



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Le "Borer" du chou *Hellula undalis* (F.) (Lepidoptera, Pyralidae) : un bio indicateur de changement climatique et de cultivars sensibles dans les « Niayes » au Sénégal

Babacar LABOU^{1*}, Etienne TENDENG^{1,2}, Mamadou DIATTE¹,
El hadji Sérigne SYLLA¹ et Karamoko DIARRA¹

¹UCAD, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire Production et Protection Intégrées en Agroécosystèmes - L2PIA, Université Cheikh Anta Diop, B.P 5005, Dakar, Sénégal.

²ISRA, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Centre de Recherches Agricoles de Djibélor, Laboratoire d'Entomologie, B.P 34, Ziguinchor, Sénégal.

*Corresponding author; E-mail: babacar1.labou@ucad.edu.sn / Tel: +221773526330

Received: 13-08-2024

Accepted: 21-10-2024

Published: 31-10-2024

RESUME

Le changement climatique a modifié la biodiversité entomologique avec potentiellement, des conséquences négatives sur les niveaux de dommages aux cultures. Au Sénégal, l'éco éthologie des populations du "Borer" du chou a été effectuée en relation avec la température et les cultivars. Trois zones dans les "Niayes", allant de Dakar à Saint-Louis, ont été choisies, le Sud ; 12 villages avec 20 parcelles, le Centre ; 12 villages avec 22 parcelles et le Nord ; 10 villages avec 17 parcelles. Un échantillonnage hebdomadaire, à raison de 24 plants par parcelle, a été effectué sur les deux saisons sèches ; la « Saison Sèche Fraîche » (SSF) allant d'octobre à janvier et la « Saison Sèche Chaude » (SSC) de février à mai. Six enregistreurs de température, couvrant toute la zone, ont été installés. Chaque parcelle a été numérotée et géoréférencée par GPS. Les chenilles du « Borer » et leurs dégâts ont été respectivement plus importants au Centre, Nord et Sud. La pullulation des populations de chenilles du ravageur était positivement corrélée à l'élévation de la température et aux dégâts. Une sensibilité variable des différents cultivars aux dégâts du « Borer » a été observée. Cette étude dévoile l'adaptabilité des populations du « Borer » face aux variations de températures et la sensibilité des cultivars aux attaques.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Brassicacées, variétés, foreur de tige, température, réchauffement, Afrique.

The cabbage "Borer" *Hellula undalis* (F.) (Lepidoptera, Pyralidae); a bio-indicator of climate change and sensitive cultivars in the "Niayes" in Senegal

ABSTRACT

Climate change has altered entomological biodiversity, with potentially negative consequences for crop damage levels. In Senegal, the eco-ethology of cabbage "Borer" populations was studied in relation to temperature and cultivars. Three areas in the 'Niayes', from Dakar to Saint-Louis, were chosen: the South; 12 villages with 20 plots, the Centre; 12 villages with 22 plots and the North; 10 villages with 17 plots. Weekly

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

9764-IJBSC

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v18i5.12>

sampling, with 24 plants per plot, was carried out over the two dry seasons: the 'Fresh Dry Season' (FDS) from October to January and the 'Hot Dry Season' (HDS) from February to May. Six temperature recorders covering the entire area were installed. Each plot was numbered and geo-referenced using GPS. Borer caterpillars and their damage were more significant in the Centre, North and South respectively. The outbreak of caterpillar populations was positively correlated with the rise in temperature and damage. A variable sensitivity of the different cultivars to "Borer" damage was observed. This study reveals the adaptability of 'Borer' populations to temperature variations and the sensitivity of cultivars to attack.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Brassicaceae, varieties, stem borer, temperature, warming, Africa.

INTRODUCTION

La culture de chou est une importante source alimentaire et de revenus pour les populations rurales et urbaines (Grzywacz et al., 2010). Au Sénégal, le chou est l'une des principales spéculations maraîchères, cultivé toute l'année et participe ainsi à plusieurs menus dans la restauration. Il offre, aux producteurs, un revenu plus ou moins régulier contrairement aux autres spéculations saisonnières (Labou et al., 2016). Néanmoins, le chou reste une culture très attractive pour plusieurs insectes phytophages parmi lesquels le "Borer" du chou *Hellula undalis* (F.) (*Lepidoptera* ; *Pyrilidae*) (Labou et al., 2017a). Ce dernier est un ravageur particulièrement dangereux pour la culture du chou, car un individu de cette espèce suffit pour détruire un pied de chou (Labou et al., 2017a). Contrairement à la teigne du chou *Plutella xylostella* (L.) qui souvent présente une occurrence de 100% dans les parcelles de chou (Labou et al., 2016), le « Borer » présente souvent une occurrence beaucoup plus faible (Labou et al., 2017b). Le « Borer » serait plus sensible à la fluctuation de la température (Lemoine et al., 2017) et plus exigeant en ressources trophiques (Tendeng et al., 2017). Dans certaines conditions, généralement liées aux variations importantes de la température et de la pluviométrie, les chenilles de cette espèce peuvent provoquer des pertes importantes à la production (Mewis et al., 2001; Sugie et al., 2003). Le changement climatique pourrait modifier l'intensité de la compétition entre les ravageurs avec potentiellement des conséquences négatives sur les niveaux de dommages aux cultures (Crespo-Pérez et al., 2015). En effet, au Sénégal les dégâts peuvent

être très variables avec une incidence plus importante en hivernage où des parcelles sont entièrement détruites (Labou et al., 2017b). Le « Borer » du chou, présent surtout en saison chaude et humide, cause des dégâts entraînant la formation de choux à plusieurs têtes sur un même pied.

L'emploi des insecticides de synthèse entraîne plusieurs problèmes dont l'élimination des ennemis naturels (Furlong et al., 2013), l'augmentation du coût de production et l'apparition de souches résistantes (Huang et al., 2010) entre autres. Des méthodes alternatives de lutte privilégiant le maintien de la diversité des populations d'insectes se développent aujourd'hui, en passant par une bonne maîtrise de leur bio-écologie (Labou et al., 2017a ; Diatte et al., 2018). L'évaluation des interrelations entre ce ravageur, la fluctuation de la température et son exigence trophique à travers les différents cultivars, permettrait d'anticiper sur ses attaques tout en indiquant d'éventuelles changements de climat (Labou et al., 2016). L'ensemble de ces méthodes permettront d'éviter des dégâts économiquement importants tout en préservant l'environnement et la santé humaine (Sow et al., 2013). Cette étude avait pour but d'évaluer l'éco-éthologie des populations du « Borer » du chou face aux changements de températures et à la nature de la plante hôte afin de mettre en place des méthodes de luttés alternatives et efficaces pour sa gestion. Elle avait comme objectifs spécifiques de : (i) évaluer le nombre de chenilles et dégâts du "Borer" sur les cultures de chou, (ii) d'évaluer la dynamique des populations du ravageur *H. undalis* suivant la température et (iii) de déterminer la

sensibilité des cultivars aux attaques du « Borer » dans la zone des Niayes.

MATERIEL ET METHODES

Caractéristiques de la zone d'étude

Avec près de 80% de la production nationale, la zone des Niayes est le levier incontestable du développement horticole du Sénégal. Cette zone s'étend sur une longueur de 180 km bordant la frange maritime du Nord du pays partant de Dakar à Saint-Louis en passant par la bordure Ouest de Thiès et de Louga. Sa largeur varie de cinq à 30 km à l'intérieur des terres (Figure 1). Elle présente des caractéristiques pédologiques, hydrologiques et climatiques favorables à la production horticole, en particulier le maraîchage et l'arboriculture fruitière. Elle est constituée de dépressions inter-dunaires présentant des sols riches en matière organique où la nappe phréatique est affleurante et des sols ferrugineux non lessivés moins riches. Au cours de cette étude, le choix a porté sur trois zones le long d'un transect Dakar-Saint-Louis, couvrant pratiquement toute la zone. Les échantillonnages ont été effectués sur deux saisons : (i) la première d'octobre à janvier 2016 : la saison sèche fraîche (SSF) et (ii) la deuxième de février à mai 2016 : la saison sèche chaude (SSC).

Matériel

Pour mener à bien cette étude un véhicule 4X4 en location réservée tous les mardis de chaque semaine nous avait permis de se rendre sur site afin d'assurer l'échantillonnage des parcelles choisies. Dans les parcelles nous prélevions les chenilles du « Borer » à l'aide de pince souple pour ne pas les blesser. Les chenilles prélevées sont confinées dans des boîtes casemates qui permettaient de les nourrir jusqu'à leur émergence. Une fois dans les boîtes, une glacière à température modérée (18°C) permettait de les transporter en toute sécurité jusqu'au laboratoire. La diversité des cultivars a été obtenue suite à un recensement auprès des producteurs avant le choix des parcelles. Un

appareil GPS nous a permis de numérotter et géo référencer les parcelles. Six enregistreurs de température ont permis de recueillir les données climatiques.

Méthodologie

Choix des parcelles

Pour la première saison, 32 parcelles de chou ont été sélectionnées sur les trois zones des Niayes, 10 parcelles au sud, 12 au centre et 10 au nord. Chaque parcelle choisie était distante d'au moins deux km de l'autre. Les dates de repiquage ont été étalées sur plus de deux mois et demi. Pour la seconde saison, 27 parcelles (10 dans la zone sud, 10 au centre et sept au nord) ont été échantillonnées. Chaque parcelle était numérotée et géo référencée par GPS puis sa surface déterminée (Tableau 1).

Paramètres étudiés

Cette étude a été réalisée en respectant les pratiques agricoles des producteurs. Il était question de laisser tel quel les pratiques culturales (choix des variétés et de la saison, types d'arrosage, fertilisation, taille des parcelles...) des maraîchers afin de suivre la dynamique des insectes phytophages. C'est pourquoi les échantillonnages ont eu lieu sur des parcelles de taille et de nombre variable en fonction des zones. Pour mesurer les facteurs climatiques, des enregistreurs de température et d'humidité relative ont été installés dans six parcelles soit deux par zone.

Méthode d'échantillonnage

Un échantillonnage hebdomadaire par zone, a permis de suivre les parcelles depuis le repiquage jusqu'à la première date de récolte. Dans chaque parcelle, 24 plants de chou ont été observés et toutes les chenilles du « Borer » ainsi que ses dégâts ont été notés (Figure 2).

Analyses statistiques

Les données ont été saisies, traitées et corrigées à l'aide d'Excel. L'évolution de la population du « Borer » du chou en relation avec la température et les cultivars choisis par les producteurs a été évaluée par des tests de variances « ANOVA » et des tests de corrélation de Pearson avec le logiciel XLSTAT (2016).

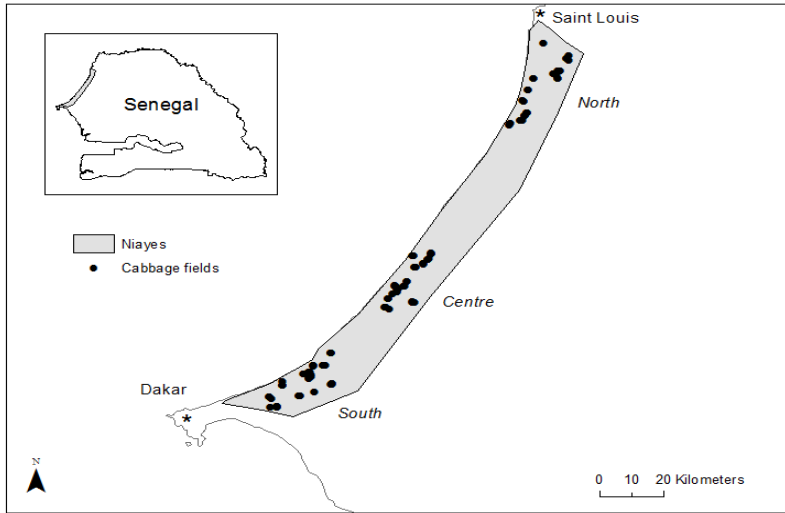


Figure 1 : Distribution spatiale des parcelles de choux suivis au cours de deux saisons dans les Niayes au Sénégal.

Tableau 1 : Coordonnées GPS des localités et surfaces des parcelles échantillonnées dans les zones Nord, Centre et Sud des Niayes.

Zones	N° Parcelle	Localités	Coordonnées GPS		Surface en m2
			Latitude	Longitude	
Sud	2	Sangalkam	27984510	175569771	45
	5	Gorom	28717596	175992804	1 727
	7	Der	29029903	176661023	1 477
	10	Mbawane	29113474	176785123	737
	11	Keur Abdou Ndoye	28842497	176835756	1 298
	13	Kayar	29185628	177150212	260
	16	Ndieguène	29765029	176435491	351
	17	Tieudeum	29561621	177136572	323
	20	Keur Mbir Ndao	29759337	177620391	99
	21	Lac Rose	28186804	176394115	546
	102	Tieudem	29490364	177155279	1066
	104	Keur Mbir Ndao	29750561	177628889	3672
	106	Ndieguene	29788884	176406486	810
	108	Ber	29092233	176698448	5341
	110	Keur Abdou ndoye	29055578	176903125	841
	112	Kayar	29187891	177130392	713
114	Gorom2	28744372	175979593	777	
116	Lac rose	28178523	176544933	408	
118	Niaga	27751809	175950379	748	
120	Sangalkam	27985583	175570453	247	
Centre	24	Santhie Ndong	31505661	179390962	1056
	26	Mboro	31637529	179698914	1100
	27	Touba Ndiaye	31941293	180063750	290
	30	Darou Khoudouss	32415944	179567293	697
	31	Seguel	32246333	180367333	1085

33	Ndarou Fall	32924805	181213636	5400	
34	Mboro Cifop	31845294	180223059	1040	
35	Diogo Ndiaye	33052163	181403226	7992	
37	Darou Gueye	32514141	180899491	2640	
40	Fass Boy	32459355	181341662	210	
42	Darou Ndoye	32776239	181018617	2610	
59	Touba Ndiaye	32127134	180168088	-	
122	Darou Khoudouss	32417289	179573403	3185	
124	Diogo Ndiaye	33052098	181406506	4280	
126	Darou Fall	32922336	181217358	3220	
128	Darou Ndoye	32796108	181046034	2208	
130	Fass Boy	32462414	181343155	3124	
132	Darou Gueye	32512412	180898987	1720	
134	Seugeul	32238422	180345821	2185	
136	Mboro Waou	31921414	180014555	1748	
138	Mboro	31640310	179693915	1224	
140	Sathie Ndong	31666828	179311151	975	
<hr/>					
43	Sag	35608080	186401886	783	
47	Koura Diery	36035957	186548024	1152	
48	Potou	36167212	186836605	704	
50	Gabar Diop	36044423	187315524	240	
51	Degou Niaye	36215716	187700783	198	
52	Darou mboubaye	36396215	188149873	207	
54	Mboltine	37180290	188154890	216	
55	Ndoye Dia	37055687	188341659	588	
Nord	56	Ndoye Diagne	37252406	188455467	320
	58	Kalassane	37542188	188829674	182
	142	Keur Coura Diery	35968787	186546717	1462
	144	Sagal satiel	35607515	186366146	2074
	146	Potou nord	36168774	186833255	150
	148	Gabar	36078866	187256186	1523
	152	Mboltin	37181908	188161807	336
	156	Ndoye ndiagne	37244749	188439945	224
	158	Potou	36119878	186731384	247

N°= numéro; GPS = Global Positioning System



Figure 2 : « Borer du chou » *H. undalis* : chenille^(A) et dégâts^(B) sur le bourgeon axillaire d'un pied de chou.

RESULTATS

Dégâts infligés aux cultures de chou par les chenilles du "Borer"

Occurrences et abondances des chenilles et des dégâts du « Borer »

Les chenilles du « Borer » ont été présentes dans toutes les trois zones étudiées. Par contre, cette présence n'a été notée qu'en période de saison sèche fraîche (SSF). Leur occurrence était plus importante dans la zone nord (47,05%) qui hébergent plus de parcelles infestées par les chenilles du ravageur. Cette zone était suivie de près par celle centre (45,45%) comparée à la zone sud (30%). Contrairement aux chenilles, l'occurrence des dégâts a été globalement plus élevée que celle des chenilles dans les trois zones. Mais la tendance de la distribution reste la même que celle des chenilles. En termes d'abondance, la zone centre était de loin la zone qui présentait à la fois plus de chenilles et de dégâts. Autrement dit, les parcelles de cette zone disposaient plus de chenilles et de dégâts en qualité de nombre (Tableau 2).

Relation entre le nombre de chenilles de *H. undalis* et le nombre de dégâts

Le nombre de chenilles récoltées par parcelle, au cours des échantillonnages, était parfaitement corrélé au nombre de choux détruits. En effet, nous avons obtenu une corrélation positive hautement significative entre les deux effectifs et cela dans toutes les trois zones de l'étude ($r = 0,784$; $P < 0,0001$). En moyenne, le nombre de pieds de choux détruits était plus important que le nombre de chenilles dans les parcelles. Par contre dans les zones sud et centre, il arrivait que le nombre de chenilles dépasse le nombre de choux détruits en fonction des parcelles (Figure 3).

Relation entre la variation de la température et la dynamique des populations de chenilles de *H. undalis* en fonction des saisons

Variation de la température en fonction des saisons

La température variait fortement avec la saison. En effet, il y avait une énorme différence de température entre les deux saisons et en fonction des zones (Figure 4). Elle

variait de 29,7° à 21,3°C en saison sèche fraîche (SSF) et de 19,4° à 24,8°C en saison sèche chaude (SSC). Avec des pics d'environ 30°C en sortie d'hivernage qui chutaient faiblement, elle fait désormais plus chaude en SSF et plus fraîche en SSC avec des températures basses pouvant atteindre 19,4°C en moyenne. Seule, la tendance en baisse en SSF et celle en hausse en SSC, permet maintenant de repérer les saisons. Cette fluctuation de la température en fonction de la saison a été presque identique à 1°C près entre les différentes zones (Figure 4).

Dynamique des populations de chenilles du « Borer » par rapport à la température en fonction des saisons et des zones

Les populations du ravageur *H. undalis* ont été plus importantes à chaque début de saison sèche fraîche (SSF) quand la température était trop peu élevée comprise entre 25° et 30°C (Figure 5). Elles augmentaient quand la température dépasse 25°C et diminuaient quand celle-ci chute en dessous de 25°C. Les populations de chenilles ont diminué et se maintenaient temporairement dès que la température était comprise entre 22 à 21°C. A cette amplitude de température, elles disparaissaient totalement des parcelles avec le temps. En saison sèche chaude (SSC) où désormais les températures se rafraîchissaient, les populations du « Borer » étaient totalement absentes. L'importance des chenilles du « Borer » dans les parcelles de chou, était positivement corrélée à la température dans un intervalle optimal de 25 à 30°C, en fonction des zones ($r = 0,60$; $P < 0,001$) (Figure 5).

Sensibilité des cultivars à l'attaque des chenilles du « Borer » *H. undalis*

Dégâts du « Borer » sur les différents cultivars de chou en fonction des zones

Les cultivars « *Tropica Cross* » et « *Tropicana* » étaient respectivement plus attaqués par les chenilles du « Borer » et cela dans les trois zones (Tableau 3). Par contre, aucun pied de chou du cultivar « *Dragon* » n'était attaqué par les chenilles du ravageur. Les cultivars « *Chou chinois* », « *Milor* » et « *Ordinaire* » semblaient être moins détruits par

les chenilles du « *Borer* » que « *Fabula* », « *KK Cross* », « *Santa* » et « *Taizé* ».

Degré de sensibilité des différents cultivars aux attaques du « *Borer* »

La figure 6 montre le degré de sensibilité des différents cultivars de chou face aux attaques du ravageur. Le cultivar « *Tropica Cross* » a été significativement plus sensible aux attaques du « *Borer* » parmi les dix cultivars étudiés, suivi de « *Tropicana* » (ddl =

9 ; $r^2 = 0,941$; $p < 0,0001$). Le cultivar « *Taizé* » qui arrive en troisième position reste plus sensible aux dégâts du ravageur comparé aux cultivars « *Chou chinois* », « *Milor* », « *Ordinaire* ». Ces derniers présentaient la même sensibilité que les cultivars « *Fabula* », « *KK Cross* » et « *Santa* ». De tous les cultivars, seul « *Dragon* » n'a pas été attaqué par les chenilles. Il était résistant à 100% aux attaques du "*Borer*" *H. undalis*.

Tableau 2 : Occurrences et abondances des chenilles et des dégâts du "*Borer*" *H. undalis* en fonction des zones.

Zones	Nombre parcel.	Nombre choux-échan.	Occurrence <i>H.u</i>	Occurrence dégâts	Abondance <i>H.u</i>	Abondance dégâts	Min.Max. <i>H.u</i> /chou	MinMax-dégâts/parcel.
Sud	20	1752	30%	60%	36	44	0_ 4	0_ 12
Centre	22	1968	45,45%	72,72%	76	103	0_ 8	0_ 36
Nord	17	1464	47,05%	82,35%	29	100	0_ 5	0_ 28

H.u = *Hellula undalis* ; échan. = échantillonnage ; parcel = parcelle ; Max. = maximum ; Min. = minimum

Ps : Chenilles uniquement présentes en saison sèche fraîche (SSF)

(Les points noirs représentent les parcelles de chou, N = 59)

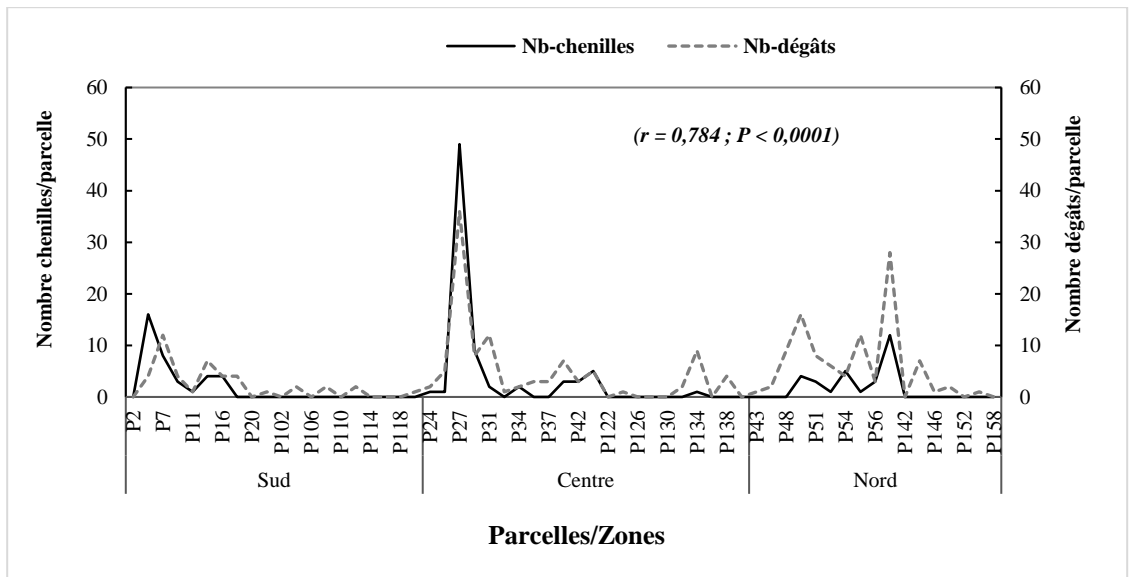


Figure 3 : Corrélation entre la présence des chenilles de *H. undalis* et leurs dégâts dans les parcelles de chou.

(Nb = nombre ; P = Parcelle)

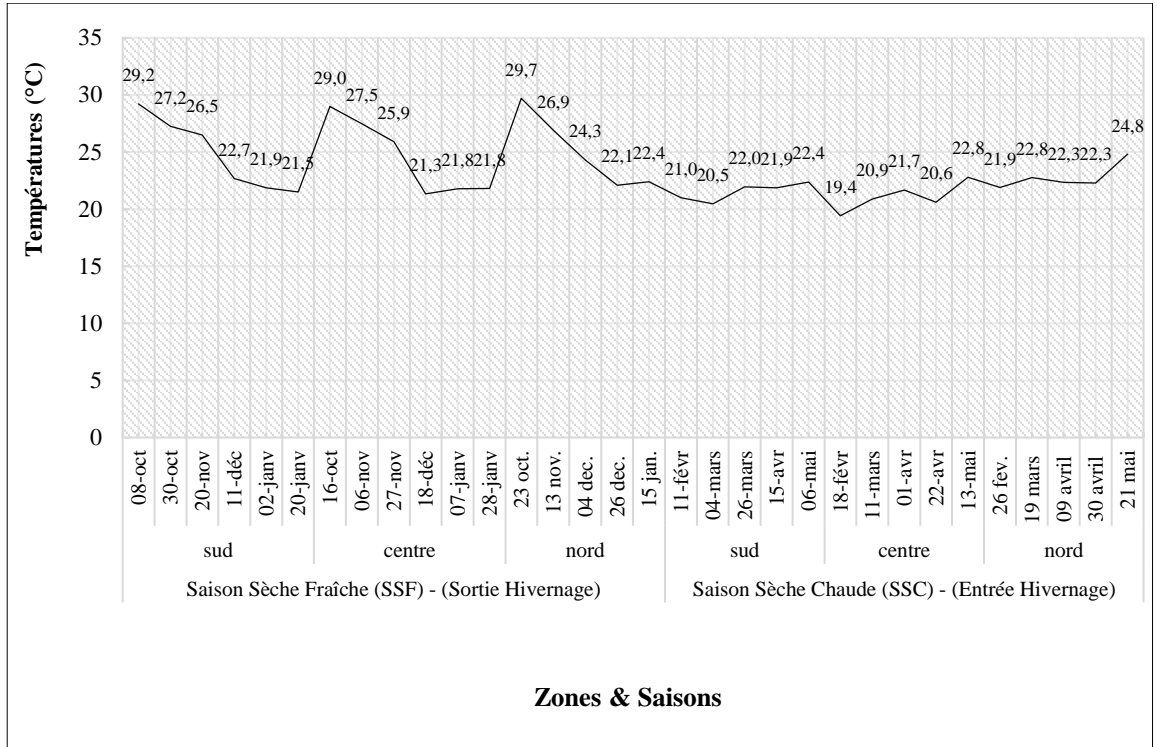


Figure 4 : Variations de la température en fonction des saisons dans la zone des Niayes.

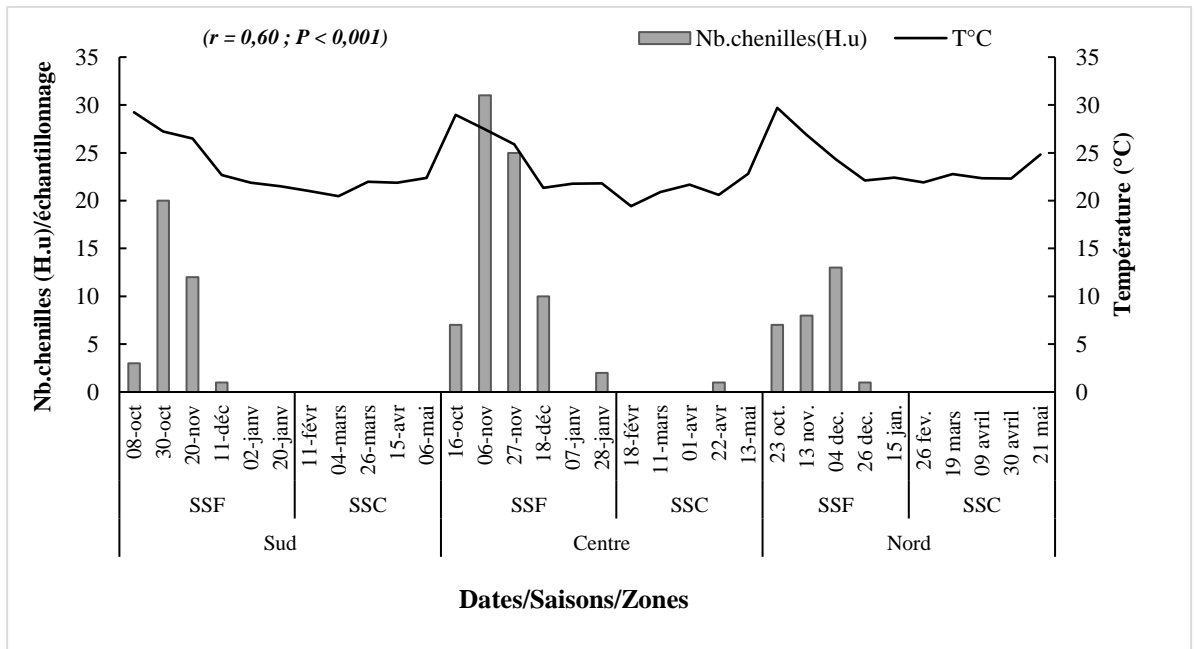


Figure 5 : Dynamique des infestations du "Borer" du chou suivant la température en fonction des zones.

(Nb = nombre ; H.u = *Hellula undalis* ; SSF (= Saison Sèche Fraîche) ; SSC (= Saison Sèche Chaude))

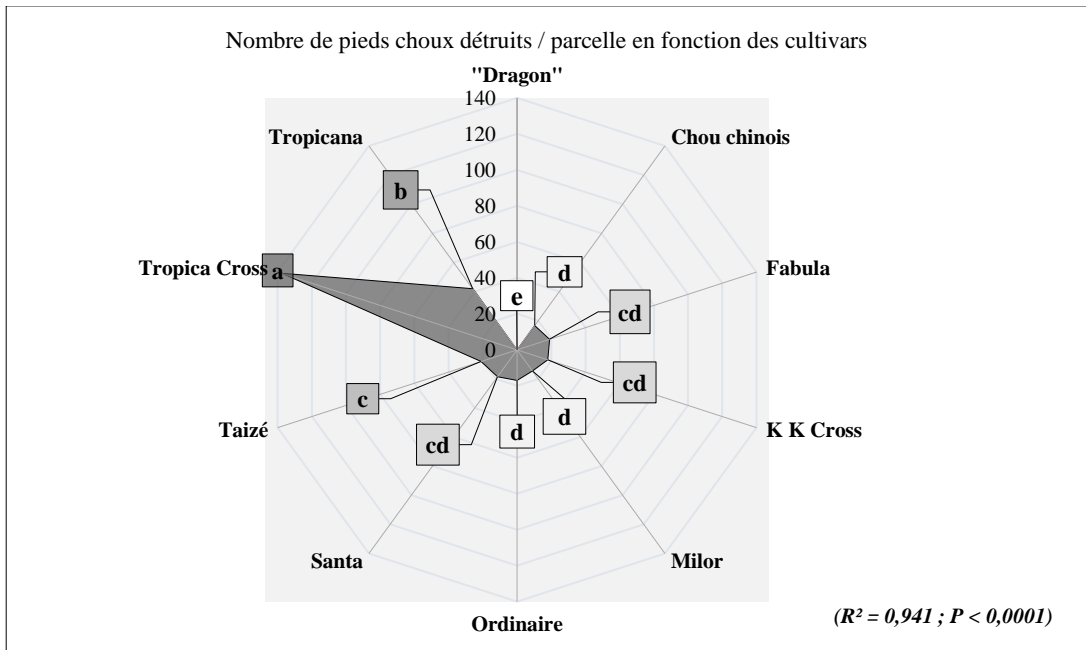


Figure 6 : Degré de sensibilité des différents cultivars aux attaques du « *Borer* ».

Les valeurs des cultivars ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%, Test ANOVA

DISCUSSION

Les populations du « *Borer* » ont été présentes qu'en saison sèche fraîche (SSF) avec une occurrence plus importante dans la zone nord hébergeant plus de parcelles infestées (Labou et al., 2016). Les infestations étaient plus sévères dans la zone centre. Le nombre de chenilles récoltées était positivement corrélé au nombre de pieds de chou détruits. Ce résultat confirme la spécificité des dégâts dus au « *Borer* ». En effet, les attaques précoces du ravageur entraînent des choux à plusieurs têtes. Les dégâts du « *Borer* » sur les plants de chou sont irréversibles et une seule chenille suffit pour la cause (Sugie et al., 2003).

Avec les changements climatiques, la SSF s'est réchauffée. Cette fluctuation de la température au détriment des saisons est liée aux changements qui s'opèrent au sein du climat (Olfert et Weiss, 2006). Les températures en saison sèche fraîche (SSF) sont devenues plus chaudes. Ce réchauffement est dû au prolongement des températures

estivales en saison froide (Labou et al., 2016). Ce constat flagrant se matérialise actuellement au Sénégal par un mois d'octobre très « chaud » et un mois de mars à climat plus doux. Cette étude confirme le bouleversement spectaculaire des températures saisonnières impliquant une dynamique insoupçonnée des saisons (Labou et al., 2017b) et des insectes phytophages notamment le « *Borer* » du chou (Loko et al., 2013 ; Gbaguidi et al., 2015). Le réchauffement climatique a chamboulé la faune entomologique avec comme conséquence une adaptabilité des populations du « *Borer* » en fonction des saisons (Gao et al., 2005 ; Olfert et Weiss, 2006). Il perturbe aussi la synchronie entre la température et le photopériodisme (Fuhrer et al., 2003). Les populations du ravageur *H. undalis* ont augmenté significativement avec l'élévation de la température. Les chenilles du *Borer* sont particulièrement sensibles à la fluctuation de la température (Gao et al., 2005 ; Lemoine et al., 2017). Dans cette étude, leur température optimale de développement était comprise

entre 25 et 30°C. Intervalle dans laquelle, la durée de leur cycle de développement n'était que de vingt jours. La noctuelle de la tomate raccourcisse son cycle de deux semaines juste en augmentant la température de 3°C (Badiane et al., 2015). Le climat est l'un des facteurs dominants qui détermine la répartition et l'abondance de la plupart des espèces d'insectes nuisibles (Sutherst et al., 2000). La température globale de la planète a augmenté de 0,7°C et les années 1990 ont été la décennie la plus chaude jamais enregistrée (Tubiello et al., 2000). Walther et al. (2002) suggèrent que les espèces ne réagissent pas aux moyennes mondiales approximatives, mais plutôt aux changements régionaux qui sont très hétérogènes.

Les chenilles de *H. undalis* ne sont pas défoliatrices, elles pénètrent plutôt dans les nervures ou le bourgeon terminal. Leurs dégâts montrent des choux sans axe central (Mewis et al., 2001) ou possédant plusieurs têtes (Mewis et al., 2003). Le pourcentage de pieds détruits était plus important au centre et au nord contrairement au sud. Le réchauffement climatique peut affecter les populations d'insectes en prolongeant la saison de croissance, en modifiant le moment de l'émergence, en augmentant les taux de croissance et de développement, en raccourcissant la durée des générations, en réduisant la mortalité hivernale et en modifiant la répartition géographique (Altermatt, 2010). La zone sud présente des caractéristiques plus ou moins défavorables au développement du ravageur. Son climat est plus doux à cause de la mer, avec des parcelles plus fermées perturbant le déplacement des adultes de *H. undalis* (Labou et al., 2016). Au sud, les pépinières étaient protégées par un système de paillage qui limitait la ponte des femelles du « *Borer* » (Labou et al., 2017b).

Cette étude a aussi montré que les chenilles se comportent différemment face aux différents cultivars exploités (Baldé et al., 2022). Le cultivar « *Tropica Cross* » était plus attaqué par les chenilles du ravageur. Il faut noter que la famille des Brassicacées contient des composés chimiques très attractifs pour les ravageurs (Hamilton et al., 2005 ; Haugen et al., 2008 ; Furlong et al., 2013). Les

glucosinolates, composés soufrés produits par les choux, attirent les femelles du « *Borer* » pour la ponte. Ils sont responsables de l'appétence des jeunes plants pour les chenilles néonates (Hamilton et al., 2005; Haugen et al., 2008; Furlong et al., 2013). Par contre, les variétés de choux produisant des toxines responsables de mécanisme d'antibiose restent moins sensibles aux attaques des chenilles de *H. undalis* (Silva et al., 2017). Dans notre cas, les cultivars « *Tropica Cross* », et « *KK Cross* » sont issus du même « pool génétique » et sélectionnés pour la zone tropicale d'Afrique de l'Ouest et Centrale. Ces cultivars sont les plus sensibles aux attaques du « *Borer* » car ils ont longtemps été exploités dans la zone, ce qui procure au « *Borer* » des mécanismes d'accommodation qui expliqueraient l'ampleur des attaques (Gao et al., 2005). La coévolution a longtemps permis à beaucoup d'organismes de se substituer à une ressource avec le temps. D'ailleurs ce phénomène est à l'origine de l'apparition de nouveaux ravageurs vis-à-vis des différentes familles de cultures. Le cultivar « *Tropicana* », cultivé en Martinique, a subi le même sort dans nos écosystèmes. La plante hôte est un élément important affectant la distribution des insectes ravageurs (Baldé et al., 2022). Parmi les dix (10) cultivars exploités, six (6) semblaient être modérément sensibles aux attaques et présentaient un seuil de dégâts économiquement acceptable. Ce sont des variétés plus récentes que celles de la famille des « *Cross* ». Par ailleurs, les cultivars présentant un « pool génétique » largement favorable aux conditions du milieu, développent un système de défense ou de répulsion plus efficace contre les ravageurs. La lutte génétique emploie des variétés génétiquement résistantes aux ravageurs. Le cultivar « *Dragon* », qui n'avait pas subi les dégâts du « *Borer* » peut être classer dans cette rubrique (Mewis et al., 2003). Cependant, il faut noter qu'il est faiblement exploité par les producteurs dans la zone.

Conclusion

Cette étude avait comme but d'évaluer le comportement du « *Borer* » face aux changements de températures et à la nature de

la plante hôte. Elle a montré que les populations du « *Borer* » augmentent significativement avec l'élévation de la température. Elles ont été présentes qu'en saison sèche fraîche (SSF) avec une occurrence plus importante dans la zone nord. La zone sud était moins attaquée. Les chenilles du ravageur présentent une température optimale comprise entre 25 et 30°C. Les changements climatiques ont entraîné le réchauffement de la SSF. Une sensibilité variable des différents cultivars aux dégâts du « *Borer* » a été observée dans les parcelles. Le cultivar « *Tropica Cross* » a été plus attaqué par les chenilles du ravageur. Le cultivar « *Dragon* », n'avait pas subi de dégâts. Parmi les dix (10) cultivars exploités, six (6) semblaient être modérément sensibles aux attaques et présentaient un seuil de dégâts économiquement acceptable. Il serait intéressant dans des études ultérieures, de quantifier le taux de glucosinolates présents dans ces différents cultivars afin de hiérarchiser leur tolérance aux attaques du « *Borer* ». La précision des températures optimales pour le développement du « *Borer* », la sensibilité de quelques variétés de cultivars liée à leur ancienneté, et la résistance d'autres liée à leur « pool génétique » représentent autant d'informations pour mettre en place des méthodes de gestion adapté dans la durabilité.

CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

BL : Protocole expérimental, Analyses statistiques des données, Rédaction du manuscrit. ET : Protocole expérimental, Rédaction du manuscrit. EhSS : Protocole expérimental. MD : Protocole expérimental. KD : Coordination des activités, Protocole expérimental, Mise en place de la logistique.

REMERCIEMENTS

Nous remercions ici l'ensemble des agriculteurs des trois zones qui nous ont autorisé à pénétrer dans leurs exploitations pour y échantillonner et d'obtenir les données qui ont permis de mener à bien cette étude.

Nous profitons également de cette occasion pour remercier les étudiants en masters et doctorants appartenant à l'équipe 2PIA de l'UCAD pour l'aide apportée lors des prélèvements sur le terrain.

REFERENCES

- Altermatt F. 2010. Climatic warming increases voltinism in European butterflies and moths. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, **277**(1685): 1281–1287. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1910>.
- Badiane D, Gueye MT, Coly EV, Faye O. 2015. Gestion intégrée des principaux ravageurs du cotonnier au Sénégal et en Afrique occidentale. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**(5): 2654-2667. DOI: [10.4314/ijbcs.v9i5.36](https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.36)
- Baldé A, Labou B, Tendeng E, Sylla ES, Diatte M, Ndiaye IA, Seydi O, Diop P, Sene SO, Diarra K. 2022. Effect of Push-pull technology on the natural control of the armyworm in Senegal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **16**(3): 948-956. DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v16i3.5>
- Crespo-Pérez V, Régnière J, Chuine I, Rebaudo F, Dangles O. 2015. Changes in the distribution of multispecies pest assemblages affect levels of crop damage in warming tropical Andes. *Global Change Biology*, **21**(1):82-96. DOI: [10.1111/gcb.12656](https://doi.org/10.1111/gcb.12656).
- Diatte M, Brévault T, Sall-Sy D, Diarra K. 2018. Parasitoid control of the tomato fruitworm, *Helicoverpa armigera*, in smallholder farmer fields in Senegal. *Int. J. Pest Manag.*, **64**: 140–147. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2017.1346328>.
- Fuhrer J. 2003. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **97**: 1-20. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00125-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00125-7)
- Furlong MJ, Wright DJ, Dosdall LM. 2013. Diamondback Moth Ecology and Management: Problems, Progress, and Prospects. *Annu. Rev. Entomol.*, **58**: 517–

541. DOI : <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2009.01299.x>.
- Gao Z, Wu W, Cui Z, Liang G. 2005. Effects of environmental factors on *Phyllotreta striolata* dispersion. *Chinese Journal of Applied Ecology*, **16** (6): 1082-1085.
- Gbaguidi AA, Faouziath S, Orobiyi A, Dansi M, Akouegninou BA, Dansi A. 2015. Connaissances endogènes et perceptions paysannes de l'impact des changements climatiques sur la production et la diversité du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) et du voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(5): 2520-2541. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.23>
- Grzywacz D, Rossbach A, Rauf A, Russell DA, Srinivasan R, Shelton AM. 2010. Current control methods for diamondback moth and other brassica insect pests and the prospects for improved management with lepidopteran-resistant Bt vegetable brassicas in Asia and Africa. *Crop Prot.*, **29**: 68–79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.08.009>.
- Hamilton AJ, Endersby NM, Ridland PM, Zhang J, Neal M. 2005. Effects of cultivar on oviposition preference, larval feeding and development time of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), on some *Brassica oleracea* vegetables in Victoria. *Aust. J. Entomol.*, **44**: 284–287. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2005.00468.x>.
- Haugen R, Steffes L, Wolf J, Brown P, Matzner S, Siemens DH. 2008. Evolution of drought tolerance and defense: dependence of tradeoffs on mechanism, environment and defense switching. *Oikos.*, **117**: 231–244. DOI : <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.16111.x>.
- Huang Z, Ali S, Ren S, Wu J. 2010. Effect of *Isaria fumosoroseus* on mortality and fecundity of *Bemisia tabaci* and *Plutella xylostella*. *Insect Sci.*, **17**: 140–148. DOI :
- Labou B, Bordat D, Brevault T, Diarra K. 2016. Importance of the diamondback moth in the Niayes in Senegal: relations with temperature and cabbage cultivars. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**: 706–721. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.21>.
- Labou B, Bordat D, Brevault T, Diarra K. 2017a. Spatiotemporal distribution and impact of diamondback moth parasitoids in the Dakar Niayes in Senegal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**: 1288–1298. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i3.28>.
- Labou B, Brévault T, Sylla S, Diatte M, Bordat D, Diarra K. 2017b. Spatial and temporal incidence of insect pests in farmers' cabbage fields in Senegal. *Int. J. Trop. Insect Sci.*, **37**: 225–233. DOI: <https://doi.org/doi:10.1017/S1742758417000200>.
- Lemoine NP, Doublet D, Salminen J, Burkepile DE, Parker JD. 2017. Responses of plant phenology, growth, defense, and reproduction to interactive effects of warming and insect herbivory. *Ecology*, **98**: 1817–1828. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecy.1855>.
- Loko YL, Dansi A, Agre AP, Akpa N, Dossou-Aminon I, Assogba P, Dansi M, Akpagana K, Sanni A. 2013. Perceptions paysannes et impacts des changements climatiques sur la production et la diversité variétale de l'igname dans la zone aride du Nord-Ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(2): 672-695. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i2.23>
- Mewis I, Ulrich Ch, Schnitzler WH. 2003. The role of glucosinolates and their hydrolysis products in oviposition and host-plant finding by cabbage webworm, *Hellula undalis*. *Entomol. Exp. Appl.*, **105**: 129–139. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2002.01041.x>.
- Mewis I, Ulrichs C, Schnitzler WH. 2001. Feeding behaviour and host-plant finding of the cabbage webworm, *Hellula undalis* (FABRICIUS)(Lepidoptera: Pyralidae) in the context of secondary host-plant compounds. *Deutsche Gesellschaft für*

- allgemeine und angewandte Entomologie*, **13**(6): 273–278.
- Olfert O, Weiss RM. 2006. Impact of climate change on potential distributions and relative abundances of *Oulema melanopus*, *Meligethes viridescens* and *Ceutorhynchus obstrictus* in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **113**: 295–301. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.10.017>
- Silva GA, Pereira RM, Rodrigues-Silva N. 2017. Wax Removal and Diamondback Moth Performance in Collards Cultivars. *Neotrop Entomol.*, **46**: 571–577). DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0493-3>
- Sow G, Diarra K, Arvanitakis L, Bordat D. 2013. The relationship between the diamondback moth, climatic factors, cabbage crops and natural enemies in a tropical area. *Folia Hortic*, **25**: 3–12. DOI: <https://doi.org/10.2478/fhort-2013-0001>.
- Sugie H, Yase J, Futai K, Shirai Y. 2003. A sex attractant of the cabbage webworm, *Hellula undalis* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae). *Appl. Entomol. Zool.*, **38**: 45–48. DOI: <https://doi.org/10.1303/aez.2003.45>.
- Sutherst RW, Maywald GF, Russell Beth L. 2000. Estimating vulnerability under global change: modular modelling of pests. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **82**: 303-319. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-809\(00\)00234-6](https://doi.org/10.1016/S0167-809(00)00234-6)
- Tendeng, E, Labou, B, Djiba, S, Diarra K. 2017. Actualisation de l'entomofaune des cultures maraîchères en Basse Casamance (Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(3): 1023–1028. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i3.7>.
- Tubiello FN, Donatelli M, Rosenzweig C, Stockle CO. 2000. Effects of climate change and elevated CO₂ on cropping systems: model predictions at two Italian locations. *European Journal of Agronomy*, **13**: 179-189. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00073-3](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00073-3)
- Walther GR, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee TJ, Bairlein F. 2002. Réponses écologiques aux récents changements climatiques. *Nature*, **416**(6879): 389-395. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/416389a>