

Utilisation du SIG et des données de télédétection pour caractériser les zones de forte occurrence des criquets pèlerins

M. LAYELMAM¹, M. BOUZIANI¹, M. FAOUZI SMIEJ², E.H. SEMLALI¹

(Reçu le 01/03/2017; Accepté le 23/03/2017)

Résumé

Le criquet pèlerin est l'une des espèces acridiennes les plus importantes en raison de sa grande mobilité et de son aire d'invasion. Il représente une menace majeure pour l'agriculture au Maroc. La lutte préventive contre ces insectes nécessite une surveillance en amont afin de faire des interventions efficaces. Généralement les prospecteurs évaluent la situation acridienne directement sur terrain à travers le recueil des informations qui caractérisent les zones favorables au développement des criquets pèlerins, cette méthode reste très fastidieuse pour les enquêteurs à cause du temps nécessaire aux prospections et des déplacements onéreuses sur le terrain. La méthodologie adoptée dans ce présent travail consiste à utiliser les techniques du SIG et les données de télédétection pour: (1) Délimiter les zones à haute fréquence de signalisations acridiennes, (2) Générer des cartes d'occurrence par phase de développement (Solitaire, transiens et grégaire), (3) Caractériser la zone de forte occurrence des criquets pèlerins solitaires. Le travail réalisé sur des données acridiennes couvrant le territoire Marocain a permis d'aboutir à des résultats encourageants. Ces résultats permettent aux prospecteurs d'acquérir des informations sur des zones très vastes et qui représentent des endroits favorables aux développements des criquets pèlerins.

Mots clés: Criquet pèlerin, SIG, Télédétection, Maroc

Abstract

The Desert Locust is one of the most important species because it is very mobile and it covers large areas of invasion. It represents a major threat to agriculture in Morocco. Preventative control of these insects requires upstream monitoring to make effective interventions. Usually the prospectors evaluate the situation of locust directly on the site through the collection of information but this solution is very tedious for survey teams. The methodology adopted in this work is to use GIS and remote sensing data to: (1) Delimit high-frequency areas of locust signaling, (2) Generate occurrence maps by development (polymorphism) phase (Solitary, transient and gregarious), (3) Characterize the area of high occurrence of solitary locusts. The results of this work allow the survey teams to acquire information in the very large areas and characterize the favorable development place for the desert locust.

Keywords: Desert locust, GIS, Remote sensing, Morocco.

INTRODUCTION

Le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forskål, 1775) est un insecte orthoptère, responsable des dégâts importants sur les cultures et la végétation (Lecoq, 2010). En période d'invasion, les essaims des criquets pèlerins peuvent envahir une zone couvrant plus de 29 millions de kilomètres carrés (Duranton and Lecoq, 1990).

Les criquets pèlerins sont reconnus pour leur polymorphisme (ou polyphénisme) avec des phases solitaires, grégaires et des formes intermédiaires dites transiens (Keita, 2009; Uvarov, 1966). Le changement de phase se produit à partir de 500 imagos par hectare (Lecoq, 1988).

Le passage du comportement solitaire au comportement grégaire peut prendre plusieurs générations (Symmons et Cressman, 2001), ceci peut être nécessaire pour que des densités élevées soient atteintes et que les solitaires

se comportent d'une façon totalement grégaire (Topaz et al., 2012). Les foyers de grégarisation pour les criquets pèlerins sont générés par la concentration et la multiplication. La concentration se produit lorsque les habitats sont convenables, par contre la multiplication est liée à la reproduction démographique des criquets. D'après Despland et al., (2004) les zones caractérisées par des végétations discontinues et moyennement denses favorisent la grégarisation.

Au 20^{ème} siècle, le Maroc a connu plusieurs périodes d'invasion acridienne. L'ensemble du patrimoine végétal qui se trouve au Sud et à l'Est des barrières montagneuses de l'Atlas risque d'être affecté par le fléau du criquet pèlerin (Arifi, 1991).

Pour diminuer les effets des invasions acridiennes, le Maroc a adopté une stratégie de lutte préventive qui consiste à surveiller en permanence les zones de développement des criquets pèlerins (Layid, 1991).

¹ Filière de Formation en Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II, Rabat, Maroc

² Centre Royal de Télédétection Spatiale (CRTS), Rabat, Maroc

L'identification des zones favorables aux développements de ces insectes reste très difficile pour les équipes de terrain. A cet effet, il faut faire appel à d'autres technologies telles que le système d'information géographique (SIG) et la télédétection afin d'assurer l'efficacité du contrôle, réduire les coûts de lutte et diminuer les risques environnementaux du traitement chimique (Joffe, 1995).

L'objectif principal de cette étude est d'utiliser le SIG et les données de télédétection pour:

- 1) Délimiter les zones à haute fréquence de signalisations acridiennes;
- 2) Générer des cartes d'occurrence par phase (Solitaire, transiens et grégaire);
- 3) Caractériser la zone de forte occurrence des criquets pèlerins solitaires.

MÉTHODES

Données acridiennes

Les données acridiennes utilisées dans cette étude sont celles collectées par les équipes du centre national de lutte anti-acridienne au Maroc (CNLAA). Ces données ont été collectées sur l'ensemble du territoire Marocain, elles couvrent la période de 1966 à 2013, avec une description alphanumérique basée sur la date, la localisation, l'état de la végétation et le cycle de vie des criquets pèlerins. Ces données contiennent 18337 points dont 3525 sont enregistrés avec absence des criquets pèlerins. La figure 1 montre la fréquence des prospections acridiennes au Maroc entre les années 1966 et 2013.

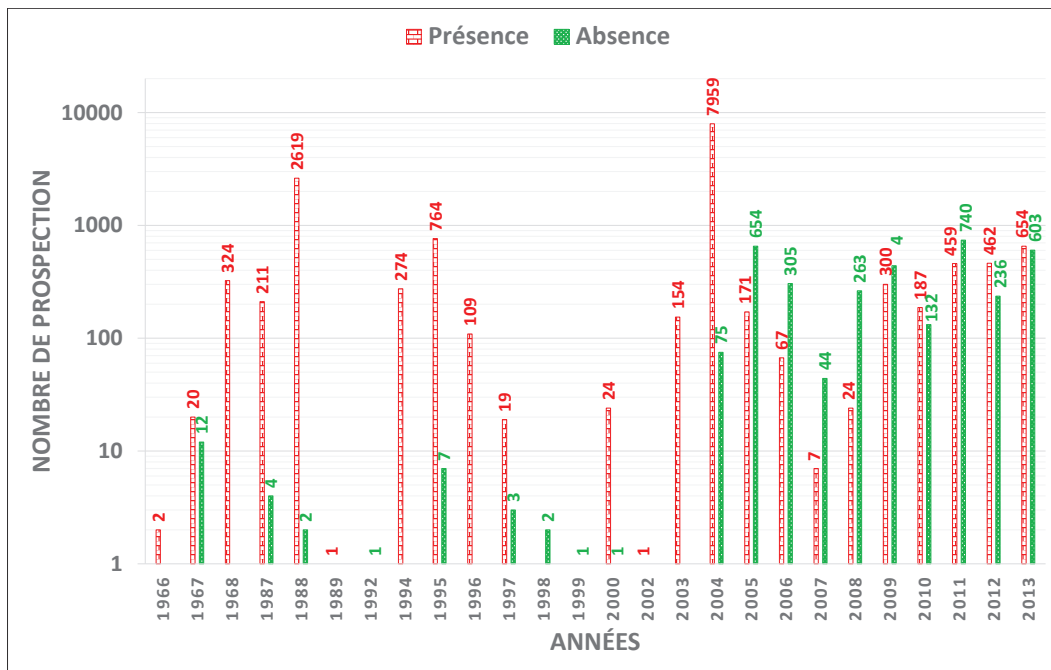


Figure 1: Fréquence des prospections acridiennes au Maroc entre les années 1966 et 2013

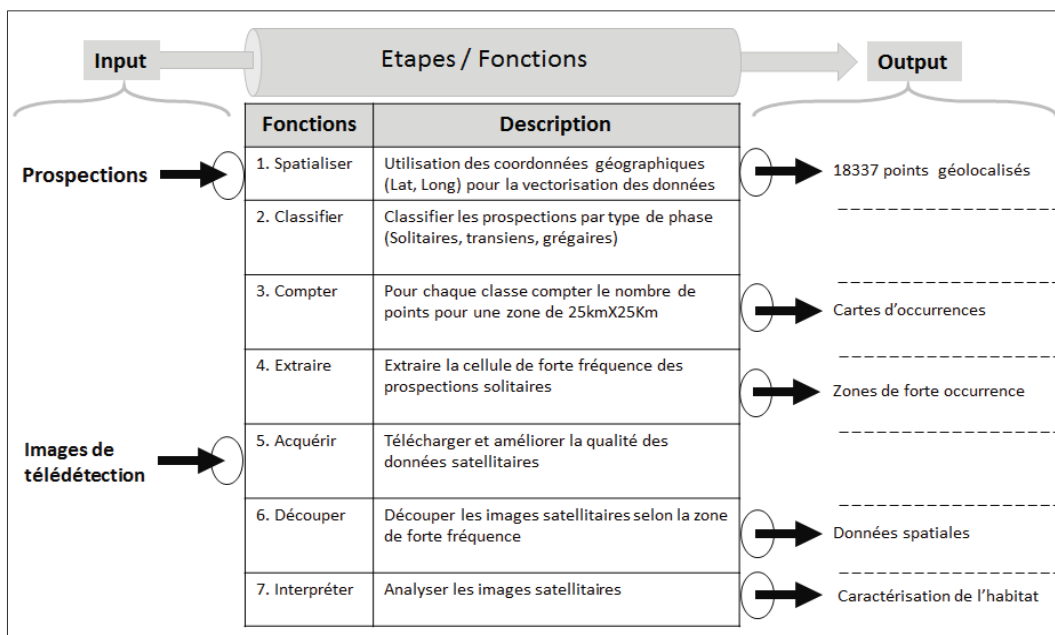


Figure 2: Méthodologie suivie pour produire des cartes d'occurrences et caractériser la zone de forte occurrence des criquets pèlerins solitaires

Données de télédétection

Pour caractériser les zones de fortes occurrences des criquets pèlerins solitaires, les données de télédétection ci-dessous ont été utilisées:

Température de surface (LST, MOD11A2, résolution 1 km), ainsi que l'indice de végétation normalisé (NDVI, MOD13Q1, résolution 250 m) de MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Ces données ont été téléchargées gratuitement à partir de la base de données de la NASA pour les années 2006-2012 (<https://lpdaac.usgs.gov>). Les données LST représentent les valeurs moyennes sur 8 jours et les données de NDVI sont disponibles avec des valeurs Maximales sur 16 jours.

Modèle numérique de terrain: (MNT ASTER GDEM V2) de résolution 30 m² a été utilisé afin de modéliser la morphologie du terrain. Les données MNT ont été téléchargées du site de la NASA (<http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>).

MÉTHODOLOGIE

Les prospections faites par les équipes du centre de lutte anti-acridienne du Maroc durant la période 1966-2013 ont été rassemblées dans une base de données géographique avec 18 337 enregistrements. Ensuite, les points qui représentent l'emplacement des prospections ont été classifiés par type de phase (Solitaire, transiens et grégaire).

Afin d'extraire les zones de forte occurrence nous avons procédé au comptage du nombre de prospections sur un pas spatial de 25 kilomètre carré, ce pas est très recommandé par les équipe de terrain.

La lutte préventive, surtout en période de rémission, est axée sur la recherche des solitaires (Lecoq, 1991). C'est pour cela, dans cette étude nous avons opté la caractérisation de la zone de forte occurrence des solitaires. Ensuite, pour le mois où il y avait plus de prospections solitaire (mois de novembre 2012), nous avons découpé les images de télédétection mensuelles selon la délimitation de la zone de forte occurrence.

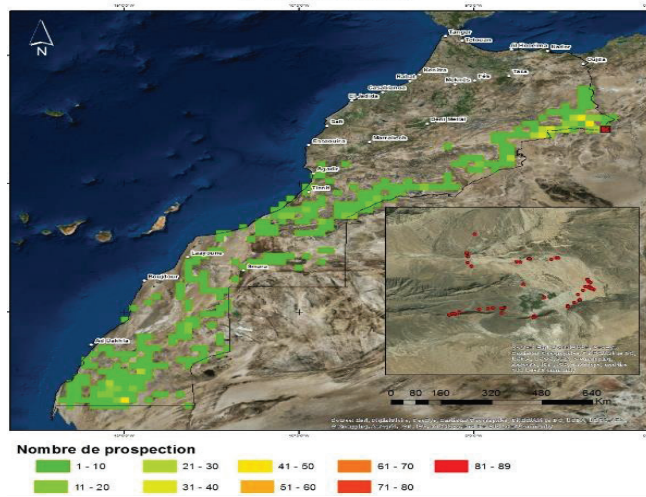
RÉSULTATS

Cartes d'occurrences

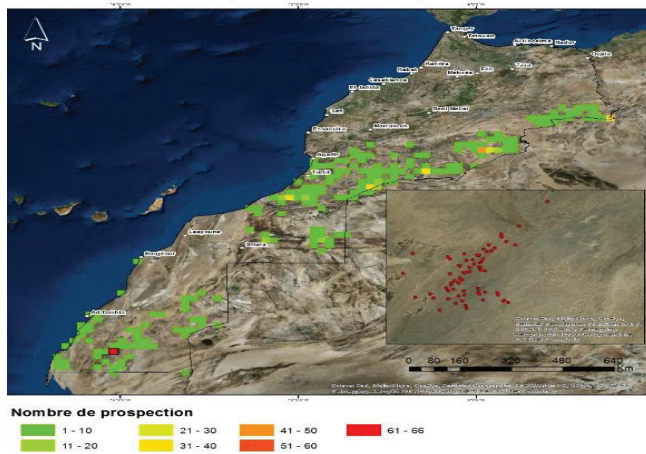
Trois cartes d'occurrence des criquets pèlerins couvrant le territoire Marocain ont été établies afin de mieux analyser la distribution spatiale des populations (Figure 3), ces cartes présentent la variation du nombre de prospection pour chaque cellule de taille 25 X 25 km.

Les données de prospections des criquets pèlerins par phase nous ont permis d'avoir une carte qui contient une présentation détaillée de la zone de forte occurrence. Durant la période 1966 et 2013, les cellules de forte fréquence atteignent 99 prospections pour les solitaires, 66 pour les transiens et seulement 13 pour les grégaires.

Carte d'occurrence des prospections des Criquets pèlerins (Phase Solitaire)



Carte d'occurrence des prospections des Criquets pèlerins (Phase Transiène)



Carte d'occurrence des prospections des Criquets pèlerins (Phase Grégaire)

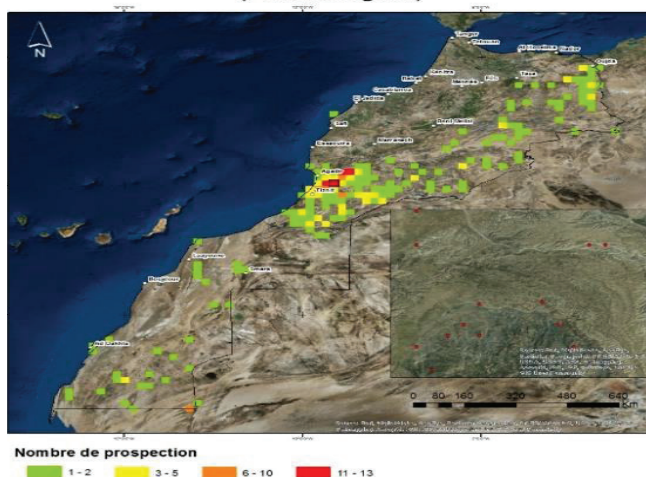


Figure 3: Cartes d'occurrences des prospections localisant les criquets solitaires, transiens et grégaires (Période 1966-2013)

Pour les solitaires, la zone de Figuig est caractérisée par une dominance des prospections. En examinant la carte d'occurrences pour les grégaires, il apparaît que la zone de forte densité de prospections est la zone d'Agadir. Alors que oued Eddahab plus précisément la commune d'Imlili est caractérisée par une densité élevée de prospections localisant des transiens (Figure 3).

Corrélation entre les paramètres de télédétection

L'endroit favorable au développement des criquets pèlerins est identifié à la base des conditions environnementales, c'est pour cela que les données de télédétection permettent aux prospecteurs d'avoir une idée globale sur l'état des habitats de développement des criquets pèlerins.

Dans cette perspective et afin d'aider les prospecteurs à mieux interpréter les variables de télédétection, nous avons élaboré une méthode de corrélation qui permet d'étudier deux à deux les relations entre les paramètres : Topographie (MNT), végétation (NDVI) et température (LST).

Pour la région de Figuig, les figures 4 (a) et 4 (b) présentent une forte densité de points dans les faibles valeurs du NDVI, ce qui montre que dans cette région il existe une dominance des sols nus et une faible couverture de végétation. La figure 4 (c) présente une légère dispersion de points avec une densité moyennement élevée dans les fortes valeurs de LST et les faibles valeurs du MNT.

DISCUSSION

La stratégie de lutte préventive contre les criquets pèlerins se compose de trois étapes (Lecoq, 1991): La surveillance des conditions écologiques dans les zones de grégarisation, la réalisation des prospections et la lutte chimique.

La surveillance directe se fait à travers des prospections sur les zones de reproduction des criquets pèlerins, l'objectif principal de ces prospections est de recueillir des informations sur les conditions environnementales et la situation acridienne.

La reconnaissance des zones favorables aux criquets pèlerins permet de:

- Guider les prospecteurs de terrain, identifier la dynamique de population des criquets pèlerins, comprendre mieux la bio-écologie de ces insectes;

- Étudier les périodes d'activité des criquets pèlerins;
- Adopter une stratégie de lutte préventive efficace;
- Et réduire les risques d'utilisation de lutte chimique.

Les cartes d'occurrences permettent d'analyser la distribution spatiale de l'historique des prospections. Dans le cadre de notre étude ces cartes nous ont permis de conclure que la partie Sud du Maroc qui est limitée par les barrières montagneuses de l'Atlas risque d'être affectée par des fléaux des criquets pèlerins.

Plusieurs chercheurs ont utilisé les cartes d'occurrences pour identifier les zones de hautes fréquences des prospections acridiennes, ces zones représentent généralement des endroits favorables au développement des criquets pèlerins (Keita (2009) au Mali, Issoufou (2011) au Niger et Babah Ebbe (2008) et Ould Babah (2003) en Mauritanie).

L'outil SIG qui a été adopté dans le cas de notre étude, nous a permis d'identifier la zone de forte fréquence des prospections impliquant des solitaires, cette zone appartient à la province de Figuig.

Dans le domaine de la lutte antiacridienne, les outils SIG et la télédétection ont été utilisés pour détecter les changements dans la végétation et la mesure de certains paramètres météorologiques. Par exemple, des images satellitaires ont été utilisées pour détecter des zones de végétation verte qui peuvent être favorisées par les populations acridiennes (Anyamba *et al.*, 2005; Cherlet, 1994; Cherlet *et al.*, 1991; Despland *et al.*, 2004; Tappan *et al.*, 1991; Tratalos and Cheke, 2006).

Couplée avec des observations sur le terrain, la télédétection peut être utilisée pour identifier les types et les caractéristiques d'utilisation des terres (Despland *et al.*, 2004), à travers ces informations on peut identifier les zones potentielles à la grégarisation des criquets pèlerin.

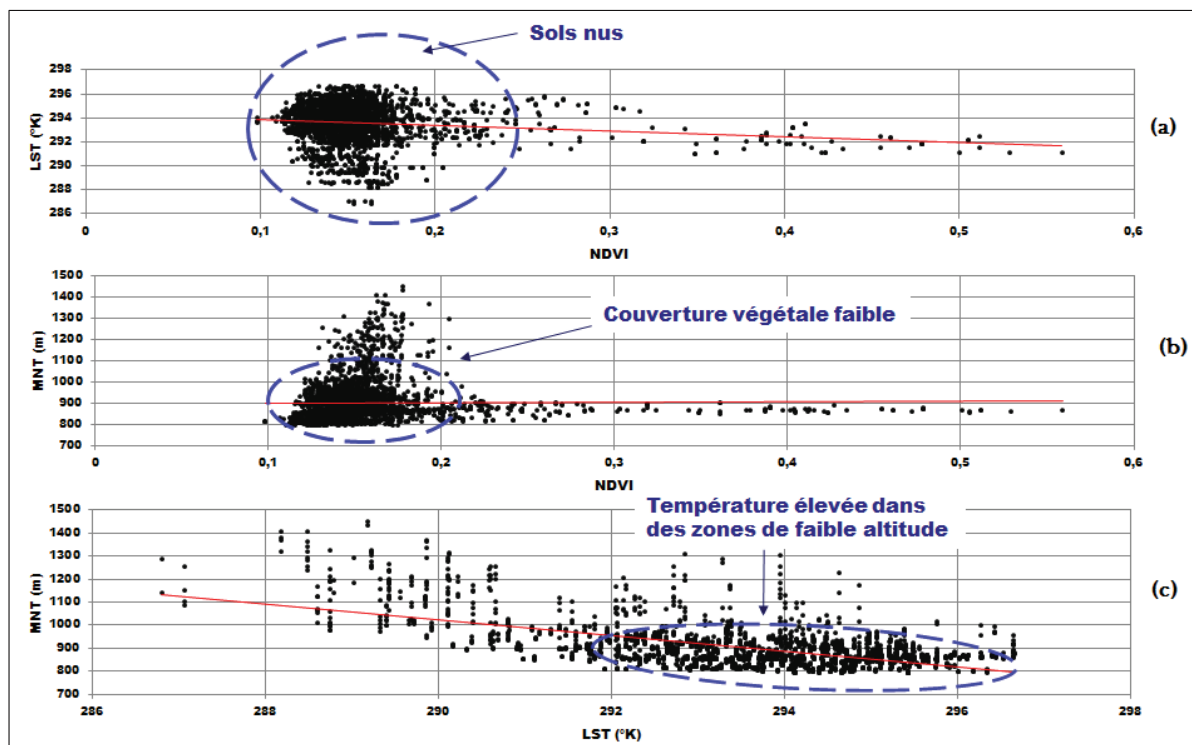


Figure 4: Corrélation entre les paramètres de télédétection (a: Entre NDVI; LST, b: Entre NDVI; MNT, c: Entre LST et MNT)

Pour cette présente étude, l'analyse des données de télédétection (NDVI, LST et MNT) à travers le SIG nous a permis de conclure que la zone de Figui est caractérisée par une dominance des sols nus avec couverture végétale faible et des valeurs de température élevées (figure 4). Ces répartitions des ressources créent des conditions favorables au développement des criquets pèlerins, et influencent la concentration de ces insectes.

CONCLUSION

La gravité des invasions acridiennes, l'urgence des actions à entreprendre, la nécessité de l'intervention efficace nous ont poussés à entamer cette étude pour trouver des outils efficaces dans la prévision acridienne. L'analyse des cartes de distribution des criquets pèlerins au Maroc, nous a permis de délimiter, selon trois états phasaires (solitaire, transiens, grégaire), les zones à haute fréquence de prospections acridiennes.

Pour mieux comprendre la distribution des populations acridiennes, il est recommandé dans des futurs travaux de caractériser les zones de fortes occurrences par l'intégration d'autres paramètres d'environnement tel que l'humidité de sol, la température de l'aire, et la texture de sol.

Il serait intéressant aussi de proposer des modèles basés sur des données de télédétection pour produire des cartes favorables au développement des criquets pèlerins.

REMERCIEMENT

Nous tenons à exprimer nos vives reconnaissances au Centre National de Lutte Anti-acridienne Au Maroc (CNLAA) et le Centre Royal de Télédétection Spatial (CRTS) qui nous ont fourni les données nécessaires pour mener cette étude.

RÉFÉRENCES

- Anyamba A., Small J., Tucker C., Cressman K., Love T. (2005). Remote Sensing of Eco-Climatic Conditions Associated with the 2004 Desert Locust Outbreak in Northwest and Sahelian Africa. Presented at the Pecora 16 - Global Priorities in Land Remote Sensing, Dakota du Sud, États-Unis.
- Arifi A. (1991). Évolution des invasions de *Schistocerca gregaria* (Forsk, 1775) au Maroc durant les années 1987 et 1989, in: La lutte anti-acridienne. Éditions John Libbey Eurotext, Montrouge, France, 3-22.
- Babah Ebbe M. (2008). Biogéographie du Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775: Identification, caractérisation et originalité d'un foyer grégarigène en Mauritanie centrale (Thèse de doctorat). École pratique des hautes études, Paris, France.
- Cherlet M. (1994). Remote sensing as an operational tool for desert locus habitat monitoring: Realizations and requirements, 81-6.
- Cherlet M., Gregorio A. Hielkema J. (1991). Remote-sensing applications for desert-locust monitoring and forecasting. *EPPO Bull.* 21: 633-642.
- Despland E., Rosenberg J., Simpson S.J. (2004). Landscape structure and locust swarming: a satellite's eye view. *Ecography*, 27: 381-391.
- Duranton J.F., Lecoq M. (1990). Le criquet pèlerin au sahel, in: *Collection Acridologie Opérationnelle* Numéro 6. Niamey, 183.
- Issoufou D. (2011). Étude biogéographie des zones potentielles de grégarisation du criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forsk 1775) au Niger sur la base des données d'archives des prospections acridienne de 1965 à 2007. Faculté des sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc.
- Joffe S.R. (1995). Desert locust management. World Bank Discussion Papers n° 284, Washington, USA.
- Keita M.N. (2009). Contribution à l'amélioration de la lutte préventive par l'étude de la biogéographie du criquet pèlerin au Mali (Mémoire). IAV Hassan II.
- Layid L.C.M. (1991). Organisation de la lutte anti-acridienne au Maroc, in: La Lutte Anti-acridienne. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, France, 33-44.
- Lecoq M. (2010). Integrated pest management for locusts and grasshoppers: Are alternatives to chemical pesticides credible? *J. Orthoptera Res.* 19: 131-132.
- Lecoq M. (1991). Le criquet pèlerin: Enseignements de la dernière invasion et perspectives offertes par la biomodélisation, in: Lutte anti-acridienne. AUF. Agence universitaire de la Francophonie. Montréal. Canada; John Libbey Eurotext. Paris. France, 71-98.
- Lecoq M. (1988). Les criquets du sahel, in: *Collection Acridologie Opérationnelle* Numéro 1. Niamey, 125.
- Ould Babah M.A. (2003). Biogéographie du criquet pèlerin en Mauritanie: Fonctionnement d'une aire grégarigène et conséquences sur l'organisation de la surveillance et de la lutte anti-acridienne (No. AGP/DL/TS/31), Stations de recherche acridienne sur le terrain, séries techniques. FAO, Rome.
- Symmons P.M., Cressman K. (2001). Biologie et comportement, in: Directives sur le Criquet pèlerin numéro 1, 1. FAO. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. Italie.
- Tappan G.G., Moore D.G., Knausenberger W. (1991). Monitoring grasshopper and locust habitats in Sahelian Africa using GIS and remote sensing technology. *Int. J. Geogr. Inf. Syst.* 5: 123-135.
- Topaz C., D'Orsogna M., Edelstein-Keshet L., Bernoff A. (2012). Locust Dynamics: Behavioral Phase Change and Swarming. *PLoS Comput. Biol.* 8.
- Tratalos J.A., Cheke R.A. (2006). Can NDVI GAC imagery be used to monitor desert locust breeding areas? *J. Arid Environ.* 64: 342-356.
- Uvarov, B. P. (1966). *Grasshoppers and Locusts: A Handbook of General Acridology*. Vol. 1, Anatomy, Physiology, Development, Phase Polymorphism, Introduction to Taxonomy. Published for the Anti-Locust Research Centre at the University Press.