

Co-evolution des variables climatiques et du cycle biologique du criquet puant (*Zonocerus variegatus* Linné)

[Co-evolution of climate variables and the life cycle of the stinking locust (*Zonocerus variegatus* Linné)]

Laurent Kikeba Mbala¹, Alphonse Kambi Dibaya Okito Longo², Gilbert Pululu Mfwidi Nitu³, Antoine Mumba Djamba⁴,
and Idi Eca Idrissa⁵

¹Université Loyola du Congo, Kinshasa, RD Congo

²Institut Supérieur Pédagogique, Mbuji Mayi, RD Congo

³Institut Supérieur Pédagogique de la Gombe, Kinshasa, RD Congo

⁴Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

⁵Université Espoir du Congo, Sud-Kivu, RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This research aims to identify changes in climatic factors likely to explain the proliferation of *Zonocerus variegatus* populations observed in the Mawanga sector since 2015. Data series of temperature, precipitation and relative humidity covering the period from 1985 to 2021 have been downloaded from the «power.larc.nasa.gov» website. They made it possible to calculate the Lamb or Nicholson index and to evaluate the variability in order to discriminate between years with precipitation, temperature and hygrometry deficiency from those in excess compared to normal. This diachronic analysis revealed a variability likely to impact the population dynamics of stinking locusts and increase their ravages against cassava cultivation. Associated with the phenological stages of the stinking locust, the variability of precipitation, temperature and relative humidity parameters recorded between 1985 and 2021 favored the proliferation of stinking locusts and subsequent attacks.

KEYWORDS: Climatic variability, proliferation, *Zonocerus variegatus*, DRC.

RESUME: Cette recherche vise l'identification des changements des facteurs climatiques susceptibles d'expliquer la prolifération des populations de *Zonocerus variegatus* observée dans le secteur de Mawanga depuis 2015. Des séries de données des températures, des précipitations et d'humidité relative couvrant la période allant de 1985 à 2021 ont été téléchargées sur le site « power.larc.nasa.gov ». Elles ont permis de calculer l'indice de Lamb ou de Nicholson et d'évaluer la variabilité afin de discriminer les années avec précipitations, température, hygrométrie déficitaire de celles excédentaires par rapport à la normale. Cette analyse diachronique a ressorti une variabilité susceptible d'impacter la dynamique de la population des criquets puants et augmenter leurs ravages contre la culture du manioc. Associé aux stades phénologiques du criquet puant, la variabilité des paramètres précipitations, température et humidité relative enregistrés entre 1985 et 2021 a favorisé la prolifération des criquets puants et les attaques subséquentes.

MOTS-CLEFS: Variabilité climatique, prolifération, *Zonocerus variegatus*, RDC.

1 INTRODUCTION

La température, l'humidité de l'air et les précipitations déterminent un minimum, un maximum et un optimum favorables au développement de chaque espèce d'arthropode. Les variabilités climatiques peuvent induire une augmentation inhabituelle de certaines espèces d'arthropodes.

Les insectes sont très dépendants des paramètres climatiques plus particulièrement la température dont chaque espèce présentent ses exigences propres [1]. Elle conditionne leurs processus vitaux notamment la croissance, l'alimentation, la mobilité, le développement et la reproduction. Il existe une température de base au-dessous de laquelle ils ne peuvent se développer [2].

Au Togo, par exemple, [3] ont estimé qu'une hausse des températures entraînerait de légères augmentations annuelles d'au moins + 0,23 des générations de *Sesamia calamistis* et de *Eldana saccharina*. La même étude rapporte que la perception des agriculteurs indique l'apparition de nouveaux ravageurs tels que les termites, le criquet puant *Zonocerus variegatus* et une recrudescence des ravageurs de stock.

Cette étude évalue l'évolution des précipitations, de la température et de l'humidité relative ayant prévalu entre 1985 et 2021 dans le secteur de Mawanga afin de déceler des changements significatifs avant et depuis la prolifération du criquet puant ainsi que les dégâts provoqués sur le manioc.

Les modifications des paramètres climatiques survenues à chaque phase de développement de l'insecte pendant les 37 ans pour les trois paramètres considérés ont été ainsi examinés.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Mawanga est situé en RDC, dans la province de Kwango et territoire de Kasongo Lunda. Les coordonnées géographiques de ce site sont -6,3128°S et 17,4258°E. Le climat du secteur de Mawanga est de type Aw₃ selon la classification de Koppen. La saison sèche s'étend de mi-mai à mi-août et la saison de pluies 9 mois avec ses deux pics pluviométriques en novembre et en mars.

2.2 MATÉRIELS

Un ordinateur portable a permis le téléchargement des données relatives à la température, à l'humidité atmosphérique et aux précipitations qui ont prévalu dans la zone d'étude de 1985 à 2021.

2.3 MÉTHODES

Les données de précipitations, d'humidité de l'air et de température couvrant la période de 1985 à 2021 ont été téléchargées sur le site power.larc.nasa.gov en cliquant sur le lien power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/. Ces données ont été transposées sur un fichier Excel. Le principe de Gaussen a été utilisé pour déterminer l'évolution, la tendance de chaque paramètre climatique, les mois humides et les mois secs. Le calcul de l'indice de Lamb ou de Nicholson a permis d'évaluer la variabilité afin de discriminer les années avec précipitations, température, hygrométrie déficitaire de celles excédentaires.

Le calcul des indices hydroclimatiques avec la formule de Nicholson (a) [4], [5] recherche la mise en évidence de la variabilité interannuelle et les grandes tendances des variables étudiées. Ils sont calculés de la manière suivante:

$I = xi - \bar{x} / \sigma$ (a) avec xi : hauteur annuelle du paramètre étudié pour la station au cours d'une année i ; \bar{x} : moyenne interannuelle à la station; σ : écart type de la série.

Les regroupements phénologiques suivants: incubation, l'éclosion, les phases larvaires et la phase imaginaire qui correspondent aux périodes de septembre à mars; de mars à mai; de mars à octobre et de juillet à décembre ont structurés les analyses.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 PRÉCIPITATIONS

La figure 1 donne l'évolution des précipitations pendant la période d'incubation.

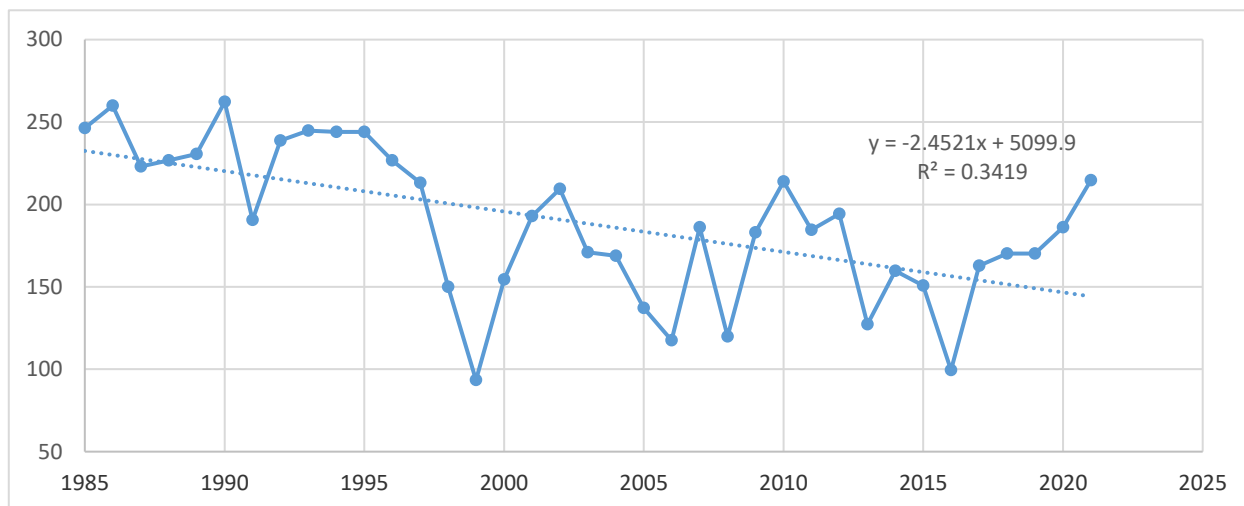


Fig. 1. Evolution et droite de tendance des précipitations pendant la période d'incubation

Les précipitations (fig.1) jouent un rôle important avec l'eau apportée dans le sol pour l'incubation des œufs des criquets puants. La tendance de la courbe de la figure 1 concernant les précipitations est baissière pendant cette phase biologique pour la période de 1985 à 2021.

La figure 2 rapporte les années en fonction des quantités de précipitations pendant la période d'incubation.

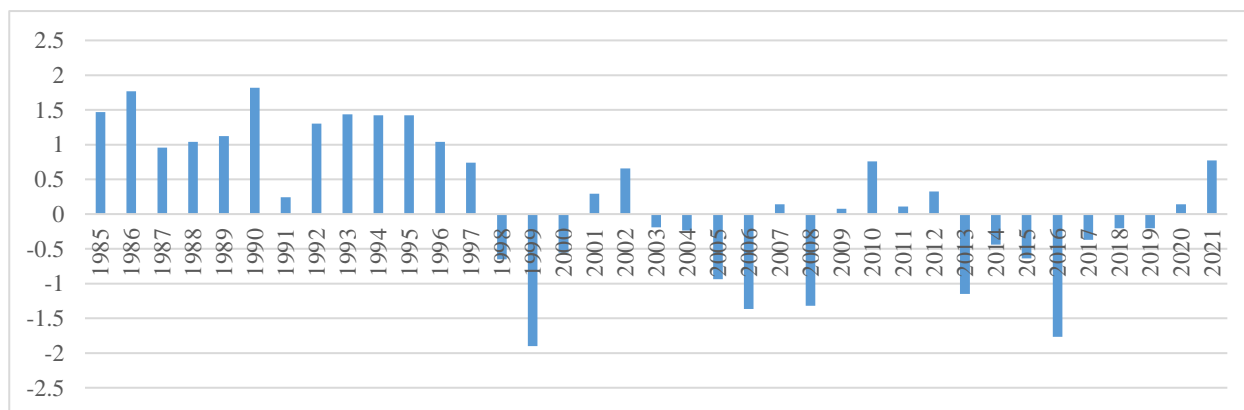


Fig. 2. Type d'années catégorisées selon les quantités de précipitations enregistrées pendant le stade d'incubation/éclosion

Les quantités de précipitations enregistrées pendant les 13 premières années ont été successivement excédentaires. Alors que celles des 24 autres années ont présenté des perturbations dont 15 années déficitaires par rapport à la normale. Avant la rupture survenue en 1998, elles se sont chiffrées à 217,70 mm et supérieures à la moyenne générale de la série évaluée à 174,47 mm. Après cette année, les précipitations moyennes de 151,06 mm relatives à la période ont été inférieures à la moyenne générale des précipitations.

Quoique déficitaire, le niveau d'humidité du sol consécutif aux précipitations entre les années 2013 et 2019 ont favorisé une vague suffisante d'éclosions des larves justifiant une population larvaire occasionnant des ravages importants de la culture de manioc.

[6] évoque une corrélation étroite entre la pluviométrie et une activité intense de ponte des criquets puants. Cette étude soutient également cette observation qui se traduit par des précipitations moyennes supérieures de 217,69 mm avant la rupture par rapport à 151,06 mm après cette période. Cet état des choses aura été plus propice à un nombre de ponte plus élevé avant la rupture.

S’agissant des besoins en eau des œufs, [7] a démontré que la résistance des oothèques ne dépasse pas 15 jours dans un sol complètement desséché. Néanmoins, selon le même auteur, une reprise d’humidité (en poids) de 1,25 % suffit pour une incubation normale. Il ajoute que le tassement de la terre autour du trou recevant l’oothèque effectué par la femelle crée, par capillarité, un mouvement d’eau apportant une humidité du sol plus grande dans l’environnement voisin de la ponte que le reste de la terre. Ces observations soutiennent que les variations de précipitations survenues avant ou après la rupture n’ont pas influencé négativement le niveau d’éclosion des œufs des criquets puants.

La figure 3 donne l’évolution des précipitations pendant les phases larvaires.

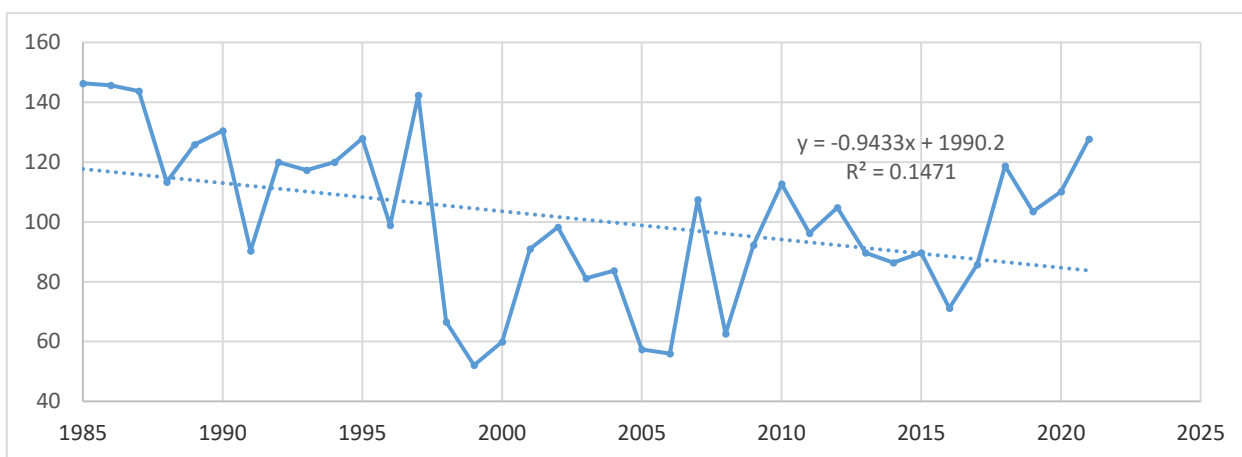


Fig. 3. Evolution et droite de tendance des précipitations pendant les phases larvaires

La tendance de la courbe de la figure 3 concernant les pluies est baissière pendant cette phase biologique pour la période de 1985 à 2021.

Les précipitations interviennent, à ce stade particulièrement épigé, par la disponibilité alimentaire de la végétation sauvage dont se nourrissent les larves de stade 1, 2 et 3. jusqu’en mi-juin où la rareté de la nourriture provoquée par la saison sèche favorise les attaques des cultures. La rareté de la végétation sauvage expose ainsi aux attaques les cultures encore présentes dont le manioc, les cultures maraîchères et les arbres fruitiers.

La figure 4 classe les années selon la quantité des précipitations enregistrées pour la période larvaire.

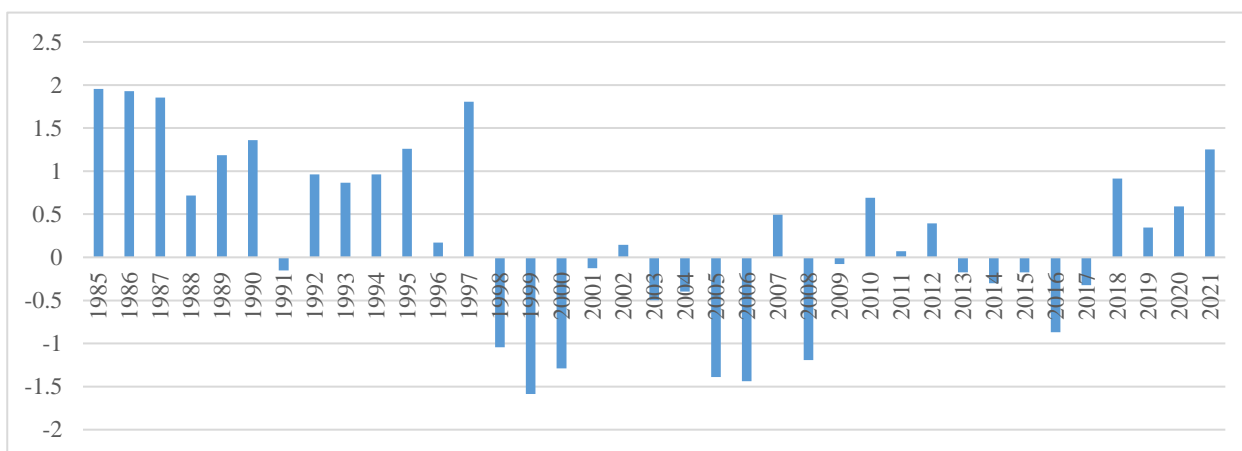


Fig. 4. Type d’année en fonction de la quantité des précipitations pendant le stade larvaire

Après une régularité de 12 années de précipitations excédentaires à la normale, une série irrégulière de 25 années dont 15 déficitaires et 9 excédentaires a été observé.

Avant la rupture survenue en 1998, elles se sont chiffrées à 124,24 mm et supérieures à la moyenne générale de la série évaluée à 100,73 mm. Après cette année, les précipitations moyennes de 87,69 mm relatives à la période ont été inférieures à la moyenne générale.

Les niveaux déficitaires des précipitations des années 2013 à 2017 ont permis une faible pression parasitaire, propice à une survie importante des larves qui se sont attaqués aux cultures.

Cette observation confirme celle de [8], [9], [10] qui affirme que le développement des infections à *Endophragma grylli* a été souvent associé à la pluie.

Selon [11], la pluie agirait en favorisant la germination des spores de résistance présentes dans les cadavres secs d'insectes ou dans le sol.

La figure 5 retrace l'évolution des précipitations pendant la période imaginaire.

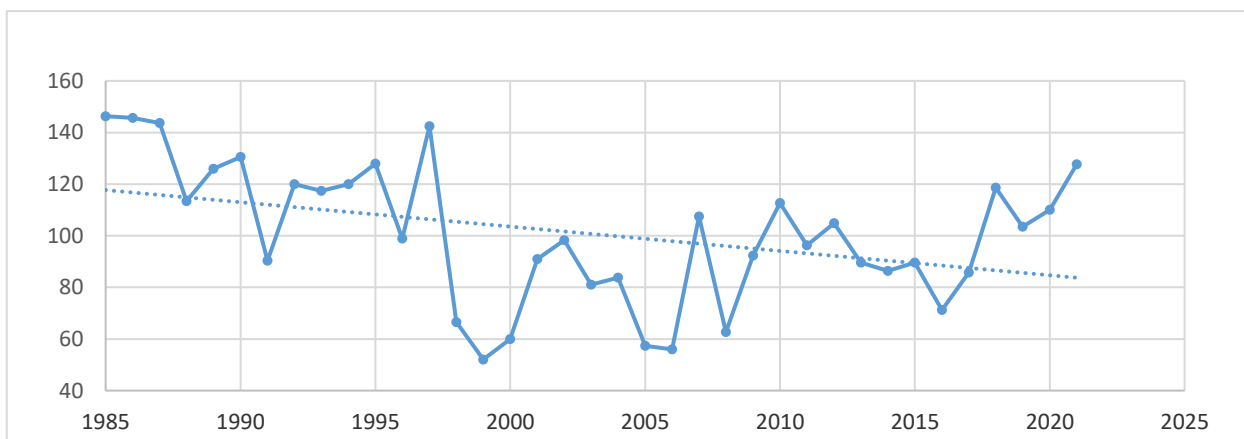


Fig. 5. Evolution et droite de tendance des précipitations pendant la période imaginaire

Ce stade biologique des criquets puants étant également épigé, le niveau de précipitations joue également un rôle dans la disponibilité alimentaire de la végétation sauvage. Pendant cette période, les précipitations baissent, la végétation sauvage diminue et le risque de feu de végétation s'intensifie. La tendance de la courbe de la figure 30 concernant les pluies est baissière pendant cette phase biologique pour la période de 1985 à 2021.

La figure 6 montre le type d'années selon la quantité de précipitations au stade imaginal.

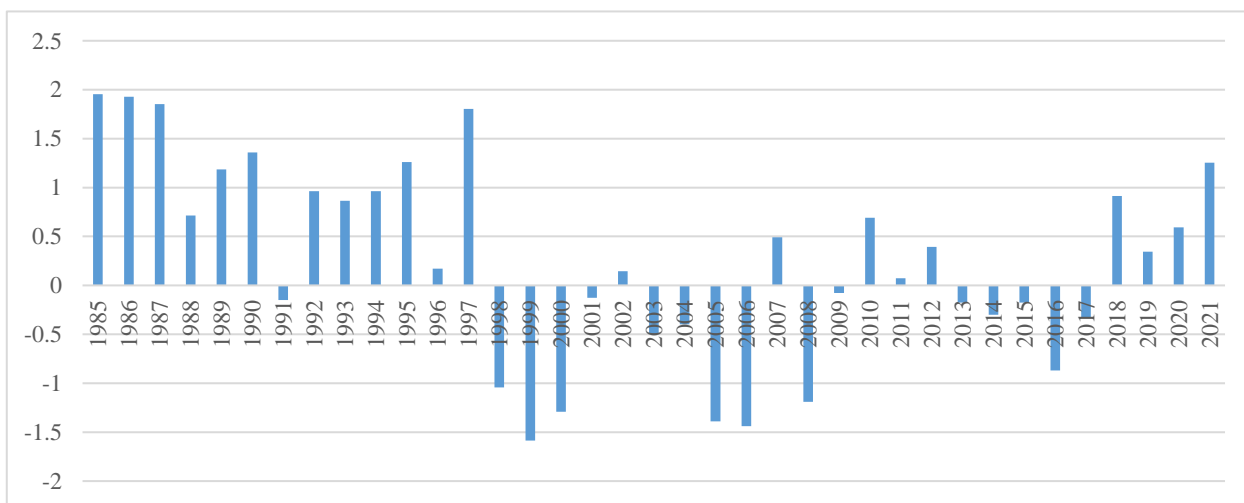


Fig. 6. Type d'années en fonction de la quantité de précipitations au stade imaginal

La figure 6 suggère l'existence de 11 années de précipitations supérieures à la normale pendant les 13 premières années. Pendant les 24 années après 1997, 15 ont été déficitaires et 9 excédentaires.

Avant la rupture survenue en 1998, elles se sont chiffrées à 158,13 mm et supérieures à la moyenne générale de la série évaluée à 129,99 mm. Après cette année, les précipitations moyennes de 114,75 mm relatives à la période ont été inférieures à la moyenne générale des précipitations.

Comme dans les phases larvaires, les niveaux déficitaires des précipitations des années 2013 à 2017 ont entretenu une faible pression parasitaire propice à une survie importante des imagos qui se sont attaqués aux cultures.

3.2 HUMIDITÉ RELATIVE

La figure 7 présente l'évolution de l'humidité pendant la période d'incubation.

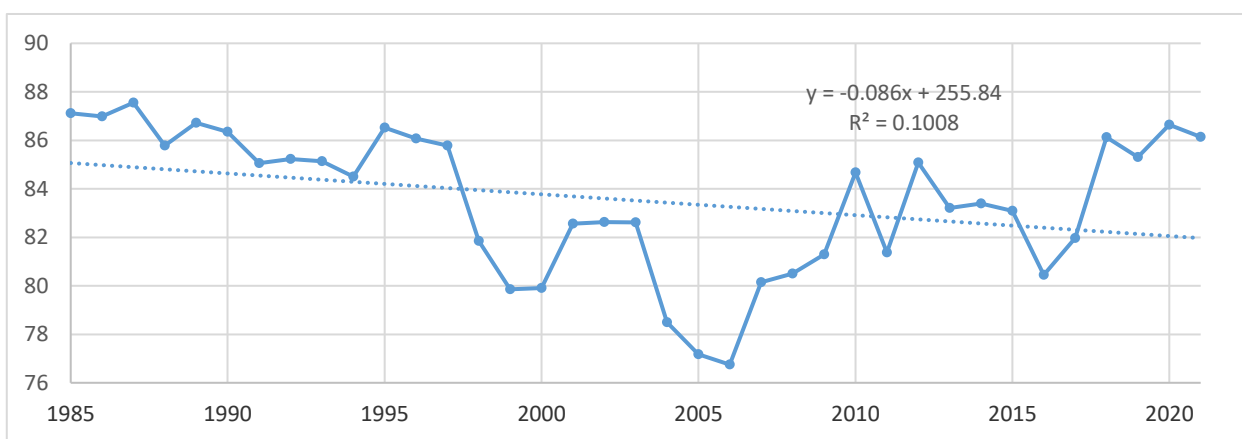


Fig. 7. Evolution et droite de tendance de l'humidité pendant la période d'incubation

Pendant les 37 ans sous étude, l'hygrométrie moyenne annuelle de la période d'incubation a varié entre 76,75 % et 87,55 %. Au cours de cette période, la tendance hygrométrique est descendante, c'est-à-dire, l'atmosphère dans le secteur de Mawanga est moins humide en 2021 qu'en 1985. L'équation de la droite de tendance a un coefficient angulaire négatif.

La figure 8 différencie le type d'année en fonction du niveau d'humidité pendant le stade d'incubation/éclosion.

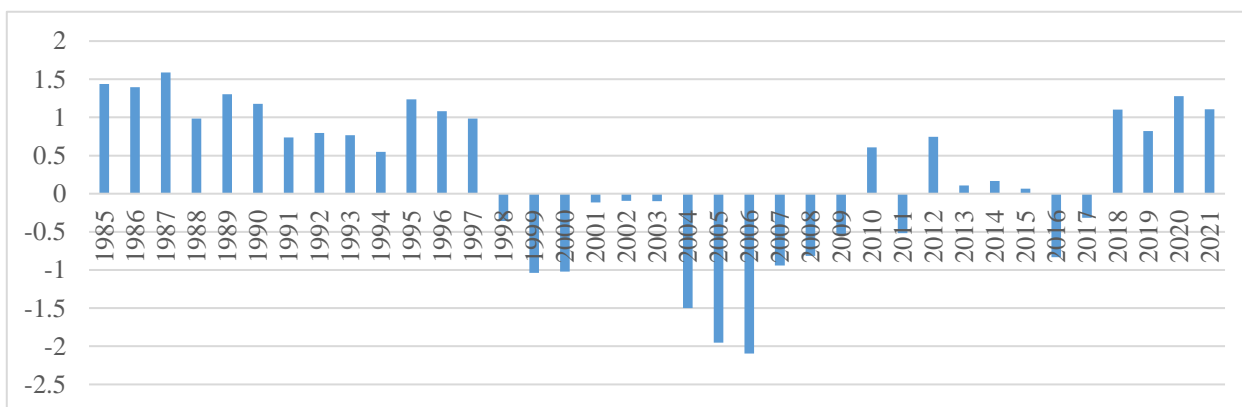


Fig. 8. Type d'année en fonction du niveau d'humidité relative pendant le stade d'incubation/éclosion

Il se dégage pour le stade d'incubation/éclosion une période plus humide (1985-1997) avec une moyenne hygrométrique de 86,06 % qui est supérieure à la moyenne annuelle totale (83,51 %); une période moins humide (1998-2021), avec une moyenne hygrométrique de 82,13% qui est inférieure à la moyenne annuelle totale. La moyenne (86,06 %) avant 1998 est donc supérieure à la moyenne après 1998 (82,13 %).

L'humidité atmosphérique influence le niveau d'évaporation de l'eau du sol, joue un rôle sur le niveau d'humidité du sol et peut impacter la durée d'incubation et le taux d'éclosion des œufs. La rupture de la régularité intervenue et la baisse consécutive du niveau d'humidité à partir de 1998 peuvent expliquer une humidité édaphique ayant contribué à l'augmentation de bonnes éclosions de la population de nouvelles larves néonates.

La figure 9 présente l'évolution de l'humidité relative pendant le stade larvaire.

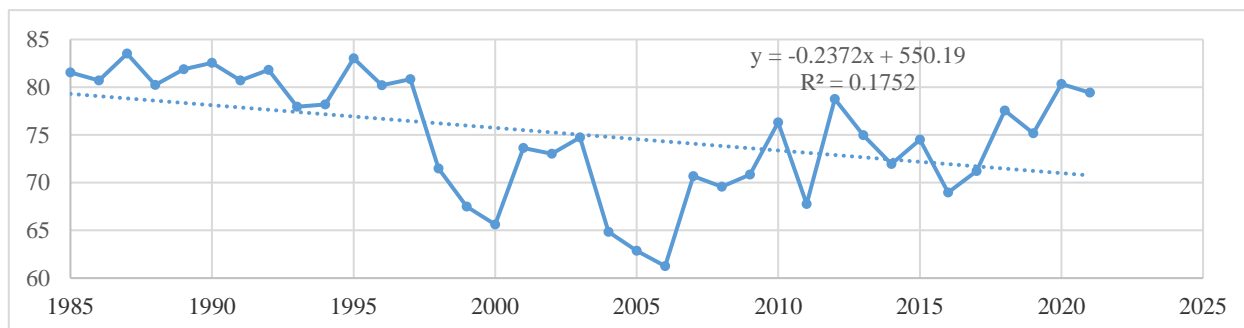


Fig. 9. Evolution et droite de tendance de l'humidité relative pendant le stade larvaire

L'hygrométrie moyenne annuelle au cours du stade larvaire a varié entre 65,97 % et 84,43 %. La tendance hygrométrique est descendante, c'est-à-dire, l'atmosphère prévalant dans le secteur de Mawanga est moins humide en 2021 qu'en 1985. L'équation de la droite de tendance présente un coefficient angulaire négatif.

La figure 10 discrimine le type d'année en fonction de l'humidité pendant le stade larvaire.

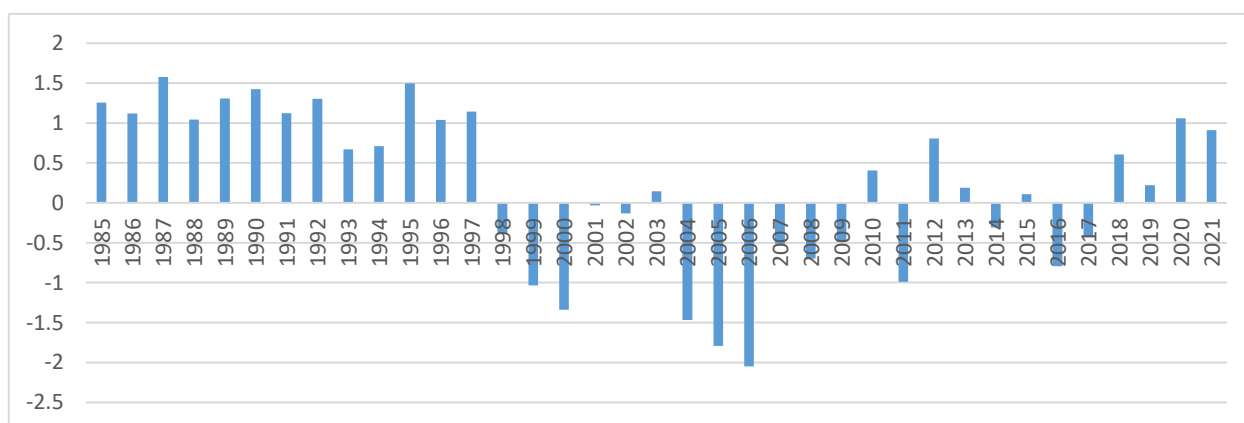


Fig. 10. Type d'année selon le degré d'humidité relative pendant le stade larvaire

Il se dégage pour le stade larvaire une période plus humide (1985-1997) avec une moyenne hygrométrique de 80,86 % qui est supérieure à la moyenne annuelle totale (76,46 %); une période moins humide (1998-2021), avec une moyenne hygrométrique de 74,07°C qui est inférieure à la moyenne annuelle totale. La moyenne (80,86 %) avant 1998 est donc supérieure à la moyenne après 1998 (74,06 %).

Depuis 1998, l'humidité relative pendant le stade larvaire a baissé en dessous de la moyenne.

[6] soutient que le développement des stades épigés du criquet puant nécessite une humidité relative suffisante.

Malgré sa baisse au cours de ce stade, cette variable n'a certainement pas atteint un seuil susceptible de réduire la population larvaire.

Cette situation a été défavorable aux facteurs limitant la prolifération des criquets puants notamment *Entomophaga grylli*, un champignon Entomophthorale qui infecte naturellement certaines espèces acridiennes. Par contre, la diminution de ce paramètre a été propice à la survie des larves.

La figure 11 retrace l'évolution de l'humidité pendant la période imaginale.

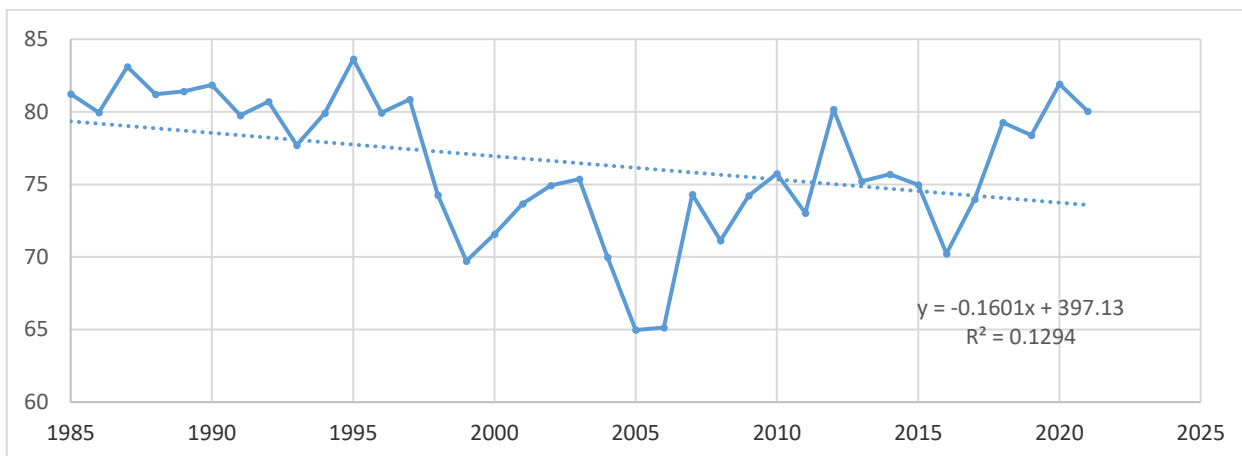


Fig. 11. Evolution et droite de tendance de la courbe de l'humidité relative pendant la période imaginal

Au cours du stade imaginal de la période examinée, l'humidité relative moyenne annuelle a varié entre 64,97 % et 83,62 %. La tendance hygrométrique est descendante, c'est-à-dire, l'atmosphère actuelle dans le secteur de Mawanga est plus sèche en 2021 qu'en 1985. L'équation de la droite de tendance présente un coefficient angulaire négatif.

La figure 12 rapporte l'évolution de l'humidité relative pendant la période imaginal.

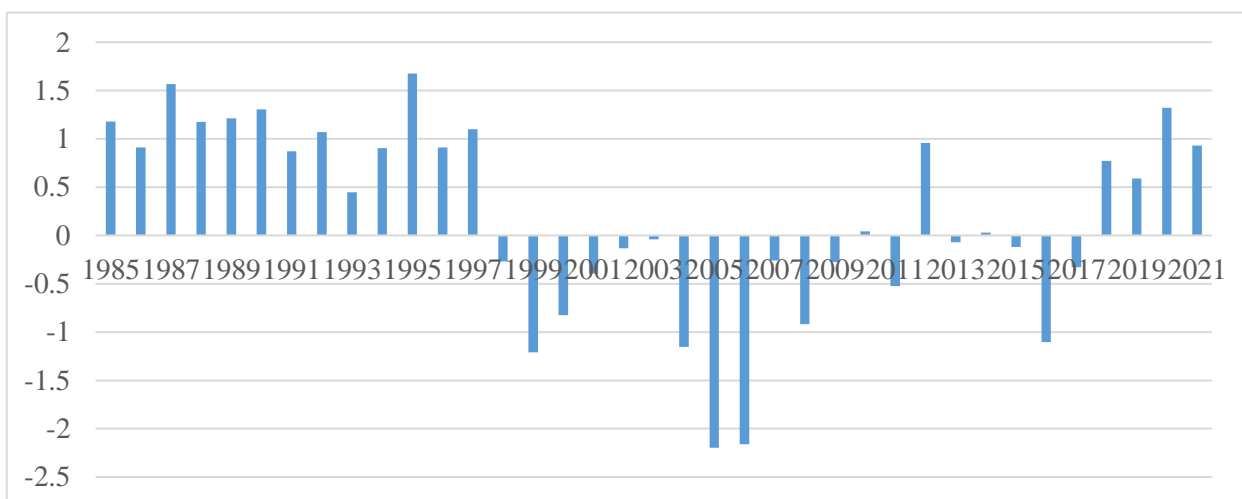


Fig. 12. Bilan de l'humidité relative pendant le stade imaginal

Le stade imaginal présente une période plus humide (1985-1997) avec une moyenne hygrométrique de 82,55 % qui est supérieure à la moyenne annuelle totale (77,58 %); une période moins humide (1998-2021), avec une moyenne hygrométrique de 74,88 % qui est inférieure à la moyenne annuelle totale. La moyenne (82,55 %) avant 1998 est donc supérieure à la moyenne après 1998 (74,88 %).

A partir de 1998, l'humidité relative au stade imaginal a baissé en dessous de la moyenne. Comme pour la phase larvaire, cette situation est défavorable aux facteurs limitant la prolifération des criquets puants notamment *Entomophaga grylli*. Cet environnement qui contribue plutôt à la diminution de ce paramètre est propice à la grande survie des imagos moins frappés par cette mycose.

3.3 TEMPÉRATURE

La figure 13 renseigne sur l'évolution de la température au stade d'incubation/éclosion.

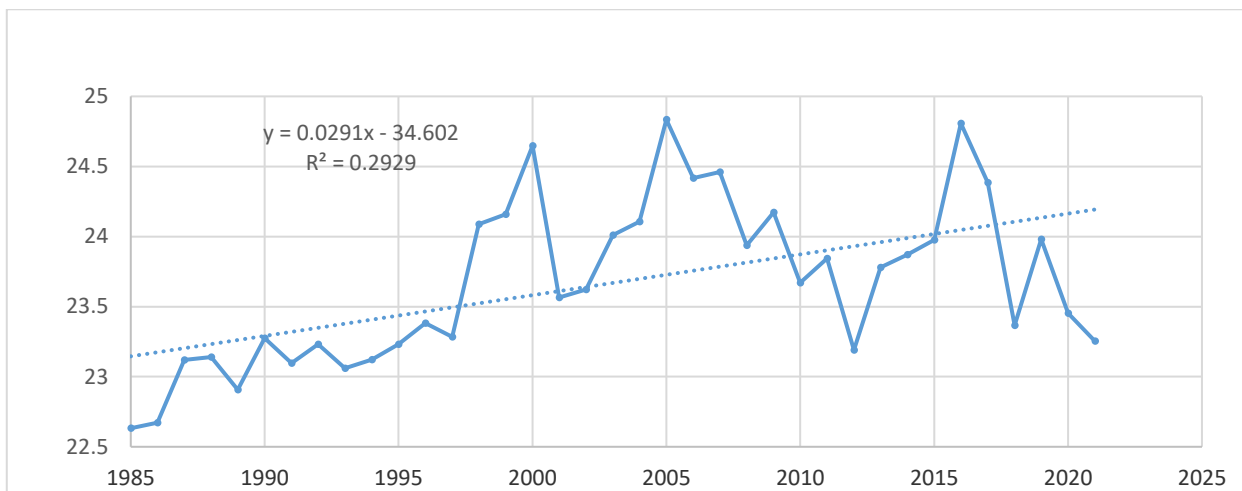


Fig. 13. Evolution de la température pendant le stade d'incubation/éclosion

Au cours de la période d'incubation/éclosion, la tendance thermique est ascendante. C'est-à-dire, durant cette étape de développement du criquet puaud, il a fait plus chaud en 2021 qu'en 1985. L'équation de la droite de tendance a un coefficient angulaire positif.

La figure 13 discrimine les années à température excédentaire et déficitaire au stade d'incubation/éclosion.

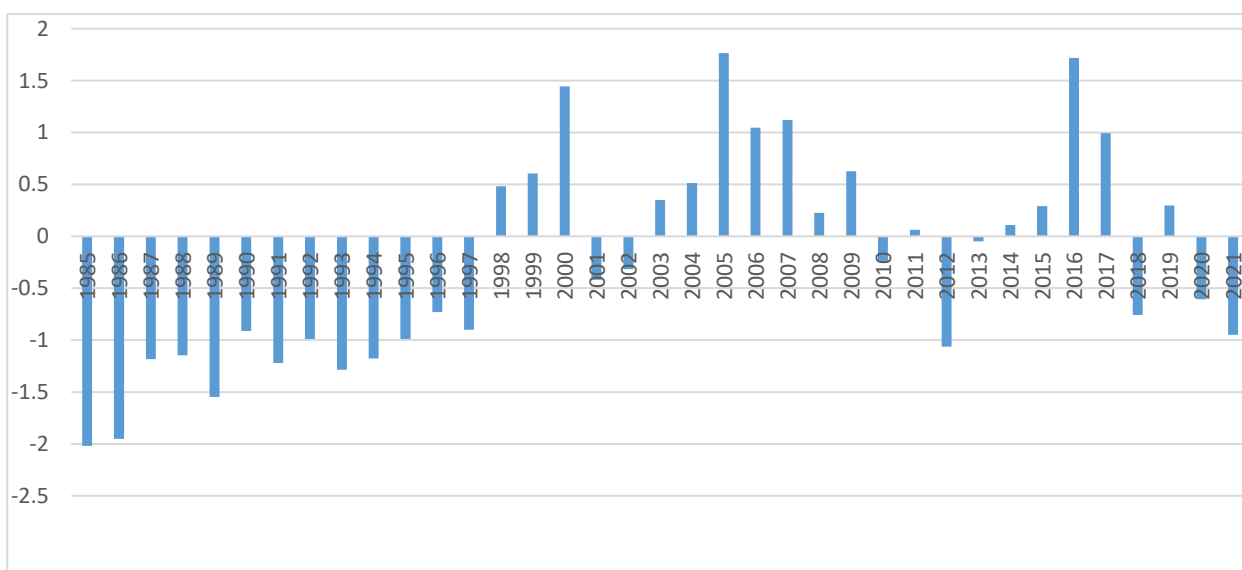


Fig. 14. Discrimination de niveau de température pendant le stade d'incubation/éclosion

Il se dégage pour le stade d'incubation/éclosion une période moins chaude (1985-1997) avec une moyenne thermique de 23,08°C qui est très légèrement inférieure à la moyenne annuelle totale (23,67°C); une période plus chaude (1998-2021), avec une moyenne thermique de 23,98°C qui est légèrement supérieure à la moyenne annuelle totale. La moyenne (23,08°C) avant 1998 est donc inférieure à la moyenne après 1998 (23,98°C).

Pendant ce stade, entre la période avant et après 1998, les températures maximales et minimales moyennes ont augmenté respectivement de 1,06 °C et 0,38 °C. Le seuil de température de 28 °C favorable à de bonnes éclosions tel qu'observé par [7] est légèrement supérieur à la température maximale moyenne de 28,62 °C ayant prévalu avant 1998. Tandis qu'après cette période, celle-ci a été supérieure, soit 29,68 °C. Cette situation a permis des incubations favorables à de bonnes éclosions pour aboutir à une augmentation de la population larvaire.

La figure 14 renseigne sur l'évolution de la température de la période larvaire

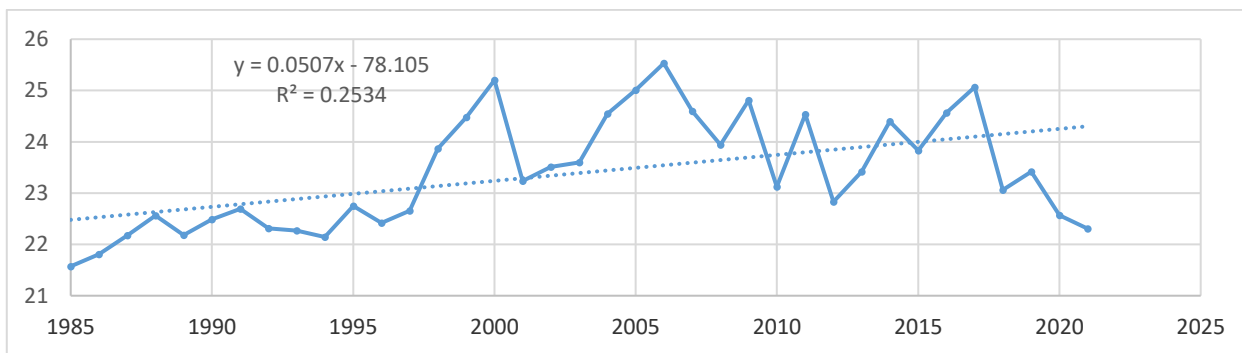


Fig. 15. Evolution et droite de tendance de la température pendant le stade larvaire

Durant le stade larvaire, la tendance thermique est ascendante. C'est-à-dire, durant cette étape de développement du criquet puant, il a fait plus chaud en 2021 qu'en 1985. L'équation de la droite de tendance a un coefficient angulaire positif.

La figure 15 donne les années à température excédentaire et déficitaire au stade larvaire

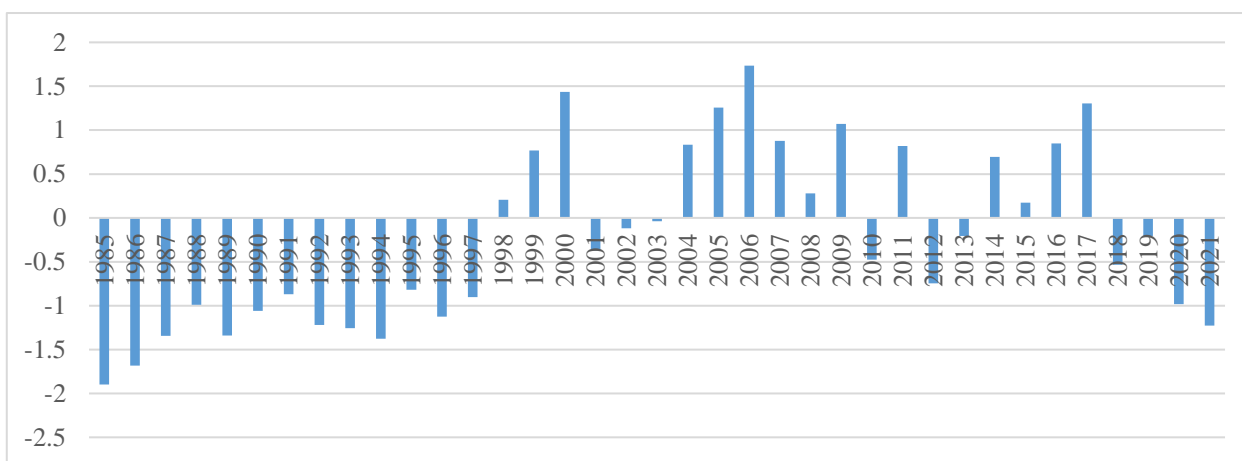


Fig. 16. Les années à température excédentaire et déficitaire au stade larvaire

Le stade larvaire a enregistré une période moins chaude (1985-1997) avec une moyenne thermique de 22,31°C qui est légèrement inférieure à la moyenne annuelle totale (23,39°C); une période plus chaude (1998-2021), avec une moyenne thermique de 23,98°C qui est légèrement supérieure à la moyenne annuelle totale. La moyenne (22,31°C) avant 1998 est donc légèrement inférieure à la moyenne après 1998 (23,98°C).

Avant 1998, la température maximale moyenne s'est située à 28,98 °C et a atteint 31,52 °C.

La figure 16 présente l'évolution de la température pendant le stade imaginal.

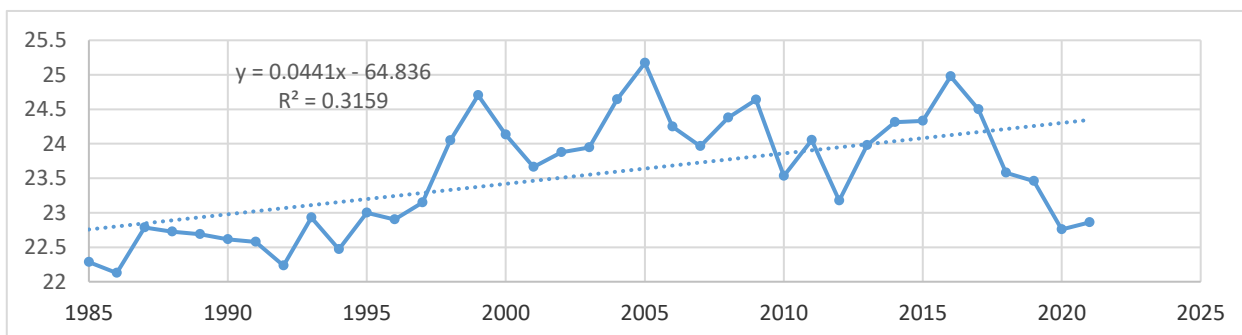


Fig. 17. Evolution et courbe de tendance de la température pendant le stade imaginal

Comme pour tous les stades de développement du criquet puant, le stade imaginal présente également une tendance thermique ascendante. Il a fait plus chaud en 2021 qu'en 1985.

La figure 17 rapporte le bilan des années à température excédentaire et déficitaire.

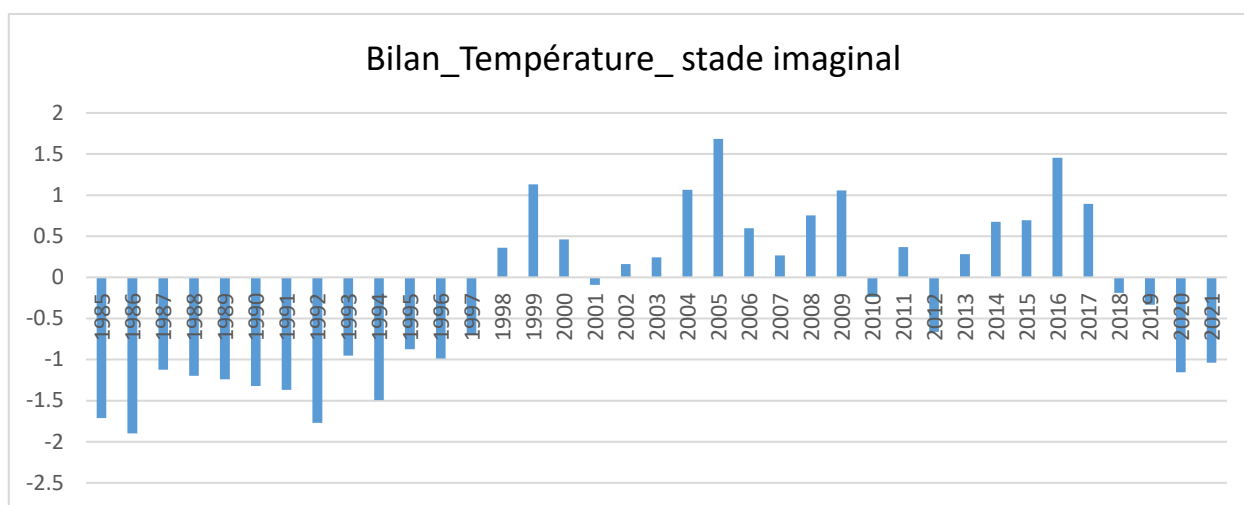


Fig. 18. Bilan des années selon la température pendant le stade imaginal

Le stade imaginal a enregistré une période moins chaude (1985-1997) avec une moyenne thermique de 22,69°C qui est inférieure à la moyenne annuelle totale (23,57°C); une période plus chaude (1998-2021), avec une moyenne thermique de 24,04°C qui est légèrement supérieure à la moyenne annuelle totale. La moyenne (22,69°C) avant 1998 est donc inférieure à la moyenne après 1998 (24,04°C).

4 CONCLUSION

Le niveau d'humidité du sol dû aux précipitations enregistrées à partir de la rupture intervenue en 1998 a permis une vague suffisante d'éclosions justifiant une population larvaire occasionnant des ravages importants des criquets puants sur la culture de manioc.

Il a permis une faible pression parasitaire, propice à une survie importante des larves et des imagos qui peut expliquer l'augmentation des attaques et dégâts infligés notamment à la culture de manioc. En effet, le développement des infections à *Entomophaga grylli* a été souvent associé à la pluie.

Malgré sa baisse au cours de tous les stades de développement du criquet puant, l'humidité relative n'a sans doute pas atteint un seuil susceptible d'influencer la réduction de l'incubation/éclosion. Cette situation a occasionné une importante survie de la population larvaire et imaginale.

La température n'a pas significativement pas augmenté pendant la phase incubation/éclosion pour les périodes avant et après 1998. Elle a significativement varié pendant les stades larvaire et imaginal.

Nous pouvons donc conclure que les changements trilogiques des paramètres précipitations, température et humidité relative enregistrés entre les périodes comprises entre 1985 et 2021 ont favorisé la prolifération des criquets puants et les dégâts subséquents.

REFERENCES

- [1] Nageleisen L. M., 2018. Effets du changement climatique sur les insectes forestiers in *Revue forestière Française* 70 (6): 53-660.
- [2] Plouffe D. G., Bourgeois G., Lepage M. P., 2012. Les modèles bioclimatiques utilisés en agriculture, Inédit, 21p.
- [3] Agboka K., Tounou A.K., Agbodzavu K.M., Negloh K., Wegbe K., 2016. Interactions variations climatiques – insectes ravageurs et perception des producteurs de céréales au sud Togo. In: *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé* (18) (4): 1-8.
- [4] Nicholson S. E., 1980. The nature of rainfall fluctuations in subtropical West Africa. In *Monthly Weather Review* 108 (4): 473-487.
- [5] Servat E., Paturel J. E., Lubès H., Kouamé B., Ouedraogo M. et Masson J.M., 1997. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part one: Detailed analysis of the phenomenon in Côte d'Ivoire. In *Journal of Hydrology* 191: 1–15.
- [6] De Grégorio R., 1987. Recherche sur la biologie et le polymorphisme saisonnier du Criquet puant, *Zonocerus variegatus* (Insecta, Orthoptera, Pyrgomorphidae). Thèse de Doctorat d'État, Université Paul Saabatier, Toulouse, 446 pp.
- [7] Vuillaume M., 1954. Etude du rythme d'activités de *Zonocerus variegatus* (acrid. Pyrgomorphinae). In: *fruits INHS* 9 (11): 489-494.
- [8] Roffey, J. 1968. The occurrence of the fungus *Entomophaga grylli* Fresenius on Locusts and grasshoppers in Thailand. In *J. Invertebr. Pathol.* 11: 237-241.
- [9] Chapman R. F. & Page W. W., 1979. Factors affecting the mortality of the grasshopper *Zonocerus variegatus* in southern Nigeria. In *J. Anim. Ecol.*, 48: 271-288.
- [10] Chapman R. F., Page W.W. & Mccaffery A. R. 1986. Bionomics of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus*) in West and Central Africa. In *Ann. Rev. Entomol.*, 31: 479-505.
- [11] Weseloh R. M. & Andreadis, T. G., 1992. Epizootiology of the fungus *Entomophaga maimaiga*, and its impact on gypsy moth populations in *J. Invertebr. Pathol* 59: 133-141.