Figure 4: Analyse canonique de la correspondance du nombre et la composition de pollinisateurs potentiels trouvés dans les zones climatiques et les conditions climatiques.

Les variables sont indiquées sur chaque flèche; la direction des flèches indique le sens des corrélations. Le pourcentage de variance expliqué est indiqué sur les axes

L'abondance des pollinisateurs potentiels les plus couramment rencontré est en corrélation avec les variables climatiques (Tableau 3). Les espèces *Apis mellifera* et *Anthophora sp* *Bombus sp* ont été négativement corrélées dans le GLM, avec la température maximale indiquant qu'il existe une forte différence dans les répartitions des principaux pollinisateurs potentiels dans les zones climatiques en réponse aux conditions environnementales (p -value <0,05). Les résultats du GLM, montrent que l'abondance des principaux pollinisateurs potentiels est positivement corrélée avec la pluviométrie dans les trois zones climatiques. Plus la température du milieu augmente plus le nombre d'insectes pollinisateurs diminue.

Tableau 3: Estimations, valeurs z et valeurs p associées du GLM ajusté à la proportion de *Apis mellifera*, *Anthophora sp*, *Bombus sp*. *: p 0,05.

Estimate	Std.	Error	Z	value Pr(> z)
(Intercept)	31.192729	0.770160	40.502	< 2e-16 ***
p l u v i o . a n n u e l	0.032578	0.005095	6.394	1.61e-10 ***
t.max	-0.839838	0.025069	-33.501	< 2e-16 ***
t.min	NA	NA	NA	NA
humidité	NA	NA	NA	NA
vitess.ven	NA	NA	NA	NA
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

tmax=température maximale, tmin=température minimale

4. Discussion

Les insectes pollinisateurs potentiels au Burkina Faso de *M. oleifera* appartiennent à 3 ordres que sont les Hymenoptera, les Diptères et les Lepidoptera. Par contre Shiwani et al., (2018) ont indiqué que les pollinisateurs de *M. oleifera* en Inde sont les Lepidoptera et les Hymenoptera. Krieg et al., (2017) avaient identifiés les Diptera et les Hymenoptera comme étant d'excellents transporteurs de pollen. Selon Iserbyt (2009), les Hemiptera et les Coleoptera ont un rôle négligeable dans le transport du pollen tandis que les Diptères et les Hymenoptera sont d'excellents transporteurs de pollen. Au total 50 espèces d'insectes pollinisateurs potentiels ont été recensées sur le moringa entre 2018 et 2019. Les principaux insectes pollinisateurs potentiels déterminés sont *Apis mellifera* (18,52%), *Bombus sp* (12,55%), *Xylocopa sp* (5,02%) *Anthophora sp* (4,28 %). La présence des insectes pollinisateurs sur le moringa est liée à la recherche de la nourriture. Leurs corps et leurs pattes étant recouverts de poils les rendent plus aptes au transport du pollen. Les pollinisateurs comme *Xylocopa sp*, *Bombus sp*, *Apis mellifera* et *Anthophora sp* sont des nectarivores. Les fleurs de moringa sont odorantes et mellifères, cette caractéristique des fleurs de moringa attire sans doute les insectes et surtout les abeilles (Muhl et al., 2013). Ces résultats sont en conformité avec ceux de Krieg et al., (2017) qui ont montrés que *Apis mellifera adansonii* et les fourmis étaient des pollinisateurs courants au cours des deux saisons en zone sud soudanienne du Burkina. Les pollinisateurs les moins collectés sont des guêpes *Vespa sp* (0,03%), et des Muscidae comprenant principalement *Stomoxys calcitrans* (0,07%). Les pollinisateurs tel que *Stomoxys calcitrans* sont des phytophages. Dao et al., (2017) ont montrés que *Stomoxys calcitrans* était la principale espèce infestant les fruits de cultivars de *Ziziphys mauritiana* introduit au Burkina Faso. Tankoano (2008) a rapporté que les auxiliaires de la famille des Vespidae sont des prédateurs associés au jujubier et que des pollinisateurs comme *Vespa sp* sont d'une moindre mesure des prédateurs. Ouédraogo (2007) pense que la faible mobilité des Diptères entre les arbres les transforme en mauvais pollinisateurs pour les plantes allogames fortement auto-incompatibles. Dans beaucoup de cas on pourrait classer ces insectes comme étant des pollinisateurs facultatifs lorsque les pollinisateurs traditionnels à savoir les Lepidoptera et les Hymenoptera sont moins abondants dans le milieu. Les collectes en zone Sud soudanienne ont permis d'enregistrer 19 espèces d'insectes pollinisateurs comprenant 6934 individus, 30 espèces d'insectes pollinisateurs avec 6814 individus en zone nord soudanienne et 28 espèces d'insectes pollinisateurs comprenant 5767 individus en zone sahélienne. Ces résultats montrent que l'altération de l'habitat, affectent les insectes pollinisateurs. La disponibilité de la récompense pour les insectes pollinisateurs potentiels pourrait varier selon la zone climatique. Des études récentes montrent que certains pollinisateurs suivent le changement climatique en se déplaçant latitudinalement et en altitude, alors que d'autres ne le font pas (Rafferty., 2007). La répartition des espèces d'insectes collectés nous a permis de constater que huit espèces d'insectes sont communes aux trois zones

climatiques du Burkina Faso. Les pollinisateurs potentiels communs aux trois zones climatiques sont : *Alophora hemiptera*, *Anthophora sp*, *Apis mellifera*, *Bombus sp*, *Hypolimnas misippus*, *Sphecodes spinolosus* *Xylocopa sp*, *xylocopa violacea*. Ces insectes pollinisateurs pourraient dans une moindre mesure être considérés étant les pollinisateurs pérennes et de moringa et dont la plus part sont Hymenoptera. L'abondance des abeilles sur le moringa dans les trois zones climatiques est en partie liée au fait que ce groupe d'insectes est le plus important et le plus spécialisé parmi les insectes pollinisateurs. Des travaux menés par Gonzalez et al., (2009) ont montrés que des groupes d'insectes tels que les Diptera sont abondamment observés dans des sites particulièrement plus froides et plus humides au Antilles et ce qui n'est pas nécessairement due à une préférence sélective des mouches mais au fait qu'elles sont moins affectées par rapport aux autres groupes. Par contre nos résultats corroborent ceux de Marniche et al., (2007) qui ont montrés que les abeilles domestiques, en particulier, sont pratiquement omniprésentes, tout en ne représentant qu'un peu plus du tiers des proies dans le parc National de l'Ichkeul en Tunisie.

Les pollinisateurs potentiels du moringa principalement rencontrés le long du gradient climatique sont insectes de la famille des Apidae. *A. mellifera* est fortement présente les matins et/ou les soirs qui sont des périodes de forte production de nectar par les fleurs de *Moringa oleifera*. L'incidence des pollinisateurs semble se situé au moment de la journée où la température de l'air augmente (Mena-Montoya et al., 2020). Des résultats similaires ont été obtenus sur le tamarinier par Diallo et al., (2014) qui ont indiqués que *A. mellifera* est connu comme un pollinisateur à distance et avec forte probabilité d'être attiré par le dépôt de miellat. Les pollinisateurs comme *Bombus sp* sont beaucoup présents aux heures chaudes où la production du nectar est faible ou presque nul. *A. mellifera* est également la seule espèce qui visite les fleurs tout au long de la journée. Le comportement de ces pollinisateurs potentiels de moringa semble comparable aux résultats obtenus par Diallo et al., (2014) sur le *Tamarindus indica*. Des travaux sur d'autres espèces (Dao et al., 2017) sur le *Ziziphus mauritiana*; (Mounioko et al., 2017) le long de la côte atlantique au Cameroun ont montrés que l'activité quotidienne des insectes est un paramètre essentiel pour déterminer les moments de la journée où s'effectue le contact entre l'hôte et l'insecte.

L'activité liée à la recherche de nourriture des insectes pollinisateurs potentiels a montré une corrélation négative avec les facteurs climatiques : la température maximale et la pluviométrie annuelle. Les caractéristiques météorologiques semblent jouées un rôle important dans la fluctuation du taux de présences des insectes pollinisateurs (Kumar et al., 2012). Les pollinisateurs en zone nord soudanienne sont corrélés négativement avec la pluviométrie annuelle et positivement avec la température maximale. En zone sahélienne les pollinisateurs potentiels présentent une forte corrélation positive avec la pluviométrie annuelle et sont négativement corrélés très significativement avec la température maximale. Cependant les pollinisateurs en zone sud soudanienne semblent avoir une faible corrélation positive avec la température et la pluviométrie. Cela montre que les insectes pollinisateurs pourraient être sensibles de la température du milieu. Des résultats comparables obtenus par Abrol, (2012), Kumar et

al., (2012) ont rapporté que l'activité de recherche de nourriture de *Megachile lanata* sur des fleurs de *Crotalaria juncea* L. était positivement corrélée avec la température de l'air, l'intensité lumineuse, le rayonnement solaire et le sucre de nectar mais était négativement corrélée avec l'humidité relative, la température du sol. Les résultats du GLM, montrent que l'abondance de *Apis mellifera* et de *Anthophora sp* a été négativement corrélée, avec la température maximale indiquant qu'il existe une forte différence dans la répartition des principaux pollinisateurs potentiels dans les zones climatiques en réponse aux conditions environnementales (p -value $< 0,05$). Ils montrent que l'abondance de ces deux pollinisateurs potentiels est positivement corrélée à la pluviométrie annuelle dans les trois zones climatiques. Il en résulterait qu'à l'augmentation de la température s'ensuit une diminution du nombre d'insectes pollinisateurs. Les précipitations et la température affectent de manière significative la composition et l'importance des pollinisateurs mais de manière différente selon les habitats considérés (Gonzalez et al., 2009). Cependant la corrélation devient plus significative (p -value $< 0,05$) dans la zone sahélienne avec un nombre beaucoup plus réduit de pollinisateurs potentiels. Cette tendance a été également constatée par Espindola et al., (2011), qui ont montrés que les précipitations annuelles et les températures au cours des saisons les plus chauds étaient fortement corrélées (respectivement, positivement et négativement) avec les proportions relatives de *P. griseus* et *P. phalaenoides*. Il ressort que les facteurs tels que la température et l'humidité relative de l'air modifieraient la composition des groupes de pollinisateurs et auraient donc une influence sur la dynamique de l'interaction entre *M. oleifera* et ses principaux insectes pollinisateurs.

5. Conclusion

Trois ordres d'insectes pollinisateurs potentiels ont été identifiés sur le *M. oleifera* dans les trois zones climatiques au Burkina Faso. Les principaux insectes pollinisateurs potentiels déterminés sont *Apis mellifera* (18,52%), *Bombus sp* (12,55%), *Xylocopa sp* (5,02%) *Anthophora sp* (4,28 %). Les pollinisateurs potentiels communs aux trois zones climatiques sont: *Alophora hemiptera*, *Anthophora sp*, *Apis mellifera*, *Bombus sp*, *Hypolimnas misippus*, *Sphecodes spinolosus* *Xylocopa sp*, *xylocopa violacea*. L'abondance relative de *Apis mellifera* et de *Anthophora sp* a été négativement corrélée, avec la température maximale et positivement avec la pluviométrie annuelle. Les caractéristiques météorologiques semblent jouées un rôle important dans la composition et l'importance des insectes pollinisateurs. A travers l'étude des pollinisateurs du *M. oleifera*, il s'avère nécessaire de prendre en compte le facteur « insectes pollinisateurs » dans les programmes d'amélioration de rendements de la culture, afin d'obtenir des rendements en fruit plus élevés par unité de surface cultivée.

6. Remerciements

Nos remerciements s'adressent aux techniciens qui nous ont aidés dans la collecte des insectes sur le terrain. Nous remercions également les propriétaires des champs de moringa dans les sites d'étude pour leur disponibilité à coopérer dans le cadre de cette étude.

7. Références bibliographiques:

- Abrol D.P. (2012). Pollination biology: biodiversity conservation and agricultural production. New York: Springer, 792 p
- Arbonnier, M. (2002). Arbres, Arbustes et Lianes des

- zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD, Centre de Coopération Internationale en Recherche agronomique pour le Développement. 280 p
- Aouar-Sadli, M. (2008). Systématique, éco-éthologie des abeilles (Hymenoptera: Apoidea) et leurs relations avec la culture de fève (*Vicia fabal.*) sur champ dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat en Entomologie, Univ Mouloud Mammeri de Tizi – Ouzou. 268 p
- Bationo B.A. (2007). La culture de *Moringa oleifera* au Burkina Faso, Améliorer la nutrition des tout-petits et des plus grands. *Sahel Agroforesterie* No 10, 2 p.
- Chagnon, M. (2008). Causes et effets du déclin mondial des pollinisateurs et les moyens d'y remédier. Fédération Canadienne de la Faune. Bureau régional du Québec. 70P
- Chinery, M. (1986). Le multiguide nature des insectes d'Europe en couleurs. Edit. Bordas Paris. 380
- Dao M.C.E., Traore M., et Bazié B.F. (2017). Parasitisme des fruits des variétés introduites de *Ziziphus mauritiana* par les Muscidae en zone nord soudanienne du Burkina Faso. *Agronomie Africaine* 28 (3) : 20 - 29 (2016).
- Dao M.C.E. (2002). Biologie de la reproduction sexuée de *Ziziphus mauritiana* Lam. (Rhamnaceae). DEA, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 58p.
- Diallo D., Sall A.A., Diagne C.T., Faye O., BaY., Hanley K.A., Buenemann M., Weaver S. C., and Diallo M. (2014). Zika virus emergence in mosquitoes in southeastern Senegal, 2011. *PLoS ONE* 9: e109442
- Diallo B. O. (2001). Biologie de la reproduction et évaluation de la diversité génétique chez une légumineuse: *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioideae). Thèse Univ. Montpellier II. Science et Technique du Languedoc. 119p.
- Espindola A., Pellissier L., et Alvarez N. (2011). Variation de la proportion de visiteurs de fleurs d'*Arum maculatum* le long de son aire de répartition en relation avec des analyses de niches climatiques basées sur les communautés. *Oikos* 120: 728–734, 2011.doi: 10.1111/j.1600-0706.2010.18937.x
- Foidl N., Makkar H. P. S. et Becker K. (2001). Potentiel de *Moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie, un potentiel de développement des produits du moringa, Dar Es Salaam, T Tanzanie, 20 p.
- González A.M.M., Dalsgaard B., Ollerton J., Timmermann A., Olesen J.M., Andersen L. and Tossas A.G. (2009). Effects of climate on pollination networks in the West Indies. *Journal of Tropical Ecology*, 493-506.
- Goulson D., Nicholls E., Botías C., Rotheray L.E. (2015). Les abeilles déclinent en raison du stress combiné des parasites, des pesticides et du manque de fleurs. *American Association for the Advancement of Science*. 2015 May 29;348(6238):981-2. doi: 10.1126/science.348.6238.981-b.
- Iserbyt S. (2009). Ecologie des bourdons montagnards (Hymenoptera, Apidae) : topographie, biotopes, climat. Thèse de Doctorat. Université de Mons. 120p
- Kenza T. et Imen B. (2019). Biodiversité des insectes pollinisateurs de la fève (*Vicia faba* L) (Fabaceae) et le pommier (*Malus communis* L) (Rosaceae) dans la région de Constantine. Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantin, Algérie. 59P
- Krieg J., Goetze D., Porembski S., Arnold P., Linsenmair K.E., and Stein K. (2017). Floral and reproductive biology of *Moringa oleifera* (Moringaceae) in Burkina Faso, West Africa. *Acta Hort.* 1158. ISHS 2017. DOI 10.1.
- Kumar P., Baskaran S., Sundaravadivelan C., Anburaj J. and Kuberan T. (2012). Insect visitors of pumpkin, *Cucurbita maxima* Duch., in relation to temperature and relative humidity. *Journal of Agricultural Technology* 2012 Vol. 8(2): 501-513
- Marniche F., Voisin J.F., Doumand S. et Baziz B. (2007). Régime alimentaire du guêpier d'Europe *Merops apiaster* dans le Parc National de l'Ichkeul (Tunisie). *Rev. Écol. (Terre Vie)*, vol. 62,
- Mena-Montoya M., García-Cruzatty L.C., Cuenca-Cuenca E., Vera Pinargote L.D., Villamar-Torres R. and Jazayeri S.M. (2020). Pollen flow of *Theobroma cacao* and its relationship with climatic factors in the central zone of the Ecuadorian littoral. *Bioagro*, 32(1).
- Mounioko F., Mavoungou J.F., Koumba C.R.Z., Engo P.E., Koumba A.A., Maroundou A.P., Nzengue E., Tamesse J.L., Simo G. and M'batchi B. (2017). Etude préliminaire des vecteurs mécaniques des trypanosomes dans la localité de Campo et ses environs (Sud-Ouest du Cameroun). *Entomol. Faun.* 2017 70, 95-105
- Muhl E.Q., Toit S.E., Steyn M.J., Apostolides Z. (2013). Bud development, flowering and fruit set of *Moringa oleifera* Lam. (Horseradish Tree) as affected by various irrigation levels. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* Vol. 114 No. 2 (2013) 79–87.
- Nigg, W. (1993). *Moringa oleifera* état des connaissances. Programme d'investigations complémentaires. Comité interafricain d'études hydrauliques (CIEH). Série hydraulique urbain et assainissement. 73P
- Nyoka B., Roshetko J., Jamnadass R., Muriuki J., Kalinganire A., Lillesø J.P., Beedy T., Cornelius J. (2015). Tree Seed and Seedling Supply Systems: A Review of the Asia, Africa and Latin America Models. *Small-scale Forest*. 14:171-191
- Ouedraogo S.N. (2007). Étude des attaques des mouches des fruits (Diptera, Tephritidae) sur la mangue dans la province du Kéné Dougou (Ouest du Burkina Faso). DEA .univ-bob. 70p
- PNDES. (2016). Plan national de développement économique et social (PNDES)-Burkina Faso 2016-2020. 97 P
- Rafferty N.E. (2017). Effects of global change on insect pollinators: multiple drivers lead to novel communities. *Current Opinion in Insect Science*, 23, 22-27.
- Shiwani B., Lokendra S.R., Ameen U.K., Geeta V., Neha S., and Bundesh K., (2018). Record of insect pollinators of *Moringa oleifera* lam. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2018; 6(3): 389-391

- Taimanga F. et Tchuenguem F-N. (2018). Diversité des insectes floricoles et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers de *Glycine max* (Fabaceae) à Yassa (Douala, Cameroun). Int. J. Biol. Chem. Sci. 12(1): 141-156. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print).
- Tankoano M.P. (2008). Etude de l'entomofaune et des productions fruitières chez trois variétés indiennes de *Ziziphus mauritiana* Lam. (Rhamnaceae) introduites au Burkina Faso. Mémoire Cycle ingénieur –Univ-UPB .90 P No 00-2008/ eau et Forêts
- Tchuenguem F.F-N. (2005). Activité de butinage et de pollinisation d'*Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae, Apinae) sur les fleurs de trois plantes à Ngaoundéré (Cameroun): *Callistemon rigidus* (Myrtaceae), *Syzygium guineense* var. *macrocarpum* (Myrtaceae) et *Voacanga africana* (Apocynaceae). Thèse de Doctorat d'Etat :Université de Yaoundé I (Cameroun), 103 p
- Vaughton G., Ramsey M. and Johnson D.S. (2010). Pollination and late-acting self-incompatibility in *Cyrtanthus breviflorus* (Amaryllidaceae): implications for seed production. Annals of Botany 106: 547–555. doi:10.1093/aob/mcq149, available online at www.aob.oxfordjournals.org
- Zhang J., Lin M., Chen H., Zhu Q., Linh V., Chen X. (2018). Floral biology and pistil receptivity of the drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.). Arch Boil Sci.; 70 (2):299-305.