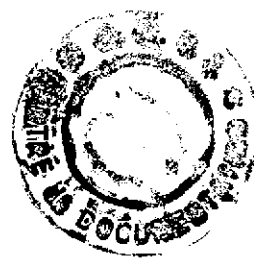


11305

Rapport sur l'avancement des travaux
UNSF/DL/RFS/4

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION
ET L'AGRICULTURE

FONDS SPECIAL DES NATIONS UNIES
PROJET CRIQUET PELERIN



Analyse des relations entre la météorologie
et le déplacement des essaims de criquets pèlerins grégaires
dans l'aire occidentale d'invasion

par N.E. Gerbier

A. TEXTE

100
101
102

Table des matières

Avant-Propos

	<u>Page</u>
<u>Chapitre 1</u>	
Introduction.....	1
<u>Chapitre 2</u>	
Etude de la période septembre - octobre - novembre.....	5
2.1. Aperçu climatologique.....	5
2.2. Analyse des mois de septembre, octobre, novembre 1956.....	6
2.2.1. Evolution synoptique du temps au cours des mois d'octobre et novembre 1956 (6 octobre au 11 novembre).....	6
2.2.2. Aperçu général des signalisations de criquets pèlerins au cours des mois d'octobre et novembre 1956.....	9
2.2.3. Analyse de quelques situations synoptiques particulièrement intéressantes au cours de cette période (7 octobre - 10 novembre 1956).....	10
2.2.4. Les signalisations de criquets pèlerins.....	11
2.2.5. Etude particulière : 25 - 30 octobre 1956.....	14
2.2.6. Comparaison des situations synoptiques avec les cartes moyennes pour la période envisagée.....	15
2.2.7. Quelques cas de signalisations étudiés à l'échelle locale.....	15
2.3. Analyse des mois de septembre - octobre - novembre 1958.....	16
2.3.1. Analyse synoptique du 28 septembre au 20 octobre 1958.....	16
2.3.2. Aperçu climatologique.....	17

Table des matières (suite)

	<u>Page</u>
2.3.3. Aperçu général des signalisations de criquets pèlerins au cours des mois de septembre et octobre 1958.....	18
2.3.4. Les signalisations de criquets pèlerins par période de cinq et dix jours et par degrés carrés pour octobre 1958.....	19
2.3.5. Analyse de quelques situations synoptiques jugées particulièrement intéressantes pour les déplacements des criquets pèlerins (10 - 20 octobre 1958).....	20
2.3.6. Comparaison des situations synoptiques avec les cartes moyennes pour la période envisagée.....	23
2.3.7. Comparaison des mois d'octobre 1956 - 1958 pour la zone étudiée.....	23
2.4. Essai de généralisation - Les déplacements des essaims de criquets pèlerins en Afrique de l'Ouest et du Nord durant la période septembre - octobre - novembre.....	25
Remarques générales.....	27
 <u>Chapitre 3</u>	
Etude de la période : décembre - janvier - février.....	28
3.1. Aperçu climatologique de cette période sur 30 ans.....	28
3.2. Analyse des mois de décembre, janvier, février 1951.....	29
3.2.1. Evolution synoptique du temps au cours du mois de janvier 1951 en Afrique de l'Ouest et du Nord.....	29
3.2.2. Aperçu général des signalisations de criquets pèlerins au cours des mois de décembre 1950 et janvier 1951.....	30
3.2.3. Analyse de quelques situations météorologiques particulièrement intéressantes au cours du mois de janvier 1951.....	31
a) Généralités.....	31

Table des matières (suite)

	<u>Page</u>
b) Période 1 au 5 janvier.....	31
c) Période du 6 - 10 janvier.....	32
3.2.4. Comparaison de l'analyse synoptique et de la signalisation des criquets.....	34
3.3. Analyse des mois de janvier et février 1957.....	35
3.3.1. Description du temps et de son évolution en janvier 1957 en Afrique de l'Ouest et du Nord.....	35
1) Généralités.....	35
2) Comparaison avec les cartes moyennées de janvier.....	35
3.3.2. Aperçu général des signalisations de cri- quets pèlerins au cours des mois de jan- vier et février 1957.....	36
a) Janvier 1957.....	36
b) Février 1957.....	36
3.3.3. Analyse de certaines situations météorolo- giques particulièrement intéressantes au point de vue du criquet pèlerin au cours du mois de janvier 1957.....	37
a) Généralités.....	37
b) Etude par périodes.....	37
c) Etude particulière de la période 9 au 14 janvier 1957.....	39
3.3.4. Comparaison de l'analyse du temps et des mouvements des essaims au cours du mois de janvier 1957.....	41
3.3.5. Comparaison des mois de janvier 1951 et 1957 pour la zone étudiée.....	41
1) Généralités.....	41
2) Valeurs comparées des températures, de la nébulosité et des précipitations au cours des mois de janvier 1951 et 1957 pour un certain nombre de stations météorologiques.....	41

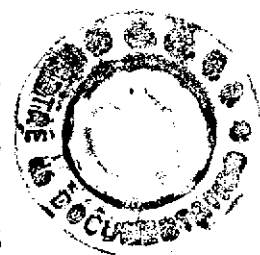


Table des matières (suite)

	<u>Page</u>
3.3.6. Aperçu général des signalisations de criquets pèlerins au cours des mois de janvier 1951 et 1957.....	45
3.3.7. Essai de généralisation - Les déplacements des essaims de criquets pèlerins durant la période décembre - janvier - février pour la zone considérée.....	46
 <u>Chapitre 4</u>	
Analyse de la période mars - avril - mai.....	50
4.1. Aperçu climatologique.....	50
4.2. Analyse succincte des mois de mars, avril et mai...	51
4.3. Hypothèses sur les mouvements des essaims.....	51
 <u>Chapitre 5</u>	
Analyse de la période juin - juillet - août.....	53
5.1. Aperçu climatologique.....	53
5.2. Evolution générale du temps au cours du mois de juin 1959 en Afrique de l'Ouest et du Nord.....	54
5.3. Aperçu général des signalisations de criquets pèlerins au cours du mois de juin 1959.....	55
5.4. Analyse périodique ou quotidienne des situations météorologiques en relation avec les essaims de criquets pèlerins au mois de juin 1959.....	56
5.5. Comparaison de l'analyse synoptique et des signalisations de criquets pèlerins en juin 1959.....	64
5.6. Les signalisations d'essaims en juin 1947.....	65
5.7. Comparaison des signalisations de juin 1947 et 1959.....	66
5.8. Les signalisations des essaims de criquets pèlerins en juillet 1947 et 1959 et leur comparaison..	66
5.9. Essai de généralisation - Les mouvements des essaims de criquets pèlerins grégaires durant le trimestre juin - juillet - août, pour la zone occidentale.....	68
 <u>Chapitre 6</u>	
Conclusions.....	71

Table des matières (suite)

	<u>Page</u>
6.1. Remarque générale.....	71
6.2. Examen critique des documents de base.....	71
6.3. Conclusions relatives à l'analyse des relations entre la météorologie et le déplacement des essaims de criquets pèlerins grégaires.....	72
6.4. La prévision météorologique des mouvements des essaims de criquets pèlerins grégaires.....	80
6.5. Lutte stratégique et météorologie.....	82
6.6. Remarques.....	85
6.7. Conclusion.....	86

Chapitre 7

Recommandations concernant le rôle de la météorologie dans le problème acridien.....	87
---	----

<u>Remerciements</u>	89
----------------------------	----

<u>Bibliographie</u>	90
----------------------------	----

<u>Appendice 1</u>	93
--------------------------	----

<u>Appendice 2</u>	102
--------------------------	-----

<u>Appendice 3</u>	109
--------------------------	-----

Les références bibliographiques sont indiquées dans le texte par un chiffre entouré d'un parallélogramme.



AVANT PROPOS

par R.C. Rainey et E. Betts

La reproduction des criquets pèlerins entre juillet et octobre a lieu normalement dans la zone africaine, le SW de l'Arabie, l'Ouest du Pakistan et le NW de l'Inde, associée avec la position de la zone de convergence intertropicale au moment de la ponte. Ainsi à cette saison les reproductions en Afrique ont lieu dans le Sud de la Mauritanie, le Nord du Sénégal, le Mali, le Niger, le NE du Nigeria, le Tchad, le Soudan au Nord du 12ème parallèle, le Nord de l'Ethiopie et le NW de la République Somalie. L'apparition de jeunes ailés et la formation de jeunes essaims arrivent habituellement durant les mois de septembre et octobre.

A partir de la fin septembre, les criquets pèlerins quittent la zone de reproduction, migrant principalement vers le Nord de l'Afrique et les régions côtières de la Mer Rouge, et atteignent occasionnellement le Golfe de Guinée.

Deux exemples très différents de tels mouvements hors de la zone de reproduction, concernant particulièrement l'Ouest et le NW de l'Afrique, ont été choisis. Le premier suit la période (juillet - septembre 1956) où la distribution de la reproduction fut exceptionnelle, particulièrement forte au Soudan et au Tchad, elle est faible dans l'Ouest du Mali oriental. La plupart des premiers essaims formés semblent se déplacer vers l'Ouest Nord Ouest à travers le Sahara algérien, le Nord du Mali et la Mauritanie, et de là vers le NW de l'Afrique ; plus tard d'autres essaims se déplacent vers l'Ouest et par la suite vers le SW dans les régions bordant le Golfe de Guinée, causant la plus vaste infestation connue depuis plusieurs années.

D'autre part, les zones de reproduction durant la période juillet septembre 1958 et de ce fait les régions d'apparition de jeunes ailés en septembre 1958 furent plus largement distribuées dans tous les Pays limitrophes du Sahara méridional.

De ce fait le début des migrations à la fin septembre a été plus classique qu'en 1956, et les mouvements des essaims durant les trois premiers mois après l'apparition des jeunes ailés furent en général typiques des déplacements qui se produisent à cette époque : d'abord vers le NW à travers le Sahara algérien, puis vers le Nord de la Mauritanie et l'Ouest du Mali, et finalement quelques essaims se sont déplacés vers le Sud à travers le Sénégal.

Bien que pour la plupart des années, les migrations se fassent à travers le désert du Sahara entre la fin septembre et novembre, et laissent les régions centrales et Ouest sahariennes sans criquet durant l'hiver, il existe quelques années où les essaims, durant la période hivernale, sont signalés dans ces régions.

L'une d'elle fut l'hiver 1950-1951 où un flot progressif de criquets pèlerins a envahi l'Ouest algérien ce qui ne s'était pas produit depuis 2 ans. En 1950, la reproduction eut lieu dans l'extrême Nord du Soudan de juillet à octobre, et plus tard au Tchad et au Niger (septembre à novembre), en Mauritanie (octobre - décembre)

et au Sahara espagnol (décembre). Au cours du mois d'octobre les mouvements des essaims vers l'Ouest Nord Ouest à travers le Sahara jusqu'au Maroc furent identiques à ceux d'octobre 1956, bien qu'à plus faible échelle.

De ce fait de jeunes essaims issus de la dernière reproduction apparaissent en de nombreux endroits dans le Sud saharien en novembre et décembre, pourvoyant le Sahara central au cours de l'hiver d'une quantité inhabituelle d'essaims dont certains se déplacent irrégulièrement vers le NW de l'Afrique, tandis que d'autres restent dans la zone de reproduction.

Au Sud quelques essaims sont signalés au Cameroun et dans le NE du Nigeria en décembre 1950 et janvier 1951 ; il existe en fait une ressemblance avec la période 1956-1957 bien que cette sorte d'invasion soit moins fréquente que celle du NW de l'Afrique.

Les événements qui ont précédé la période d'études janvier - février 1957 ont déjà été décrits dans le paragraphe précédent (reproduction de l'été 1956 et mouvements des essaims durant les mois d'octobre et de novembre de la même année). En décembre les essaims ont atteint le Sud du Maroc, le Nord du Sahara algérien et le SW de la Libye et sont largement représentés au Sud du Sahara, au Sud de la Mauritanie, au Sénégal, au Mali, Haute Volta, SW du Niger, Nord du Nigeria et SW du Tchad.

La période janvier-février 1957 fut choisie par opposition aux mouvements rapides et à longue distance précédemment décrits (octobre - novembre 1956 et septembre - octobre 1958). Une telle situation conduit à savoir qu'elles sont les situations synoptiques qui existent lorsque les essaims :

- a) atteignent la zone Reggane - Tidikelt le 19 janvier 1957 ;
- b) restent apparemment là en janvier et début février ;
- c) quittent cette zone après le 16 février.

D'autres phénomènes importants durant cette période (janvier-février 1957) sont les mouvements d'essaims en Tunisie et Tripolitaine, le début de reproduction en Mauritanie, et un mouvement exceptionnel vers le Sud à travers les états limitrophes du Golfe de Guinée.

De mai à juillet de jeunes essaims issus de la zone de reproduction de printemps du NW de l'Afrique émigrent vers la zone de convergence intertropicale. Les signalisations d'essaims durant cette migration sont moins nombreuses que celles relatives aux mouvements vers le Nord en octobre et novembre ; de ce fait les éléments météorologiques sont d'un apport précieux pour connaître le trajet probable de tels mouvements.

Pour la période étudiée (1959), la reproduction de printemps au Maghreb est plus importante que la normale ; des jeunes essaims se forment de mai à août et les migrations débutent en juin.

24.11.1965

Chapitre 1

INTRODUCTION

1.1. A la suite d'une suggestion du DLIS et en accord avec la recommandation No 12 de la Session Spéciale du Comité Consultatif Technique de la FAO pour la Lutte contre le Criquet Pèlerin tenue à Rome en juin 1964, le Directeur du Projet avait demandé d'entreprendre une étude météorologique détaillée de certaines journées se rapportant à des signalisations d'essaims de criquets pèlerins en Afrique de l'Ouest et du Nord.

Cette étude commencée le 1er octobre 1964 a été présentée au Comité Consultatif Technique de la FAO pour la Lutte contre le Criquet Pèlerin lors de sa Session d'avril 1965. A l'issue de cette présentation, le Comité a examiné et approuvé définitivement un projet nouveau plus étendu concernant la Météorologie et le Criquet Pèlerin (1) - Cette étude, qui se fonde sur l'expérience accumulée depuis la mise en oeuvre du Projet, tend à améliorer les connaissances météorologiques directement liées à la stratégie et à la tactique antiacridiennes. Elle se divise en deux parties :

- 1) Une étude climatique.
- 2) Des analyses de situations météorologiques en relation avec le Criquet Pèlerin (zones Ouest et Est).

L'objet de cette étude concerne la deuxième partie de ce Projet (zone Ouest). Il s'agit de procéder à l'examen détaillé et simultané d'un certain nombre de cas où des manifestations acridiennes suffisamment connues ont coïncidé avec des phénomènes météorologiques dûment observés, en Afrique du Nord, de l'Ouest et centrale, afin de mieux comprendre comment ces phénomènes météorologiques influent sur les acridiens.

Ces cas serviront de modèles pour les activités futures entreprises par les services météorologiques nationaux et les organisations antiacridiennes.

1.2. Le choix des situations à étudier a été établi en collaboration avec le Dr. Rainey (Cf. Avant-Propos) sur les bases suivantes :

- 1) Etudier des périodes correspondant à des invasions de criquets pèlerins.
- 2) Avoir une vue d'ensemble des déplacements des essaims à l'échelle géographique aux différentes saisons.
- 3) Etudier certaines anomalies ou accidents survenus au cours de ces déplacements.

Pour répondre à ces trois points, l'étude a été divisée en quatre parties correspondant chacune à un trimestre (2) :

(1) Les détails figurent à l'Annexe IV du rapport de la 13ème Session du Comité Consultatif Technique de la FAO pour la Lutte contre le Criquet Pèlerin 12.

(2) Cette division n'est pas entièrement arbitraire. Elle correspond dans l'ensemble à celle des mouvements migrateurs, bien qu'il soit difficile de séparer le mois de mai du mois de juin, et le mois d'août du mois de septembre, comme on le verra au cours de cet exposé.

- 1) Septembre - octobre - novembre.
- 2) Décembre - janvier - février.
- 3) Mars - avril - mai.
- 4) Juin - juillet - août.

Les années choisies pour ces différents trimestres correspondent à l'échelle géographique aux années d'invasion suivantes :

- 1) Mouvements prédominants Sud - Nord
pour septembre - octobre - novembre : 1956 - 1958
- 2) Mouvements prédominants Nord - Sud
pour juin - juillet - août : 1947 - 1959
- 3) Mouvements prédominants Ouest - Est
et Nord Est - Sud Ouest
pour mars - avril - mai : 1947
- 4) Essaims stationnaires ou déplacements peu fréquents pour
décembre - janvier - février
(sauf février : Ouest - Est) : 1951 - 1957.

Nous verrons au cours du développement de l'exposé les raisons de ce choix. Notons dès maintenant que, lorsque pour une même période (trimestre), deux années différentes ont été choisies, c'est qu'il existe des différences essentielles dans l'évolution des essaims d'une année à l'autre.

1.3. Pour chaque partie le plan suivant sera suivi :

1.3.1. Aperçu climatologique.

1.3.2. Analyse du trimestre :

- 1) Description météorologique et évolution des situations synoptiques.
- 2) Comparaison avec les cartes moyennes.
- 3) Aperçu général des signalisations de criquets pèlerins.
- 4) Analyse de quelques situations synoptiques particulièrement intéressantes au cours de cette période.
- 5) Signalisations correspondantes.
- 6) Comparaison de l'analyse synoptique et de la situation "criquet" :
 - a) Déplacements sur un mois.
 - b) Déplacements sur cinq et dix jours.
 - c) Périodes d'arrêts dans les déplacements.
 - d) Déplacements quotidiens.

7) Comparaison de deux années pour le même trimestre :

a) Situations météorologiques :

- 1) Similitudes.
- 2) Ecart.
- 3) Comparaison avec les cartes moyennes.

b) Situations criquet pèlerin :

- 1) Similitudes.
- 2) Ecart.

c) Conclusion.

1.4. Remarques préliminaires :

Il paraît indispensable avant d'entreprendre cette étude de faire quelques remarques pour attirer l'attention sur un certain nombre de points concernant les renseignements météorologiques et les signalisations de criquets pèlerins dans l'aire occidentale choisie.

1.4.1. Renseignements météorologiques :

La figure 1 représente l'aire occidentale qu'on se propose d'étudier. Elle est délimitée par les parallèles 10° Nord et 37° Nord et les méridiens 20° Ouest et 15° Est.

Les stations météorologiques d'observation, de vent et de radiosondages apparaissent sur cette carte : un simple coup d'oeil suffit pour voir qu'il existe une zone (1) située entre les parallèles 17° Nord et 25° Nord, les méridiens 10° Ouest et origine (2), de superficie supérieure à celle de la France, sans observation météorologique.

De même cette carte permet de se rendre compte de l'espacement très important des stations de radiosondages, et des stations de vent qui sont souvent éloignées les unes des autres de plus de 500 kilomètres. En raison de cette carence de renseignements due à l'éloignement des centres d'observations, il n'est pas possible d'étudier d'une manière très approfondie les situations météorologiques synoptiques, comme on pourrait le faire dans la région indo-pakistanaise par exemple.

L'étude des vents et de leurs variations à l'"échelle fine" est difficile sinon impossible. Extrapolation, intrapolation sont très souvent délicates et peuvent donner parfois libre cours à l'imagination. Cependant grâce au tracé des cartes frontologiques, de pression, de surface isobares accompagnées des cartes de lignes de courant, il est possible d'avoir une idée correcte de l'évolution synoptique des éléments météorologiques et corrélativement de celle des criquets pèlerins.

(1) Aire hachurée sur la figure 1.

(2) Méridien origine : méridien de Greenwich.

1.4.2. Signalisations de criquets pèlerins :

L'étude des rapports de signalisation, conduit à un certain nombre de remarques. Si les prospecteurs, dans leurs rapports, s'efforcent en général de faire la synthèse de leurs observations et essayent d'en tirer des prévisions, ils ne différencient pas assez leurs propres observations de celles obtenues par ailleurs. Ces dernières sont trop souvent imprécises. Les prospecteurs devraient essayer d'obtenir au minimum l'heure de l'observation et la hauteur moyenne approximative du vol. A défaut de ces précisions, les observations risquent d'être une source d'erreurs, comme dans le cas d'un essaim posé, où il est très difficile avec les signalisations, même avec l'aide des données météorologiques, de savoir avec certitude si le même essaim est resté posé plusieurs jours à un endroit déterminé ou si, posé avant la nuit et reparti le lendemain, il n'a pas été remplacé par un autre essaim venu se poser sensiblement au même endroit, ou enfin si ce même vol n'est pas revenu se poser à la même place. Il serait donc souhaitable que les prospecteurs attribuent dans leurs rapports une "cotation de confiance" en face de chaque signalisation qui ne leur est pas propre. Les observations aériennes des essaims accompagnées de mesures de vent, sont de toute évidence les meilleures signalisations.

1.4.3. Pointage des signalisations d'essaims :

La méthode adoptée dans ce rapport est celle conseillée par le DLIS : pointage quotidien des essaims par degrés carrés, par période de cinq jours (pentades), et par mois [9].

Dès qu'un certain nombre de cartes ont été pointées, l'attention est attirée sur le fait qu'au sein de l'aire infestée, il existe de larges zones dans lesquelles il n'y a jamais de signalisation. Ceci est dû en grande partie au fait que de nombreuses régions, à l'intérieur de cette aire, sont difficilement accessibles à l'homme et ne sont donc pas parcourues par les populations nomades. En pointant les signalisations d'essaims sur une carte géographique au 1/500.000 ou au millionième par exemple, on s'aperçoit rapidement que les observations se trouvent presque toujours le long des routes ou des pistes, près des villages ou des oasis, le long des grands oueds, etc., c'est-à-dire dans les régions fréquentées par l'homme. Il est évident que les essaims n'empruntent pas forcément les pistes ou les lits des oueds, mais que les signalisations existent seulement là où l'homme séjourne.

Par suite de ces renseignements restreints, il arrive souvent que des essaims apparaissent en certains lieux, bien que la veille aucune signalisation n'ait été annoncée à l'intérieur d'un cercle de 5 à 600 kilomètres de rayon centré en ces points. Il est en général impossible de connaître la trajectoire d'un essaim d'un jour à l'autre, sauf si le prospecteur a pu le suivre lui-même. Seuls les grands mouvements zonaux (1) ou méridiens (2) apparaissent sur une période plus longue, allant de quelques jours à un mois. C'est pour cette raison que dans cette étude, au pointage quotidien par degrés carrés, a été ajouté un pointage par tranches de cinq et dix jours et un pointage mensuel (3).

- (1) Mouvement zonal : mouvement sensiblement selon les parallèles (Ouest-Est ou Est-Ouest).
- (2) Mouvement méridien : mouvement sensiblement selon les méridiens (Nord-Sud ou Sud-Nord).
- (3) Périodes chevauchantes de cinq et dix jours.

Chapitre 2

ETUDE DE LA PERIODE SEPTEMBRE - OCTOBRE - NOVEMBRE

2.1. Aperçu climatologique :

2.1.1. Situations moyennes au niveau de la mer (cartes isobares) :

Les figures 2, 3, 4 représentent les isobares moyennes au niveau de la mer calculées sur une période de trente ans pour les mois de septembre, octobre et novembre 4. Elles mettent en évidence deux cellules anticycloniques subtropicales, l'une atlantique, l'autre continentale centrée à l'Est du 15ème méridien Est. Entre ces deux zones de hautes pressions subtropicales, une zone de basses pressions axée SW-NE, diminue d'intensité et se décale vers le Sud au cours du trimestre, ayant pour conséquence une extension de la cellule anticyclonique atlantique vers le Maroc et l'Ouest algérien début novembre.

Si l'on trace les lignes de courant en surface se rapportant à ce type de situation isobarique (Fig. 5), on voit qu'il existe en moyenne deux courants de vent : l'un de secteur NE, l'autre de secteur SE séparés sensiblement par le méridien origine, entre les 32ème et 19ème parallèles.

La représentation de la carte moyenne à 850 mb 7, c'est-à-dire 1.500 mètres d'altitude environ (Fig. 6) montre la même disposition des courants de vent, mais avec un décalage vers l'Ouest d'environ 10 degrés (10ème méridien Ouest). Le flux de secteur Sud tend donc à se généraliser en altitude sur l'ensemble de l'aire étudiée.

2.1.2. Isothermes moyennes en surface :

Les isothermes moyennes en surface calculées pour la même période sont représentées sur les figures 7, 8 et 9 4.

L'air froid apparaît en octobre sur les Atlas marocain et algérien ainsi que sur le massif de l'Ahaggar, alors que les températures moyennes supérieures à 25° C persistent sur le Sahara central et méridional, la Mauritanie le Mali et le Sénégal ; le maximum de température se déplace vers le Sud, ce qui explique le mouvement de la dépression thermique dans cette même direction. En novembre, un refroidissement important, de l'ordre de 5 degrés centigrades, apparaît pour une même latitude. L'air froid pénètre sur le Sahara central, le maximum de température se décale d'environ 700 kilomètres vers le SE, la dépression saharienne a disparu. Le Sahara méridional, le Mali, le Niger, la Mauritanie et le Sénégal conservent des températures moyennes supérieures à 20° C, tandis que le Rio de Oro, le Maroc, l'Algérie, le Sahara septentrional, la Tunisie et la Libye ont des températures moyennes inférieures à cette valeur. L'allure générale des isothermes minimales pour les mois d'octobre et novembre est identique à celle des isothermes moyennes pour les deux mois correspondants

L'axe moyen de la discontinuité séparant l'air le plus froid de l'air relativement plus chaud est sensiblement SW-NE et s'étend de Villa Cisneros à l'Ouest, à Gabès à l'Est. Cet axe peut être considéré comme une sorte de limite ou "barrière" thermique. En se reportant à la figure 5 qui montre les lignes de

courant en surface pour la même période, on voit que la discontinuité séparant les courants de secteurs Nord et Sud correspond sensiblement à la position de cette limite thermique.

2.1.3. Précipitations :

La figure 10 représente d'après J. Dubief 10/11 la répartition des mois les plus pluvieux de l'année. Cette carte permet de voir que le trimestre septembre - octobre - novembre, est particulièrement favorable aux précipitations sur une grande partie de l'aire étudiée.

Les figures 11, 12 et 13 montrent les cartes de précipitations moyennes (1930 - 1962) pour les mois de septembre, octobre, novembre. Elles font apparaître deux ponts de précipitations plus importantes. Le plus vaste s'étend du Sénégal au Maroc à travers la Mauritanie et le Rio de Oro, le second de l'Adrar des Iforas au piémont atlasique par le massif central saharien et le Tadmait, à l'exception du Tanezrouft et du Tidikelt-Azemmoun. Une partie de ces précipitations est liée à la zone de convergence intertropicale (septembre - début octobre), l'autre aux descentes successives d'air froid (octobre - novembre) sur le Maroc, Rio de Oro, Mauritanie, Algérie, Sahara septentrional et Tunisie. A noter également l'influence orographique, et le fait que les précipitations supérieures à 5 millimètres en 24 heures ne se situent que dans les deux ponts précités, fait d'une extrême importance pour le criquet pèlerin.

2.2. Analyse des mois de septembre, octobre, novembre 1956 :

2.2.1. Evolution synoptique du temps au cours des mois d'octobre et novembre 1956 (6 octobre au 11 novembre) :

Afrique occidentale - octobre :

Situation générale : Au cours de la première partie du mois, la zone de convergence intertropicale (CIT) conserve une position très septentrionale pour la saison en raison du régime dépressionnaire très marqué régnant sur le Sahara central. L'activité de la mousson est assez grande au Nord du 12ème parallèle 1.

A partir du 12 octobre un régime anticyclonique se substitue progressivement au régime dépressionnaire de la période précédente. La zone de convergence intertropicale est en régression, mais l'effondrement des hautes pressions australes ne favorise pas la reprise de la 2ème saison des pluies au Sud du 12ème parallèle. En Algérie, ce mois d'octobre est caractérisé par un temps fréquemment perturbé, souvent orageux et des températures moyennes mensuelles inférieures aux normales correspondantes.

Période du 6 au 11 octobre 1956 : Cette période est marquée par l'établissement d'un thalweg très accusé entre les 10ème et 15ème méridiens Ouest, s'étendant du Sénégal au Portugal, ce qui entraîne une spectaculaire remontée de la ligne de convergence intertropicale jusqu'au 25ème parallèle les 8 et 9 octobre. Cette situation provoque un afflux de mousson et une recrudescence de l'activité orageuse à l'Ouest du méridien origine. Par contre à l'Est de ce méridien l'anticyclone libyen se renforce et la zone de convergence intertropicale descend progressivement vers le Sud.

Période du 12 au 18 octobre 1956 : Etablissement d'un régime anti-cyclonique sur toute l'Afrique du Nord. La zone de convergence intertropicale amorce un mouvement d'ensemble vers le Sud, très rapide à l'Ouest, plus lent à l'Est. La brume sèche fait sa première apparition au Niger, puis sur le Nord du Mali et enfin en Mauritanie où l'on note même des tempêtes de sable.

Période du 19 au 31 octobre 1956 : Le régime anticyclonique sur l'Afrique du Nord se renforce. On relève quelques fluctuations de la zone de convergence intertropicale, surtout à l'Ouest, mais elles sont dues plus à des pulsations d'air continental (poussées anti-cycloniques venues du Nord) qu'à des poussées australes. Ceci explique qu'au cours de cette période l'activité de la mousson a été faible. Seule la bande littorale est intéressée par des orages.

Conclusion : Ce mois d'octobre est un mois de transition entre la saison des pluies et la saison sèche. Les pluies ont été généralement déficitaires tout particulièrement en Guinée et en Côte d'Ivoire. Elles ont été excédentaires (figures 11 et 12) en certains points de Mauritanie (6 au 10 octobre) et dans la vallée du Niger (du 1 au 5, et du 6 au 10 octobre). Il faut également citer les précipitations très excédentaires du Bas-Dahomey.

Algérie - octobre :

Période du 6 au 11 octobre 1956 : Une dépression centrée successivement sur les Baléares, l'Italie, la mer Tyrrhénienne et la Grèce dirige sur l'Est du bassin méditerranéen un flux instable de NW qui se manifeste sur l'Est de l'Algérie. A partir du 9, des perturbations pluvio-orageuses se développent sur le Maroc et gagnent l'Algérie où l'on note le 10 des pluies généralisées à l'exception du Sahara central.

Période du 12 au 21 octobre 1956 : Le beau temps anticyclonique prédomine, mais on relève des manifestations sporadiques de perturbations orageuses venant de l'Ouest du 16 au 18.

Période du 22 au 25 octobre 1956 : Des perturbations pluvio-orageuses se développent dans le Sud-Ouest du bassin méditerranéen et s'étendent sur l'Algérie. Ainsi à Rivet le 23 un violent orage de grêle donne 36 millimètres de précipitation en 40 minutes.

Période du 26 au 29 octobre 1956 : Une dépression centrée sur le golfe de Gênes, puis sur le Nord de l'Italie, dirige sur le Nord de l'Algérie un flux instable de Nord Ouest, c'est le début de la vague de froid qui se fait sentir jusqu'à la fin du mois sur ce Pays.

Les 30 et 31 octobre 1956 : L'Algérie se trouve en bordure des systèmes orageux qui se manifestent sur tout le relief. Sur le nord de l'Algérie le temps s'améliore relativement, mais reste nuageux à couvert sur l'Atlas saharien et au Sahara où l'on note le 31 des pluies généralisées, mais le plus souvent peu importantes. Les températures moyennes journalières sont dans beaucoup de stations de 8 à 10 degrés inférieures aux normales correspondantes, les températures minimales du 30 descendent au-dessous des valeurs les plus basses observées jusqu'à présent en octobre (par exemple température minimale à Tamanrasset 9^o,5 alors que la moyenne des

températures minimales est de 14°,8).

Afrique occidentale et Algérie - novembre 1956 :

Situation générale : On assiste à la progression vers le Sud de l'air continental qui à la fin du mois recouvre toutes les régions situées au Nord du 10ème parallèle. Deux contre-offensives de mousson sont observées : l'une, la plus importante du 7 au 10, l'autre la plus localisée du 23 au 27. Les premières pluies d'hiver, très prématurées, font leur apparition en Mauritanie, par suite de la présence d'un thalweg en altitude 1.

Sur la majeure partie du réseau algérien, les précipitations sont excédentaires, les orages nombreux, et les températures inférieures à la moyenne du mois.

Période du 1 au 5 novembre 1956 : Un puissant anticyclone centré sur l'Irlande, se prolonge par une dorsale sur le Rio de Oro. Les hautes pressions libyennes rattachées à celles de l'Europe se maintiennent sur le Sahara oriental. Entre ces deux individus isobariques, s'insinue un couloir de basses pressions qui relie à l'Ouest du méridien origine, la dépression intertropicale à celle du bassin méditerranéen occidental. L'anticyclone austral est rejeté en mer.

La ligne de convergence intertropicale suit approximativement le 10ème parallèle, mais présente une ondulation centrée au Nord de Kayes.

Au sud de cette discontinuité intertropicale la mousson est très peu active. Au Nord le courant d'harmattan est établi sur le Niger, la Haute Volta, la moitié Nord du Mali et la moitié Est de la Mauritanie ; ce courant s'accompagne de brumes sèches localement assez denses.

Un régime d'alizé modéré intéresse la moitié Ouest de la Mauritanie et le Sénégal. Le fait marquant de cette période est la présence d'un thalweg en altitude, cause d'un ciel couvert à l'état moyen sur l'Ouest de la Mauritanie. On observe dans cette région quelques manifestations orageuses et de faibles précipitations localisées. La dépression méditerranéenne dirige sur l'Algérie un flux d'air froid instable qui se localise rapidement sur le centre et l'Est de ce Pays.

Période du 6 au 10 novembre 1956 : L'arrivée sur les Açores d'une profonde dépression, progressant rapidement d'Ouest en Est, entraîne l'effondrement des hautes pressions d'Afrique du Nord, corrélativement une timide offensive de l'anticyclone austral se fait sentir sur la Guinée et les territoires du Sud. Ces deux causes ont pour effet de provoquer une remontée de la zone de convergence intertropicale à l'Ouest du 5ème méridien Est. Sur le Mali, ce front atteint le 15ème parallèle le 8 novembre.

L'Algérie est en marge des perturbations, par contre on note des traces de pluie au Sahara, et des précipitations relativement abondantes sur le nord de la Mauritanie, plus faibles sur le Sénégal.

2.2.2. Aperçu général des signalisations de criquets pèlerins au cours des mois d'octobre et novembre 1956 :

Les figures 14 et 15 montrent la position des essaims de criquets pèlerins signalés au cours de cette période. Chaque signalisation est pointée suivant un code établi par le DLIS que l'on trouvera à l'appendice 3. La date de ces signalisations est également indiquée en chiffre sur ces deux cartes.

La figure 16 représente les régions infestées par le criquet pèlerin compte tenu des signalisations, pour le trimestre septembre - octobre - novembre 1956. Cette carte fait apparaître une vaste zone dépourvue de signalisation entre les parallèles 18° N et 28° N et les méridiens 10° W et origine. Celle-ci correspond sensiblement à l'aire hachurée signalée sur la figure 1 où il n'y a aucune station d'observation et qui n'est pas parcourue en général par les prospecteurs et les nomades. Par suite de l'absence de renseignements sur une telle surface il existe donc une difficulté supplémentaire quand il faut étudier les trajectoires de déplacement des criquets pèlerins. Cependant ces cartes de signalisations (Fig. 14, 15 et 16) permettent de mettre clairement en évidence les mouvements Est-Ouest des essaims au Sud du 17ème parallèle et les mouvements rapides à composante Nord aux latitudes plus élevées, au cours de ce trimestre.

Ce fait est conforme avec les remarques faites par B. Boniface dans son rapport d'activité de novembre 1956 (OCLA) /19/.

"Les quelques vols de pausogénétiques apparus fin septembre, début octobre, attestaient de reproductions estivales certainement passées inaperçues dans les territoires du Nord Mali et peut-être du Niger. Cependant à cette époque, rien n'indiquait que l'invasion de Schistocerca gregaria Forsk devrait prendre l'ampleur actuelle. Ce n'est qu'à partir de fin octobre que des renseignements de diverses sources et nos observations personnelles concordaient pour faire apparaître une forte invasion. Des périodes orageuses, à vent nul ou presque, alternant avec des périodes de vent très violents de l'Est Sud-Est, ont certainement permis de très longs déplacements aux insectes ; si bien qu'il n'est plus possible de supposer que l'invasion actuelle a pour seule origine les territoires d'Afrique occidentale. Le gros de l'invasion actuelle provient très probablement des territoires du Tchad et du Soudan. Toute la Mauritanie au Nord du 19ème parallèle, semble avoir été envahie temporairement : en effet, fin octobre il apparaissait que les régions comprises entre Ain Ben Tili et Fort Trinquet, entre Fort Trinquet, Fort Gouraud et Atar, étaient recouvertes d'insectes pausogénétiques, rouges lie de vin, soit groupés en essaims denses, soit disséminés, mais encore très nombreux.

Nos observations et les renseignements reçus confirmaient qu'il en était de même pour la partie occidentale de ce territoire. Fait remarquable, je n'ai jamais vu aussi peu de dommages par rapport à la masse des insectes en mouvement ; en effet, les régions traversées ne semblent pas avoir souffert de la voracité de ces individus. Cela peut s'expliquer par le déplacement apparemment continu de la plupart des essaims.

Je n'ai jamais constaté un stationnement dépassant deux heures, même lorsque la strate herbacée ou arbustive formait ou réunissait les conditions adéquates à l'alimentation. Bien entendu, j'exclus les stationnements nocturnes, l'abandon des perchoirs, arbres, arbustes, buissons, se produisant rapidement dans la matinée vers 9 ou 10 heures au plus tard, sans grande alimentation".

L'examen des cartes 14 et 15 indique que les signalisations ne sont pas constantes dans le temps, c'est-à-dire qu'il existe des journées sans signalisation d'essaims en vol ou posés. Ce fait est dû en partie au petit nombre d'observations existant à l'intérieur de l'aire sujette à l'infestation, et également aux conditions météorologiques qui dispersent, concentrent, ou bloquent des essaims dans des zones où il n'est pas possible à l'homme d'accéder. De ce fait il apparaît plus intéressant d'étudier les signalisations par période de cinq et dix jours, et de choisir à l'intérieur d'un mois, un échantillon de journées correspondant à des signalisations d'essaims dûment observés afin d'étudier leur comportement compte tenu des éléments météorologiques qu'ils subissent. C'est cette manière de voir qui sera adoptée tout au long de cette étude.

2.2.3. Analyse de quelques situations synoptiques particulièrement intéressantes au cours de cette période (7 octobre - 10 novembre 1956) :

a) Généralités :

L'étude des cartes en altitude : surfaces isobares 850 mb (1.500 mètres) 700 mb (3.000 mètres) 500 mb (5.500 mètres) 1/18 indique la présence presque permanente durant cette période d'un vaste thalweg (zone de basses pressions relatives) constitué d'air froid s'étendant du Sénégal au Maroc. Ce thalweg joue le rôle d'un centre d'action semi-permanent et dirige un flux chaud de secteur Sud à l'Est du 10ème méridien Ouest. L'axe de ce thalweg n'est pas stationnaire, il oscille entre les 5ème et 15ème méridiens Ouest, entre les cellules anticycloniques atlantique et libyenne. (Fig. 17). Au voisinage immédiat de ce thalweg et en particulier sur son axe, de nombreuses perturbations orageuses se développent (discontinuité de masses d'air et effet de convergence). En surface ce thalweg existe également mais il est en général décalé vers l'Est (Fig. 18) par rapport au thalweg d'altitude durant une partie de la période considérée ; il en résulte que le flux de SE à Sud n'est permanent qu'à l'Est du méridien origine et au Nord du 15ème parallèle. Au cours de deux périodes (8 au 18 octobre et fin octobre début novembre) ce thalweg de surface se décale rapidement vers l'Ouest et permet alors l'établissement d'un flux assez fort de secteur SE de la Mauritanie au Maroc, dans les toutes basses couches de l'atmosphère (0 - 1.000 mètres). A ce thalweg de basses couches est liée une discontinuité que l'on a l'habitude d'appeler discontinuité ou front des alizés. Comme nous allons le voir cette discontinuité joue un rôle important dans le déplacement des essaims.

b) Périodes particulières :

Les trois périodes qui paraissent les plus intéressantes à étudier sont les suivantes :

- 1) 7 au 12 octobre 1956.
- 2) 25 au 30 octobre 1956.
- 3) 5 au 8 novembre 1956.

1) 7 au 12 octobre 1956 :

La figure 19 représente la carte des isobares moyennes au niveau de la mer et celle des isohypses moyennes à 850 mb (1.500 mètres) pour cette période.

Ces deux cartes mettent clairement en évidence la présence d'un thalweg axé du Sénégal au Maroc. On voit également apparaître sur la carte au niveau de la mer une poussée de la mousson vers le Nord (remontée de la zone de convergence intertropicale) et l'existence d'une discontinuité que l'on peut appeler discontinuité des alizés, s'étendant du Maroc à la Mauritanie, qui vient se relier au front intertropical. Nous verrons dans le prochain paragraphe que les signalisations d'essaims se situent au voisinage de cette discontinuité des alizés, et que pris dans un courant chaud de secteur SE, ils remontent le long de ce front des alizés (zone de confluence et convergence).

2) 25 au 30 octobre 1956 :

Un vaste couloir d'air froid s'étend en altitude du Sénégal au NW de l'Algérie entre les anticyclones atlantique et libyen. Le thalweg lié à cet air froid est axé sensiblement Atlas marocain - Nord du Sénégal. Ce thalweg joue le rôle de centre d'action et dirige sur sa face Ouest un flux d'air froid instable de N à NE, tandis que sur sa face Est, le flux d'air chaud de Sud persiste. Cette période sera étudiée en détail en fin de chapitre.

3) 5 - 8 novembre 1956 :

Le creusement d'une profonde dépression sur l'Atlantique entre les Açores et le Portugal et ensuite son rapide déplacement vers l'Est, provoque l'effondrement de la zone de hautes pressions sur l'Afrique, une nouvelle poussée de la mousson vers le Nord et l'établissement d'un thalweg accusé s'étendant du Sénégal au Maroc, avec une forte advection d'air chaud de secteur Sud à l'avant de celui-ci. Une zone de basses pressions relatives se situe sur les contreforts Est de l'Atlas marocain (Fig. 20 et 21) créant sur le Sud du Maroc une importante zone de convergence, à l'intérieur de laquelle se situent de nombreux essaims, dont beaucoup sont signalés posés par suite probablement de l'existence d'abondantes précipitations dans cette région.

2.2.4. Les signalisations de criquets pèlerins :

Les figures 22 à 38 correspondent au pointage des signalisations d'essaims entre le 1er octobre et le 15 novembre 1956 9/19. Il est ajouté sur un certain nombre de ces cartes la position jour par jour de la zone de convergence intertropicale à 18 G.M.T. (traits pleins) (le chiffre encerclé indique la date) ainsi que l'emplacement en surface de la discontinuité des alizés, ou front des alizés, (tiretés), et les périodes probables d'apparition de jeunes ailés par degrés carrés (1).

Remarque : Pour les raisons exposées précédemment les signalisations ont été pointées par degré carré pour des tranches de cinq et dix jours, et par périodes chevauchantes correspondant au même nombre de jours. Pour les signalisations correspondant exactement aux dates 5, 10, 15, 20, 25 (c'est-à-dire à cheval sur deux périodes consécutives), les chiffres sont notés à l'intérieur des carrés (2).

Les courants de vent de part et d'autre de ces discontinuités sont indiqués sur le schéma ci-après :

(1) Dans ce cas un F est porté dans les degrés carrés correspondants.

(2) Cette solution a été adoptée pour toutes les situations analysées.



La position géographique de ces deux discontinuités n'est pas fixe dans le temps et dans l'espace, mais elle est liée à l'évolution synoptique des situations météorologiques, en particulier à la position des centres d'action semi-permanents de hautes pressions subtropicales. Si en moyenne en octobre - novembre la zone de convergence intertropicale (C.I.T.) se dirige vers le Sud, il existe néanmoins début octobre des poussées de mousson vers le Nord, provoquées par des descentes d'air froid sur l'Atlantique entraînant des remontées ou pulsations d'air chaud sur l'Afrique occidentale.

Les figures 22, 23 et 25, mettent en évidence une remontée vers le Nord de la zone de convergence intertropicale du 5 au 9 octobre 1956. A celle-ci est associé un mouvement des essaims du Sénégal à la Mauritanie, à l'avant de cette zone de convergence (Fig. 23 - 24) et ensuite dans le flux de Sud Est à Sud le long de la discontinuité des alizés (axe de confluence et convergence) vers le Rio de Oro et le Maroc (Fig. 25 - 26). De même le flux de SE puis Sud entraîne les essaims du Niger au Sahara méridional et central. (Fig. 25 - 26 - 27 - 28) (voir aussi Fig. 18) jusqu'à la latitude d'Aoulef. Les discontinuités tracées sur le Sud algérien marquent la limite du courant chaud de secteur Sud (traits interrompus). A partir du 12 octobre, la zone de convergence régresse vers le Sud et occupe de nouveau une position normale pour la saison, mais la discontinuité des alizés persiste (Fig. 25 - 27) et reste sensiblement stationnaire. Les essaims entraînés par le flux de secteur Sud continuent leur trajet vers le Nord, dans l'air chaud, en avant et au voisinage immédiat de cet axe de confluence. A compter du 21 octobre, la discontinuité des alizés se décale vers le SE (Fig. 29 et 30), un flux de secteur Nord s'établit sur le Sud marocain et Rio de Oro, certains essaims soumis à ce flux, se déplacent vers le Sud, tandis que les mouvements Est-Ouest Tchad-Niger se poursuivent.

Les déplacements de fin octobre, en relation avec la situation météorologique seront étudiés au paragraphe 2.2.5. La figure 33 représentant les signalisations d'essaims pointées par décades en octobre, met clairement en évidence le mouvement général de ces essaims vers le Nord ou NE, ainsi que le mouvement Est-Ouest Tchad-Niger avec un fléchissement vers le NW et Nord, du Niger au Sud algérien, et un mouvement probable Sénégal Mali début octobre.

Période 1 - 15 novembre 1956 :

Les figures 34 à 38 correspondent au pointage des signalisations des essaims au cours de cette période. Du 1er au 10 novembre (Fig. 34 - 35 - 36), la discontinuité des alizés se déplace lentement vers le NW, pour épouser sensiblement la côte atlantique le 9 novembre. A ce lent décalage correspond un déplacement des essaims dans la même direction (Fig. 36). Sur la figure 35 est tracée la limite extrême de l'air froid sur l'Algérie et la Libye, de nombreuses signalisations se situent au voisinage de cette limite dans le Sahara central.

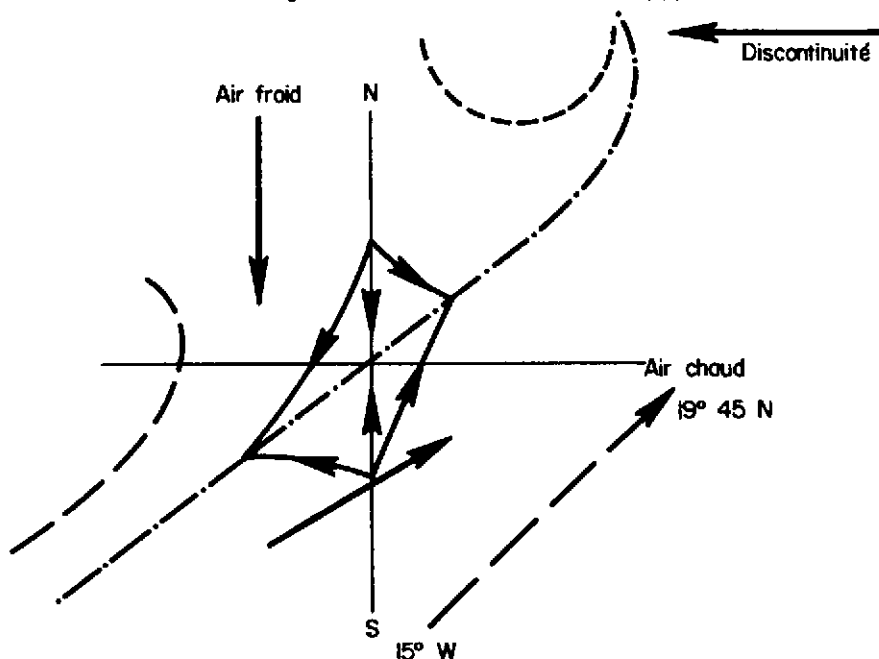
La période 10 - 15 novembre est caractérisée par une succession de fronts froids ondulants qui traversent le continent africain du NW au SE, (Fig. 37). Le ciel est en général très nuageux du Maroc à la Mauritanie, avec des averses orageuses, l'air froid pénètre sur le Maroc, le Rio de Oro et atteint la Mauritanie (Atar 20° le 14 novembre). L'activité des essaims diminue, mais il faut noter des mouvements vers le Sud en Mauritanie. La zone de convergence intertropicale occupe pour la saison une position très septentrionale (Clakson J.R. 1958).

2.2.5. Etude particulière : 25 - 30 octobre 1956 :

Cette période a été choisie du fait de sa complexité quant aux déplacements des essaims.

Les cartes 39 à 50 représentent la situation isobarique et frontologique au niveau de la mer à 18 G.M.T. 1/18, et les lignes de courant à 1.500 mètres, tracées en tenant compte du contour 850 mb (isohypses de la surface isobare 850 mb à 14 G.M.T.). L'ensemble des cartes fait apparaître une double circulation air chaud-air froid. L'air froid descend d'une part de l'Atlantique et du Portugal, dirigé par la cellule anticyclonique atlantique et atteint les côtes du Maroc, du Rio de Oro, de la Mauritanie et du Nord Sénégal, d'autre part des masses d'air froid atteignent l'Est algérien, la Tunisie et la Libye, dirigées cette fois par le centre dépressionnaire Nord Italie - Europe centrale.

Entre ces deux descentes d'air froid, une remontée d'air chaud gagnant les côtes atlantiques en fin de période, intéresse l'Est du Sénégal, le Mali, le Niger, le Sud algérien, les moitiés Est de la Mauritanie et du Rio de Oro, les contreforts Sud et Est de l'Atlas marocain ainsi que l'extrême SE de ce Pays. Quand on regarde les cartes de signalisations correspondant à cette période (Fig. 14 et 31), on s'aperçoit de la complexité du sens des déplacements des essaims sur des superficies relativement réduites, en dehors des effets orographiques ou côtiers. En Mauritanie par exemple, au cours d'une même journée, alors que les déplacements d'ensemble des essaims sur plusieurs jours sont Sud - Nord (25 au 31, cf. Fig. 14) quelques-uns se déplacent vers le Sud. Ainsi le 26 octobre, un essaim signalé par $19^{\circ} 45' N$ et $14^{\circ} 20' W$ se dirige vers le NE, alors qu'un autre situé à la même latitude, mais par $16^{\circ} W$ de longitude se déplace vers le Sud. Nous savons qu'il peut exister des erreurs d'appréciation de la part des observateurs dans la direction de déplacement des essaims, mais il ne faut pas généraliser. Dans le cas présent on peut expliquer ce changement de direction à une même latitude par la présence d'une discontinuité de masse d'air précisément à cet endroit.



Le tracé classique des cartes isobares au niveau de la mer est en général insuffisant pour comprendre de tels phénomènes à cette échelle, (Fig. 41) ; il y aurait lieu de tracer les isobares de deux en deux millibars, et les lignes de courant (Fig. 42) pour mieux comprendre la circulation des masses d'air. Bien entendu, par suite du peu de renseignements, ces tracés sont souvent imprécis quant à la position des discontinuités, et ne permettent donc pas toujours de prévoir les phénomènes, mais ils ont au moins le mérite de faire comprendre un certain nombre d'évolutions. Il faut également noter que de nombreux essaims arrivent et sont concentrés au Sud du Maroc dans une zone de confluence et de convergence sensiblement stationnaire, puis se déplaçant lentement vers l'Ouest à la fin de la période considérée.

Remarque : Le 27 octobre deux essaims sont signalés se déplaçant vers le Sud dans la région d'In Salah, alors qu'un autre situé un degré plus au Sud, se déplace vers le Nord. En admettant qu'il n'y ait pas d'erreur de la part des observateurs, ces différences de direction dans le vol pourraient s'expliquer par la présence d'une discontinuité (air froid - air chaud) dans cette région (Fig. 43).

2.2.6. Comparaison des situations synoptiques avec les cartes moyennes pour la période envisagée :

Si les cartes moyennes au niveau de la mer 4/7 (Fig. 3 et 4) indiquent une circulation dépressionnaire entre les anticyclones atlantique et libyen, et permettent d'avoir une bonne idée de la circulation générale des essaims du Tchad au Niger, et du Niger au Sahara central (flux moyen de SE à Sud), par contre elles donnent un flux moyen de NE du Maroc au Sénégal, ce qui est en contradiction avec de nombreuses situations synoptiques que nous venons d'analyser. Pour 1956, l'axe de cette zone de basses pressions relatives (thalweg) est trop décalé vers l'Est (10 degrés environ). Par contre, la carte moyenne d'altitude (contour 850 mb) (Fig. 6), représente assez bien le flux général de vent sur l'Afrique durant cette période.

Les cartes d'isothermes moyennes indiquent clairement le décalage de l'air chaud vers le Sud et la pénétration de l'air froid sur les Atlas marocain et algérien, le Sahara septentrional et la Libye. Elles ne mettent cependant pas en évidence les différentes poussées d'air chaud qui s'étendent du Sénégal au Sud marocain.

La carte des précipitations d'octobre 1956 (Fig. 51) est très voisine de la carte moyenne pour octobre (Fig. 13), ce qui indique qu'octobre 1956 est un mois voisin de la normale pour les précipitations.

2.2.7. Quelques cas de signalisations étudiés à l'échelle moyenne :

Pour la période du 15 octobre au 15 novembre 1956, il a été choisi un quadrilatère limité au Nord par le 28ème parallèle, au Sud par le 22ème parallèle, à l'Ouest par le méridien origine et à l'Est par le 5ème méridien Est, afin d'étudier, à l'échelle fine, la direction des essaims et de la confronter avec la direction des vents à 600 et 1.000 mètres. (Sondages Aculef - In Salah - Tamanrasset, et observations des vents en surface, fronts, nuages).

Le déplacement se fait selon la direction moyenne du vent pour toutes les signalisations. Le mouvement général au cours de ces 30 jours est Sud - Nord à une exception près les 27 et 28 octobre, période à laquelle est passée une perturbation entraînant une rotation momentanée du vent au secteur Nord au passage de la discontinuité (durée 12 à 24 heures). Les essaims semblent avoir été entraînés par cette discontinuité frontale, et se sont déplacés vers le Sud ou SW.

2.3. Analyse des mois de septembre - octobre - novembre 1958 :

2.3.1. Analyse synoptique du 28 septembre au 20 octobre 1958 :

Situation générale :

A la fin du mois de septembre la zone de convergence intertropicale (C.I.T.) conserve une position très septentrionale en raison du régime dépressionnaire marqué régnant sur le Sahara central 1/18 ; l'activité de la mousson est importante au Nord du 10ème parallèle. Début octobre par suite de la hausse relative de pression sur la Libye, la zone de convergence reprend sa position moyenne pour la saison, (au voisinage du 15ème parallèle Nord) à l'exception d'une poussée vers le Nord (19ème parallèle) sur le Sénégal entre les 12 et 15 octobre, poussée liée à la formation d'un thalweg en altitude s'étendant du Sénégal au Maroc et à une avancée vers le continent africain de l'anticyclone austral. Par contre à l'Est du méridien origine, cette zone de convergence descend vers le Sud et se situe en moyenne sur le 10ème parallèle Nord.

En Algérie, le mois d'octobre est très perturbé. Les précipitations sont presque partout supérieures à la normale ; bénéfiques à l'agriculture dans l'ensemble, elles provoquent parfois, par leur caractère torrentiel, des dégâts importants. Les températures sont supérieures à la normale durant la première quinzaine, mais les températures moyennes mensuelles sont généralement inférieures à la normale, et les températures minimales très basses, par suite de descentes successives d'air froid en fin de mois.

Période du 28 au 30 septembre 1958 (Fig. 52 et 53) :

Cette période est marquée (1) par la présence d'une zone de basses pressions relatives sur le Sahara central et d'une zone de hautes pressions relatives sur la Libye. En altitude (1.500 mètres), une dépression liée à une goutte d'air froid s'étend sur la Mauritanie et le Sud du Rio de Oro et se prolonge par un thalweg sur le Sahara central où l'on note de faibles pluies sporadiques, (Aoulef le 28 et 29, Tamanrasset le 30). Le 28 septembre les premiers essaims de criquets pèlerins se déplacent vers le Nord ou le NW.

Période du 1er au 4 octobre 1958 :

L'Algérie est en marge du courant perturbé qui intéresse l'Europe occidentale. Le ciel est en général peu nuageux, les pluies sont rares ou insignifiantes, les températures supérieures à la normale. Les premiers essaims apparaissent dans le NW du Sahara, et le 4 en bordure SW de la Libye. Les vents sont de Sud à SW.

Période du 5 au 8 octobre : (1)

Une dépression se forme et se creuse sur le Sud du bassin méditerranéen. Dans la nuit du 7 au 8 octobre, cette dépression devenue profonde, cause une violente tempête sur la côte algérienne, et dirige une descente d'air froid, très marquée à l'Est d'Alger. De nombreux

(1) Pour plus de détails se reporter au document de travail No 14 FAO/UNSF 13ème Session du Comité Consultatif Technique.

orages se forment dont certains avec grêle. Les précipitations sont importantes de la côte méditerranéenne au Sahara septentrional. La dépression de surface centrée à l'Ouest du massif de l'Ahaggar, qui était sensiblement stationnaire depuis le 1er octobre se déplace rapidement vers l'Ouest.

Période du 9 au 13 octobre (Fig. 54 - 55) :

La dépression méditerranéenne s'est comblée rapidement. L'Algérie n'est traversée que par des perturbations peu actives. Une dépression en altitude se forme sur le Nord de la Mauritanie, et se déplace vers le Rio de Oro. Son centre atteint la côte le 13 et les îles Canaries les 14 et 15. Des essaims atteignent Madère le 14, entraînés vraisemblablement par les vents qui soufflent à l'avant de cette dépression (face Nord et Est).

Période du 14 au 17 octobre (Fig. 56 - 57) :

Situation anticyclonique sur l'Algérie, où le temps est clair ou peu nuageux. Par contre une dépression se forme au voisinage d'Atar, se déplace vers le NW et atteint les îles Canaries le 16. Des essaims arrivent aux Canaries les 16 et 17 octobre.

Période du 18 au 28 octobre :

La dépression qui intéressait les Canaries le 16 continue à se déplacer vers le NW. Une descente d'air froid sur l'Algérie atteint progressivement le Sahara. Le temps est pluvieux et froid, les températures moyennes sont inférieures à la normale et les températures minimales deviennent très basses sur le Sahara central et méridional.

2.3.2. Aperçu climatologique :

1) Précipitations :

La figure 58 représente la carte mensuelle des pluies en octobre 1958. Celles-ci sont abondantes en Algérie, assez importantes au Sahara septentrional et central et s'étendent jusqu'au massif de l'Ahaggar ; à noter que dans cette dernière région les pluies sont plus fréquentes en novembre. Par contre en octobre et novembre, la Mauritanie est largement déficitaire.

2) Vents :

a) Vents au sol : Les remarques faites pour la période octobre - novembre 1956, sont valables en 1958. Les vents dominants en surface et jusqu'à 600 mètres sont de secteur SE à l'Est du 5ème méridien Ouest entre les parallèles 17 et 27° N. A l'Ouest du 5ème méridien Ouest, leur direction moyenne est Nord (compris entre NW et NE) à l'exception d'une période (14 - 18 octobre) qui sera étudiée en détail dans un prochain paragraphe où les vents sont de SE jusqu'au 14ème méridien Ouest. Au Nord du 28ème parallèle, la direction dominante est de Nord ; par suite des descentes successives d'air froid sur l'Algérie, il existe au voisinage de cette latitude une discontinuité de vent et de température qui pourrait jouer le rôle d'une barrière à criquets.

b) Vents en altitude : Au Sud du 19^{ème} parallèle Nord, les vents dominants à 1.000 et 1.500 mètres sont de secteur Est. Entre les parallèles 19 et 30° N la dominante est SE (entre Est et Sud) à l'Est du 10^{ème} méridien Ouest (à l'exception du 1 au 4 octobre et des 17, 18, 19 octobre). Par contre à l'Ouest de ce 10^{ème} méridien Ouest la direction moyenne du vent est de secteur Nord à l'exception de la période s'étendant du 14 au 18 octobre où les vents sont de secteur Sud. (Montée des essaims vers les Canaries).

3) Températures :

Par suite de descentes successives d'air froid venues du bassin occidental méditerranéen durant la seconde quinzaine d'octobre, les températures moyennes sont très inférieures à la normale, ainsi que les températures minimales.

2.3.3. Aperçu général des signalisations de criquets pèlerins au cours des mois de septembre et octobre 1958 :

Les figures 59 et 60 montrent la position des essaims 9/19 signalés au cours de cette période. La figure 61 représente les régions infestées par les essaims compte tenu des signalisations au cours des mois d'août, septembre, octobre et novembre 1958. Les remarques faites pour 1956 au paragraphe 2.2.2. sont également applicables en 1958. (Absence de signalisation dans de vastes zones où l'homme n'accède pas).

Cependant ces cartes permettent de mettre en général en évidence à cette époque les mouvements Est-Ouest au Sud du 18^{ème} parallèle, et les mouvements à composante Nord aux latitudes plus élevées. La situation acridienne peut se résumer ainsi : le mois de septembre se caractérise, notamment au cours de la deuxième quinzaine par une transformation progressive de certaines bandes larvaires en groupement de jeunes adultes qui passent en quelques jours à l'état de "Néogones" errants et par la suite en "Hypogénétiques" migrants. A la fin du mois certains de leurs groupes sont signalés sur l'axe Ouallen, Nord Agadès, Bilma. Ainsi le vol signalé le 28 sur Tamanrasset est probablement celui passé à Timia le 26 (massif de l'Aïr). En Mauritanie, l'invasion est sérieuse et touche surtout le Sud. Dans cette région, le début du mois d'octobre voit la disparition pratiquement totale des larves. Il semble que les régions contaminées n'aient pas dépassé le 19^{ème} parallèle.

La végétation est sèche dans l'Inchiri et l'Adrar, les insectes qui ont stationné en début de période, ont ravagé les taches de verdure, et sont remontés rapidement vers le Nord à partir du 14 octobre jusqu'au 18.

Au Niger, le prospecteur J. Demonceau donne dans son rapport mensuel une excellente idée du sens de déplacement des essaims dans ce Pays pour le mois d'octobre 19.

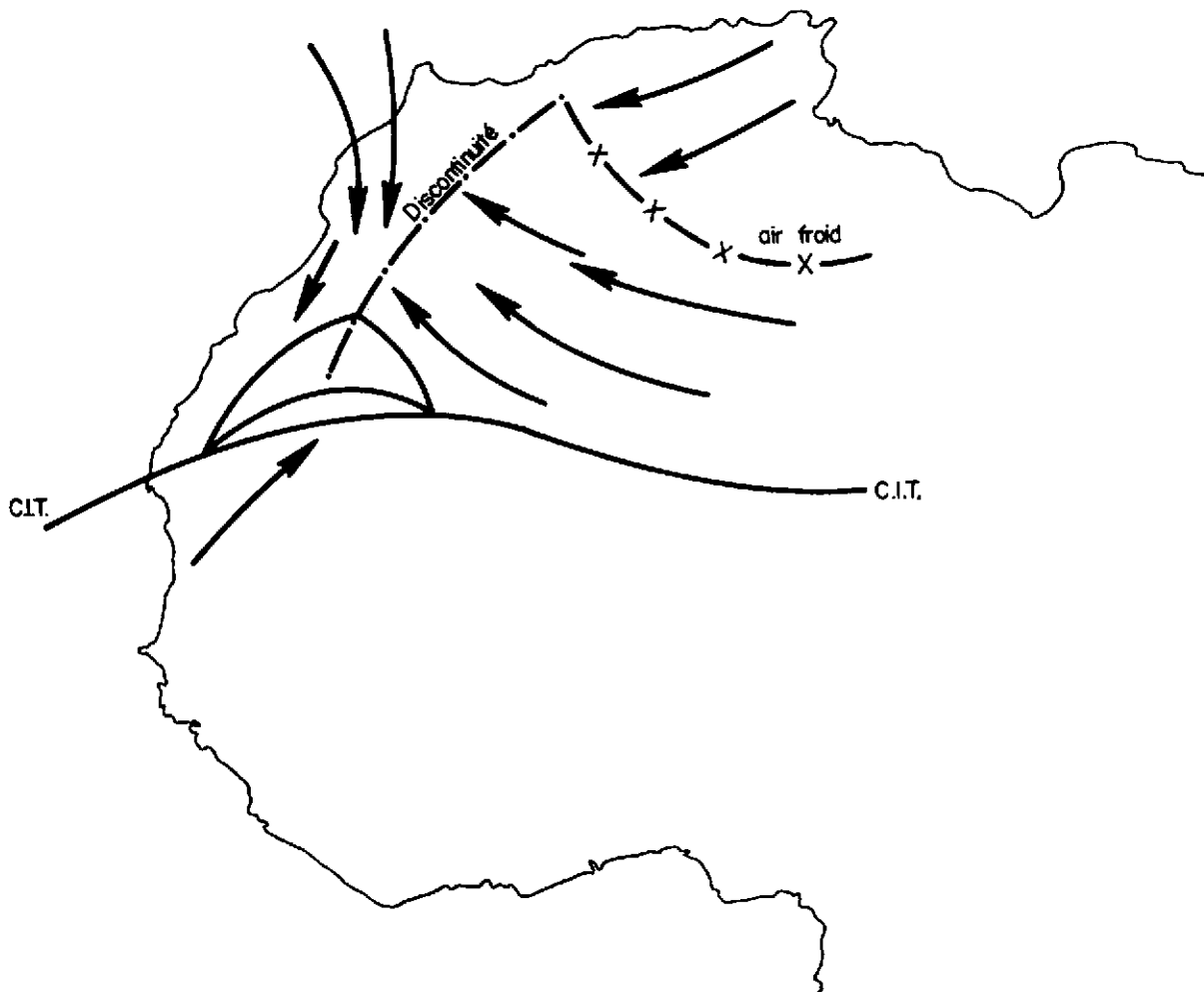
Ses hypothèses sont accord avec l'évolution du temps au cours de ce mois : "L'invasion emprunte obligatoirement la direction NW ou WNW. Il semble que le point d'intersection et de jonction de l'invasion nigérienne se trouve dans la région d'In Guezzan. A cet endroit l'arête du Tassili Oun N'Ahaggar vient mourir brusquement sur In Guezzan laissant la libre évacuation de l'immense reg Tamosnion s'étendre jusqu'au delà de Tejjida Tocom. Tous les vols de provenance SSE et ESE sont donc drainés vers cet arc rocheux où ils tourbillonnent avant d'être rejetés par les courants de vent vers le NNW ou l'Ouest Nord Ouest." (CF. Fig. 63).

La figure 61 montre la progression des essaims vers le Nord au cours des mois d'octobre et de novembre. Il faut noter que la Mauritanie est libre de criquets en novembre, alors qu'il en reste au Sénégal. Rappelons que la Mauritanie est déficitaire en précipitations, en septembre et octobre 1958.

2.3.4. Les signalisations de criquets pèlerins par période de cinq et dix jours et par degrés carrés pour octobre 1958 :

Les figures 64 à 75 correspondent au pointage des signalisations d'essaims entre le 1er et le 31 octobre 1958. En suivant la même méthode que pour 1956 (Cf. 2.2.4.), il est ajouté sur un certain nombre de cartes a) la position de la zone de convergence intertropicale à 18 G.M.T. (traits pleins), le chiffre encerclé indique la date, b) l'emplacement de la discontinuité limitant en surface l'air d'origine maritime dirigé par l'anticyclone atlantique de l'air continental chaud et sec dirigé par la dépression saharienne (tirets).

Une troisième limite apparaît sur certaines cartes (traits - croix), elle est la limite moyenne de l'air froid venu de méditerranée et de l'air chaud saharien suivant le schéma ci-après ; de même les zones probables d'apparition de jeunes ailés sont indiquées par degrés carrés (lettre F).



La remarque faite pour octobre 1956, est également valable ; à savoir que la position géographique de ces discontinuités n'est pas fixe dans le temps et dans l'espace, mais est liée à l'évolution synoptique des situations météorologiques, en particulier à la position des centres d'action semi-permanents de hautes pressions subtropicales.

Les figures 64, 65 et 66 représentent les signalisations d'essaims du 1er au 10 octobre. La carte 66 fait clairement apparaître un mouvement SE - NW du Niger au Sahara central puis vers le Maroc, par contre aucune progression n'est décelable sur la Mauritanie et le Rio de Oro. L'étude des situations météorologiques durant cette même période, permet de voir qu'un courant de secteur SE (entre Est et Sud) s'établit du Niger au Sahara central, puis jusqu'aux contreforts de l'Atlas marocain ; les essaims entraînés par cet air chaud, se dirigent vers le NW. Par contre du Maroc au Sénégal un flux de NE persiste, sa limite est indiquée sur les figures 64 et 65 ; il n'y a pas d'essaim signalé volant contre le vent, c'est-à-dire du Sénégal vers la Mauritanie et le Rio de Oro ; notons cependant qu'entre les 15 et 20ème parallèles des essaims sont signalés du 1 au 4 octobre. A ces dates existe une poussée de la mousson vers le Nord, la zone de convergence (C.I.T.) occupe en effet une position assez septentrionale pour l'époque (Fig. 64), les essaims semblent être remontés avec cette discontinuité. Il faut noter également qu'à l'Est du méridien origine, les essaims ne dépassent pas le 30ème parallèle, fait probablement causé par la discontinuité air chaud - air froid (Cf. Fig. 65) (traits croisillonés), l'air chaud s'infléchissant vers l'Ouest par suite de cette barrière d'air froid, qui jouerait un rôle analogue à celui d'un obstacle orographique par exemple. Dans ce cas il semble que la trajectoire des essaims ait été simplement modifiée par celle du vent, et que la barrière thermique ait simplement joué un rôle de déviation.

Les figures 67 à 74 indiquent les signalisations d'essaims du 10 au 30 octobre, toujours par tranches chevauchantes de cinq jours.

Du 10 au 20, les figures 67 à 70 montrent la persistance du mouvement Niger - Sahara, Maroc, mais font apparaître également un mouvement Sud - Nord du Sénégal au Rio de Oro et Canaries, via la Mauritanie. Les situations météorologiques correspondantes étant très intéressantes par leur évolution, seront étudiées en détail au prochain paragraphe.

Du 20 au 30 (figures 71 à 74) les mouvements Niger - Sahara central cessent. Il faut noter durant cette période une forte advection d'air froid de l'Algérie au Niger, qui a débuté sur le Nord de l'Algérie le 13, a atteint le Sahara central le 18 et le Sud saharien le 20. Cette descente d'air froid a dû stopper l'arrivée de nouveaux essaims dans ces régions. Par contre la persistance d'un flux de secteur Sud (SE à SW) du Sénégal au Sud du Maroc, permet aux essaims, entraînés par ce flux d'air chaud, d'atteindre le Maroc ; une partie de ceux-ci sont d'ailleurs entraînés sur mer.

2.3.5. Analyse de quelques situations synoptiques jugées particulièrement intéressantes pour les déplacements de criquets pèlerins (10 - 20 octobre 1958 :

Cette période est choisie à cause de la grande mobilité et de l'activité des essaims du Niger au Sahara central, et également du déclenchement des mouvements du Sénégal au Maroc par la Mauritanie et le Rio de Oro, liés à une évolution rapide du temps dans ces régions du 13 au 16 octobre.

Pour mener à bien cette étude synoptique quotidienne, de nombreuses cartes ont été tracées 1/9/18/19 ; il en est reproduit ici le minimum indispensable à la compréhension de l'évolution du temps durant cette période, c'est-à-dire une carte (isobare et fronts) à 12 G.M.T. au niveau de la mer, une carte représentant les lignes de courant à 1.500 mètres à la même heure (carte tracée en tenant compte du contour 850 mb), éventuellement une carte des isothermes au même niveau, et enfin les cartes représentant les signalisations des essais.

10 octobre :

Les figures 76, 77 et 78 indiquent clairement une circulation d'air chaud de Sud à SE à l'Est du 5ème méridien Ouest, et en particulier du Niger au Sahara central, tant en surface qu'à 1.500 mètres. Par contre à l'Ouest de ce 5ème méridien, le flux est de secteur Nord (NW à NE) du SW du Maroc au Nord du Sénégal. Les nombreuses signalisations d'essais le 10 sur le Niger et le Sahara méridional et central indiquent l'activité migratrice des criquets pèlerins. Remarquons cependant qu'au cours de cette période, de nombreux essais sont signalés posés dans ces régions. Il est raisonnable de penser compte tenu de l'ensemble du pointage des essais durant cette période, que ceux-ci se sont posés à la tombée de la nuit, bien que les signalisations, et c'est là une de leurs lacunes, ne spécifient pas l'heure de l'observation.

11 octobre :

Les figures 79, 80 et 81 montrent l'évolution par rapport à la veille, l'air chaud gagne vers le NE (Fig. 81), tandis que l'air froid pénètre par le Maroc et le Rio de Oro ; un thalweg d'altitude complexe s'étend de la Mauritanie au Maroc (Fig. 80) lié à une goutte d'air froid venue de l'Atlantique (Fig. 81). Au Nord du 30ème parallèle il existe une discontinuité thermique axée SW - NE (de Beni-Abbès à Constantine) séparant l'air chaud remontant du Sud, de l'air froid pénétrant par le Maroc et le Nord de l'Algérie. Aucune signalisation les 11 et 12 octobre n'est située au-delà de cette limite, qui correspond également à une discontinuité de vent. Les signalisations les plus septentrionales se placent à l'Est du 5ème méridien Est, c'est-à-dire dans l'air chaud de secteur Sud.

12 octobre :

Les figures 82, 83 et 84 indiquent qu'il y a peu de changement par rapport au 11 octobre, avec cependant un léger gain de l'air chaud vers l'Ouest.

13 octobre :

L'air chaud gagne sur l'air froid en Afrique de l'Ouest ; une goutte d'air froid (Fig. 87) est située à 1.500 mètres sur les Canaries, des vents de secteur Sud s'établissent sur le Sud de la Mauritanie, les essais commencent à remonter vers le Nord dans ce pays (Fig. 67). De même des essais entraînés par le courant de Sud à SE, (Fig. 85 et 88), pénètrent au Maroc (Fig. 67).

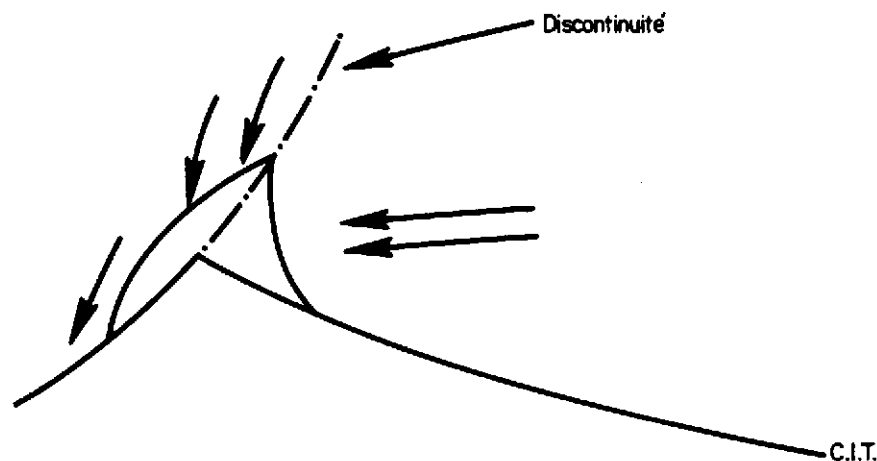
14 octobre :

La zone de convergence intertropicale remonte vers le Nord et atteint le Sud de la Mauritanie (Fig. 88).

Le flux de secteur Sud se généralise en altitude du Sénégal au Maroc (Fig. 89). L'air chaud continue à gagner par l'Ouest et atteint en altitude les Canaries (Fig. 90).

15 octobre :

Début de creusement d'une dépression en surface sur les Canaries (Fig. 91). Flux de SE bien établi sur toute l'Afrique de l'Ouest (Fig. 92). Les signalisations ne dépassent pas encore le SW de la Mauritanie, fait dû probablement à la persistance de la discontinuité dans les courants de vent SE et NE (Fig. 91) que l'on appelle souvent discontinuité des alizés.



16 octobre :

Une dépression s'est formée au Sud des Canaries (Fig. 93), conséquence du creusement de la veille dans cette région, la discontinuité des alizés a disparu, et le flux de SE est établi de la Mauritanie aux Canaries (Fig. 93 et 94). Des essaims pris dans ce courant de vent commencent à remonter vers le NW, (Fig. 69), alors que des essaims situés au Sud du Maroc atteignent la côte, certains d'entre eux semblent entraînés vers l'Atlantique. Il faut noter une nouvelle arrivée d'air froid sur l'Algérie (Fig. 95), le Nord et le centre du Sahara, avec établissement d'un flux de NE à ENE. Par suite de ces vents contraires les essaims ne se déplacent plus vers le Nord Ouest, d'où cette discontinuité dans les signalisations que l'on remarque en Algérie (Fig. 69). Sur le Sahara méridional, les essaims signalés posés (Fig. 60) ne sont pas uniquement des essaims posés de nuit. Il est raisonnable de penser, compte tenu des signalisations et de l'évolution du temps qu'une partie des essaims situés les jours précédents sur le Sahara central et septentrional s'est déplacée vers le Maroc, tandis que l'autre partie redescend vers le Sahara méridional ou bien cesse toute activité par suite de températures trop basses.

17 octobre :

Le flux SE persiste de la Mauritanie au Sud marocain (Fig. 96 - 97) ; la descente d'air froid se généralise de l'Algérie au Sud du Sahara (96 - 97 - 98). Les essaims continuent leur mouvement vers le NW (Fig. 69) : de la Mauritanie vers les Canaries et l'Atlantique, tandis que ceux du Sahara, paraissent cesser tout mouvement dans l'air froid au Nord du 21^{ème} parallèle, ainsi qu'à la limite des courants de secteur Nord et de secteur Sud. Cette limite

marquée par une variation de vents et de températures, est une discontinuité qui pourrait être une barrière à criquets. Cette discontinuité se déplace vers le SW pour atteindre Tessalit - Kidal le 20, (Cf. Fig. 99 isothermes à 850 mb du 19 octobre) ; tandis que l'advection chaude persiste de la Mauritanie aux Canaries où de nombreux vols d'essaims sont signalés (Fig. 69).

Cette décade très intéressante à étudier quant aux relations entre les conditions du temps et le déplacement des essaims peut se résumer de la manière suivante :

Du 10 au 15 :

Importants et rapides déplacements des essaims dans un flux de SE à Sud, du Niger au Sahara central.

Aucun déplacement de la Mauritanie vers le Rio de Oro et le Maroc, par suite probablement de la persistance du flux de NE jusqu'au 14, sauf au voisinage de la zone de convergence intertropicale qui remonte vers le Nord les 13 et 14 (poussées de mousson).

Du 16 au 20 :

Etablissement d'un flux de SE à Sud quasi permanent du Sénégal au Maroc, entraînant une montée rapide des essaims vers le NW (Canaries). Descentes successives d'air froid sur l'Algérie et le Sahara (flux de secteur Nord). Les essaims semblent présenter peu d'activité au sein de cet air froid où les températures moyennes sont basses (inférieures à 20° C). Par contre à la limite de cet air froid et dans l'air chaud antérieur de nombreux vols sont signalés, ainsi qu'à l'Est de l'Atlas marocain où l'air froid n'a pas pénétré (Cf. Fig. 99).

2.3.6. Comparaison des situations synoptiques avec les cartes moyennes pour la période envisagée :

Octobre 1958 se rapproche beaucoup plus des cartes moyennes 4/7 (tout au moins du 1 au 13) qu'octobre 1956. Cependant la carte moyenne au niveau de la mer (Fig. 3) ne fait pas apparaître la formation d'une dépression au voisinage des Canaries, facteur primordial pour les mouvements des essaims vers le NW depuis le Sud de la Mauritanie (16 au 20 octobre). De même elle ne peut mettre en évidence les descentes successives d'air froid sur l'Algérie du Nord et le Sahara, qui sont en avance sur la saison, et freinent ou empêchent la poursuite des remontées des essaims du Niger vers le Sahara septentrional durant la seconde quinzaine d'octobre.

La carte moyenne mensuelle à 850 mb (Fig. 6) n'est pas représentative dans sa partie central au Nord du 20ème parallèle. Enfin la carte des isothermes moyennes (Fig. 8) n'est plus conforme à la réalité pour les quinze derniers jours d'octobre, ne pouvant mettre en évidence les basses températures enregistrées sur le Sahara à cette époque. Ce sont les accidents qui existent au sein de ces valeurs moyennes, qui semblent déterminants quant à l'évolution rapide des essaims de criquets pèlerins.

2.3.7. Comparaison des mois d'octobre 1956 - 1958 pour la zone étudiée :

a) Similitudes :

- 1) Un régime de vent d'Est en surface et dans les basses couches entre les parallèles 18° N et 15° N, à l'exception de quelques ondulations du front de mousson

début octobre (une poussée de celui-ci vers les parallèles 18 et 21° N à l'Ouest du méridien origine et une inflexion vers le Sud à l'Est du 5ème méridien Est). Les essaims se déplacent en général Est-Ouest dans cette zone.

2) Des vents de SE à Sud entre les parallèles 18° N et 28° N à l'Est du méridien origine. Les criquets entraînés par ces vents se déplacent rapidement de Kidal à Reggane, ou d'Agadès à Aoulef. (Cf. Fig. 101 et 102).

3) Entre les parallèles 15° N et 30° N, mais à l'Ouest du 5ème méridien Ouest, la circulation de l'air est soit SE-NW (1956), soit NE-SW (1958). Le déplacement des criquets se fait généralement vers le N ou le NW à cette époque, c'est-à-dire avec le vent. Des périodes de non déplacement ou de retours des essaims sont constatées lorsque les vents sont de NE.

4) Au Nord du 28ème parallèle et à l'Est du méridien origine, la composante dominante des vents est Nord Ouest. Il existe donc une zone de discontinuité située sensiblement à cette latitude (deux degrés plus Sud ou plus Nord) qui pourrait former une barrière aux essaims remontant du Sud, qui s'arrêteraient ou se disperseraient vers l'Ouest ou vers l'Est Nord Est (Cf. Fig. 101 et 102). En fait l'étude des signalisations permet de supposer que cette hypothèse est raisonnable.

b) Différences :

1) Précipitations :

En 1956 les précipitations étaient excédentaires en Mauritanie, alors qu'en 1958 elles sont déficitaires. L'inverse se produit au centre et Sud algériens. Précipitations faibles en 1956, importantes en 1958.

2) Vents :

En 1956 les vents dominants dans les basses couches étaient de SE à Sud en Mauritanie. Ils sont de NE en 1958, avec une période de SE à la mi-octobre (14 au 18 octobre).

3) Essaims :

La progression des essaims était rapide en octobre 1956 au-dessus de la Mauritanie, elle est lente en 1958. Seuls les grands déplacements vers le Nord sont signalés entre le 15 et le 18 octobre 1958, au moment où les vents de très basses couches soufflent du SE.

4) Températures :

La vague de froid sur l'Algérie puis sur les régions centre et Est sahariennes débute plus tôt en 1958 (le 15 octobre) qu'en 1956 (29 octobre).

En 1958 certains essaims sont posés après le 15 octobre par suite probablement de l'arrivée d'air froid (basses températures et vent de Nord en altitude).

5) La discontinuité séparant l'air d'origine atlantique (flux de NE) de l'air chaud continental (flux d'E à SE) axée du Sénégal au Sud du Maroc et qui semble jouer le rôle de direction asymptotique à la trajectoire des essaims, persistait de nombreux jours en 1956, alors qu'en 1958, cette discontinuité est moins nette, en général elle est plus décalée vers l'Est et même disparaît par suite de l'établissement d'une dépression aux Canaries à partir du 15.

2.4. Essai de généralisation - Les déplacements des essaims de criquets pèlerins en Afrique de l'Ouest et du Nord durant la période septembre - octobre - novembre :

Personne ne doute plus que les essaims sont entraînés par le vent, donc qu'en moyenne (aux accidents locaux près) les essaims subissent les effets du "vent synoptique" des basses couches de l'atmosphère et se déplacent avec lui. 24.

Les mouvements saisonniers des essaims ou mouvements migrateurs sont donc en relation avec les courants généraux de vent qui existent à ces époques, et qui sont eux-mêmes définis et dirigés par des centres d'action semi-permanents tels que : anticyclones subtropicaux (atlantique et libyen), dépression thermique saharienne, zone de convergence intertropicale. Comme nous l'avons vu, la position de ces centres d'action n'est pas fixe dans le temps et dans l'espace, elle varie par exemple d'un mois à l'autre, et parfois d'un jour à l'autre par suite d'écartés prononcés, au sein de la situation synoptique, provoqués généralement par des arrivées d'air froid au Sud du 35ème parallèle - qui modifient la trajectoire des masses d'air et par conséquent celle des essaims. En moyenne fin septembre, la zone de convergence intertropicale se déplace vers le Sud. En altitude (850 mb soit environ 1.500 mètres), la circulation de l'air est Ouest-Est au Nord du 35ème parallèle Nord, alors qu'elle devient Est-Ouest au Sud du 18ème parallèle Nord. Entre ces deux parallèles, en octobre et novembre, s'établit en moyenne une circulation de l'air à composante méridienne, Sud-Nord du Niger au Sahara septentrional, (flux dirigé par l'anticyclone libyen et par la face Est de la dépression thermique saharienne), et Nord-Sud du Maroc au Nord du Sénégal, (flux dirigé par l'anticyclone atlantique). Il existe donc une discontinuité entre ces deux circulations méridiennes de direction sensiblement opposée, qui joue un grand rôle, comme on l'a déjà vu, dans la progression des essaims. Au cours du mois d'octobre l'axe de cette discontinuité se décale vers l'Ouest (par suite du décalage et de l'affaiblissement de la dépression thermique saharienne) et vient se situer en moyenne après le 15 octobre sur le 13ème ou 14ème méridien Ouest, c'est-à-dire assez près des côtes de la Mauritanie et du Rio de Oro, ce qui permet l'établissement d'un flux constant de SE à Sud sur ces régions à l'avant de cette discontinuité, entraînant d'une part la remontée des essaims de la Mauritanie au Sud du Maroc, et les empêchant d'autre part de pénétrer sur mer, par suite de la présence de cette même discontinuité au voisinage des côtes (vents de Nord à NE à l'arrière de la discontinuité, Sud à SE à l'avant). Par contre lorsqu'un creusement se produit sur l'Atlantique entre les Canaries, les Açores et le Portugal, la discontinuité disparaît, un flux général assez fort de Sud à SE s'établit, les essaims franchissent les côtes atlantiques et sont entraînés sur mer 24/29.

Les figures 100, 101, 102 ont été établies grâce aux renseignements fournis par le DLIS 31. Elles montrent pour 3 années différentes, 1950, 1956, 1958 la progression des essaims au cours des mois de septembre, octobre et novembre. Ces mouvements sont conformes aux courants généraux des vents à la même période. Ces cartes font apparaître, d'une part une absence de signalisation sur une grande surface entre le méridien origine et le 10ème méridien Ouest, zone malheureusement non prospectée, comme nous l'avons vu précédemment; d'autre part une limite extrême Nord de la progression de ces essaims entre les 31ème et 33ème parallèles.

Quelles sont les causes de cet arrêt dans la progression des essaims ?

Quelles sont les causes de ce changement de direction du flux ?

Elles sont complexes et multiples. Pour chercher à en comprendre le mécanisme, il est nécessaire de faire appel aux cartes météorologiques en altitude et au niveau de la mer et de voir leurs évolutions compte tenu d'un facteur primordial, les arrivées d'air froid ou de gouttes d'air froid aux latitudes inférieures à 35° . A la fin du mois de septembre et durant le mois d'octobre, les régions sahariennes présentent encore en moyenne des températures élevées. Il persiste donc en surface et dans les très basses couches de l'atmosphère (0-1.000 mètres) une dépression thermique dont le centre se situe approximativement au Sud-Ouest d'Aoulef (100 km environ).

En altitude, (850, 700, 500 mb), par suite de la présence de cet air chaud, un anticyclone persiste entre les 30ème et 18ème parallèles à l'Est du 5ème méridien Est. Cet anticyclone d'altitude joue un rôle de barrière pour les arrivées d'air froid venant des latitudes plus septentrionales entre les méridiens 50° Ouest et 5° Est. L'air froid a donc deux trajectoires privilégiées pour pénétrer à cette époque aux basses latitudes soit par les Canaries, soit par la Tunisie et la Libye.

La figure 103 représentant les lignes de flux moyennes à 850 mb, montre les limites moyennes de progression de l'air froid en altitude (lignes tiretées). Si l'air froid est en général très bien marqué par un thalweg s'étendant du Sénégal au Maroc, sa zone d'influence est beaucoup plus complexe à l'Est du méridien origine. La limite moyenne Nord d'influence de cet air froid se situe au voisinage du 33ème parallèle. Parfois, en particulier à partir de la deuxième quinzaine d'octobre, l'air froid pénètre profondément en Libye, et s'étend sur le Sahara jusqu'aux environs du 27ème parallèle. Dans ce cas la dépression thermique est rejetée rapidement vers l'Ouest ou même disparaît. Cette limite air froid-air chaud est une véritable zone de discontinuité, au voisinage de laquelle les essaims peuvent se concentrer.

L'influence de l'air froid, entraîne la modification des cartes isobariques au niveau de la mer. Ce fait est mis nettement en évidence sur les figures 104 et 105. Il faut se rappeler qu'une arrivée massive d'air froid provoque en surface une hausse du champ de pression, c'est-à-dire un anticyclone. C'est le cas des deux figures mentionnées où l'on voit que la progression vers l'Est de la zone de hautes pressions Sud Tunisie - Libye est moins prononcée sur la figure 104 que sur la figure 105. La zone de basses pressions relatives sahariennes persiste sur la première figure, mais elle est décalée vers l'Ouest par rapport à sa position moyenne ; les mouvements d'essaim vers le Nord ou le Nord-Ouest, dans les régions méridionales et centrales sahariennes peuvent se poursuivre jusqu'à la limite de l'air froid, c'est-à-dire atteindre sensiblement le 33ème parallèle. Sur la Mauritanie et Rio de Oro le flux est de NE. Sur la figure 105, l'air froid pénètre jusqu'au 27ème parallèle à l'Est du méridien origine, un thalweg s'est formé du Sénégal à la Mauritanie, le courant de SE est établi, les essaims peuvent alors se diriger rapidement vers le Maroc, alors qu'ils sont limités dans leur déplacement sur le Sahara central, par suite de la présence de cet air froid.

La figure 106 représente une descente directe d'air froid sur l'Afrique qui atteint le 17ème parallèle. Ce type de situation, en général, ne se présente pas avant la fin octobre. A cette époque, la dépression thermique saharienne disparaît et la zone de hautes pressions d'altitude se décale vers le Sud. Les températures sont basses sur l'ensemble de l'aire d'habitat, il n'y a plus en général de grands déplacements des essaims.

Pour la période considérée (septembre - octobre - novembre), comment essayer de prévoir les arrivées d'air froid aux basses latitudes, celles-ci étant essentielles dans la prévision de déplacement des essaims ?

- 1) En surveillant les variations de pression au niveau de la mer en 6 heures et 24 heures dans les secteurs suivants : Sicile, Tunisie, Libye, d'une part, Açores, Portugal, Maroc et Canaries d'autre part. Des hausses rapides et importantes indiqueront une arrivée d'air froid en surface. Inversement des baisses importantes, une arrivée d'air chaud en altitude, la formation ou l'arrivée d'une dépression parfois une cyclogénèse.
- 2) Les déplacements éventuels de la dépression thermique saharienne.
- 3) Les variations de la zone de convergence intertropicale et du front de mousson qui lui est lié (par exemple poussées de mousson).
- 4) En étudiant les évolutions des cartes en altitude, en particulier celles des surfaces isobares 850 et 500 millibars.
- 5) En traçant les zones de précipitations sur une carte toutes les 24 heures.

Remarques générales :

1) Météorologiques :

a) Au cours du mois de septembre et début octobre, la dépression thermique se décale lentement vers le SE et intéresse par sa bordure Sud, le Mali, dirigeant alors un courant d'Ouest de ce Pays vers le Niger et le Sahara méridional. En conséquence certains essaims peuvent être encore entraînés du Sud du Mali vers le Niger et le Sahara.

b) La brise de mer joue le rôle d'un front le long des côtes de l'Afrique, par discontinuité thermique, lorsque le vent du gradient est faible - Ce front est alors une barrière d'arrêt pour les essaims qui se situent à son voisinage (Cf. Appendice 2).

2) Signalisations :

Les régions de latitudes voisines du 15ème parallèle Nord, sont les zones de reproduction estivale du criquet pèlerin. De nombreux jeunes essaims y prennent naissance et sont ensuite transportés vers le Nord, le NW ou l'Ouest 5/22/24.

Chapitre 3

ETUDE DE LA PERIODE : DECEMBRE - JANVIER - FEVRIER

3.1. Aperçu climatologique de cette période sur 30 ans :

1) Situation au niveau de la mer :

Les figures 107, 108, 109 représentent les cartes d'isobares moyennes 4 au niveau de la mer calculées sur la période 1931 - 1960 pour les mois de décembre - janvier - février. Ces cartes se ressemblent. Elles mettent en évidence deux cellules anticycloniques, l'une atlantique, centrée entre les Açores et les Canaries, dirige sur le Maroc et le Rio de Oro un flux de secteur Nord ; l'autre libyenne, centrée sensiblement par 25° N et 20° E, conduit sur la Libye, le Tchad, le Nord du Niger et le SE du Sahara un flux de secteur Est (NE à SE). Entre ces deux cellules de hautes pressions, une zone à faible gradient barométrique, permet à l'air froid dirigé par la dépression méditerranéenne de pénétrer profondément sur l'Algérie et la Tunisie. Enfin à cette période de l'année la zone de convergence intertropicale est située aux très basses latitudes et intéresse peu les régions que nous nous sommes proposés d'étudier.

2) Isothermes moyennes en surface :

Calculées pour la même période, ces isothermes moyennes 4 sont représentées sur les figures 110, 111, 112. Pour ces trois mois, leur tracé est très voisin quant à la forme des isothermes, mais, si les valeurs sont les mêmes pour décembre et janvier, elles mettent déjà en évidence un réchauffement d'environ 5° pour une même latitude au Sahara méridional et central en février. L'air le plus froid se trouve sur l'Atlas, le massif de l'Ahaggar, la Libye et le Nord du Sahara pour l'ensemble de la période considérée. L'isotherme moyenne 20 degrés est en décembre et janvier assez voisins du 20ème parallèle Nord. Comme on pouvait s'y attendre à cette période de l'année, l'air froid intéresse la majeure partie de la zone d'évolution du oriquet pèlerin, ce qui permet de penser à la faible ou à l'inexistante activité des essaims au cours de ces trois mois, à l'exception de certaines journées où des remontées d'air plus chaud se produisent, en particulier dans le couloir séparant les deux cellules anticycloniques, couloir qui correspond d'ailleurs à une zone de températures moyennes relativement plus élevées (axe Kidal-Tessalit-Bidon V-Ouallen-In Salah).

3) Situation en altitude :

La carte des isohypses moyennes 7 pour la surface isobare 850 mb (environ 1.500 mètres) est représentée Fig. 113. Cette carte met également en évidence les deux cellules anticycloniques atlantique et libyenne, et un couloir à faible gradient entre les méridiens origine et 5ème Est, permettant à l'air froid de pénétrer de la Méditerranée sur l'Algérie, la Tunisie et parfois jusqu'au Niger, ou à l'air chaud d'atteindre le Sahara septentrional.

4) Précipitations :

Les figures 114, 115 et 116 représentent les valeurs moyennes des précipitations calculées sur 32 ans pour les mois de décembre, janvier et février ; elles mettent en évidence deux ponts de précipitations maximales. L'un s'étend du Maroc à la Mauritanie septentrionale, l'autre de l'Algérie du Nord au Sahara méridional, massif de l'Ahaggar y compris. Ces précipitations sont dues en général aux descentes d'air froid et humide, venu soit de l'Atlantique, soit de la Méditerranée, rentrant en conflit avec l'air continental sec et relativement plus chaud.

3.2. Analyse des mois de décembre, janvier, février 1951 :

3.2.1. Evolution synoptique du temps au cours du mois de janvier 1951 en Afrique de l'Ouest et du Nord :

1) Généralités : Le mois de janvier 1951 est anormalement perturbé 1/18. Il est caractérisé par le passage de nombreuses perturbations axées SW-NE, prenant naissance la plupart du temps dans le Nord Ouest du Mali, par suite du conflit de l'air froid et humide issu des Canaries et de l'air chaud tropical continental. Ces perturbations étaient connues autrefois sous le nom de perturbations soudano-sahariennes, nous les appellerons perturbations malio-sahariennes (1). A l'avant de ces perturbations, des pulsations d'air chaud de secteur Sud (SE à SW) entraînent de nombreux essais vers le Nord, soit de la Mauritanie vers le Sud du Maroc, soit du Niger ou du Mali vers le Sahara méridional et central, ainsi que vers la Libye et le Sud de la Tunisie.

A l'arrière de ces perturbations malio-sahariennes, il existe des descentes successives d'air froid de secteur Nord, très humide vers les côtes, puis s'asséchant rapidement au-delà de la chaîne atlasique.

Au cours de ce mois, il y a deux périodes perturbées principales : du 7 au 12 janvier 1951 et du 20 au 27 janvier 1951. La carte 117 représente les différentes perturbations en surface qui ont intéressé l'Afrique de l'Ouest et du Nord durant les 15 premiers jours, ainsi que la trajectoire du centre d'une dépression de surface, formée le 7 janvier par suite de la forte advection d'air chaud de SE en altitude sur le Niger et le Mali depuis le 6, à l'avant du courant perturbé du front polaire qui est axé de la Mauritanie au Maroc. A l'arrière de ce dernier, l'air froid pénètre progressivement sur l'Afrique, et atteint le Sahara méridional le 12 janvier. C'est à l'avant de cet air froid que se produisent les précipitations les plus importantes le 9, 10, 11 et 12 janvier, comme l'indique la figure 118. Pour la période du 20 au 27 janvier le mécanisme est exactement le même que précédemment, mais le creusement se produit cette fois le 20, environ 300 kilomètres plus au NE que pour la première période. L'air froid pénètre progressivement sur l'Afrique et atteint le Sahara méridional le 29 janvier. A l'avant de cet air froid, de nombreuses pulsations d'air chaud par vent de secteur Sud (SE à SW) entraînent des essais vers le Nord, jusqu'à la discontinuité de masses d'air. La figure 119 représente la position de cette discontinuité les 26, 27, 28, 29 janvier et la trajectoire de la dépression de surface du 20 au 27.

(1) Pour une raison de division politique des territoires.

2) Comparaison avec les cartes moyennes de janvier 47 :

a) Carte de pression au niveau de la mer :

Un décalage important vers le NW du centre de hautes pressions atlantiques, du 6-10 janvier permet la pénétration du front polaire sur le Maroc, Rio de Oro et NW de la Mauritanie, et de ce fait une remontée d'air chaud tropical de secteur Sud sur la majeure partie de l'Afrique.

De même du 19 au 25 janvier, la cellule anticyclonique atlantique se subdivise en deux cellules, l'une se centre sur le Golfe de Gascogne et se décale vers l'Est, tandis que l'autre centrée sur l'Atlantique, se décale vers l'Ouest. Un couloir se forme entre ces deux cellules et permet ainsi aux perturbations du front polaire d'atteindre des latitudes très méridionales (Maroc - Rio de Oro). A l'avant, comme précédemment remontée d'air chaud de secteur Sud sur la majeure partie de l'Afrique. Remarquons que c'est dans ce couloir à faible gradient de pression, situé entre les méridiens origine et 5ème Est, et les parallèles 18° et 23° Nord (Fig. 113) que se forment les dépressions en surface, qui se décalent ensuite vers le NE.

b) Isothermes :

La figure 120 représente les isothermes maximales (1) sur le Sahara pour ce mois de janvier. Ce tracé est différent de celui des isothermes moyennes 47 pour ce même mois, représenté sur la figure 111. Il faut noter que les températures maximales sont très élevées pour l'époque ; leurs valeurs correspondent aux advections d'air chaud de secteur Sud.

Il n'est pas étonnant que de nombreux vols d'essaims aient lieu en ce mois de janvier, le facteur température n'étant plus alors limitatif pour l'activité des criquets, par suite de la persistance pendant plusieurs jours de températures élevées, très supérieures à la normale. Nous verrons dans la suite de cet exposé, que l'activité en vol des essaims a cessé durant les périodes de passage d'air froid.

c) Précipitations :

La figure 121 représente les valeurs des précipitations tombées en janvier 1951. Elle fait apparaître deux couloirs de précipitations maximales, l'un du Maroc au Rio de Oro, l'autre de l'Atlas marocain au SW du Niger, avec branche dérivée du Sahara central au Sud de la Tunisie, cette dernière correspond à la zone intéressée par la trajectoire de la dépression en surface précitée. Cette carte est conforme à la carte moyenne de précipitations pour janvier 47 (Fig. 115) à l'exception du SW du Niger.

3.2.2. Aperçu général des signalisations de criquets pèlerins au cours des mois de décembre 1950 et janvier 1951 :

Les figures 122 et 123 représentent les signalisations des essaims 9/107

(1) A défaut des isothermes moyennes qui n'ont pu être obtenues pour le mois.

pointées par degrés carrés pour les mois de décembre 1950 (Fig. 122) et janvier 1951 (Fig. 123). L'aspect de ces deux cartes indique un mouvement d'ensemble des essaims du Sud vers le Nord du 25 décembre au 25 janvier dérivant vers le NE ou le NW au Nord du 30ème parallèle. Il faut noter la forte densité des signalisations en décembre dans l'Ennedi, assez importante sur le massif de l'Ahaggar et la persistance en décembre d'essaims, au Tchad et au Sud du Niger, essaims qui se déplacent vers l'Est en janvier et février.

L'étude des signalisations fait apparaître que les grands déplacements des essaims n'ont pas lieu de façon constante dans le temps, mais qu'à des périodes d'arrêts succèdent des périodes de longs et rapides déplacements. Ce sont ces dernières périodes que nous allons regarder attentivement, pour voir les relations qui existent entre ces déplacements et les conditions météorologiques qui s'y rapportent.

3.2.3. Analyse de quelques situations météorologiques particulièrement intéressantes au cours du mois de janvier 1951 :

a) Généralités :

L'évolution du temps au cours de ce mois a été décrite au paragraphe 3.2.1. Il résulte de cette description que deux périodes paraissent particulièrement intéressantes à étudier, du 5 au 15 janvier, et du 20 au 31 janvier 1951, soit plus des deux tiers du mois. Etant donné le nombre de journées à analyser il n'est pas dans notre intention de rentrer dans le détail de chacun de ces jours, mais plutôt d'essayer de faire ressortir l'évolution du temps sur une période de cinq journées, ou dans certains cas d'une journée à l'autre. Nous donnons également un aperçu du temps, pour les périodes du 1 au 5 janvier, et du 15 au 20, correspondant également à des signalisations d'essaims en certains endroits.

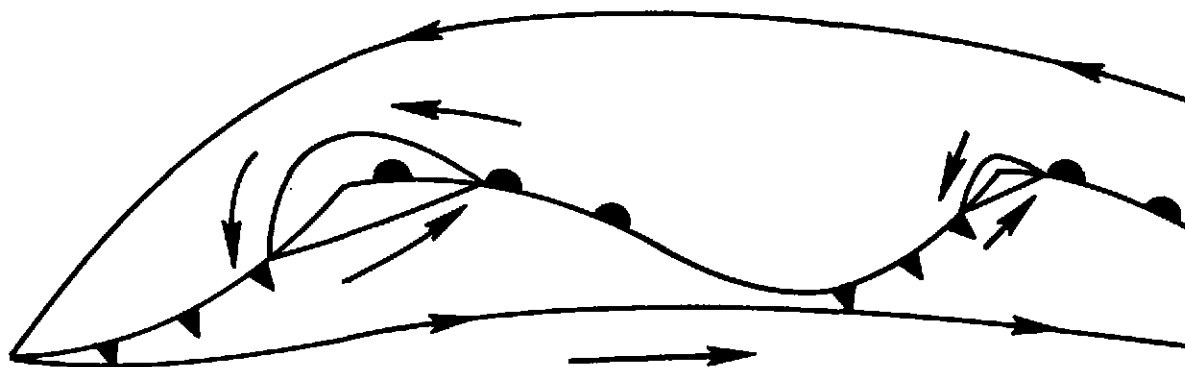
b) Période 1 au 5 janvier :

Au Nord de la ceinture anticyclonique subtropicale atlantico-africaine, le courant de perturbations polaires ne touche le 1 et le 2 que l'extrême Nord de l'Afrique.

Le 3 un creusement en méditerranée se produit, une descente d'air froid s'amorce sur le Maroc et le Rio de Oro, tandis qu'un courant d'air chaud de Sud à SW intéresse la Libye, le Sahara central et méridional, le Niger, le Mali et le Sud de la Mauritanie. Le 4 l'air froid progresse vers le Sud Est et atteint le 5 la frontière Nord du Niger et le centre du Mali.

La figure 124 représente les signalisations d'essaims du 1 au 5 janvier. Elle fait apparaître des essaims en Tripolitaine et au Niger (1) ainsi que des mouvements vers le NE ou Nord en particulier les 3 et 4 au Sahara central et en Mauritanie à l'avant ou le long (le 4) de la discontinuité qui traverse l'Afrique (front froid se déplaçant vers le SE). Il est à noter que l'essaim signalé à Nouakchott le 4 se déplace vers le Sud, entraîné par le vent, car il est situé à l'arrière de la discontinuité précitée. Il faut préciser qu'un essaim était signalé le 31 décembre dans le même degré carré.

(1) Il n'y avait pas de signalisation en décembre dans ces Fays.



c) Période du 6 - 10 janvier :

Les figures 125 à 129 représentent chaque jour la situation isobarique et frontologique au niveau de la mer à 12 GMT.

6 janvier : (Fig. 125) : L'anticyclone libyen se décale lentement vers le SE, et s'affaiblit rapidement par l'Ouest et le SW. Un flux d'air chaud de secteur Sud s'établit sur une grande partie de l'Afrique occidentale.

7 janvier : (Fig. 126) : Les perturbations du front polaire abordent les côtes du Rio de Oro et du Maroc, tandis qu'une dépression en surface se forme et se creuse au Nord du Mali, par suite de l'advection d'air chaud en altitude. Les vents de SE se renforcent et atteignent 25 et 30 noeuds au Sahara méridional, Nord Niger et Mali. (Fig. 126). Des essaims (Fig. 130) entraînés par ces vents forts se dirigent apparemment du Niger et du Sud de la Libye vers le Sahara méridional et central. D'autres essaims se déplacent également en Mauritanie au voisinage et en avant des perturbations du front polaire.

8 janvier : La dépression en surface (Fig. 127) formée la veille au Nord du Mali, s'est déplacée vers le NE à la vitesse de 20 noeuds et intéresse maintenant le Sahara central. Le ciel est en général couvert par Altostratus, les températures élevées (25 à 30° C) et les vents de SE à Sud assez forts (20 noeuds au sol). Bien qu'il n'y ait aucune signalisation d'essaims ce jour là, ce qui paraît curieux, ceux-ci devraient continuer à se déplacer dans le flux d'air chaud comme les jours précédents.

9 janvier : La dépression en surface située le 8 sur le Sahara central a continué à se déplacer vers le NE en ralentissant (Fig. 128) tandis que de nouveau, de l'air froid dirigé par une dépression centrée au NW de l'Espagne, pénètre sur le Maroc et le Rio de Oro. Un essaim apparaît à l'Est de la Tripolitaine.

10 janvier : La dépression en surface centrée le 9 sur le Sahara oriental s'est faiblement déplacée tout en se comblant, et atteint la limite occidentale de la Libye. (Fig. 129). La dépression principale maintenant centrée sur l'Espagne, permet au courant perturbé du front polaire de traverser le Maroc, le Rio de Oro et le Nord de la Mauritanie.

La figure 131 représente les signalisations d'essaims pour chaque pentade de la première décade de janvier 1951. Cette carte fait apparaître les mouvements des essaims vers le Nord ou le NE durant cette période, mouvements conformes à l'évolution de la situation météorologique, dont un schéma de la dépression qui a intéressé le Sahara du 7 au 9 janvier est esquissé Fig. 132.

Période du 11 au 15 janvier : Cette période correspond à une invasion progressive d'air froid du Maroc à la Libye et au Niger (Fig. 133 à 137). Les fronts froids successifs qui traversent le Sahara central et méridional ondulent dans cette zone ; des précipitations se produisent à l'avant de ces fronts, le ciel est couvert par Altostratus et les vents se renforcent à l'avant et au passage des fronts (coups de vent de SE puis NW 25 à 30 noeuds au sol). L'anticyclone atlantique gagne progressivement l'Est et le SE et intéresse toute la zone s'étendant du Maroc et Mauritanie à la Libye le 15 janvier (Fig. 137). Les températures s'abaissent de 7 à 10 degrés centigrades tandis que les vents tournent au secteur NE (N à E), 10 à 20 noeuds.

La figure 138 représente la carte des signalisations d'essaims du 10 au 15 janvier. Elle montre une activité importante de ces essaims à l'avant des fronts froids successifs qui intéressent le Maroc, le Sahara septentrional et central (des vols apparaissent à la limite de ces discontinuités le 13) tandis que des essaims se dirigent de la Libye vers l'Egypte, les criquets étant probablement entraînés par le courant chaud situé à l'avant de la dépression qui intéresse les côtes de la Libye le 12 (Fig. 140). La figure 139 montre pour la période 5 - 15 janvier la progression des essaims vers le Maroc, le Sahara septentrional, le Nord de la Libye et de l'Egypte 24.

Période du 16 au 20 janvier : Situation anticyclonique sur l'ensemble de l'aire étudiée. Les figures 141 et 142 indiquent un déplacement beaucoup moins important des essaims qu'au cours de la période précédente ; cependant certains d'entre eux entraînés par le courant de composante E (ENE à SSE) semblent se concentrer sur l'extrême SW du Maroc et sur le Rio de Oro, tandis que des déplacements se poursuivent sur le Nord de la Libye. Notons également des mouvements d'essaims au voisinage de la frontière Niger Mali, mouvements en moyenne vers l'Ouest (de WSW à WNW).

Période du 21 au 25 janvier : Le 20 l'anticyclone africain s'est effondré dans sa partie Sud, et ne persiste plus que sur l'Afrique du Nord. A partir du 21 une dépression se creuse sur le Sahara central et intéresse durant toute la période les régions sahariennes du centre et du Nord Ouest, tandis que la cellule anticyclonique d'Afrique du Nord s'affaiblit progressivement pour disparaître complètement le 23 et laisser place à un vaste couloir dépressionnaire qui s'étend du Sahara au Sud de la France.

A partir du 25 nouvelle descente d'air froid sur le Maroc et le NW de l'Algérie. La figure 143 est une esquisse de la trajectoire de cette dépression saharienne en surface durant la période considérée. Elle met en évidence un mouvement de secteur Sud sur le Sahara central, tournant au SE et ESE au Nord du 29ème parallèle. La discontinuité qui existe sur l'Atlas marocain et l'Algérie entre le flux lié à cette dépression et celui commandé par la dépression Espagne-Sud de la France, est marquée sur la Fig. 143 et doit être probablement une barrière d'arrêt (1) pour

(1) Basses températures - Pluie et neige.

les essaims sahariens, qui ne peuvent rejoindre le Maroc. Il existe en effet un manque dans les signalisations, comme il est possible de le voir sur la Fig. 144. Celle-ci et la figure 145 mettent en évidence le déplacement des essaims sur l'Algérie vers le Nord ou le NE durant cette même période.

Période du 26 au 31 janvier : L'air froid envahit progressivement le Maroc, le Rio de Oro, l'Algérie, et la Tunisie. La zone dépressionnaire saharienne (Fig. 146) se décale rapidement vers le NE le 26 et 27 et intéresse la Libye les 28 et 29 janvier.

Tandis que les essaims du Sud du Maroc (Fig. 147 et 148) restent sur place bloqués probablement par le mauvais temps et l'air froid, les essaims qui se trouvaient la pentade précédente sur le Sahara central, entraînés probablement par la dépression saharienne (confluence et convergence), se sont déplacés vers le NE et atteignent le Sud de la Tunisie et le Nord de la Libye les 29 et 30. Notons également le déplacement d'essaims vers l'Ouest du Mali.

3.2.4. Comparaison de l'analyse synoptique et de la signalisation des criquets :

L'analyse synoptique des différentes situations météorologiques au cours du mois de janvier 1951, fait apparaître, comme nous l'avons déjà vu, des différences importantes entre les valeurs statistiques (isobares moyennes, isothermes, vents moyens) et les valeurs réellement mesurées des différents paramètres météorologiques. Le mois de janvier 1951 a été anormalement perturbé : à de rapides descentes d'air froid traversant l'ensemble de l'aire étudiée, ont succédé des remontées tout aussi rapides d'air chaud du Mali ou du Sahara à la Libye qui semblent avoir entraîné dans leur sillage de nombreux essaims de criquets pèlerins vers le Sahara septentrional, le Maroc, la Tunisie et la Libye. Les perturbations que nous avons appelées malio-sahariennes [23], ont joué un grand rôle au cours de ce mois, quant aux déplacements des essaims. En effet de nombreux vols paraissent s'être produits dans le secteur chaud de ces perturbations. On peut également penser que des concentrations d'essaims se sont faites au voisinage des dépressions mobiles qui avaient pris naissance soit au Nord du Mali, soit au Sahara central et s'étaient ensuite déplacées vers la Libye ; les effets combinés de l'advection d'air chaud dans les zones de basses températures et de convergence pouvant en effet augmenter le nombre et peut-être la densité des criquets sur une période de 3 à 5 jours, période correspondant à celle de l'influence de ces dépressions.

La figure 149 représentant le pointage par décades de la position des signalisations indique bien les différents mouvements des essaims vers le Nord (de NW à NE) au cours de deux périodes. La première (5 - 14) correspond à la première advection d'air chaud, suivie d'une descente d'air froid (15 - 19). La seconde correspond à la deuxième pulsation d'air chaud du 20 au 27 janvier, suivie également d'une descente d'air froid (28 au 31). La figure 149 bis est un schéma des différentes trajectoires suivies par les essaims pour les mois de décembre 1950, janvier et février 1951, compte tenu des signalisations. Elle fait apparaître deux grands mouvements.

- a) Est-Ouest : à travers le Tchad, le Niger, le Mali, le Sénégal, ces mouvements sont intermittents et peuvent parfois être NE-SW aux Tchad et Niger.
- b) Sud-Nord : de la Mauritanie au Maroc, du Niger au Sahara septentrional avec deux branches dérivées l'une NW vers le Maroc, l'autre NE vers le Sud de la Tunisie et la Libye.

3.3. Analyse des mois de janvier et février 1957 :

3.3.1. Description du temps et de son évolution en janvier 1957 en Afrique de l'Ouest et du Nord :

1) Généralités :

Le mois de janvier 1957 est anormalement froid en Algérie (Sahara inclus), Tunisie, Libye et Nord du Niger. La figure 150 représentant la carte des valeurs des températures maximales absolues, montre un couloir d'air froid axé du Nord de l'Algérie au Sud du massif de l'Ahaggar. Sur le Sahara les températures les plus basses ont été enregistrées les 4 et 22 janvier. Les figures 151 et 152 indiquent la valeur des isothermes à 12 G.M.T. à ces dates, elles mettent également en évidence un couloir d'air froid axé du Nord de l'Algérie au Sud du massif de l'Ahaggar, à l'intérieur duquel les températures sont inférieures à 20° C.

Par suite de la permanence de l'air froid sur les parties Nord, Centre et Est de l'aire étudiée, celle-ci a été, dans l'ensemble, peu influencée par les perturbations, à l'exception de deux périodes : du 2 au 4 janvier et du 15 au 23 janvier. Par contre le Nord de la Mauritanie, le Rio de Oro et le Maroc ont été soumis à une plus grande fréquence de fronts au cours de la première quinzaine de janvier, par suite de la présence d'une dépression centrée au SE des Açores. Les figures 153 et 154 donnent la position des différentes perturbations en surface (1), qui ont intéressé l'Afrique de l'Ouest et du Nord au cours du mois de janvier.

Les figures 155 et 156 montrent en surface la position et la trajectoire des différentes dépressions au cours de la même période.

2) Comparaison avec les cartes moyennes de janvier :

a) Carte de pression au niveau de la mer :

Par rapport à la carte moyenne de janvier 4, il existe un décalage d'une part de l'anticyclone libyen vers l'Est et d'autre part de l'anticyclone atlantique vers le NE, alors que la méditerranée occidentale et centrale est intéressée par une zone dépressionnaire, permettant au flux d'air froid de pénétrer profondément sur le Sahara central et méridional.

Par suite du déplacement de la cellule anticyclonique atlantique vers le NE, un creusement peut se produire entre les Açores et les Canaries et provoquer la formation d'une dépression qui dirige sur sa face Est, un courant de secteur Sud de la Mauritanie au Sud du Maroc (12 au 14 et 17 au 21 janvier). Du 26 au 31 janvier toute l'Afrique de l'Ouest et du Nord est située dans une zone de hautes pressions en surface, constituée par de l'air froid ; il n'y a pas de scission entre les cellules anticycloniques atlantique et libyenne.

b) Isothermes :

Il existe un décalage vers l'Ouest dans les isothermes moyennes en surface de janvier 1957 par rapport aux isothermes moyennes correspondantes sur 30 ans 4. De même les valeurs moyennes de janvier 1957 sont inférieures à la normale, de cinq

(1) Les chiffres indiquent les dates.

degrés environ, en particulier au Sahara central et méridional et dans le Nord du Niger.

Les températures maximales sont également inférieures à la normale dans ces régions.

Par suite de ce facteur limitatif, il n'est pas étonnant comme nous le verrons dans un prochain paragraphe, que l'activité des essaims ait été restreinte dans cette zone où pendant de nombreux jours les températures n'ont pas dépassé 16 degrés centigrades.

c) Précipitations :

La carte des précipitations de janvier 1957 fait apparaître, comme la carte moyenne tracée sur 30 années [11], deux ponts de précipitations, l'un du Maroc au Nord de la Mauritanie, l'autre du Nord de l'Algérie au Sahara méridional, avec deux maximums relatifs, l'un sur l'Atlas algérien, l'autre sur le Sahara central.

3.3.2. Aperçu général des signalisations de criquets pèlerins au cours des mois de janvier et février 1957 :

a) Janvier 1957 :

Les figures 157 a et b représentant le pointage des signalisations d'essaims pour le mois [9], montrent à première vue que les déplacements ont été faibles dans l'ensemble, donc que la situation criquet peut être considérée comme statique en Algérie et au Maroc. Aucune manifestation concernant le criquet pèlerin n'a été remarquée sur le territoire du Niger (1). Cependant des mouvements locaux de larges essaims se sont produits au Sénégal, en Mauritanie, au Maroc, au Sahara central (à partir du 9) et en Tunisie (du 2 au 15) ; il y a eu transport d'essaims à certaines époques correspondant, comme nous le verrons dans le prochain paragraphe, à des périodes perturbées au sens météorologique du mot. Le territoire du Sénégal, par exemple, a été envahi par des essaims migrants qui s'étaient précédemment concentrés dans la vallée du fleuve Sénégal et se sont réunis dans l'extrême NW de ce territoire. Il y a eu également de nombreux criquets en Mauritanie (dans l'Inchiri), où des pontes denses ont été déposées sur de grandes surfaces. Rappelons qu'en décembre 1956, il y avait eu de fortes précipitations dans cette région.

b) Février 1957 :

Les figures 158a et 158b représentent les signalisations des essaims [9] et leurs évolutions par décades. Les essaims situés dans l'Ouest et le centre du Maroc sont restés stationnaires. Du 5 au 10 février certains d'entre eux, posés dans l'Est marocain, se sont déplacés vers l'Algérie. Il faut noter également des mouvements au Sahara central du 10 au 15 février, ainsi que de l'Est algérien à la Tunisie dus à l'influence de la dépression méditerranéenne qui dirige de l'Algérie à la Tunisie un flux maritime WSW à Ouest. Ces essaims sont restés

(1) En fait les criquets sont situés plus au Sud : Nigeria, Ghana, Gabon, par suite des basses températures liées aux descentes successives d'air froid. La zone de convergence intertropicale se trouve de ce fait plus au Sud que sa position moyenne en janvier.

ensuite stationnaires jusqu'à la fin de ce mois, (une nouvelle arrivée d'air froid à l'arrière de la dépression, intéresse l'Algérie et la Tunisie durant cette période).

3.3.3. Analyse de certaines situations météorologiques particulièrement intéressantes au point de vue du criquet pèlerin au cours du mois de janvier 1957 :

a) Généralités :

La description de l'évolution générale du temps a été faite au paragraphe 3.3.1. Il en résulte, qu'au sein de ce mois, deux périodes paraissent particulièrement intéressantes : du 9 au 14 janvier et du 19 au 25 janvier. La première de ces deux périodes sera étudiée dans le détail. Au préalable, il est donné une description succincte, par période évolutive, de la situation météorologique quotidienne 17/18 et des signalisations correspondantes 9/19.

b) Etude par périodes :

Période du 1 au 3 janvier : Les hautes pressions subtropicales sont scindées en deux cellules centrées l'une au Sud des Açores, l'autre sur la Méditerranée orientale. Les perturbations de Nord-Ouest se succèdent sur la face Ouest du couloir de basses pressions situé entre ces deux cellules anticycloniques et donnent des chutes de pluie du Maroc à la Tunisie. La figure 159 représente la carte des signalisations du 1 au 5 janvier. On voit que celles-ci sont peu abondantes à l'exception du Maroc, où plusieurs essaims atteignent la frontière Sud. Notons en Algérie des essaims posés le 1 et le 5 à Metlili près de Ghardaia.

Période du 4 au 8 janvier : La zone de hautes pressions qui fait suite aux descentes froides successives s'étend de l'Espagne au Sahara central et dirige sur la majeure partie du Continent africain un flux de secteur Est assez fort. La figure 160 représente les signalisations du 5 au 10 janvier. Il faut noter uniquement des mouvements Est-Ouest du 4 au 8 au Maroc dans le flux continental d'Est qui s'est probablement réchauffé par sa base à la suite d'un long trajet continental, (les essaims atteignent les vallées W du Haut-Atlas) et des signalisations en Tunisie, où les criquets roses se déplacent vers le Sud, entraînés par le flux de secteur Nord qui souffle sur ce Pays. La figure 161 montre la position des signalisations par décade du 1 au 10 janvier où l'on note également des essaims au Ghana et en Guinée le 8.

Période du 9 au 14 janvier : La cellule anticyclonique se déplace vers le NE tandis que la zone de hautes pressions qui intéressait le Sahara se décale vers la Libye. Une dépression formée au Sud Est des Açores le 9, se déplace vers les Canaries les 10 et 11 janvier. Un couloir de basses pressions s'établit du Sénégal au Maroc, entraînant un flux d'air chaud de secteur Sud dans ces régions, et de SE sur le Sahara. Les essaims reprennent de l'activité et l'on enregistre de nombreux vols sur la Tunisie (Fig. 162 et 163). Cette période très intéressante sera étudiée en détail à la fin du paragraphe.

Période du 15 au 19 janvier : Le puissant anticyclone atlantique commence à se décaler vers l'Est et atteint le Maroc le 16. La dépression méditerranéenne continue à se déplacer vers l'Est, mais dirige encore un flux perturbé de NW sur l'Algérie et la Tunisie. Le 17 cette dépression poursuit son mouvement vers l'Est et commence à se combler, alors qu'une dépression secondaire se forme au SW de Gibraltar. Le front froid qui lui est lié longe les côtes atlantiques le 16, puis se déplace vers l'Est et intéresse de ce fait l'Ouest et le SW de l'Algérie le 17. Cette dépression se comble le 19 et le front froid se frontolyse. Il ne reste plus qu'un thalweg s'étendant des côtes du Maroc à la Mauritanie, qui dirige à l'avant de celui-ci un flux de SE sur l'ensemble de l'Algérie et l'Est du Maroc.

La figure 164 représentant les signalisations du 15 au 20 janvier, montre une autre progression des essaims de Benie-Abbès (17 et 18) en direction de la frontière algéro-marocaine ; un mouvement comparable dans la région de Metlili amène le 18 un essaim à proximité de Tilmrent. Il faut également noter l'apparition d'une nouvelle vague de criquets dans la région de Reggane le 19. Il y a aussi une activité des essaims au Sénégal, certains paraissant venir de Mauritanie (Fig. 165).

Période du 20 au 25 janvier : Le thalweg qui s'étend le 20 du large des côtes du Maroc à la Mauritanie, se déplace vers l'Est. Il intéresse le Sahara le 21 et atteint le 22 au soir la Tunisie et la Libye, tandis qu'une perturbation atlantique s'approche de l'Ouest de l'Afrique. Le front froid de cette perturbation atteint les côtes du Maroc et du Rio de Oro le 23 au soir, traverse rapidement l'Algérie le 24 et arrive sur la Tunisie le 25.

La figure 166 représente les signalisations du 20 au 25 janvier, et la figure 167 les positions comparées de celles-ci par pentades, du 15 au 25 janvier. L'étude de ces signalisations (région de Reggane) indique qu'en Algérie les mouvements des essaims sont différents durant cette période. Jusqu'au 22, ils se déplacent vers l'Est et atteignent Aoulef, par suite probablement du décalage vers l'Est du thalweg qui traverse l'Algérie les 21 et 22. A l'arrière de ce thalweg, un anticyclone mobile dirige sur sa face Ouest, à partir du 23, un flux de secteur Sud (les signalisations indiquent un déplacement vers le Nord en direction de Titaf). Ce courant de Sud intéresse le Sahara central et septentrional à l'avant d'un front froid (précédemment cité) qui traverse ces mêmes régions le 24, et atteint le massif de l'Ahaggar le 25. Il existe également au Sénégal une activité importante des essaims qui se déplacent dans l'ensemble vers le NW durant cette période.

Période du 26 au 31 janvier : A l'arrière de ce front froid un vaste anticyclone se forme le 26, il s'étend de l'Espagne au centre de l'Afrique le 27, et persiste jusqu'en fin de période. Ce centre de hautes pressions dirige sur l'ensemble de l'aire étudiée un flux continental de secteur Est (NE à SE). Les figures 168 et 169 représentant les cartes de pointage des signalisations indiquent sur le Maroc un mouvement Ouest-Est des essaims et également vers la frontière algéro-marocaine, ainsi qu'un mouvement du Sénégal vers la Mauritanie (nouvelles pontes dans l'Inchiri).

c) Etude particulière de la période 9 au 14 janvier 1957 :

9 janvier :

a) Situation météorologique : En surface, la situation isobarique (Fig. 170) est caractérisée par la présence d'un vaste anticyclone s'étendant de l'Europe centrale à l'Afrique du Nord. Une dépression se forme et se creuse à l'Ouest de cet anticyclone et commence à diriger, tant en surface (Fig. 170) qu'en altitude (Fig. 171) un flux de secteur SE du Nord de la Mauritanie au Maroc, puis sur l'Algérie de l'Ouest (NW du Sahara central inclus).

b) Signalisations : Les premiers vols d'essaims immatures axés SE - NW sont signalés en Algérie dans la région de Ghardaia (Cf. Fig. 160) ainsi qu'à la frontière algéro-marocaine (entre Beni-Abbès et la frontière).

10 janvier :

a) Situation météorologique : L'anticyclone persiste sur le NE de l'Afrique, tandis que la dépression centrée au Nord de Madère continue à se creuser. (Fig. 172). Le flux de SE tend à se généraliser au Nord du 20ème parallèle, à l'exception de l'Est et du centre du Maroc. En altitude on retrouve à tous les niveaux, la dépression située au niveau de la mer, en particulier à 1.500 mètres (Fig. 173).

b) Signalisations : Des vols venant du SE sont signalés dans la région de Ghardaia en direction du NW, (vent de SE), ainsi qu'un vol tournoyant vers Beni-Abbès (Cf. Fig. 160). Il faut noter également une activité importante à l'intérieur du territoire du Sénégal.

11 janvier :

a) Situation météorologique : La dépression centrée au Nord des Canaries se déplace vers le SE et s'approche des côtes d'Afrique (Fig. 174).

Le flux d'air chaud de secteur Sud qui est lié à cette dépression est établi à tous les niveaux de la Mauritanie au Maroc et se renforce en altitude (Fig. 175). Il faut également noter sur le centre du Maroc une importante discontinuité entre les vents de secteur Sud précités et les vents froids de secteur Nord liés à l'anticyclone continental d'Europe.

b) Signalisations : Aucune signalisation n'a lieu au Nord du 33ème parallèle au Maroc et au voisinage de la frontière algéro-marocaine (Fig. 162).

Les essaims ne dépassent pas cette latitude, qui est précisément celle où se trouve la discontinuité de vent et de température précédemment citée. En Mauritanie des essaims entraînés par les vents de secteur Sud, se déplacent rapidement vers le Nord (Inchiri). Un essaim est signalé en Tunisie, alors qu'un front froid, lié à une dépression centrée au SE de la Sardaigne, aborde ce Pays (Fig. 174).

12 janvier :

a) Situation météorologique : La dépression canarienne reste sensiblement stationnaire au niveau de la mer et se comble lentement (Fig. 176), mais elle continue à jouer le rôle de centre d'action et maintient un flux de secteur Sud de la Mauritanie au Maroc, qui diminue d'intensité en surface par suite du comblement progressif de la dépression, et en altitude (Fig. 177) par suite de son déplacement vers le NW.

b) Signalisation : Aucun essaim n'est observé en vol en Mauritanie, mais des accouplements sont signalés dans l'Inchiri. La seule activité est au Maroc. (Ksar es Souk).

13 janvier :

a) Situation météorologique : La dépression située au large de Madère persiste tout en continuant à se combler, elle se prolonge par un thalweg qui, formé la veille des côtes de la Mauritanie à celles du Rio de Oro, s'est déplacé vers l'Est (Fig. 178) et s'étend du Sénégal au Rio de Oro. A l'arrière de ce thalweg de surface, flux de NE généralisé sur la Mauritanie et le Rio de Oro alors que la moitié Est du Sénégal est sous l'influence d'un flux de SE. La dépression située sur Madère se retrouve à tous les niveaux à la même position (Fig. 179).

De l'air de plus en plus froid dirigé par la dépression centrée sur la Sardaigne (Fig. 178) intéresse la Méditerranée occidentale et atteint les côtes d'Algérie le soir.

b) Signalisations : Aucun vol n'est signalé en Mauritanie du fait des accouplements ni en Algérie et en Tunisie par suite des descentes successives d'air froid. Par contre au Sénégal un essaim en vol est entraîné vers le NW (Vent de SE).

14 janvier :

a) Situation météorologique : La dépression méditerranéenne tant en surface qu'en altitude joue le rôle de centre d'action principal, (Fig. 180 et 181), et dirige sur l'Afrique du Nord, le Rio de Oro

et la Mauritanie un flux d'air froid d'Ouest à Nord-Ouest. L'anticyclone africain s'est effondré et un vaste couloir dépressionnaire s'est établi du Sénégal à l'Ouest algérien, limitant l'air maritime froid de l'air continental sec et plus chaud (Fig. 180).

b) Signalisations : (Fig. 162). Seuls l'extrême Ouest algérien (discontinuité - convergence) et le Maroc sont le champ de signalisations. Un petit vol rencontré dans le secteur de Tazrouk, se dirige vers le NE.

3.3.4. Comparaison de l'analyse du temps et des mouvements des essaims au cours du mois de janvier 1957 :

Comme nous l'avons déjà vu, ce mois a été froid et peu perturbé dans l'ensemble. Les essaims ont subi de faibles déplacements ou sont restés stationnaires durant de nombreux jours sur l'ensemble de l'aire étudiée (sauf au Sénégal où les températures restent élevées), à l'exception de deux périodes du 9 au 14 et du 20 au 25 janvier. Or, celles-ci correspondent à un changement de type de temps ; l'air chaud tropical prédomine, les températures au sol, alors supérieures à la normale du mois, dépassent 20 degrés centigrades durant plusieurs heures au cours de la journée, les vents en surface et en altitude sont de secteur Sud (entre SE et SW). Des essaims remontent du Sénégal vers la Mauritanie où ils pondent, et du Sahara central vers la frontière algéro-marocaine. Certains essaims du Sahara central, semblent également avoir été entraînés vers l'Est par le courant polaire perturbé de direction Ouest-Est, entre les 20 et 23 janvier.

3.3.5. Comparaison des mois de janvier 1951 et 1957 pour la zone étudiée :

1) Généralités :

Janvier 1951 est anormalement perturbé, en particulier du 7 au 12 et du 20 au 27. Des perturbations axées SW-NE prenant naissance au Mali se déplacent vers le Sahara, et entraînent de l'air tropical chaud à des latitudes assez septentrionales. A ces remontées d'air chaud, succèdent en fin de période des arrivées d'air froid, paraissant stopper l'activité des essaims. Dans l'ensemble celle-ci est très importante pour janvier, et l'on peut noter des mouvements de criquets de la Mauritanie au Sud du Maroc, du Mali au Sahara méridional, du Niger au Sahara jusqu'à la frontière algéro-marocaine.

Au contraire le mois de janvier 1957 est peu perturbé dans l'ensemble, mais très froid. Les arrivées d'air froid se succèdent, en particulier du 2 au 8 et du 21 au 25 janvier ; les températures maximales sont alors inférieures à 20 degrés centigrades, et les températures minimales en-dessous de 0°. Font exception deux périodes s'étendant du 9 au 15 et du 25 au 30 janvier où l'on peut noter des températures plus élevées, surtout du 9 au 12 et du 26 au 28, périodes correspondant à une activité maximale des essaims, sur la Mauritanie (le 11) et le Sahara central et septentrional (9 au 11 - 26 au 30) jusqu'au Maroc.

2) Valeurs comparées des températures, de la nébulosité et des précipitations au cours des mois de janvier 1951 et 1957 :

Il a paru intéressant d'établir des diagrammes comparés donnant

la valeur de différents paramètres (1) (températures maximale et minimale), (nébulosité - précipitations) pour un certain nombre de stations météorologiques de l'Algérie, qui sont situées sur la figure 182.

Les résultats fournis par les observations des différentes stations choisies sont analysés ci-après, par un ordre décroissant de latitude pour ces stations :

a) Biskra : Il n'y a aucune mesure effectuée à cette station en janvier 1951. En janvier 1957 le diagramme des températures (Fig. 183) fait apparaître de l'air chaud du 7 au 11 (températures maximales plus élevées) et du 27 au 31 janvier ; par contre l'air froid intéresse cette région au début du mois et du 13 au 23 janvier, période où les températures maximales ne dépassent pas 14° C, sous abri. La nébulosité est faible dans l'ensemble à l'exception des 21 et 22 janvier 1957, correspondant à un passage de perturbations accompagnées de précipitations.

b) Laghouat : La partie gauche de la figure 184 représente un diagramme comparé des valeurs des températures en janvier 1951 et 1957. Les zones hachurées comme sur tous les futurs diagrammes, symbolisent les périodes où les températures sont plus élevées en janvier 1951 qu'en janvier 1957.

Comme le diagramme de Biskra, celui-ci fait apparaître deux périodes d'air relativement chaud en 1957 du 7 au 12, et du 27 au 31 janvier, alors que l'air froid intéresse la région du 13 au 24 janvier. La situation est inversée en 1951. Il faut noter que les températures maximales, même dans l'air chaud, sont inférieures à 20° C et que les températures minimales sont très basses (moyenne zéro degré). Aucun essaim n'est signalé dans ces régions en janvier 1951 et 1957. La nébulosité à 12 G.M.T. est assez variable, le maximum correspond aux journées perturbées.

c) Touggourt : Le diagramme des températures maximales et minimales représenté sur la figure 185, montre que les températures de janvier 1951 sont supérieures à celles de janvier 1957. Le plus gros écart se situe entre les 11 et 25 janvier (aire hachurée). Les températures maximales au cours de cette période sont toujours inférieures à 17° C, en 1957, alors qu'elles dépassent 22° en 1951, mais restent en moyenne inférieures à 20° C. La nébulosité est variable, plus dense en janvier 1951, mois où les températures minimales sont également plus élevées. En 1951 un essaim est signalé dans ce district le 28 janvier, rien en 1957.

d) Ouargla : L'allure des courbes de température (Fig. 186) est plus complexe que pour les diagrammes précédents. Comme précédemment on remarque d'une part qu'en moyenne les températures de janvier 1951 sont supérieures à celles de janvier 1957, et d'autre part que les différentes pulsations d'air chaud et arrivées d'air froid sont mises en évidence aux périodes précitées. Cependant la moyenne des températures maximales reste inférieure à 20° C. La nébulosité est variable, plus importante dans la dernière dizaine de janvier 1957. Aucun essaim n'est signalé.

(1) La signalisation d'essaims dans le degré carré correspondant à chaque station a été ajoutée (symbole utilisé : \triangle).

e) Colomb-Béchar : Les diagrammes, représentés sur la figure 187, ont la même allure générale que les précédents à des périodes identiques. Il est à remarquer que dans cette région, les signalisations ont lieu aux moments où les températures maximales quotidiennes sont les plus élevées, ainsi, en janvier 1951, les 20 et 21 (20 à 22° centigrades), en janvier 1957, les 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 (15 à 18° centigrades sous abri), et les 22, 23, 25, 26 et 27 (15 à 17° centigrades sous abri). L'essaim signalé le 9 est probablement arrivé dans l'air chaud (maximum de température le 8).

En 1951 et 1957 aucun vol n'est signalé pendant les périodes de températures les plus basses ; du 1er au 11 en 1951, du 15 au 21 en 1957. (Températures maximales sous abri de 8 à 14° C).

La nébulosité est variable, plus importante en 1951 qu'en 1957.

f) Timimoun : Les courbes ont la même allure générale que précédemment (Fig. 188). Les seules signalisations que l'on a, sont en 1951 : les 13, 20, 21 et 24. L'activité des essaims correspond encore cette fois à la période des températures les plus hautes du 13 au 24 janvier. Il faut noter en 1951 le passage de perturbations les 10 et 11 janvier.

g) Adrar : Les courbes de températures maximales sont sensiblement différentes des précédentes (Fig. 189), surtout celle de 1957 où la période froide est beaucoup plus courte : 3 jours seulement les 20, 21 et 22 janvier (passage de perturbations, pluie le 21), par contre on retrouve très bien pour 1951 la période d'air chaud, pendant laquelle se situent les signalisations (22 et 23 janvier - température maximale sous abri 23 et 24° C, vent au sol SSE - 5 à 10 noeuds).

De nombreux essaims sont signalés en vol vers le Nord les 23 et 25 janvier 1957, juste après la remontée spectaculaire des températures (8° C en deux jours) - vent au sol variable faible.

h) Aoulef : Les diagrammes représentés sur la figure 190 sont semblables à ceux d'Adrar, mais les valeurs des températures sont supérieures d'environ 2° centigrades aux précédentes. Les perturbations intéressent Adrar et Aoulef les mêmes journées. (10 et 11 janvier en 1951 - 20 et 21 janvier en 1957).

Les signalisations ont lieu aux mêmes périodes 20 - 22 janvier 1951, c'est-à-dire dans l'air chaud, et 19 janvier 1957 dans l'air chaud à l'avant de la perturbation (baisse de 7° C le 20) ainsi que les 22, 23, 24 et 26 janvier 1957, après le passage de la perturbation du 21. Aucune signalisation d'essaim en vol les 20 et 21 janvier.

i) In Salah : La figure 191 indique qu'il y a peu de renseignements en 1951, mais l'allure générale des courbes est identique à celle d'Aoulef. Il faut noter le passage d'une perturbation dans la nuit du 21 au 22 janvier 1957, ainsi que la présence d'air chaud à partir du 20 janvier 1951, et du 23 janvier 1957.

Signalisation : Vols d'essaims le 20 janvier 1951. Aucune signalisation en 1957.

j) Fort Flatters et Fort Polignac : Les figures 192 et 193 représentent les courbes de températures maximales et minimales et de nébulosité uniquement pour 1957. Elles sont semblables : air froid en début de période, air chaud à la mi-janvier, puis de nouveau de l'air froid ; enfin le passage d'une perturbation le 22 à Fort Flatters et le 24 à Fort Polignac, suivi d'une nouvelle advection d'air chaud.

Des essaims sont signalés dans cette zone les 13 et 30 janvier 1951. Aucune signalisation en janvier 1957.

k) Ouallen : Les diagrammes représentés sur la figure 194 ressemblent à ceux d'Aoulef et d'In Salah, mais les températures maximales et minimales sont plus élevées et la perturbation qui intéresse ce district le 21 janvier 1957 est plus atténuée (très faibles précipitations). Il n'y a aucun essaim signalé d'après les compte-rendus dans cette région en janvier 1957.

l) Djanet : Les courbes de températures et de nébulosité (Fig. 195) ressemblent aux précédentes, mais sont décalées dans le temps. Ainsi en 1951, l'air chaud de fin de période n'apparaît que le 25 janvier, tandis qu'en 1957 une perturbation n'intéresse ce district que le 26 janvier. Les signalisations du début du mois de janvier 1951 (1 - 2 - 4) correspondent à une période d'air relativement chaud (18 à 20° C de température maximale sous abri). Aucune signalisation en 1957.

m) Tamanrasset : La figure 196 représentant les valeurs journalières des températures et de la nébulosité est analogue à la figure 195. Il faut noter cependant l'absence de précipitation le 16 janvier 1957, journée correspondant au passage d'une perturbation atténuée. Les signalisations des 2 et 7 janvier 1951 dans cette région ont eu lieu dans un courant d'air chaud de SW. (Températures maximales sous abri 18 à 20° C). Aucune signalisation en 1957.

n) Bidon V : Les renseignements de cette station portent uniquement sur la nébulosité et le vent au sol en 1957. Il faut noter le passage d'un front donnant des traces de pluie le 25 janvier. Aucun essaim n'est signalé dans cette région en janvier 1951 et 1957.

o) Tessalit : L'examen des valeurs des températures journalières prises sous abri à 12 G.M.T., montre que janvier 1957 a été plus froid que janvier 1951. En prenant comme référence la température de 22 degrés centigrades, on s'aperçoit que seules cinq journées ont eu à 12 heures des températures inférieures à cette valeur (les 2, 3, 4, 12 et 13 janvier 1951), alors qu'en 1957, 20 jours ont vu la température inférieure à cette valeur : du 4 au 12 et du 22 au 31 janvier. En 1957 les températures les plus élevées de ce mois se situent entre le 16 et le 21. Les observations de Kidal donnent pour janvier 1957 13 journées inférieures à 22° C (12 GMT) : du 5 au 12 et du 27 au 31 - et les températures les plus élevées (supérieures à 30° C) du 16 au 21.

p) Agadès : La comparaison des températures de 12 G.M.T. montre également que janvier 1957 a été très froid par rapport à janvier 1951. On note, en effet 10 jours où la température est restée, à cette heure, inférieure à 22° C (du 6 au 12 et du 29 au 31), alors qu'il n'y a aucune journée en 1951, où la température a été inférieure à cette valeur à 12 G.M.T. La température la plus basse pour 12 G.M.T. a été enregistrée le 8 janvier 1957 : 18^o,3 C.

Il est probable qu'en janvier 1957 une des causes principales du déplacement des essaims vers les latitudes de 10 à 8° Nord est la pénétration de l'air froid à des latitudes très basses.

3.3.6. Aperçu général des signalisations de criquets pèlerins au cours des mois de janvier 1951 et 1957 :

Les figures 123 et 197 représentent les signalisations des essaims pointées par degrés carrés pour les mois de janvier 1951 et 1957.

L'aspect de ces deux cartes fait ressortir plusieurs phénomènes importants :

- a) Les signalisations sont beaucoup plus nombreuses en janvier 1951 qu'en janvier 1957 9/19.
- b) Les mouvements des essaims sont à plus grande échelle en 1951, car ils partent du Niger ou du Mali vers le Sahara central, la Tunisie et la Libye d'une part, l'Ouest de l'Algérie à proximité de la frontière algéro-marocaine d'autre part. Des essaims également traversent la Mauritanie, le Rio de Oro et atteignent le Maroc. En janvier 1957, seuls sont notés une invasion du Sud mauritanien à partir du Sénégal, et des mouvements du Sahara central vers le Maroc d'une part, et la Tunisie d'autre part.
- c) Le nombre de jours de signalisations est supérieur en 1951.
- d) En janvier 1957 toute la moitié Sud du Maroc est intéressée par des essaims, alors qu'en janvier 1951, seule la partie SW du Maroc est infestée. (Cf. Appendice).
- e) L'activité des essaims au Sénégal est réduite en janvier 1951, importante en janvier 1957, par contre c'est l'inverse au Mali, Niger et Tchad, où il n'y a pas de signalisation en janvier 1957. Il faut noter que pour cette dernière année, les essaims en décembre et janvier sont descendus très au Sud et se situent entre les 8ème et 10ème parallèles, par suite probablement des descentes successives d'air froid qui ont atteint le Mali, le Niger et le Tchad comme il a été dit précédemment.
- f) La limite septentrionale des signalisations se trouve aussi bien en janvier 1951 qu'en janvier 1957 au voisinage du 33ème parallèle, c'est-à-dire à la limite de l'air le plus froid, à partir de laquelle les températures restent inférieures à un seuil que l'on peut considérer comme critique pour l'activité des criquets pèlerins. La valeur de ce seuil semble être 16 à 17° centigrades (températures observées sous abri). Cette barrière thermique moyenne correspond généralement à une discontinuité de direction des vents. L'influence orographique est également importante (1).

(1) De ce fait la barrière thermique n'est pas alignée suivant un parallèle mais s'incline vers le SW vers la frontière algéro-marocaine (Ouest de Colomb-Béchar).

L'étude des signalisations fait apparaître que les grands déplacements des essaims n'ont pas lieu de façon permanente dans le temps et dans l'espace, mais qu'à des périodes d'arrêt en hiver correspondant en général à des arrivées d'air très froid, succèdent des périodes de déplacement liées à des advections d'air chaud. En janvier 1951, les pulsations d'air chaud ont été plus importantes et ont eu lieu sur de plus grandes distances qu'en janvier 1957, alors que les descentes d'air froid ont prédominé en janvier 1957 et ont atteint les très basses latitudes, ce qui pourrait expliquer la différence d'activité des essaims au cours des mois de janvier 1951 et 1957.

3.3.7. Essai de généralisation - Les déplacements des essaims de criquets pèlerins durant la période décembre - janvier - février pour la zone considérée :

Le fait que les mouvements saisonniers des essaims de criquets pèlerins grégaires ou mouvements migrateurs soient en relation avec les courants généraux de vent [24] qui sont eux-mêmes établis par les centres d'action de hautes et de basses pressions a été discuté et admis au chapitre 2 (paragraphe 2.4.) pour les mois de septembre - octobre et novembre.

L'étude de la période décembre - janvier - février, conduit au même résultat.

Les mouvements des essaims sont moins nombreux et souvent moins rapides en décembre et janvier que ceux liés à la période précédente, par suite des effets saisonniers et des nombreuses descentes d'air froid venant de l'Atlantique ou de la Méditerranée [3]. Les deux centres d'action principaux, sont les anticyclones atlantique (H1) et libyen (H2), et un centre secondaire : la dépression de Méditerranée (L2) qui joue un rôle prépondérant en février.

La position moyenne de ces centres d'action, pour la période considérée est indiquée figure 197. La carte représentée par cette figure montre l'existence de deux courants d'air d'origine et de caractéristiques différentes, l'un de secteur Nord, froid et relativement humide, l'autre de secteur Sud sec et relativement chaud. Ces deux courants sont séparés par une discontinuité (direction de vent et de température) D1 indiquée sur cette carte par une ligne croisillonnée, axée sensiblement sur le 30ème parallèle.

La zone de convergence intertropicale est à cette époque rejetée en moyenne au Sud du 10ème parallèle.

La discontinuité D1 paraît jouer, quant aux mouvements des essaims, un rôle important qui serait celui d'une barrière que les criquets pèlerins ne traverseraient pas, par suite de la variation de vent (directions opposées) et des basses températures existant au Nord de cette discontinuité. (Cf. analyse comparée des températures maximales des stations météorologiques de l'Algérie paragraphe 3.3.5.2.). Malheureusement cette discontinuité n'est pas stationnaire au cours de la période, sa position dépend de celles des centres d'action précités, qui varient eux-mêmes dans le temps et dans l'espace.

Les figures 198, 199 et 200 donnent une idée des différentes positions que peuvent prendre ces cellules anticycloniques, et des modifications que subit l'écoulement de l'air, compte tenu de ce fait.

Sur la figure 198, l'anticyclone atlantique H1 s'est déplacé vers le NE, une dépression relative L1 s'est formée au Nord des Canaries, ainsi qu'un thalweg T1 marquant la discontinuité des alizés du Sénégal au Sud du Maroc. La dépression L2 s'est décalée vers l'Ouest, ainsi que l'anticyclone libyen H2

qui intéresse le Sahara méridional et central, et dirige sur ces régions un flux continental de secteur Sud. La discontinuité D1 (traits croisillonnés) occupe sensiblement la même position. Si la dépression L1 se creuse sur l'Atlantique, la discontinuité des alizés disparaît. Un courant de Sud s'établit alors sur le Sénégal, la Mauritanie, le Rio de Oro, le Maroc, le Sahara méridional, central et septentrional. La discontinuité thermique D1 qui était située sur le 30ème parallèle, se déplace vers le Nord pour se placer en moyenne au voisinage des côtes du Maroc et de l'Algérie. Ce dernier type de temps, correspond à celui rencontré lors des vols des essais du Sahara à la frontière algéro-marocaine, et du Sénégal à la Mauritanie, Rio de Oro et Sud du Maroc.

A certaines périodes, par suite de la poussée de la cellule anticyclonique H1 sur le Rio de Oro et la Mauritanie, le thalweg T1 se décale vers l'Est (Fig. 199). La discontinuité des alizés qui lui est liée occupe alors une position plus orientale et s'étend du Maroc au fleuve Niger. La dépression L1 se situe sur le Maroc, tandis que la discontinuité D1 est rejetée plus au Nord, et permet à l'air chaud d'atteindre le Nord de l'Afrique (1). (Montées des essais jusqu'à l'extrême Nord de l'Algérie).

Lorsqu'il existe à cette époque des essais au Mali, Niger et Sahara méridional, ceux-ci entraînés dans le courant chaud de secteur Sud se déplacent vers le Sahara septentrional puis vers le Maroc, ou bien vers la Tunisie et la Libye si l'anticyclone H1 continue sa progression vers l'Est, entraînant celle du thalweg T1 et de la dépression L1 qui vient se centrer alors sur la Tunisie et se trouve en phase avec la dépression méditerranéenne L2. Les essais sont alors entraînés de l'Algérie à la Tunisie (ce cas se présente surtout en février). Il arrive souvent qu'à l'arrière de cette dépression une descente d'air froid intéresse l'ensemble de l'Algérie 17, et entraîne une hausse du champ de pression en surface sur ce Pays, les cellules anticycloniques H1 et H2 se rejoignent alors pour ne former qu'une seule zone de hautes pressions représentée figure 200.

L'air froid qui a traversé l'Algérie et la Tunisie, pénètre profondément au Niger, en Libye et au Tchad. La discontinuité B1 atteint le 15ème parallèle. Les températures minimales sont très basses, les températures maximales peu élevées, l'activité des essais est réduite au Nord du 25ème parallèle, à l'exception du Maroc (flux d'Est réchauffé par un long trajet continental et un effet orographique sur Atlas marocain - foehn). Les essais situés aux basses latitudes (inférieures à 15° N) se déplacent en général vers le SE et atteignent les latitudes de 7° à 8° Nord, c'est-à-dire le voisinage de la zone de convergence intertropicale (front de mousson).

Nous venons de voir que les déplacements importants des essais durant la période décembre, janvier, février, ne paraissent avoir lieu que dans l'air chaud (2) 21/24, c'est-à-dire en général lorsque la situation isobarique est telle qu'elle dirige un flux de secteur Sud (SE à SW) au Nord du 20ème parallèle.

Pour la période considérée il faudra donc étudier les déplacements des centres d'action de hautes et de basses pressions, ainsi que leurs évolutions (creusement ou comblement pour une dépression) (extension ou affaiblissement pour un anticyclone), de façon à prévoir les futurs courants de vent

(1) Remarque : Il arrive qu'une dépression se forme et se creuse au Mali, le long du thalweg T1, et donne naissance à un courant de perturbations axé SW-NE, du Mali au Sahara septentrional, (perturbations dites malio-sahariennes).

(2) Secteur chaud des perturbations sahariennes.

et la qualité des masses d'air qui leur sont liées permettant une activité en vol des essaims. Les cartes telles que celles représentées par les figures 197 à 200, correspondent à des types de temps classiques à cette époque de l'année. Elles peuvent aider le prévisionniste ou le spécialiste acridien, à déterminer à une grande échelle les mouvements probables ou improbables des essaims dans certaines régions compte tenu des signalisations antérieures et du comportement biologique de ces criquets.

L'analyse des variations de pression au niveau de la mer en 6 heures et 24 heures sur l'ensemble de l'aire étudiée, et en particulier sur les Canaries, Maroc, Méditerranée occidentale, Tunisie, Libye, Mali et Sahara méridional, sera d'une grande utilité pour l'étude du déplacement et de l'évolution des centres d'action. De même l'analyse et l'évolution antérieure des cartes en altitude, en particulier celle des surfaces isobares 850, 700 et 500 mb, fourniront de précieuses indications au prévisionniste pour le futur.

Les figures 150 et 201 ont été tracées grâce aux renseignements fournis par le DLIS 24/31. Elles montrent pour deux périodes différentes la progression des essaims au cours des mois de décembre (1950 et 1956), janvier et février (1951-1957). Comme pour le trimestre précédent (septembre - octobre - novembre), ces mouvements sont conformes aux courants généraux des vents à la même période 24. Ces cartes font apparaître une vaste zone, entre le méridien origine et le 10ème méridien Ouest, dépourvue de signalisation, fait dû en grande partie à l'absence de prospections dans cette région de l'Afrique difficile d'accès.

La figure 150 met en évidence pour les mois de décembre 1950, janvier et février 1951 deux grands mouvements à travers l'Afrique.

- a) Est-Ouest : à travers le Tchad, le Sud Niger, le Mali et le Sénégal ces mouvements sont intermittents.
- b) Sud-Nord : de la Mauritanie au Maroc, du Niger au Sahara septentrional, avec deux branches dérivées l'une vers la frontière algéro-marocaine, l'autre vers la Tunisie et la Libye.

La figure 201, représentant les signalisations pour décembre 1956, janvier et février 1957, met également en évidence deux grands courants d'essaims :

- a) NE - SW : du Tchad, du Niger et du Sud du Mali vers le 8ème parallèle Nord.
- b) Sud-Nord :
 - 1) Du Sénégal à la Mauritanie.
 - 2) Du Sahara méridional et central au Sahara septentrional avec deux branches dérivées, l'une vers le Maroc, l'autre vers la Tunisie et la Libye.

La différence de la direction des mouvements des essaims aux basses latitudes en janvier et février 1957 (NE - SW) par rapport à janvier et février 1951 (Est-Ouest) est due probablement à la pénétration de l'air froid à des latitudes très méridionales (Niger - Tchad Sud Mali), ainsi que la coupure des signalisations de la Mauritanie au Maroc (air froid - vent contraire au sens d'une migration vers le Nord - nombreuses pontes dans l'Ouest mauritanien).

Il est possible de conclure que :

- 1) Durant la période décembre - janvier - février les mouvements des essaims sont plus importants aux basses latitudes et sont généralement à composante Est (vers l'Ouest) sauf lors des grandes descentes d'air froid sur le Sahara méridional, le Niger, le Mali et le Tchad, où les essaims se dirigent alors vers le SW et atteignent les basses latitudes, (8ème parallèle).
- 2) Les mouvements sont plus réduits aux latitudes plus élevées, mais existent lorsque se produisent des advections d'air chaud vers les latitudes septentrionales (courant Sud-Nord).
- 3) Par air très froid, l'activité des essaims est très réduite ou inexistante.
- 4) Les mouvements d'essaims de l'Algérie vers la Tunisie, s'amorcent fin janvier et augmentent d'intensité en février, par suite d'un courant d'air relativement chaud d'Ouest Sud Ouest à Ouest, dirigé par les dépressions successives qui intéressent à cette époque la Méditerranée occidentale 3.

Chapitre 4

ANALYSE DE LA PERIODE MARS - AVRIL - MAI

4.1. Aperçu climatologique :

4.1.1. Situations moyennes au niveau de la mer (cartes isobares moyennes) :

Les figures 202, 203, 204 représentent les isobares moyennes $\overline{4}$, au niveau de la mer, calculées sur trente ans pour les mois de mars, avril et mai. Elles mettent en évidence deux zones de hautes pressions, l'une atlantique centrée en mars entre les Canaries et les Açores (Fig. 202), l'autre continentale subdivisée en deux cellules distinctes. La première s'étend de l'Europe centrale à la Russie et se prolonge par une dorsale rejoignant l'anticyclone atlantique. La seconde s'étend de la Libye à la République Arabe Unie.

En avril l'anticyclone atlantique se décale vers le Nord (Fig. 203) tandis que la cellule anticyclonique de l'Europe centrale s'affaiblit et disparaît en mai (Fig. 204). Une dorsale se forme sur l'Angleterre et rejoint l'anticyclone atlantique.

En mars (Fig. 202) la Méditerranée occidentale est intéressée par une dépression qui rejoint par un couloir de basses pressions relatives, axé de la Tunisie au Niger, la zone dépressionnaire équatoriale. En avril (Fig. 203) la dépression méditerranéenne se comble, et se trouve remplacée en mai (Fig. 204) par une zone de hautes pressions s'étendant du Sud de l'Italie à la Libye, tandis que le vaste complexe de basses pressions équatoriales se décale progressivement vers le Nord (avril - mai) et que la dépression thermique saharienne apparaît (Fig. 203 et 204). Les vents en surface dirigés par ces centres d'action seront donc en moyenne de NE à l'Ouest du 5ème méridien E et au Nord du 20ème parallèle. A l'Est de ce méridien et au Nord de ce parallèle la direction du vent sera plus variable (Secteur Sud dominant). Au Sud du 20ème parallèle par suite de la montée progressive vers le Nord de la zone de basses pressions situées aux basses latitudes, les vents changeront totalement de direction et passeront du secteur Est (entre NE et SE) au secteur Ouest (entre SW et NW).

La figure 205 représentant les isohypses moyennes de la surface isobare 850 millibars pour le mois d'avril $\overline{7}$, montre un couloir de basses pressions relatives du Mali au Maroc, entre les cellules anticycloniques atlantique et africaine.

4.1.2. Isothermes moyennes en surface :

Les isothermes moyennes en surface $\overline{4}$ (températures prises sous abri) calculées pour la même période sont représentées sur les figures 206, 207 et 208. Ces cartes permettent de constater une hausse générale du champ des températures durant ce trimestre, et de voir qu'à partir du mois d'avril il n'y a pas en moyenne une journée où la température en Afrique n'atteint pas au moins 20 degrés centigrades sous abri. A partir du mois d'avril, les températures moyennes deviennent élevées sur le Sahara (Fig. 207), une dépression thermique se forme et se développe en mai, par suite de l'augmentation

continue des températures et du déplacement du noyau de températures maximales dans cette région (Fig. 208).

L'axe moyen de la discontinuité séparant l'air frais de NE de l'air continental plus chaud de secteur Sud est sensiblement SW - NE : de la Mauritanie au Sud de la Tunisie. De part et d'autre de cet axe, limite de deux courants d'origine, de qualité et de direction différentes, peuvent se produire des mouvements d'essaims, comme nous le verrons dans un autre paragraphe.

4.1.3. Précipitations :

Les figures 209, 210 et 211 représentent les valeurs moyennes des précipitations sur 30 années. Les chutes de pluie sont surtout abondantes en mars et avril sur le Maroc et le Nord de l'Algérie (Atlas y compris) et la Tunisie, leur intensité diminue en mai, mois où la pluie fait son apparition au Niger, par suite de la remontée vers le Nord de la zone de convergence intertropicale.

Les précipitations de l'extrême Nord de l'Afrique sont causées en mars et avril et début mai par l'existence en Méditerranée occidentale d'un chapelet de dépressions qui dirigent un flux polaire perturbé sur cette zone. En période d'infestation, il a été vu qu'à la fin du trimestre précédent de nombreux essaims se situaient au Maroc, dans le Nord de l'Algérie, et en Tunisie, régions qui, particulièrement bien arrosées en mars et avril, peuvent ainsi permettre la continuité de l'espèce.

4.2. Analyse succincte des mois de mars, avril et mai :

Il n'est pas envisagé ici de faire l'analyse des situations météorologiques synoptiques, comme dans les chapitres précédents, pour une ou deux années déterminées. Cette analyse serait souhaitable, mais elle ne peut être entreprise dans le cadre de cette étude par manque de temps.

De même l'analyse des signalisations par période de cinq et dix jours n'est pas faite. Seul un aperçu des signalisations des essaims est donné par mois, pour les années 1947 et 1955, d'après les renseignements fournis par le DLIS [24]. Les figures 212 et 213 représentent les aires infestées par les criquets pèlerins en mars, avril, mai pour les années précitées. A l'intérieur de ces aires, de nombreuses pontes et des bandes larvaires étendues sont signalées au cours de ces trois mois.

A première vue ces cartes font apparaître une stagnation des essaims dans le Nord de l'Afrique au cours de cette période jusqu'à la moitié mai avec cependant un mouvement du NW de l'Afrique au Mali (1955) et une remontée des essaims des basses latitudes vers le NW du Mali en mai, probablement liée au déplacement vers le Nord de la zone de convergence intertropicale.

L'enveloppe de ces signalisations (traits pleins - tirets ou pointillés) est sujette à caution, car il existe de nombreuses zones où il ne peut y avoir de signalisation, par suite de l'absence de l'homme.

4.3. Hypothèses sur les mouvements des essaims :

Au cours de ce trimestre, pour des causes biologiques (pontes - larves - jeunes ailés) et météorologiques exposées ci-après, la forme générale représentant

l'enveloppe des signalisations devrait être exacte. Pendant ce trimestre de "transition", au sens météorologique du mot, les situations météorologiques sont complexes. L'attention a été attirée dans la description climatologique du temps (paragraphe 4.1.) sur le fait qu'à partir d'avril un triple courant existait sur l'Afrique. Le premier dirigé par l'anticyclone atlantique H1, le second par la dépression thermique saharienne L1 qui apparaît fin mars, le troisième dû au couloir de basses pressions de la Méditerranée occidentale L2. Il existe donc à la limite de ces différents courants des discontinuités de vent et de masses d'air qui cloisonneraient les essaims de part et d'autre de celles-ci. La figure 214 représente un schéma d'une telle circulation. La discontinuité des alizés (D.A.) sépare les masses d'air liées à l'anticyclone atlantique H1 de celles dirigées par la dépression thermique saharienne L1. La discontinuité polaire (D.P.) sépare les masses d'air d'origine atlantique ou méditerranéenne des masses d'air continentales dirigées par la dépression thermique L1 et l'anticyclone libyen H2. Des mouvements d'essaims, s'ils existent, peuvent donc se produire dans ces différents courants (NE, E, SE ; W et NW) et au voisinage de ces discontinuités (en admettant que toutes les autres conditions nécessaires au vol soient remplies). Si au cours de ces trois mois le flux de NE persiste du Sud marocain au Sénégal (des essaims peuvent donc être entraînés du Maroc vers le Sénégal, via le Rio de Oro et la Mauritanie), il n'en est pas de même pour les autres régions, où des modifications profondes de la zone de basses pressions de la méditerranée entraînent une variation importante de la discontinuité polaire qui peut, surtout en mars, avril et début mai prendre une position beaucoup plus méridionale et intéresser le Sahara central (Fig. 215). Des essaims pourraient être alors entraînés vers le Sud avec cette discontinuité et arriver dans cette région (à condition que les températures soient suffisamment élevées pour permettre aux criquets une activité). Cependant, en général, cette discontinuité polaire (D.P.) reste à des latitudes plus septentrionales, et de ce fait les essaims situés au Nord de l'Algérie, ne paraissent pas pouvoir être entraînés vers le Sud et le Sud-Est de ce Pays, jusqu'à la moitié mai, période à partir de laquelle se forment en général deux minimums relatifs au sein de la zone de basses pressions sahariennes, dont l'un dirige un flux de secteur Nord sur le Sahara central et méridional.

Cette discontinuité polaire s'étend également plus ou moins profondément sur la Libye. Elle ne devrait pas permettre en général aux essaims de traverser ce Pays du Sud vers le Nord. Les criquets pèlerins signalés en Libye au voisinage des côtes arriveraient donc de la Tunisie, et non pas directement du SE algérien ou du Nord du Niger 20.

De même la position de la discontinuité des alizés (D.A.) n'est pas fixe dans le temps. Elle dépend de la position de l'anticyclone atlantique et de la dépression saharienne. Elle a de ce fait un mouvement de balancement Ouest-Est qui pourrait limiter la progression des essaims vers l'Est.

Les essaims situés aux basses latitudes en février et mars au voisinage de la zone de convergence intertropicale, remontent vers le Nord avec elle, au cours d'avril et mai et viennent intéresser les parties Sud du Sénégal, du Mali et du Niger.

Enfin, il ne faut pas perdre de vue que cette période correspond en partie à celle des accouplements et des pontes de printemps.

Chapitre 5

ANALYSE DE LA PERIODE JUIN - JUILLET - AOUT

5.1. Aperçu climatologique :

5.1.1. Situations moyennes au niveau de la mer (cartes isobares moyennes) :

Les figures 216, 217, 218, représentent les isobares moyennes, au niveau de la mer, calculées sur 30 ans comme pour les trimestres précédents [4]. Elles sont semblables d'un mois à l'autre et mettent en évidence deux centres d'action principaux : l'anticyclone atlantique et la dépression d'Afrique. La zone de hautes pressions atlantiques se prolonge par une dorsale sur l'Europe, la Méditerranée occidentale et centrale et la Libye.

La zone saharienne de basses pressions est due d'une part à la dépression d'origine thermique, d'autre part à la progression vers le Nord de la zone de convergence intertropicale ; le front de mousson qui lui est lié atteint sa position la plus septentrionale au cours du mois d'août.

L'anticyclone d'origine australe progresse vers le Nord pour atteindre le 10ème parallèle, tandis qu'une dépression thermique se forme sur le centre de l'Espagne. En surface, au Nord d'une ligne Nouakchott-Alger les vents sont de secteur NE, ils sont de secteur SE sur le Sahara et de secteur Ouest au Sénégal, au Mali, au Niger et au Tchad.

En altitude (Fig. 219) la zone de hautes pressions se décale vers le SE et intéresse la majeure partie de l'Afrique de l'Ouest, tandis que la dépression est rejetée aux basses latitudes. Au Sud du 25ème parallèle le courant général de vent est de NE, et de secteur Ouest au Nord de ce parallèle.

5.1.2. Isothermes moyennes en surface :

Calculées pour la même période, les isothermes moyennes [4] sont représentées sur les figures 220, 221, 222 ; leur tracé est très voisin. Elles mettent cependant en évidence pour les mois de juillet et août une baisse de température par rapport au mois de juin de l'ordre de 3 degrés centigrades au Niger, au Tchad, au Sahara méridional et au Sud Est du Mali. Ce phénomène est dû au front de mousson qui intéresse ces régions à cette époque. Le centre de la dépression thermique se situe à l'intérieur du noyau des températures les plus élevées.

Les températures moyennes sont supérieures à 20° C sur l'ensemble du territoire africain, il n'y a donc, à ce point de vue, aucune limitation d'activité des essaims en juin, juillet et août, sauf si les températures maximales sont trop élevées.

5.1.3. Précipitations :

Les figures 223, 224 et 225 représentent les valeurs moyennes des précipitations calculées sur 32 ans.

Ces cartes mettent en évidence deux zones de précipitations dues à des causes différentes. La première zone s'étend de l'Atlas marocain à l'Est de l'Atlas algérien - les précipitations sont provoquées principalement par le relief et parfois par le passage de perturbations polaires (fronts froids). C'est sur cette aire que l'on trouve les lieux de ponte les plus nombreux en juin. La deuxième zone intéresse les régions situées au Sud du tropique, avec deux ponts de précipitations, l'un axé du Sénégal au Sud du Maroc espagnol, l'autre du Niger au Sahara central : ces précipitations sont liées au front de mousson. Les lieux de ponte les plus nombreux sont rencontrés en août au Niger et au Mali.

5.2. Evolution générale du temps au cours du mois de juin 1959 en Afrique de l'Ouest et du Nord /1/18/ :

5.2.1. Généralités :

L'Afrique est intéressée en surface et dans les très basses couches de l'atmosphère par une vaste zone de basses pressions dues en partie à la présence d'une dépression thermique sur le Sahara et également à la progression vers le Nord de la zone de convergence intertropicale dont le grand axe oscille entre les 15ème et 20ème parallèles. Une zone de hautes pressions s'étend des Açores à l'Europe avec un maximum relatif sur la Méditerranée, et un minimum relatif sur l'Espagne.

Au cours de ce mois, le front de mousson lié à cette zone de convergence intertropicale présente de nombreuses ondulations dont les deux principales se situent sur le Sud de la Mauritanie et le Nord du Niger. Ce front de mousson ou front intertropical se dirige progressivement vers le Nord au cours du mois de juin sous forme de pulsations irrégulières, matérialisées par des ondulations qui intéressent le Sud de la Mauritanie, les 4, 5, 9, 12, 13, 14, 18, 19, 24, 25 et 30, et le Nord du Niger les 15, 16, 22, 23 et 30 juin. Des perturbations du front polaire, bien que peu actives, traversent l'Afrique du Nord et le Sahara du 6 au 10, les 18 et 19, et du 26 au 29 juin.

La discontinuités des alizés ou front des alizés, est particulièrement bien marquée de la Mauritanie au Sud du Maroc du 10 au 13 et du 16 au 19 juin.

Enfin de nombreuses lignes de grains circulent d'Est en Ouest au Sud du front de mousson.

5.2.2. Comparaison avec les cartes moyennes de juin :

a) Carte de pression au niveau de la mer :

Il existe un bon accord entre la carte de pressions moyennes au niveau de la mer (Fig. 216) et les situations isobariques correspondant aux valeurs réelles au cours de ce mois. Cependant, il y a un certain nombre d'accidents météorologiques entraînant des modifications du complexe dépressionnaire africain, par rapport à sa position moyenne. Ainsi, les 5 et 6 juin la dépression est centrée plus au NE sur le Sahara central. Le 9 juin elle est située sur la Mauritanie c'est-à-dire plus à l'Ouest que sa position moyenne et le 10 sur le Maroc. Du 13 au 16 un thalweg accusé s'étend de la Mauritanie au SW de l'Espagne. Le 18 le minimum dépressionnaire intéresse le Nord du Sahara. Les 24 et 25 le complexe de basses pressions s'étend de la frontière algéro-marocaine au Sahara septentrional tandis que les 27 et 28 juin la dépression est à l'Est de sa position moyenne.

b) Isothermes :

Il ne paraît pas utile d'attacher une grande importance aux isothermes, à cette époque de l'année, par suite des températures élevées qui règnent sur l'aire envisagée. Seules les températures maximales supérieures à 38 ou 40° centigrades pourraient être un facteur limitatif de l'activité des essaims durant le jour.

c) Précipitations :

Les figures 223 et 226 représentant la carte des valeurs des précipitations moyennes des mois de juin, et des précipitations réelles pour juin 1959, sont très voisines. Celle de 1959 (Fig. 226) met en évidence comme la carte moyenne (Fig. 223) les deux différentes sources de précipitations : front polaire pour l'Afrique du Nord, front de mousson du Sud de la Mauritanie au Tchad. Il faut noter un excédent de pluie sur l'Atlas algérien en 1959.

5.3. Aperçu général des signalisations de criquets pèlerins au cours du mois de juin 1959 /9/19/ :

Les figures 227 et 228 représentent les cartes des signalisations d'essaims pointées par pentades et par décades pour le mois. Les essaims ont maintenant atteint les régions côtières méditerranéennes du Maroc et de l'Algérie, où de nombreuses pontes sont observées. De grandes zones larvaires existent dans le Sud et l'Est du Maroc, ainsi que sur le Nord saharien et le Sud algérien. De jeunes essaims se sont formés dans le Nord du Sahara et le Sud du Maroc, ainsi qu'au Sud Est de la Tunisie (région de Médinine, Ben Gurdane) durant la première quinzaine. Dans ce dernier Pays, les jeunes criquets roses ont été détruits en grande partie.

Un certain nombre d'essaims qui sont supposés être restés durant l'hiver au Sud saharien, sont aperçus au Niger, en Haute Volta et Nigeria. Au Tchad, il semble y avoir un double apport ; 1) par les vols venant d'Arabie à hauteur de l'Ennedi, 2) par les vols entraînés par les vents liés au front de mousson. L'ensemble de ces vols évolue au gré des vents, avec une dominante Est 19.

Des criquets pèlerins en essaim apparaissent au Sénégal et en Mauritanie à partir de la seconde quinzaine, tandis qu'au Niger méridional, il en existe durant tout le mois. (Déplacement de l'Ouest vers l'Est entre les 12ème et 15ème parallèles). Au Maroc et dans le Nord de l'Algérie, des criquets pèlerins sont très nombreux jusqu'au 24 juin, quelques-uns sont même aperçus près de la frontière algéro-marocaine le 25, puis disparaissent, certains entraînés peut-être sur la Méditerranée, d'autres vers l'extrême SE du Maroc, le Rio de Oro et la Mauritanie, et une grande partie détruite par les insecticides. En effet, la lutte contre les ailés et les larves a été menée d'une façon très active en Algérie (Tiout, Orléansville, Mostaganem, Setif, Ampère, Lafayette, Marnia et Nemours, Djefla, Laghouat) et au Maroc (Haut-Atlas, Moyen-Atlas, Sud du Rif, Vallée de la Moulouya, Vallée de l'Oued Dadès - Ouazzazate).

Si les mouvements des essaims apparaissent clairement en Algérie et au Maroc, ainsi que les pontes, éclosions et pullulations larvaires, par contre les déplacements habituels en fin de période, du Maroc vers le Rio de Oro et la Mauritanie sont peu visibles, par suite de l'absence de signalisation sur le Sahara espagnol et le peu de renseignements sur la Mauritanie. Le prochain paragraphe analyse les relations qui existent entre le déplacement des essaims et les conditions météorologiques du temps au cours de ce mois, en particulier durant la période s'étendant du 20 au 25 juin.

5.4. Analyse périodique ou quotidienne des situations météorologiques en relation avec les essaims de criquets pèlerins au mois de juin 1959 :

5.4.1. Généralités :

Avant d'entreprendre une étude détaillée des situations météorologiques du 20 au 25, l'analyse périodique succincte des situations météorologiques et des signalisations correspondantes sera faite pour la totalité du mois.

5.4.2. Etude par période :

a) Du 1er au 5 juin :

La première d'une série de perturbations circulant sur la face septentrionale de l'anticyclone des Açores atteint le Maroc le 4 juin, et donne du mauvais temps sur ce Pays (Fig. 229). Du 1er au 3, par suite de la présence d'un thalweg en altitude s'étendant de la Mauritanie à l'Espagne, de nombreuses averses orageuses ont eu lieu. Des vents assez forts de secteur Est soufflent durant cette période sur le Maroc et refoulent la plupart des essaims encore existants vers l'Ouest. Le Rif ainsi que le versant Ouest du Moyen-Atlas sont envahis (Fig. 230) depuis Khenifra jusqu'au col de Tizi N'Test. Quelques jeunes adultes de la nouvelle génération apparaissent dans les régions méridionales. En Algérie de nombreux essaims sont signalés dans le NW, entre Orléansville et Mostaganem, certains (criquets jaunes) s'accouplent, tandis que la majorité (insectes roses) se déplacent vers le Nord ou le Nord Ouest (flux de secteur Sud à Sud Est).

La zone de convergence intertropicale (C.I.T.) et le front de mousson qui lui est lié se déplacent vers le Nord, pour atteindre le 20ème parallèle en Mauritanie le 5.

Au Niger, le mouvement des essaims est complexe par suite de la proximité du front de mousson les 1 et 2 juin (Fig. 229 et 230), la direction dominante des déplacements est cependant de l'Ouest vers l'Est. Des vols venant de l'Ouest sont signalés en Tunisie (région de Médinine) les 1 et 3 juin.

Un essaim est aperçu le 3 au Mali au voisinage du front de mousson.

Aucun essaim n'est vu dans les autres Pays.

b) Période du 6 au 10 juin :

Le courant de perturbations circulant sur la face septentrionale de l'anticyclone des Açores intéresse l'Afrique du Nord dans son ensemble du 6 au 9 (Fig. 231). Le Maroc se trouve le 7 dans un vaste secteur chaud, à l'intérieur duquel une activité des essaims est notée (Fig. 232). Des vents forts et chauds du secteur Est, tout en dispersant les essaims encore existants en petits groupes, les poussent vers les plaines occidentales en particulier celles du Tadla, de Meknès et du Rharf. A l'Est des chaînes atlantiques les éclosions des oeufs continuent. Au cours de cette période, au Maroc, les criquets de la première génération s'accouplent, les femelles pondent. La lutte est d'ailleurs engagée sur l'ensemble de ce territoire.

La perturbation principale qui intéressait le Maroc le 7, traverse l'Algérie le 8 et le 9. A l'avant du front froid, de cette perturbation, le vent est de secteur Sud ; à l'arrière de ce front il est de secteur Nord. Les essaims situés en avant de celui-ci (Timimoun le 8) se déplacent vers le Nord, alors que ceux situés à l'arrière (Djelfa le 8) sont entraînés vers le Sud ou Sud Ouest).

De même avec le courant de perturbations, des vols importants sont entraînés de l'Algérie vers la Tunisie (région de Kassérine et Gafsa). Au Niger, des essaims continuent à se déplacer au voisinage du 14ème parallèle (Tahoua - Filingue) soit vers l'Ouest, soit vers l'Est, suivant la position du front de mousson (Fig. 232 - 233).

Ailleurs, il n'y a aucune signalisation à l'exception de l'Est du Tchad.

c) Période du 11 au 15 juin :

Les 10 et 11 juin la zone dépressionnaire intertropicale se creuse et un couloir de basses pressions s'établit de la Mauritanie au Maroc ; la discontinuité des alizés séparant le courant continental sec de secteur SE, du courant de NE, est très nette les 11, 12 et 13 (Fig. 234). A partir du 12 une dépression se forme et se creuse du Tanezrouft au Hoggar, puis s'étend vers le NE les 14 et 15, tandis que le thalweg persiste de la Mauritanie au Maroc. Un front froid de fin de famille intéresse la Tunisie et le Nord de la Libye le 11. Par suite du creusement de la zone de convergence intertropicale, des poussées de mousson vers le Nord sont très nettes sur la Mauritanie du 11 au 14, et sur l'extrême Sud de l'Algérie le 13.

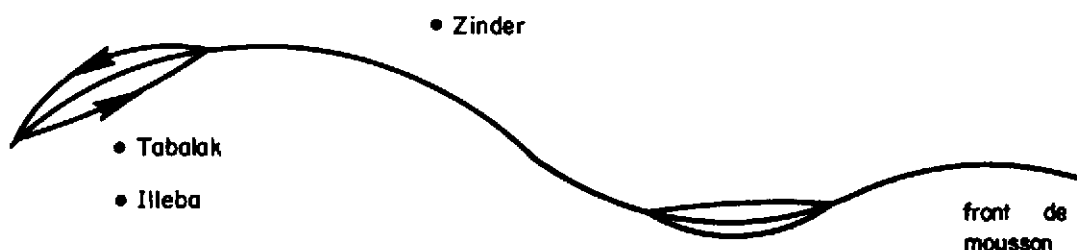
Au Maroc durant cette période de faibles essaims ont atteint l'Ouest atlantique au Sud de Tanger et près de Rabat, entraînés par le flux de secteur SE. Certains subsistent dans la plaine du Tadla, et en haute montagne au SW de Midelt et au Sud de Marrakech, où ils continuent à pondre. Des éclosions ont lieu sur de larges surfaces entre Fès et Oujda.

Des essaims font leur apparition au SE du Maroc, les uns formés sur place, les autres venus du Sud-Est, (Fig. 235 - 236), entraînés par le courant de vent de même direction, dirigé par le thalweg précité (Fig. 234). En Algérie de nombreux essaims de criquets pèlerins jaunes ou roses se situent dans la région de Laghouat et de Djelfa (Fig. 235). La plupart d'entre eux tourbillonnent ou sont posés. Certains, le 11, se dirigent vers le Sud (vol de retour à l'arrière du front froid de fin de famille). Ceux situés dans la région de Mostaganem pondent. Le 15, aux environs de Minaa (35°11'N - 06°01'E), un essaim de criquets roses se déplace vers le Nord, entraîné probablement par le courant de vent de secteur Sud dirigé par l'anticyclone axé de la Tunisie à la Sardaigne. De nombreux vols d'essaims roses ont lieu en Tunisie du 11 au 15 dans les secteurs de Gafsa et Tozour (Fig. 235). En début de période ces essaims venus du Nord Ouest se dirigent vers le Sud ou SE. Certains d'entre eux ont été entraînés de l'Algérie à la Tunisie par les perturbations successives qui ont intéressé l'Afrique du Nord.

La lutte est entreprise, une partie des essaims est traitée et détruite.

Les premiers essaims apparaissent au Nord de la Mauritanie le 15.

Au Niger, le 11 juin, une signalisation est recueillie à Tabalak ($15^{\circ}10'N - 05^{\circ}40'E$) où un vol important se déplace de l'Ouest vers l'Est. A 1 km au Sud de Zinder un essaim peu dense va de l'Est vers l'Ouest ; tandis que des vols se dirigeant vers l'Est sont signalés de Birni Koni ($13^{\circ}45'N - 05^{\circ}20'E$) à Illeba ($14^{\circ}30'N - 05^{\circ}15'E$). La trace au sol du front de mousson le 11 juin à 18 G.M.T. passe entre Tabalak et Zinder, comme l'indique le schéma ci-après. Elle permet d'expliquer la différence de direction des vols, les vents étant d'Est à l'avant de ce front de mousson, et d'Ouest à l'arrière.



d) Période du 16 au 20 juin :

Entre les hautes pressions atlantiques s'étendant sur le Nord de l'Europe et la zone anticyclonique relative axée de la Libye à la Sardaigne, un thalweg prolonge les basses pressions sahariennes vers le Sud Ouest de la péninsule ibérique. L'ensemble de ces centres d'action se déplacent vers le NE au cours de la période, entraînant une progression vers le Nord du front de mousson, en particulier sur la Mauritanie où, dans la nuit du 18 au 19 (Fig. 237), celui-ci atteint une ligne Nouakchott-Akjoujt. Un minimum relatif associé à ce front, (confluence et convergence), est centré au Sud Ouest d'Atar. Il est prolongé par la discontinuité des alizés jusqu'à Tindouf, séparant le flux continental de secteur Est (ENE à SE) et l'alizé de NE (Fig. 237). Le 18 juin à 21 heures apparaissent à Atar des criquets Pèlerins jaunes mêlés à d'autres de couleur rose pâle ; c'est la première signalisation au centre de la Mauritanie pour le mois de juin 1959 (Fig. 238). Les vents à Atar soufflent alors de SE, les températures sont élevées (supérieures à $30^{\circ}C$ dans la nuit). La direction du vol est inconnue. Il est cependant raisonnable de penser que ce vol est en relation avec la remontée du front de mousson et la zone de convergence liée au minimum relatif précité, qui ont pu contribuer à rassembler des criquets d'origine différente, isolés ou en petits groupes.

De même, dans les basses couches, un autre minimum de pression formé en Algérie aux environs de Laghouat le 18, (Fig. 237), se décale assez rapidement vers le NE et vient se centrer le 19 sur la Méditerranée au Nord de Philippeville. Ce minimum dirige sur sa face Sud Est, un flux de secteur Sud modéré à assez fort qui a pu entraîner une partie des essaims situés en Tunisie vers la Méditerranée. Les vols ont pratiquement disparu sur la Tunisie à partir du 19 (Fig. 238), fait dû en partie à la lutte intensive entreprise contre les essaims depuis le début du mois, mais surtout au transport du reliquat de ces essaims au-dessus de la mer d'une part (vent de SW) (1), et de l'Algérie d'autre part (vent de SE).

Au Maroc, les essaims de la première génération disparaissent peu à peu. Quelques essaims importants de la seconde génération, nés sur place ou venus de l'Est de ce Pays, circulent dans les vallées du Draa et du Dadès, au Sud du Maroc oriental et vers Oujda.

En Algérie, aucune signalisation entre le 16 et le 22 à l'exception de celles situées au voisinage de la frontière algéro-marocaine (Fig. 239).

Au Niger le front de mousson est maintenant au Nord du 15ème parallèle. Le courant de vent en surface et dans les 600 premiers mètres est d'Ouest au Sud de ce front. Les vols se sont déplacés vers l'Est ou le NE par rapport à la pentade précédente (Fig. 238 et 239).

Un essaim est signalé au Mali le 17.

e) Période du 21 au 25 juin :

Cette période particulièrement intéressante au point de vue de l'analyse et de l'évolution météorologique sera étudiée dans le détail en fin de chapitre. La zone de convergence continue son lent cheminement vers le Nord. Le front de mousson qui lui est lié occupe pour la période considérée sa position la plus septentrionale : le 23 sur le Sahara méridional et le 25 sur la Mauritanie (Fig. 240). La dépression saharienne est complexe (plusieurs minimums relatifs Fig. 240) et se prolonge par un thalweg s'étendant jusqu'au Sud de la France. Un minimum relatif de pressions intéresse l'extrême Sud de l'Espagne les 23 et 24 et dirige sur la moitié orientale du Maroc et l'extrême NW de l'Algérie un flux de secteur Sud assez fort.

Les premières signalisations apparaissent au Sénégal le 22 (Fig. 241). Le 24 un essaim entraîné par le courant de SW franchit la frontière mauritanienne. Les essaims au Maroc se déplacent en partie vers l'Ouest, en partie vers le Nord en fin de période (Fig. 241 et 242). La Tunisie est claire de criquets (Fig. 242). En Mauritanie de nouveaux vols sont signalés dans la région d'Atar le 21 (vent de secteur Nord - instabilité orageuse). En Algérie certains essaims approchent de la frontière algéro-marocaine, alors que d'autres atteignent la côte méditerranéenne (Fig. 242). Au Niger seuls des solitariens sont aperçus le 24 juin entre Chéry et Mainé Sorca et le 25 à Kellakam. Les essaims signalés au cours de la pentade précédente ont dû déborder en-deçà de la frontière tohadienne.

(1) Probablement une très faible partie.

f) Période du 26 au 30 juin :

Du 26 au 28, une hausse généralisée du champ de pression sur l'Afrique, entraîne une régression vers le Sud du front de mousson, et l'établissement d'un flux de NE à l'Ouest du méridien origine. Le 29 l'anticyclone des Açores se décale vers le NE, un creusement de la dépression saharienne se produit dans le Tanezrouft (Fig. 243) et s'étend vers le Nord pour former un thalweg jusqu'au Sud tunisien le 30. Le front de mousson lié à la zone de convergence intertropicale qui s'est amplifiée, atteint la ligne Nouakchott - Atar - Kidal - Agadès, le 30. L'activité orageuse liée à des lignes de grains s'intensifie sur la Haute Volta, le SE du Mali, le Nigeria et la Guinée (Fig. 243).

Les cartes représentant le pointage des signalisations du 25 au 30 juin (Fig. 244) et par pentade (Fig. 245) montrent que les essais ont pratiquement disparu à l'Est et au centre du Maroc et en Algérie. La majorité de ces essais se déplace vers le Sud du Maroc. Seules des signalisations d'essais en vol subsistent au Sénégal, le 27 en avant du front de mousson (vols vers l'Ouest) par vent d'Est, et le 29 à l'arrière de ce front de mousson (vols vers le NE) par vent de SW.

5.4.3. Analyse synoptique quotidienne de la période 20 au 25 juin 1959 :

1) Généralités :

Les figures 246, 247 et 248 représentent un schéma de la trajectoire d'une dépression à 500 et 1.500 mètres qui intéresse le NW de l'Algérie et le Maroc du 19 au 24 juin à 12 G.M.T. Ces cartes montrent qu'un courant de secteur Sud (SE à SW) dirigé par cette dépression s'est établi sur la majeure partie de l'Afrique du Nord au cours de la période envisagée. Ces vents ont pu transporter certains essais vers les côtes méditerranéennes, alors que la majorité se déplace vers l'Ouest.

Avant d'entreprendre l'analyse détaillée de chacune de ces journées il paraît intéressant de faire un retour en arrière, pour examiner le champ des vents sur la Tunisie les 18 et 19 juin. Les figures 249 et 250 montrent le tracé des lignes de courant à 500 mètres, correspondant à ces 2 journées.

Une discontinuité de vent (1) due à la brise de mer apparaît au Nord de la Tunisie et de l'Algérie. Au Sud de cette discontinuité les vents de Sud à Sud Ouest pourraient entraîner des essais vers la côte (Cf. Fig. 238 et 242). Le lendemain (Fig. 250) cette discontinuité a disparu ; le flux général sur la Tunisie est de SW à W, il n'y a plus d'essaim signalé (Fig. 238). Il est raisonnable de penser qu'une partie des essais aperçus les jours précédents a été entraînée par le vent sur la Méditerranée.

L'examen attentif des signalisations du mois de juin en Algérie et au Maroc, (Fig. 227), amène à conclure que les essais n'atteignent pas les côtes, sauf au cours de certaines journées qui correspondent justement à l'absence de brise de mer.

(1) traits mixtes - - - - - Fig. 249.

2) Analyse des différentes journées :

a) Le 20 juin :

La dorsale liée à l'anticyclone atlantique se décale lentement vers l'Est. Un creusement assez important se produit sur le Mali et un vaste thalweg intéresse le Sahara (Fig. 251). La hausse du champ de pression provoquée par l'avancée de la dorsale atlantique est sensible sur les régions Ouest du Sénégal et de la Mauritanie. De ce fait le front de mousson se déplace Nord-Sud vers une ligne Dakar-Tidjikdja. Au Sud de ce front, la mousson développe une poussée continue de la Guinée au Nigeria. Une ligne de grains pluvio-orageux se forme sur l'Ouest du Mali et se déplace rapidement vers l'Est, atteignant le Sénégal dans la nuit du 20 au 21. En altitude (Fig. 252) entre les 2 cellules de hautes pressions, atlantique et libyenne, un couloir de basses pressions relatives s'étend du Sahara au Sud Ouest de la France et dirige sur la Mauritanie, le Rio de Oro, l'Est du Maroc, le Nord et le centre de l'Algérie un flux d'air chaud de secteur Sud. Aux basses latitudes, le flux de mousson se situe, dans les 1.000 premiers mètres, au Sud du 15ème parallèle Nord. Il faut noter la présence d'Alto-cumulus instables au-dessus du NE de la Mauritanie, et le développement dans la région d'Atar de puissants Cumulonimbus accompagnés d'orages. Cette région se trouve au conflit de deux masses d'air de qualités très différentes, dont la plus chaude est convectivement instable.

Signalisations :

Au Maroc, comme il a été dit au paragraphe précédent de nombreux essaims d'insectes de la 2ème génération, de couleur rose, tourbillonnent, mais leur déplacement est très faible vers l'Est, sur le Moyen et Haut Atlas. Ils pourraient être bloqués à la limite de la discontinuité des alizés séparant les courants de NE liés à l'anticyclone atlantique et de secteur Est dû à la dépression saharienne. Dans les autres Pays, aucun vol d'essaim n'est signalé à l'exception du Niger (Cf. Fig. 241 et 242).

b) Le 21 juin :

Le mouvement des centres d'action, précédemment amorcé, continue. La dépression saharienne poursuit son déplacement vers le Nord ; un creusement se produit dans l'extrême Ouest algérien (Fig. 253), provoquant le décalage vers l'Ouest de la discontinuité des alizés. Les lignes de courant de vent à 500 mètres et 1.500 mètres (850 mb) sont représentées sur les figures 254 et 255. Elles font apparaître une dépression, centrée sur Beni-Abbès, qui dirige un flux d'air chaud de secteur SE (d'Est à Sud) sur l'Algérie et un flux de retour de NE sur l'Est du Maroc. Dans cette dernière région, la discontinuité des alizés séparant cet air chaud de l'air atlantique, s'est, par rapport à la veille, décalée vers l'Ouest (1), ce qui pourrait expliquer le début d'un mouvement vers l'Ouest des essaims du Haut Atlas marocain (Cf. Fig. 241). En Mauritanie dans la région

(1) traits mixtes ----- Fig. 255.

d'Atar, vers 21 heures, des criquets pèlerins de couleurs différentes sont apparus. La direction de leur déplacement n'est pas déterminée. La température est élevée (45° à 15 heures, minimum de la nuit 29° C). Ces criquets ont probablement pu être rassemblés dans cette région au cours ou à la suite des orages qui ont eu lieu dans la nuit du 20 au 21. L'augmentation brusque de l'humidité relative et le changement de direction du vent font penser que cette région est influencée par la masse d'air d'origine atlantique, après avoir été traversée par la discontinuité des alizés.

Aucun vol n'est signalé ailleurs.

c) Le 22 juin :

La dépression saharienne continue à jouer le rôle de centre d'action principal (Fig. 256) et s'étend vers l'Ouest et le NE de l'Algérie, tandis qu'un nouveau minimum se creuse sur le Sud de la Mauritanie, provoquant une remontée du front de mousson sur ce Pays. Une autre ondulation de ce front se situe sur l'extrême NE du Mali. La poussée de mousson importante sur le Nigeria s'atténue vers l'Ouest.

En altitude la dépression à 500 mètres s'est déplacée lentement vers le NW et vient se situer sur l'Est du Maroc, rejetant vers l'Ouest la discontinuité des alizés (Fig. 257).

A 1.500 mètres cette même dépression s'est décalée vers l'WSW. Le flux de secteur NE s'est généralisé du Maroc à la Mauritanie ainsi que sur l'extrême NW de l'Algérie.

Signalisations :

Au Maroc, la majorité des essaims signalés, roses ou jaunes (Fig. 241), se déplacent vers l'Ouest, entraînés par le courant d'Est dirigé par la dépression précitée (1).

En Algérie des essaims roses sont notés à Aflou (passage en deux vagues) et à Mecheria. Il faut souligner la présence d'un minimum relatif de pression (zone de confluence et de convergence), au voisinage de cette région (Fig. 256).

Un essaim est signalé au Sénégal au voisinage du front de mousson.

d) Le 23 juin :

Le fait le plus marquant du point de vue de l'évolution est le creusement de la dépression située au Sud de la péninsule ibérique provoqué par le conflit de l'air chaud saharien et de l'air froid atlantique (Fig. 259). Il faut aussi noter une remontée du front de mousson jusqu'à Nouakchott, accompagnée d'un petit noyau de baisse de pression.

(1) Remarque : Le mouvement vers l'Ouest amorcé le 21 se généralise, alors que la discontinuité des alizés a été rejetée vers l'Ouest. Avant le 21 cette discontinuité se situant au centre du Maroc empêchait probablement les essaims cis à l'Est de se déplacer vers l'Ouest. En effet la plupart étaient alors signalés comme tourbillonnants, sans déplacement apparent important.

En altitude (Fig. 260) la dépression à 500 mètres continue son déplacement vers le NNW, et se centre à 12 G.M.T. vers Rabat. Une zone de convergence semble s'établir au Sud de l'Anti-Atlas marocain. Le front de brise de mer est très visible sur les côtes algériennes et tunisiennes (Fig. 260), en dehors de la zone d'influence de la dépression.

Les seules signalisations sont au Maroc, où une partie des essaims roses se déplacent vers la plaine en direction de Fès, Meknès, Rabat, et au Sud du Rif, vers Ouezzane.

e) Le 24 juin :

Un vaste marais barométrique s'étend en surface sur l'Europe et la Méditerranée occidentale (Fig. 261). La dépression sur l'Espagne reste sensiblement stationnaire, et se prolonge jusqu'au Maroc par un thalweg créant une discontinuité de vent (Sud à l'avant, Nord à l'arrière) sur ce Pays, tandis que le vaste complexe dépressionnaire africain se décale lentement vers l'Est.

Une ondulation du front de mousson se situe vers Atar. En altitude (Fig. 262), la discontinuité des vents sur le Maroc se retrouve le long du thalweg qui s'étend de la Mauritanie à la péninsule ibérique. Sur la majeure partie du Maroc, le vent est de SW. Au Maroc, de nombreux criquets pèlerins sont posés, certains pondent. La lutte antiacridienne continue, de nombreux essaims sont traités et détruits, cependant certains continuent à se déplacer, ceux de la première génération atteignent la côte atlantique tandis que ceux de la 2ème génération situés plus à l'Est sont pris dans le courant de Sud et s'approchent des côtes de la Méditerranée au NE d'Oujda.

Au Sénégal un essaim situé au Sud du front de mousson est entraîné par le courant de SW vers la Mauritanie.

Dans les autres Pays il n'y a aucune signalisation d'essaim le 24 juin à l'exception du Tchad.

f) Le 25 juin :

Le courant de perturbations polaires circulant sur la face Est de l'anticyclone des Açores, atteint l'Espagne (Fig. 253). La dépression saharienne se creuse.

Le minimum relatif de pression situé dans la région de Laghouat s'est décalé vers le SW et intéresse maintenant la frontière algéro-marocaine. Le front de mousson est au voisinage d'une ligne Nouakchott - Atar - Gao. Au Sud de ce front, une forte poussée de mousson se produit sur le Sénégal où de petits vols et de nombreux accouplements sont signalés au Nord (Fig. 241). En altitude la dépression située la veille sur l'Espagne (Fig. 262) s'est déplacée vers le SE et se centre au Sud des Baléares (Fig. 264). Elle dirige un flux d'air maritime de secteur W (SW à NW) sur le Nord de l'Algérie. Sur le Maroc un flux de secteur Nord (NW à NE) s'est établi. Un essaim est signalé posé au NW de Oujda au voisinage de la côte (Fig. 241) tandis qu'un autre se déplace vers le SW non loin de la

frontière algéro-marocaine, entre Bouktoub et Mécheria. Dans cette région, dans les toutes basses couches de l'atmosphère le vent est de NE, dirigé par le minimum de basses pressions relatives cité au début de ce paragraphe.

Il faut remarquer que la situation météorologique est complexe sur le Nord et NE du Maroc, ces régions se situant au carrefour de l'air atlantique dirigé par l'anticyclone et de l'air continental dirigé par la dépression. Un thalweg se forme de l'Espagne à l'extrême NE du Maroc, dirigeant à l'avant de celui-ci un courant de vent de SW qui pourrait entraîner des essaims sur la Méditerranée, tandis qu'à l'arrière un flux de NE permettrait aux essaims situés dans la plaine marocaine de se déplacer vers le SW.

5.5. Comparaison de l'analyse synoptique et des signalisations de criquets pèlerins en juin 1959 :

L'analyse synoptique des différentes situations météorologiques au cours du mois de juin 1959, montre qu'il existe certaines différences entre les cartes moyennes (isobares, isothermes, précipitations, vents moyens) et les cartes journalières étudiées. La dépression saharienne (Fig. 265) joue le rôle de centre principal d'action pour l'Afrique durant tout le mois et dirige sur ce continent un flux d'air chaud. Cependant, cette dépression est complexe, par suite de sa double origine : thermique (températures très élevées sur le Sahara) et thermo-dynamique (la zone de convergence intertropicale et le front de mousson qui lui est lié remontent vers le Nord à cette époque). De ce fait, il arrive que parfois cette dépression africaine ne forme qu'un tout avec un seul centre de basses pressions (21 juin par exemple), mais généralement elle se noyautte en plusieurs minimums relatifs (22 juin), dont certains sont dus à l'effet thermique, et d'autres aux ondulations du front de mousson au sein de la zone de convergence intertropicale.

Ces minimums se déplacent dans l'espace et dans le temps et pourraient rassembler et entraîner à leur passage des groupes de criquets par effets de confluence et convergence. La position de l'anticyclone des Açores joue également un rôle important. Suivant son emplacement plus ou moins septentrional ou oriental (6 juin - 13 juin - 17 juin), l'ensemble du complexe dépressionnaire africain occupe des positions différentes (l'axe de basses pressions est décalé vers l'Ouest ou l'Est par rapport à sa position moyenne), ce qui se traduit par des directions variables du vent dans les basses couches de l'atmosphère.

En général les vents sont de NE à l'Ouest d'une ligne St Louis - Atar - Tunis et de secteur SE à l'Est de cette ligne (Fig. 265). Les essaims situés sur le Nord de l'Algérie et au Maroc seraient donc dans l'ensemble entraînés vers le SW, c'est-à-dire de l'Algérie vers le Maroc et la Mauritanie, du Maroc vers le Sahara espagnol, la Mauritanie et l'extrême Nord du Sénégal (Fig. 228 et 266). Les essaims de Tunisie seraient poussés en partie vers l'Algérie, en partie vers le Nord de la Libye et un petit nombre en Méditerranée (1).

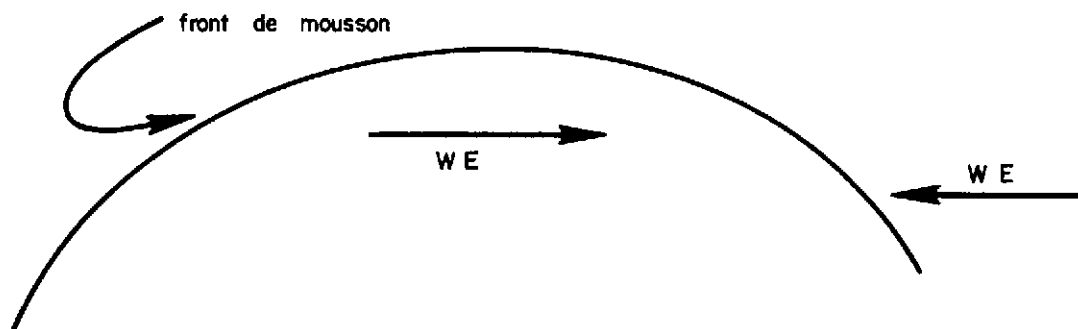
La position de cette ligne de partage des vents oscille autour de sa position moyenne d'environ 500 kilomètres vers le NW ou le SE : ainsi le 10 juin on la trouve axée suivant Tanger - Villa Cisneros, le 14 juin sur Alger - Dakar et très à l'Est le 6 juin sur Sfax - In Salah - Aïoun El Atrouss. Sur le Sud et le Sud Est algérien ainsi que sur la partie orientale du Sahara central les vents du gradient sont

(1) Dans ce cas le front de brise de mer n'existe pas sur le continent.

en général de SE à l'exception de quelques journées. De ce fait les essaims ne pourraient pas descendre directement du Nord de l'Algérie vers le Sahara méridional par suite des vents de secteur Sud dirigés par la dépression thermique, c'est-à-dire qu'ils n'emprunteraient pas le couloir d'invasion El Golea - In Salah, Tessalit - Kidal, que de nombreux essaims survolent lors des migrations Sud-Nord en septembre, octobre et novembre. Par contre des essaims restés l'hiver dans le Sud saharien pourraient s'être déplacés en mai et début juin, vers le Mali, la Haute-Volta et le Niger.

En juin et début juillet 1959 le couloir d'invasion des essaims paraît se dessiner de l'Algérie du Nord et du Maroc vers le Sahara espagnol, la Mauritanie et l'extrême Nord du Sénégal.

Le front de mousson, lié à la zone de convergence intertropicale, oscille également autour de sa position moyenne, mais occupe une position sise au Nord du 15ème parallèle jusqu'au 5ème méridien Est, et qui s'incurve vers le SE à l'Est de ce méridien (Fig. 265). Au Sud de ce front de mousson les vents sont de secteur Ouest ; les essaims du Sud du Mali, du Nord de la Haute-Volta, de l'extrême Sud du Niger et du Nord du Nigeria, se déplacent vers l'Est et atteignent l'extrême Ouest du Tchad (Fig. 266). Cependant les essaims situés au Nord du front de mousson, entraînés par le courant d'Est, se dirigent vers l'Ouest. Dans le déplacement de l'ensemble des essaims il existe donc une zone de discontinuité qui se situe à cette époque au Tchad ou dans l'extrême Est du Niger (Fig. 266). Au cours des mois d'août et septembre, cette zone de discontinuité se décale vers l'Ouest.



Les essaims situés au Sénégal se trouvent généralement au Sud du front de mousson dans un courant d'air de SW, dû à l'ondulation de ce front sur le Sud de la Mauritanie. Ils se déplacent vers le NE.

5.6. Les signalisations d'essaims en juin 1947 [9/19] :

La figure 267 représente le pointage par degrés carrés des signalisations pour le mois de juin 1947. Elle met en évidence la présence d'essaims pour la première quinzaine, sur le Rif, le Nord de l'Algérie et la Tunisie, et pour la totalité du mois sur la moitié Sud du Maroc ; les 20 et 21 au SE de Colomb-Béchar, les 14 et 22 à l'extrême Nord de la frontière de la Mauritanie et du Sahara espagnol, enfin à partir du 17 sur le Sud de la Mauritanie. Aucune signalisation d'essaims dans le Sud algérien, le Mali et le Niger. La figure 268 montre la répartition des essaims par degrés carrés et par décades sur l'ensemble de l'aire occidentale. Cette carte

indique clairement la disparition progressive des signalisations en Tunisie, Nord de l'Algérie et Rif au cours de la première quinzaine, ainsi que le mouvement d'ensemble des essaims, du Maroc et de l'Ouest algérien vers la Mauritanie, qui atteignent le Sud de ce Pays à partir du 17. On voit :

- 1) Que le déplacement d'ensemble des essaims est NE-SW, ce qui est conforme à la direction des vents à cette époque.
- 2) Qu'il n'y a pas, comme cela a été déjà signalé au paragraphe précédent, d'essaims se déplaçant directement du Nord vers le Sud de l'Algérie, par suite fort probablement de la présence de la dépression saharienne qui dirige un flux de secteur SE (E à Sud) à l'Est du méridien origine.

5.7. Comparaison des signalisations de juin 1947 et 1959 :

Les signalisations d'essaims (Fig. 227) sont plus abondantes en Tunisie, Algérie, Rif et Nord du Maroc en juin 1959, qu'en juin 1947 (Fig. 267). C'est l'inverse pour la Mauritanie.

Des essaims sont aperçus au Sénégal et au Niger en 1959, alors que ces régions restent claires en juin 1947.

En 1947 et 1959 à la fin de la première quinzaine de juin, la Tunisie et l'Algérie sauf la région de Colomb-Béchar, voient le reliquat des criquets pèlerins migrer vers l'Ouest ou le Sud Ouest ; aucun essaim n'est signalé au Mali en 1947.

Le sens de la progression NE-SW des essaims du Maroc et de l'Algérie vers la Mauritanie est le même (Fig. 228 et 268).

5.8. Les signalisations des essaims de criquets pèlerins en juillet 1947 et 1959 et leur comparaison /9/19/ :

1) Juillet 1947 :

Les figures 269 et 270 représentent les cartes de signalisation de ce mois pointées par jour (Fig. 269) ou par décades (Fig. 270). Ces cartes indiquent la présence d'essaims de criquets pèlerins au Maroc, dans l'Ouest algérien, en Mauritanie et au Mali. Aucun essaim n'est signalé dans les autres Pays durant cette période.

L'existence de nombreux jeunes essaims au Maroc durant ce mois, n'est pas étonnante, par suite du nombre étendu de plages larvaires dans le haut et moyen Atlas, au Sud du Rif et dans l'extrême Nord Est du Maroc (entre la vallée de la Moulouya et Oujda) dans la dernière décade de juin.

Les premiers essaims qui avaient été signalés fin juin dans le Sud mauritanien, se déplacent vers l'Est (3 et 7 juillet) et atteignent le Mali (8 - 18 et 19 juillet), tandis que d'autres venant du Nord parviennent à la frontière sénégalaise le 7 juillet. Par suite de la progression vers le Nord du front de mousson au cours de la dernière décade du mois (Cf. Fig. 271), des essaims situés dans le Sud de la Mauritanie sont entraînés vers le Nord et atteignent le 28 juillet la région d'Atar.

La position des différents centres d'action et des discontinuités apparaissent sur la carte moyenne en surface du mois de juillet 1959 (Fig. 271). L'anticyclone atlantique H1 qui occupe à cette époque de l'année une position septentrionale dirige sur l'extrême Ouest du Maroc, le Sahara espagnol et une partie de la Mauritanie un courant maritime de NE. Le complexe dépressionnaire saharien (L2) conduit un flux d'air continental chaud et sec sur la moitié orientale du Maroc, l'Algérie (à l'exception des côtes - brise de mer) et une partie de la Mauritanie. Il existe une discontinuité D1 "dite

des alizés" (1), qui sépare ces deux courants et s'étend du Maroc à la Mauritanie. Au Sahara espagnol et au Maroc, celle-ci peut jouer le rôle d'une barrière pour les criquets, d'autant plus que cette discontinuité est peut-être renforcée au cours de la journée, par le front de brise de mer qui pénètre à l'intérieur des terres sur une distance de 60 à 100 kilomètres.

Cette remarque semble être confirmée par les cartes de signalisation (Fig. 269 et 270) qui indiquent clairement que les essaims ne sont pas sur l'extrême Ouest du Maroc, mais évoluent surtout sur l'Anti-Atlas, le Haut-Atlas, le Moyen-Atlas, le Rif et l'extrême NE du Pays.

Du 15 au 21 juillet, aucun essaim n'est signalé au Maroc. Or, durant cette période l'anticyclone H¹ s'est décalé vers le NE, entraînant le déplacement de la discontinuité D¹ dans la même direction. Un flux de secteur Ouest assez fort s'établit à partir du 14 emportant les essaims vers l'Ouest de l'Algérie (signalisation les 14 et 18). A partir du 20 le courant de NE à Est se rétablit de l'Ouest algérien à la moitié Est du Maroc, les signalisations réapparaissent dans ce dernier Pays le 22, tandis que l'Ouest de l'Algérie n'a plus d'essaim signalé.

2) Juillet 1959 :

Les figures 272 et 273 représentent les signalisations pointées par jour et par décades. Ces cartes font apparaître trois bandes principales de criquets pèlerins :

- 1) Sur l'Afrique du Nord : Maroc - Nord Algérie - Ouest Tunisie.
- 2) Du Maroc au Sud de la Mauritanie via le Sahara espagnol.
- 3) De la Mauritanie au Tchad, via le Mali et le Niger.

Aucun essaim n'est signalé sur le Sahara central et méridional, sauf en bordure de la frontière algéro-nigérienne. Durant la première quinzaine de juillet de nombreux essaims de la deuxième génération sont entraînés du Maroc au Sahara espagnol et à la Mauritanie, c'est-à-dire vers la zone de convergence intertropicale. Du 5 au 15 juillet, sur l'extrême Nord de l'Algérie (districts de Mostaganem et de Setif) des essaims entraînés par le vent d'Ouest se déplacent vers la Tunisie. Les essaims situés dans la région de Mostaganem entre le 15 et le 24 juillet se dirigent vers le Maroc dans la région d'Oujda et la vallée de la Moulouya où il y a des concentrations importantes d'essaims en fin de période.

Du 1 au 5 juillet aucune signalisation d'essaim au Sahara espagnol, Mauritanie, Sénégal (2) et Niger. Du 5 au 10 des essaims signalés au Sahara espagnol et en Mauritanie sont entraînés vers le Sud et atteignent le Sud mauritanien et le Mali. Dans ce dernier Pays les criquets pris dans le courant d'Ouest (au Sud du front de mousson), se dirigent du 10 au 15 vers le Niger où l'on note de nombreux vols du 15 au 20 juillet à l'intérieur de la zone de convergence intertropicale. En fin de mois, les essaims signalés au Niger sont passés au Tchad tandis que de nombreux vols se dirigeant vers l'Est, sont aperçus au voisinage du front de mousson dans le Sud de la Mauritanie et au Mali.

(1) Traits et points - - - - - (Fig. 271).

(2) Sauf le 1er à la frontière malio-sénégalaise.

3) Comparaison des mois de juillet 1947 et 1959 :

a) Similitudes : Au Maroc les essaims ne se situent pas sur l'Ouest du Maroc, mais évoluent sur les chaînes atlasiques, le Rif et l'extrême NE de ce Pays.

Un mouvement général des essaims vers la zone de convergence intertropicale. De nombreux vols en provenance du Maroc sont entraînés par le courant de secteur Nord vers la Mauritanie et viennent se concentrer au voisinage du front de mousson. Par suite de l'avancée progressive de ce front vers le Nord, les essaims se trouvent à l'arrière de celui-ci et pris dans le courant d'Ouest ils sont entraînés vers l'Est.

b) Différences : Les signalisations sont plus nombreuses dans l'ensemble en 1959 qu'en 1947. Le Nord de l'Algérie, en particulier le district de Mostaganem et la Tunisie sont infestés par les criquets en juillet 1959, il n'y en a pas en juillet 1947.

De nombreux essaims se dirigeant en général vers l'Est sont signalés au Niger et au Tchad en 1959, alors que pour le même mois les mouvements de même direction s'arrêtent au Mali en 1947.

c) Conclusion : Deux grands mouvements d'essaims migrateurs se produisent à cette époque, l'un méridien (Nord-Sud) du Maroc à la Mauritanie, l'autre zonal (Ouest-Est) de la Mauritanie au Mali puis au Niger et éventuellement au Tchad. Ces mouvements sont conformes à l'évolution de la situation météorologique durant le mois de juillet.

5.9. Essai de généralisation - Les mouvements des essaims de criquets pèlerins grégaires durant le trimestre juin - juillet - août pour la zone occidentale :

L'analyse synoptique des cartes météorologiques au cours de ce trimestre, montre que la dépression saharienne joue le rôle de centre principal d'action pour l'Afrique et dirige sur la moitié Nord de ce continent un flux d'air chaud. Cette dépression, comme il a été vu précédemment, est complexe, par suite de sa double origine : thermique (températures très élevées sur le Sahara) et thermo-dynamique (la zone de convergence intertropicale et le front de mousson qui lui est lié remontent vers le Nord, pour occuper en août sa position la plus septentrionale). De ce fait, cette dépression au lieu de ne former qu'un tout avec un seul centre de basses pressions, se noyauté souvent en plusieurs minimums relatifs, d'origine thermique et dynamique, qui se déplacent dans l'espace et dans le temps. L'ensemble de ce complexe dépressionnaire africain occupe donc des positions différentes qui se traduisent par des directions diverses du vent dans les basses couches de l'atmosphère ; l'axe des basses pressions (thalweg) se décale vers l'Ouest ou l'Est par rapport à sa position moyenne.

En août, le déplacement vers le SSW de la dépression africaine est sensible. De même l'anticyclone des Açores qui est également un centre d'action important, occupe une position plus ou moins septentrionale ou orientale par rapport à son site moyen (existence ou non d'une dorsale sur l'Ouest de l'Europe et la méditerranée occidentale) et amorce son mouvement vers le Sud au cours de ce mois.

Les vents dans les très basses couches de l'atmosphère sont en général de NE à l'Ouest d'une ligne Nouakchott-Atar-Philippeville sauf pour une étroite bande côtière d'environ 100 kilomètres de large où les vents au cours de la journée sont de Nord à Nord Ouest (brise de mer). A l'Est de cette ligne les vents sont de secteur SE, à l'exception des régions côtières pour la même raison que précédemment.

Les essaims situés en mai et juin sur le Nord de l'Algérie et au Maroc seraient donc dans l'ensemble entraînés vers le SW en juin et juillet, c'est-à-dire de l'Algérie vers le Maroc ou la Mauritanie, du Maroc vers le Sahara espagnol, la Mauritanie et l'extrême Nord du Sénégal [27]. Le front de brise de mer et la discontinuité des alizés jouant le rôle d'une barrière, empêcheraient les essaims d'arriver sur l'Atlantique.

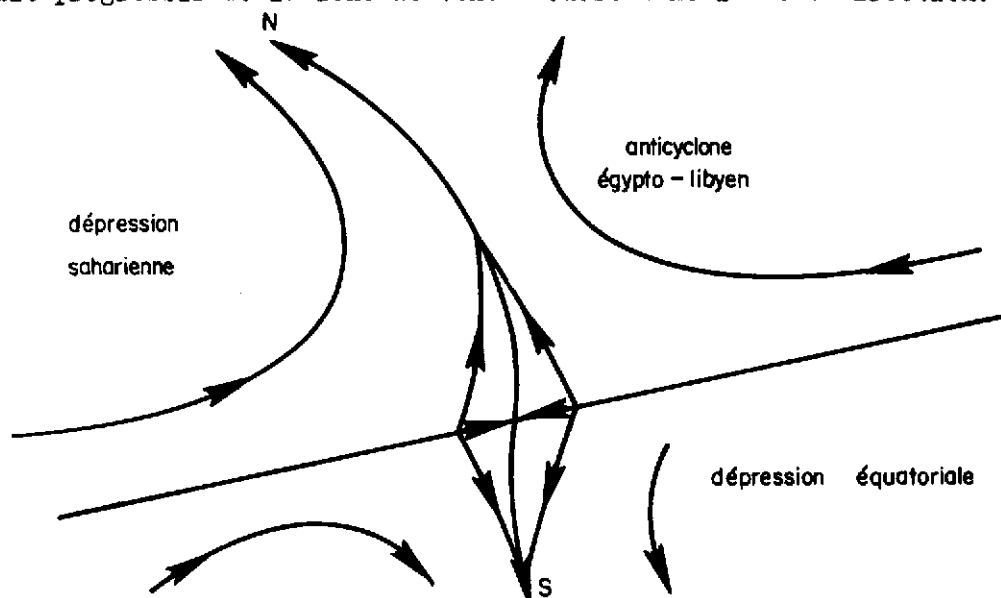
Les essaims situés en Tunisie au mois de mai seraient entraînés en juin vers l'Algérie, le Nord de la Libye, parfois en Méditerranée. En août toute l'Afrique du Nord serait pratiquement débarrassée des criquets pèlerins grégaires [20/24].

L'axe de la ligne de partage des vents peut se déplacer autour de sa position moyenne d'environ 500 kilomètres vers le NW ou le SE. Cependant, sa position est telle qu'elle maintient sur le Sud et SE algériens ainsi que sur la partie orientale du Sahara central des vents de SE à Est. De ce fait les essaims situés sur le Nord de l'Algérie et la Tunisie ne pourraient être entraînés vers le Sud, c'est-à-dire ne pourraient survoler le couloir de migration El Golea - In Salah - Tessalit - Kidal, que de nombreux essaims empruntaient lors des invasions Sud-Nord en septembre, octobre et novembre. Par contre, des essaims restés l'hiver dans le Sud saharien pourraient s'être déplacés en mai et début juin vers le Mali, la Haute Volta et le Niger.

Durant ce trimestre, le couloir principal de migration des essaims paraît se dessiner du Nord de l'Algérie et du Maroc vers le Sahara espagnol, la Mauritanie et l'extrême Nord du Sénégal [24].

Oscillant autour de sa position moyenne, le front de mousson remonte au Nord du 15ème parallèle. Au Sud de ce front de mousson, les vents sont de secteur Ouest : les essaims du Sud du Mali, du Nord de la Haute Volta, de l'extrême Sud du Niger et du Nord du Nigeria se déplacent périodiquement vers l'Est et atteignent l'Ouest du Tchad. Cependant par suite des oscillations du front de mousson, certains d'entre eux peuvent se trouver de l'autre côté de celui-ci, et être entraînés vers l'Ouest poussés par le vent d'Est qui existe à l'avant de ce front.

De plus au Tchad, il existe une discontinuité mobile qui sépare, dans les très basses couches, les courants de secteur Est et Ouest, comme l'indique le schéma ci-après : l'anticyclone libyen et la dépression saharienne se décalant vers le SW, la discontinuité se déplace vers le SW et atteint le Niger en septembre, tandis que durant ce mois le front de mousson amorce son mouvement vers le Sud, entraînant le retrait progressif de la zone de vent d'Ouest dans la même direction.



Les vents d'Est peuvent alors entraîner des essaims venant d'Arabie et du Soudan vers le Tchad et le Niger. Ces essaims viendraient se mélanger à ceux provenant du Mali et de l'extrême Sud de la Mauritanie qui, entraînés par le courant d'Ouest, avaient atteint le Niger fin juillet. De nombreuses pontes se produisent dans ces régions en août et septembre 18.

Les figures 274 à 278 représentent une schématisation du positionnement des signalisations des essaims (1) en juin, juillet et août des années 1947, 1954, 1956, 1958, 1959. Ces cartes mettent clairement en évidence les migrations des criquets pèlerins grégaires durant cette période et permettent de supposer que les hypothèses émises précédemment, concernant les déplacements de ces essaims en fonction du vent, sont raisonnables.

(1) Renseignements fournis par le D.L.I.S.

Chapitre 6

CONCLUSIONS

6.1. Remarque générale :

Les conclusions qui vont être exposées ci-après, ne sont valables que pour les déplacements des essaims de criquets pèlerins grégaires durant les périodes d'invasion. Elles sont basées sur des faits concrets mais comportent également un certain nombre d'hypothèses qu'il appartiendra de confirmer ou d'infirmes. Ce rapport d'étude, qui a permis d'analyser certains cas, doit être considéré comme un document de travail. Il n'a pas la prétention de résoudre dans son ensemble le problème des migrations dans l'aire occidentale d'invasion.

Avant d'entreprendre l'étude des résultats obtenus, il paraît intéressant d'examiner d'un oeil critique les documents techniques et météorologiques utilisés.

6.2. Examen critique des documents de base :

6.2.1. Les signalisations :

L'étude des rapports de signalisations, conduit à un certain nombre de remarques. Le prospecteur s'efforce en général de faire la synthèse de ses observations et d'en tirer une opinion pour l'avenir, mais ne différencie pas assez ses propres observations de celles obtenues par ailleurs. Ces dernières sont souvent imprécises. Il serait souhaitable que le prospecteur attribue dans son rapport mensuel une "cotation de confiance" en face de chaque signalisation qui ne lui est pas propre et essaie, à chaque fois que c'est possible, d'obtenir l'heure de l'observation pour les essaims posés et l'altitude moyenne approximative des essaims en vol. Les observations aériennes accompagnées de mesures de vent sont de loin les meilleures.

a) Dans l'espace :

Les signalisations se trouvent presque toujours le long des routes et des pistes, près des villages ou des oasis, le long des grands oueds, c'est-à-dire dans les régions les plus fréquentées par l'homme. Toutefois des zones de grande étendue où l'homme n'accède jamais, ne sont pas à priori exemptes de survols de criquets pèlerins (1). Le nombre des signalisations est donc insuffisant et leur répartition défectueuse.

b) Dans le temps :

Les signalisations ne sont guère suivies d'un jour à l'autre (2). La continuité dans l'observation manque, ce qui rend impossible la plupart du temps l'analyse quotidienne du déplacement des essaims.

(1) L'avion peut pallier à cet inconvénient.

(2) Sauf par avion.

6.2.2. Les documents météorologiques :

Les stations météorologiques sont trop espacées ; il existe même une zone de superficie égale à celle de la France (Cf. 1.4.1.) sans station d'observation. En raison de cette carence de renseignements, l'analyse météorologique du temps devient difficile, parfois douteuse. Cependant grâce au tracé et à l'évolution des cartes frontologiques et isobariques en surface, à l'analyse des lignes de courant à différents niveaux (500, 1.000 et 1.500 mètres), au tracé des surfaces isobares (contours, 850 - 700 et 500 millibars) et à leur évolution, il est possible d'avoir une idée correcte de l'évolution synoptique des éléments météorologiques et corrélativement de celle des essaims de criquets pèlerins.

Il serait souhaitable, néanmoins, de créer dans l'aire occidentale quatre ou cinq stations d'observations supplémentaires, dont l'emplacement sera fixé dans les recommandations. Le personnel desservant ces stations aurait également pour tâche de signaler la présence de criquets pèlerins.

6.3. Conclusions relatives à l'analyse des relations entre la météorologie et le déplacement des essaims de criquets pèlerins grégaires :

6.3.1. Analyse trimestrielle : les signalisations

Le choix d'une analyse par tranche de trois mois n'est pas arbitraire, car elle semble correspondre d'assez près aux différentes périodes de migrations des essaims au cours de l'année à certaines exceptions près (1) :

a) Septembre - octobre - novembre :

Les mouvements sont moins importants à dominante zonale (Ouest-Est ou Est-Ouest) (2). Ils sont moins faibles ou inexistantes dans le Nord de l'Afrique en décembre et janvier par suite des basses températures qui y règnent 24/31.

b) Décembre - janvier - février :

Les mouvements sont à dominante zonale (Ouest-Est ou Est-Ouest) (2). Ils sont moins importants ou inexistantes dans le Nord de l'Afrique en décembre et janvier par suite des basses températures qui y règnent 24/31.

c) Mars - avril - mai :

En Afrique du Nord les mouvements qui se poursuivent début juin, sont à dominante zonale, largement espacés par des périodes d'accouplements et de ponte 22/24/31.

d) Juin - juillet - août :

Les migrations sont à dominante méridienne (Nord-Sud). Les mouvements zonaux reprennent de l'importance à la mi-juillet et sont espacés en août par des périodes d'accouplement et de ponte au voisinage de la zone de convergence intertropicale 22/24/31.

(1) Il est assez difficile de séparer la deuxième quinzaine de mai du mois de juin, et la première quinzaine de septembre du mois d'août.

(2) Sur le Niger, Mali, Sénégal, les mouvements sont Nord-Sud les années où les températures sont basses (nombreuses descentes froides).

6.3.2. Les éléments météorologiques en relation avec le déplacement des essaims :

Une analyse condensée des éléments météorologiques pour ces diverses périodes permet d'expliquer l'entraînement des essaims dans une direction déterminée au cours de l'année.

a) Septembre - octobre - novembre :

Les migrations des essaims dépendent, comme il a été vu dans les chapitres précédents, des courants généraux de vent qui sont eux-mêmes dirigés par les centres d'action semi-permanents : anticyclones subtropicaux (atlantique et libyen) et complexe dépressionnaire africain (dépression thermique saharienne et zone de convergence intertropicale). La position de ces centres d'action n'est pas fixe dans le temps et dans l'espace durant toute la période. En moyenne fin septembre la zone de convergence intertropicale se déplace vers le Sud. En altitude, la circulation de l'air est Ouest-Est sur l'extrême Nord de l'Afrique, alors qu'elle devient Est-Ouest du Sénégal au Tchad. Entre ces deux courants zonaux, un flux à composante méridienne s'établit, de direction Sud-Nord du Niger au Sahara septentrional (flux dirigé par l'anticyclone libyen) et Nord-Sud du Maroc au Nord du Sénégal (flux dirigé par l'anticyclone atlantique). Entre ces deux courants de directions opposées, il existe une discontinuité dont l'axe se déplace vers l'Ouest au cours du mois d'octobre et vient se situer dans la deuxième quinzaine de ce mois au voisinage des côtes de la Mauritanie et du Sahara espagnol. A l'avant de cette discontinuité s'établit sur ces régions un flux de SE à Sud entraînant les essaims vers le Nord.

L'axe de cette discontinuité se situe en général au voisinage immédiat des côtes atlantiques (1) (vent de N à NE à l'arrière de celui-ci) et empêche les criquets de pénétrer sur mer. Les déplacements fréquents vers l'Est entraînant l'établissement d'un flux de NE sur le Sahara espagnol et la moitié Ouest de la Mauritanie ne permettent pas une progression continue des essaims vers le Nord en octobre et novembre, mais au contraire des avancées par vagues successives s'échelonnant en général sur quelques jours.

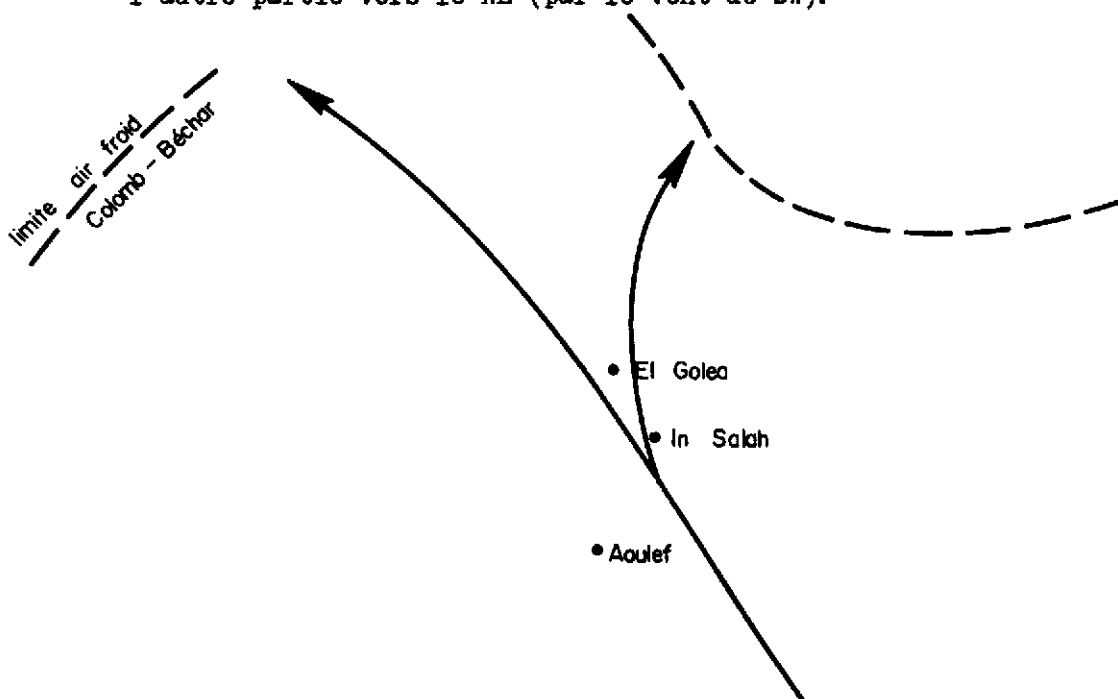
Il arrive à cette époque qu'une dépression se forme et se creuse sur l'Atlantique entre les Canaries, les Açores et le Portugal. Un flux général assez fort de SE à Sud s'établit alors de la Mauritanie au Maroc. Les essaims poussés par le vent se déplacent rapidement et sont entraînés sur l'Atlantique. La discontinuité précitée qui servait de barrière aux criquets disparaît dans ce cas.

Par contre, plus à l'Est le flux de secteur SE à Sud persiste du Niger au Sahara septentrional (à l'exception de quelques journées où l'air froid pénètre profondément au Sahara), et entraîne les essaims vers le Nord sur un axe moyen Kidal - Tessalit - In Salah - El Golea. Les cartes de signalisations, pour différentes années, montrent qu'en général les essaims n'atteignent pas l'extrême Nord de l'Afrique. Ce fait est dû aux différentes advections d'air froid qui pénètre à cette époque sur l'Afrique, soit par les Canaries, soit par la Tunisie et la Libye et plus rarement en fin de période par le Nord de l'Algérie.

(1) Le front de brise de mer joue le même rôle durant la journée.

L'axe moyen de la discontinuité, séparant l'air froid venant du secteur Nord et l'air continental plus chaud de secteur Sud, s'étend de Villa Cisneros à l'Ouest, à Gabès à l'Est (1).

Cet axe peut donc être considéré comme une double discontinuité de vent et de température, qui jouerait le rôle d'une barrière à criquets, limitant la progression des essaims vers le Nord. Par suite de la diffluence des courants de vent qui existe à cette époque au Sahara dans la région située entre In Salah et El Golea, une partie des essaims serait entraînée par le vent de SE vers le NW (Colomb-Béchar) et l'autre partie vers le NE (par le vent de SW).



b) Décembre - janvier - février :

Comme pour le trimestre précédent, les mouvements des essaims dépendent des courants généraux de vent qui sont eux-mêmes dirigés par les centres d'action semi permanents anticycloniques ou dépressionnaires.

(1) Il arrive lors des migrations vers le Nord, comme en octobre, novembre et décembre 1950, que les essaims grégaires ne dépassent pas l'extrême SW du Maroc. Ce fait semble dû à trois causes principales :

- a) Migrations et pontes tardives des essaims issus d'Arabie et du Soudan.
- b) Absence d'essaim grégaire dans les autres Pays durant les mois précédents.
- c) Sécheresse extrême au Maroc en novembre avec vents dominants de secteur NE donc opposés à une progression, très mauvais temps en décembre, pluies parfois diluviennes, inondations, vent dominant de WSW. (Cf. Appendice).

L'anticyclone atlantique, centré entre les Açores et les Canaries, dirige sur le Maroc et le Rio de Oro un flux de secteur Nord. La zone de hautes pressions libyenne, centrée sensiblement par 25° de latitude Nord et 20° de longitude Est, conduit sur la Libye, le Tchad, le Nord du Niger et le Sud Est du Sahara un flux de secteur Est (NE à SE). Entre ces deux cellules anticycloniques une zone à faible gradient barométrique, permet à l'air froid, dirigé par la dépression méditerranéenne de pénétrer profondément sur l'Algérie et la Tunisie. La zone de convergence intertropicale est située aux très basses latitudes, et le courant général de vent est d'Est ou Est Nord Est du Tchad au Sénégal.

L'air froid intéresse la majeure partie de la zone d'évolution du criquet pèlerin. L'isotherme moyenne 20° centigrade en décembre et janvier se situe approximativement sur une ligne Port-Stienne-Tamanrasset ; les températures les plus basses se rencontrent sur les Atlas marocains et algériens, sur la Libye et le Nord du Sahara, tandis qu'un couloir de températures moyennes relativement plus élevées se dessine sur une ligne Kidal - Tessalit - Bidon V - Ouallen. Son existence s'explique par le fait qu'il est lié à la zone de faible gradient de pression située entre les anticyclones atlantique et libyen, laquelle permet certains jours à l'air chaud continental tropical d'atteindre le Sahara central ou septentrional à l'avant des fronts froids qui pénétreront ensuite profondément sur l'Algérie, le Nord du Mali et du Niger (1). Un flux de secteur Sud s'établit alors dans les basses couches durant une courte période soit de la Mauritanie au Sud du Maroc, soit du Mali et du Niger vers le Sahara méridional et central ainsi que vers la Libye et le Sud de la Tunisie, et peut entraîner des essais vers ces régions, les vols ayant lieu dans les pulsations d'air chaud. Ces poussées d'air chaud ne dépassent jamais les premiers contreforts atlasiques du Maroc et de l'Algérie, limitant ainsi les vols des essaims au maximum à ces régions, si les températures sont suffisamment élevées pour les permettre.

En général, sur le Nord de l'Afrique les déplacements des essaims sont limités ou inexistantes par suite des basses températures qui y règnent en décembre et janvier.

En février, l'activité reprend : des essaims entraînés par des courants d'air humide relativement chaud de SW à W, dirigés par le chapelet de dépressions polaires qui intéressent l'Europe et la Méditerranée, se déplacent de l'Algérie à la Tunisie.

Du Tchad au Sénégal l'activité des essaims persiste périodiquement. De nombreux vols sont signalés soit du Niger au Mali et au Sénégal (vols Est-Ouest), soit du Niger au Nigeria, du Mali ou du Niger à la Haute Volta, du Sénégal à la Gambie et à la Guinée (vols NE-SW). On peut penser que la différence de direction des vols est liée à la température. Si les descentes successives d'air froid arrivent à des latitudes très méridionales (Mali-Niger-Tchad), les essaims se déplacent vers le Sud-Ouest, et atteignent le voisinage du front de mousson lié à la zone de convergence intertropicale qui occupe alors une position très Sud (8° de latitude Nord).

(1) Une dépression ou un chapelet dépressionnaire se forme sur le Nord du Mali ou l'extrême Sud de l'Algérie et se déplace ensuite rapidement vers le NE).

Dans le cas contraire les essaims pris dans le flux d'Est sont entraînés vers l'Ouest et n'intéressent pas les régions de très basses latitudes (1).

On peut conclure que pour la période décembre - janvier - février, les mouvements des essaims sont moins nombreux et moins rapides que ceux liés à la période précédente et ont lieu par intermittence.

La différence d'activité des essaims d'une année à l'autre pour le même trimestre, dépend de la fréquence des arrivées d'air froid et de leur pénétration vers le Sud. Plus la fréquence est grande, la pénétration profonde et l'advection continue, moins l'activité des essaims est importante, devenant parfois nulle.

Les déplacements importants des essaims ne paraissent avoir lieu que dans l'air chaud, c'est-à-dire en général lorsque la situation isobarique est telle qu'elle dirige un flux de secteur Sud (SE à SW) au Nord du 20ème parallèle, ou lorsqu'un courant d'air chaud et humide d'Ouest à Sud Ouest, dirigé par les dépressions méditerranéennes successives, souffle sur l'Afrique du Nord et entraîne des essaims d'Algérie vers la Tunisie (principalement en février). Par contre aux basses latitudes où les températures sont plus élevées et dépassent 20° au cours de la journée (2), les mouvements des essaims sont plus fréquents et généralement à composante Est.

c) Mars - avril - mai :

Au cours de ce trimestre, pour des causes biologiques (3) et météorologiques, les essaims stagnent en général dans le Nord de l'Afrique jusqu'à la moitié mai, à l'exception de certains mouvements NE-SW du Maroc au Sénégal. De même en mai des essaims situés aux basses latitudes au voisinage de la zone de convergence intertropicale remontent avec elle vers le Nord, et viennent intéresser les parties Sud du Sénégal, du Mali et du Niger.

Durant ces trois mois, les situations météorologiques sont complexes dans leur ensemble. A partir d'avril un triple courant intéresse l'Afrique. Le premier est dirigé par l'anticyclone atlantique, le second par la dépression thermique saharienne, le troisième est dû au couloir de basses pressions de la Méditerranée occidentale. Il existe donc à la limite de ces différents courants des discontinuités de vent et de masses d'air qui pourraient cloisonner les essaims de part et d'autre de celles-ci. La discontinuité principale séparant les masses d'air liées à l'anticyclone atlantique, de celles dirigées par la dépression thermique saharienne, jouerait le rôle d'une barrière difficilement franchissable par les essaims. La position de cette discontinuité de vent n'est pas fixe dans le temps et dans l'espace. Elle dépend de celles de l'anticyclone atlantique et de la dépression saharienne. Elle a de ce fait un mouvement de balancement Ouest-Est qui devrait limiter la progression des essaims vers l'Est.

- (1) Le front de mousson occupe une position plus septentrionale que dans le cas précédent.
- (2) Exception faite pour le Nord du Niger et du Mali où elles peuvent être voisines ou légèrement inférieures à cette valeur.
- (3) Pontes qui se poursuivent début juin, durée d'incubation des oeufs - Différents stades larvaires - Apparition de jeunes ailés.

De même, la discontinuité polaire séparant les masses d'air d'origine atlantique ou méditerranéenne des masses d'air continentales dirigées par la dépression thermique saharienne, aurait le même rôle. Si durant cette période le flux de NE persiste du Sud marocain au Sénégal (1), il n'en est pas de même pour les autres régions, où des modifications profondes de la zone de basses pressions méditerranéennes entraînent une variation importante de la position de la discontinuité polaire. Cette dernière surtout en mars et avril peut descendre vers le Sud et atteindre le Sahara central. Certains essaims pourraient donc être entraînés avec cette discontinuité dans la même direction, à condition que les températures soient suffisamment élevées pour permettre une activité aux criquets. Cependant, en général, la discontinuité polaire reste à des latitudes plus septentrionales ; de ce fait les essaims situés au Nord de l'Algérie, ne paraissent pas pouvoir être entraînés dans leur ensemble vers le Sahara central et méridional. Au milieu du mois de mai, deux minimums de basses pressions relatives de basses couches peuvent se former par intermittence, au sein de la dépression thermique saharienne, et diriger, sur le centre et le Sud du Sahara, un flux de secteur Nord qui pourrait alors entraîner des criquets dans ces régions.

Cette discontinuité polaire s'étend également sur la Libye et ne devrait pas permettre en général aux essaims de traverser ce Pays du Sud vers le Nord. Les criquets pèlerins signalés au voisinage des côtes libyennes à cette époque arriveraient donc de la Tunisie, et non pas directement du SE algérien ou du Nord du Niger.

d) Juin - juillet - août :

La climatologie et l'analyse synoptique des cartes météorologiques au cours de ce trimestre, montrent que la dépression saharienne joue le rôle de centre principal d'action pour l'Afrique (2) et dirige sur la moitié Nord de ce continent un flux d'air chaud et sec. Cette dépression se noyautte souvent en plusieurs minimums relatifs mobiles, d'origine thermique et dynamique. L'ensemble de ce complexe dépressionnaire occupe donc des positions différentes qui se traduisent par des directions diverses du vent dans les toutes basses couches de la troposphère. De même l'anticyclone des Açores occupe une position plus ou moins septentrionale ou orientale par rapport à sa position moyenne. La dépression africaine et l'anticyclone atlantique amorcent en août leur mouvement vers le Sud. Les vents dans les 600 à 1.000 premiers mètres sont en général de NE à l'Ouest d'une ligne Nouakchott - Atar - Philippeville et de SE à l'Est de cette ligne. Toutefois, durant le jour, dans une étroite bande côtière d'environ 100 kilomètres de large, les effets de brises de mer sont prépondérants et les vents sont sensiblement perpendiculaires aux côtes. Il existe donc une discontinuité supplémentaire (3) séparant ces vents de mer du vent général de NE ou de SE, visualisée le plus souvent par une ligne de Cumulus.

Les essaims situés en mai et juin sur le Nord de l'Algérie et au Maroc poussés par le vent de NE, seraient donc entraînés vers le SW, c'est-à-dire de l'Algérie vers le Maroc ou la Mauritanie, du Maroc vers le Sahara espagnol, la Mauritanie et l'extrême Nord du Sénégal.

(1) Des essaims peuvent donc être entraînés du Maroc vers le Sénégal, via le Sahara espagnol et la Mauritanie.

(2) Pour les toutes basses couches de l'atmosphère (0 - 1.000 mètres).

(3) Cette discontinuité porte souvent le nom de front de brise de mer.

La discontinuité des alizés et le front de brise de mer jouant le rôle d'une barrière, empêcheraient en général les essaims d'atteindre les côtes et de pénétrer sur mer, et les obligeraient à longer ces discontinuités ou à se poser. Ceux situés en Tunisie au mois de mai, seraient entraînés en juin vers l'Algérie, le Nord de la Libye et parfois en Méditerranée (1). En août toute l'Afrique du Nord serait pratiquement débarrassée des criquets pèlerins grégaires.

Par suite du maintien des vents de SE à Est sur le Sud algérien et la partie orientale du Sahara central, les essaims situés sur le Nord de l'Algérie et la Tunisie ne pourraient pas se diriger vers le Sud c'est-à-dire survoler le couloir de migration El Golea - In Salah - Tessalit - Kidal que de nombreux essaims empruntaient lors des invasions Sud-Nord de septembre à novembre. Par contre des essaims restés l'hiver dans le Sud saharien pourraient s'être déplacés en mai et début juin vers le Mali, la Haute Volta et le Niger. Le couloir principal de migration des criquets pèlerins paraît se dessiner, durant ces trois mois, du Nord de l'Algérie et du Maroc vers le Sahara espagnol, la Mauritanie et la bordure Nord du Sénégal.

Oscillant autour de sa position moyenne, le front de mousson remonte au Nord du 15^{ème} parallèle. Au Sud de ce front, les vents sont de secteur Ouest ; ils poussent les essaims qui pénètrent de la Mauritanie du Sud sur le Mali, puis à travers le Niger et atteignent le Tchad.

De plus au mois d'août, l'anticyclone libyen et la dépression saharienne se décalent vers le SW ; la discontinuité mobile séparant dans les très basses couches les courants de secteur Est lié à l'anticyclone libyen et de secteur Ouest lié à la dépression saharienne (2), se déplace du Tchad vers le Niger qu'elle atteint en septembre et permet ainsi aux essaims venant d'Arabie et du Soudan, entraînés par les vents d'Est, d'atteindre le Niger et de se mélanger à ceux qui, poussés par les vents d'Ouest, étaient venus du Sud de la Mauritanie et du Mali.

En août et septembre de nombreuses pontes sont observées dans ces régions, au voisinage de la zone de convergence intertropicale à laquelle est lié le front de mousson.

6.3.3. Le cycle annuel des migrations d'essaims de criquets pèlerins grégaires dans l'aire occidentale d'invasion :

La figure 279 schématise les différentes trajectoires suivies par les essaims au cours des périodes précédemment étudiées, en fonction des signalisations. Cette carte met en évidence deux types de mouvements : l'un zonal (Ouest-Est ou Est-Ouest), l'autre méridien (Nord-Sud ou Sud-Nord). Durant toute l'année à l'exception de décembre et janvier pour un certain nombre de cas, les mouvements zonaux et méridiens coexistent. Les déplacements méridiens des essaims du Nord vers le Sud les entraînent vers la zone de convergence intertropicale et se poursuivent par des mouvements de l'Ouest vers l'Est à l'arrière du front de mousson lié à cette zone de convergence intertropicale (juin - juillet - début août - Fig. 280). Inversement les déplacements zonaux des essaims de l'Est vers l'Ouest en bordure Nord de la zone de convergence intertropicale se continuent par des mouvements méridiens du Sud vers le Nord

(1) La brise de mer n'existe pas dans ce cas.

(2) Courants établis sur les faces Sud de l'anticyclone libyen et de la dépression saharienne.

(fin septembre - octobre - novembre - Fig. 281), jusqu'aux environs du 33ème parallèle (limite moyenne de l'air froid venant de l'atlantique et de la méditerranée).

En moyenne les vents des très basses couches sont de NE du Nord du Sénégal à la Mauritanie (Fig. 281) et contrarient l'avancée des essaims vers le Nord. De ce fait la remontée de ces essaims du Sénégal à la Mauritanie et au Maroc n'est pas un phénomène continu dans le temps, mais se produit seulement lorsque un courant de secteur Sud s'établit sur ces Pays, c'est-à-dire, comme il a été vu précédemment lorsque la discontinuité séparant les deux cellules anticycloniques libyenne et atlantique, est suffisamment décalée vers l'Ouest (sur une ligne Nouakchott - Tanger (1) ce qui se traduit soit par un déplacement de l'anticyclone atlantique vers le SW, soit par la formation d'une dépression entre les Canaries et les Açores et l'effondrement de cet anticyclone.

Durant l'hiver (décembre - janvier - février - Fig. 282), aux basses latitudes, les criquets pèlerins se dirigent en grande partie vers la zone de convergence intertropicale (2), c'est-à-dire vers le Sud ou SW, une plus petite partie se déplace de l'Est vers l'Ouest. En général sur l'Afrique du Nord les mouvements sont peu importants en décembre et janvier, par suite des basses températures qui y règnent. L'activité des essaims à cette époque dépend essentiellement de la température. Si la discontinuité D1 tracée sur la carte (Fig. 282) se déplace vers l'Ouest (3), l'air continental chaud de SE à Est devient prédominant sur l'Afrique, les températures s'élèvent, les vols sont possibles. Par contre, si le décalage de cette discontinuité D1 se fait vers l'Est (avancée de l'anticyclone atlantique), le flux de secteur Nord se généralise de la Mauritanie au Hoggar, l'air froid atteint des latitudes très méridionales (Kidal - Agadès), les températures sont basses, l'activité des essaims est nulle ou très réduite.

En février les déplacements de l'Ouest vers l'Est (4) s'amorcent au Maroc et en Algérie en direction de la Tunisie et du Nord de la Libye (Fig. 282).

Au printemps (mars - avril - mai - Fig. 283), les mouvements en direction du Sud débutent du Maroc au Sahara espagnol tandis que les déplacements Ouest - Est du Maroc à la Tunisie se poursuivent. Les accouplements et pontes se multiplient dans ces régions. Des essaims fixés au Sahara méridional se dirigent vers le Mali et le Niger,

(1) Traits interrompus -x-x-x-x- sur la figure 281.

(2) C'est-à-dire du Niger au Nigeria, du Mali à la Haute Volta et à la Guinée et du Sénégal à la Gambie et à la Guinée.

(3) Retrait de l'anticyclone atlantique ou avancée de l'anticyclone libyen vers l'Ouest.

(4) Egalement du SW vers le NE.

tandis qu'au Sud du 15^{ème} parallèle les mouvements à composante Est se poursuivent au Nord de la zone de convergence intertropicale qui commence sa remontée vers les latitudes septentrionales (1).

6.4. La prévision météorologique des mouvements des essaims de criquets pèlerins grégaires :

1) Il a été vu dans les différents chapitres que les facteurs météorologiques prépondérants concernant les mouvements des essaims étaient le vent et la température [24].

De même l'analyse d'un certain nombre de cas à des périodes différentes a permis de mettre en évidence le fait que les essaims grégaires poussés par les vents se dirigeaient vers ou le long des grandes discontinuités suivantes [24] :

- a) Front de mousson lié à la zone de convergence intertropicale.
- b) Discontinuité ou front des alizés séparant les courants d'origine continentale et atlantique.
- c) Discontinuité polaire séparant les masses d'air d'origine atlantique ou méditerranéenne des masses d'air continental.
- d) Front de brise de mer, lié à la variation diurne de la température sur le continent.

2) Il n'y a donc aucun doute que les facteurs météorologiques influent grandement sur le comportement des essaims. Il est alors indispensable d'analyser le temps et de prévoir son évolution quand il s'agit d'étudier et de pronostiquer les déplacements des criquets pèlerins grégaires. La prévision concernant ce problème est difficile. Pour essayer de la mener à bien il faut avant tout déterminer l'échelle à laquelle le météorologiste doit travailler suivant la demande du spécialiste acridien.

3) Trois échelles sont choisies et définies comme suit :

a) Echelle géographique :

Sa dimension est au moins celle d'un Pays ou d'un groupe de Pays limitrophes ; elle peut éventuellement s'étendre à une partie de l'aire d'invasion.

b) Méso échelle :

De dimension plus réduite, elle intéresse une région déterminée au sein d'un Pays, mais est au moins égale à la dimension de la particule synoptique (100 à 300 kilomètres).

c) Echelle locale :

De faible dimension, son ordre de grandeur est celui de la particule aérologique. (De quelques kilomètres à 100 kilomètres dans les meilleures conditions).

a) Echelle géographique :

Elle doit être prise en considération lorsque le spécialiste de la

(1) Remarque : Certaines années qui ne sont pas de rémission, sont marquées par l'absence d'essaim grégaire l'hiver précédent, au printemps et en été (ex: 1950) en Afrique du Nord, en Mauritanie, au Mali et au Niger. En octobre, novembre et parfois décembre, les jeunes essaims qui envahissent progressivement le Niger, l'Algérie, le Mali, le Sénégal, la Mauritanie et le Sud du Maroc proviennent alors des essaims venus d'Arabie, du Soudan et du Tchad.

lutte antiacridienne veut connaître les mouvements généraux des essaims dans un Pays ou groupe de Pays, sur un laps de temps allant de quelques jours (5 par exemple) à un, deux ou trois mois.

Le choix des documents à analyser dépend bien entendu de la durée de la période. Si cette dernière est grande (un à trois mois), le météorologiste doit utiliser des données statistiques telles que : situations isobariques moyennes au niveau de la mer (1), directions et vitesses des vents moyens à différentes heures à 500, 1.000 et 1.500 mètres, cartes des valeurs des températures moyennes maximales et minimales (2), carte de précipitations, position moyenne des discontinuités principales telles que : front de mousson, front des alizés, front polaire.

Des documents concernant les criquets pèlerins lui sont également indispensables : cartes pointées des signalisations d'essaims au cours des trois derniers mois et leur progression, cartes pointées mois par mois des signalisations d'essaims et de larves pour les Pays concernés, sur quelques années (3).

La météorologie synoptique (4) ne sera pas d'un grand secours pour ce type de prévision. Par contre l'étude des cartes moyennes de l'année en cours et leur comparaison avec les cartes moyennes établies sur une longue période (30 ans par exemple) sera d'une grande utilité. Il est indispensable de savoir si les mois qui précèdent sont plus froids ou plus chauds que la moyenne, si la pluviométrie est ou non excédentaire, si les vents des basses couches de l'atmosphère soufflent dans les mêmes directions que celles indiquées par les statistiques ou au contraire s'il y a des écarts importants et fréquents sur plusieurs jours.

Pour une courte période (2 à 10 jours) les documents précédemment décrits sont nécessaires mais ne suffisent plus (5). L'étude des cartes "synoptiques" devient indispensable. En effet si les cartes moyennes permettent dans l'ensemble de situer les migrations saisonnières, elles ne peuvent expliquer en général les déplacements des essaims sur une courte période. Sur certains axes, Sénégal - Maroc par exemple, en octobre et novembre, seuls des écarts prononcés dans la situation météorologique moyenne en surface permettent aux essaims de se diriger vers le Nord, bien qu'à cette époque le courant moyen dans les toutes basses couches de la troposphère soit de NE sur la Mauritanie et le Sahara espagnol ; les déplacements importants des essaims se font par vent de secteur Sud, c'est-à-dire lorsque l'anticyclone atlantique s'est décalé vers l'Ouest par rapport à sa position moyenne ou qu'une dépression s'est creusée sur les Canaries ou qu'une profonde dépression s'est formée entre les Açores et les côtes du Portugal.

De même l'analyse synoptique permet de situer les centres d'action anticycloniques et dépressionnaires qui ont, comme il a été vu au cours des différents chapitres, une importance primordiale dans l'étude des mouvements des criquets pèlerins. La prévision des déplacements éventuels de ces centres d'action donnera l'évolution des vents (direction et vitesse) et les trajectoires des masses d'air (température) ainsi que la position prévue des

(1) Pour avoir les positions moyennes des centres d'action.

(2) En surface.

(3) Quand c'est possible les deux années précédentes. Ces documents sont publiés dans le manuel du criquet pèlerin FAO/ALRC.

(4) Analyse des cartes journalières par tranche de 6, 12 ou 24 heures.

(5) En effet dans de nombreuses régions, les mouvements importants des essaims grégaires se déclenchent lorsque des anomalies ou écarts prononcés se produisent dans les valeurs moyennes (pression, vent, température, front).

principales discontinuités telles que : front polaire, front des alizés, front de mousson, et zones de confluence et convergence.

A courte échéance, la prévision de tous ces éléments météorologiques peut permettre d'estimer les déplacements des essaims sur de grandes distances ou au contraire de prévoir des périodes d'arrêt des mouvements par suite de conditions météorologiques synoptiques défavorables (vents contraires, basses températures, fronts).

b) Méso-échelle :

Seule l'analyse synoptique peut permettre de prévoir les déplacements des essaims en fonction de la variation des facteurs météorologiques. La connaissance de la position des discontinuités dans la région, la prévision de leurs déplacements et de leurs modifications éventuelles, compte tenu de la topographie régionale (effets orographiques), et de la variation diurne de la température (front de brise de mer, dépressions thermiques - convection) sont essentielles pour prévoir les mouvements des criquets pèlerins.

De ce fait, le prévisionniste régional doit adapter à sa région les prévisions météorologiques reçues d'un centre principal ou interrégional.

c) Echelle locale :

Il n'est pas toujours possible à l'aide de cartes synoptiques de prévoir les déplacements locaux des essaims sur quelques heures. En effet, les phénomènes locaux interviennent et sont très souvent prépondérants : aspect superficiel du sol, topographie, variations diurnes de la direction et de la vitesse du vent : effets de brise (pente, vallée, lac, mer).

Le prévisionniste, qui se trouve sur le terrain avec une équipe de lutte antiacridienne, doit obligatoirement adapter la prévision synoptique à l'échelle locale en tenant compte des nombreux facteurs supplémentaires qui interviennent, pour essayer de prévoir les déplacements des essaims. Il serait souhaitable qu'il puisse suivre un vol durant quelques heures ou quelques jours de façon à étudier le comportement exact de ces insectes, en fonction des éléments météorologiques divers.

6.5. Lutte stratégique et météorologie :

L'analyse comparée des signalisations et des éléments météorologiques a permis de mettre en évidence, en fonction des saisons, un certain nombre de couloirs d'invasion et de barrières d'arrêt pour les criquets.

L'invasion n'étant pas simultanée dans les différents Pays, 16/20/26 il est intéressant de connaître la progression des essaims au cours de l'année afin que les unités de reconnaissance et de lutte distribuent, à des périodes déterminées, leurs efforts sur certaines régions ou sur des axes privilégiés.

Les figures 280 à 283 sont des schématisations des trajets suivis par les essaims compte tenu des signalisations par trimestre 24/31. La carte représentative des mois de juin, juillet et août (Fig. 280) indique deux routes principales. L'une axée NE-SW s'étend de l'Algérie et du Maroc au Sud de la Mauritanie, l'autre orientée Ouest-Est, est située au Sud du front de mousson dans le courant de secteur Ouest, c'est-à-dire du Sud de la Mauritanie à l'Ouest du Tchad. Les essaims de la 2ème génération de l'Algérie et du Maroc (pontes de printemps) continuent leur mouvement vers le Sahara espagnol et la Mauritanie. Généralement il n'y a plus d'essaim grégaire en Tunisie, en Algérie et au Maroc en août. La discontinuité due à la brise

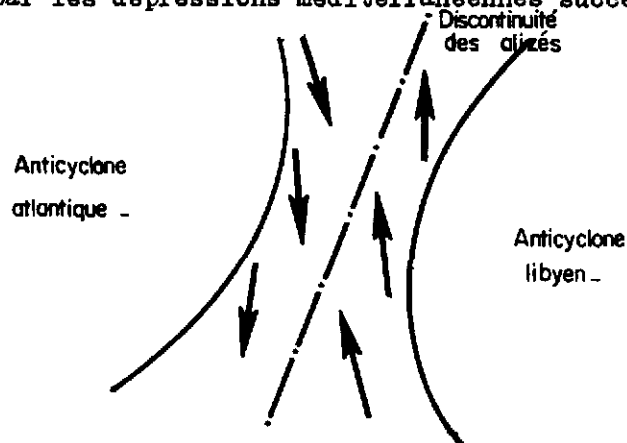
de mer semble empêcher les criquets pèlerins dans leur ensemble d'atteindre la côte atlantique lors de leur mouvement. Les essaims grégaires qui parviennent au Sud de la Mauritanie atteignent le voisinage de la zone de convergence intertropicale. Par suite de la remontée et des ondulations du front de mousson (1) à cette époque, les criquets pèlerins se trouvent à un moment donné à l'arrière de ce front et, pris alors dans le courant de secteur Ouest, ils atteignent le Mali puis le Niger où l'on observe de nombreux accouplements en août, dans une zone particulièrement favorable aux pontes et au développement rapide des oeufs ; tandis que ceux qui restent au Nord de ce front de mousson sont entraînés vers l'Ouest.

Les essaims du Sénégal (juin) se déplacent également vers le Mali (juillet) et le Niger (juillet-août), par contre ceux de l'Est du Tchad, soumis au courant d'Est, se dirigent vers l'Ouest.

La figure 281 montre en plus de la position des principaux centres d'action, les routes suivies par les essaims grégaires en septembre, octobre et novembre, compte tenu des signalisations sur plusieurs années. Par rapport au trimestre précédent les mouvements s'inversent en octobre et novembre, le mois de septembre étant plutôt un mois de transition où les pontes sont encore nombreuses et les courants de vent de secteur Sud non encore suffisamment établis.

Il existe durant les deux derniers mois de ce trimestre deux couloirs principaux d'invasion vers le Nord, l'un du Sénégal au Sud du Maroc par la Mauritanie et le Sahara espagnol, l'autre du Nord du Niger au Sahara septentrional par le Sahara méridional et central. Un mouvement Est-Ouest s'amorce également fin septembre et se poursuit en octobre et novembre du Tchad au Sénégal par le Niger et le Mali, par suite du retrait du front de mousson vers le Sud.

Si les vols du Niger au Sahara se produisent en octobre et novembre d'une façon presque continue, il n'en est pas de même de ceux qui vont du Sénégal au Sud du Maroc, car les vents de secteur Sud ne soufflent que par intermittence (période de 3 à 10 jours) dans ces régions. Les conditions nécessaires à l'établissement de ce courant de Sud est le recul vers l'Ouest ou le SW de l'anticyclone atlantique, entraînant un décalage de la discontinuité des alizés dans la même direction, ou le creusement d'une dépression sur l'Océan entre les Canaries et les Açores (2). En général, les essaims ne poursuivent pas leur progression vers le Nord au-delà d'une certaine limite qui se situe en moyenne entre les 31 et 33ème parallèles (3) ; ils se heurtent à une barrière d'air froid amenée par les courants de vent de secteur NW dirigés eux-mêmes par les dépressions méditerranéennes successives.



(1) Lié à cette zone de convergence.

(2) Dans certaines situations les essaims par suite de ces forts courants de Sud à SE sont entraînés sur l'Atlantique, certains se posent sur les îles, d'autres continuent leur route jusqu'à l'épuisement 24/29.

(3) Le relief peut modifier cette limite.

En décembre - janvier, l'activité des essaims est réduite au Nord du 15ème parallèle (Fig. 282) par suite de la présence presque continuelle de masses d'air froid dans la plupart de ces régions. Seuls, des déplacements d'essaims de criquets pèlerins grégaires sont notés lorsqu'un courant de Sud s'établit pour quelques jours du Sénégal à la Mauritanie et/ou du Sahara méridional au Sahara septentrional. Les criquets pèlerins ne volent à cette époque que dans l'air chaud. Du fait du déplacement de la zone de convergence intertropicale et du front de mousson qui lui est lié, et des nombreuses descentes d'air froid successives qui atteignent certaines années en décembre et janvier le Mali, le Niger et le Tchad, les essaims se déplacent vers le Sud ou le SW et parviennent au 8ème parallèle (1). En février d'une part les températures s'élèvent, d'autre part un courant d'air humide et relativement doux de SW à W, dirigé par le chapelet des dépressions méditerranéennes s'étend du Maroc à la Tunisie et au Nord de la Libye. Des essaims entraînés par ces courants arrivent au voisinage des côtes de la Méditerranée et sont alors transportés du Maroc et de l'Algérie vers la Tunisie et la Libye septentrionale.

La figure 283 montre les routes principales suivies par les essaims grégaires durant le trimestre mars - avril - mai, compte tenu des signalisations. Cette période est complexe, elle correspond d'une part à des mouvements d'essaims dans les deux sens (Ouest ou Est) en Afrique du Nord, ainsi qu'aux premiers accouplements et pontes de printemps, et à des mouvements divers au sein de la zone de convergence intertropicale, par suite du début de la remontée de celle-ci vers le Nord. Des essaims ayant séjourné l'hiver au Sahara méridional reprennent de l'activité par suite de la hausse de température, et commencent leur mouvement vers le Niger et le Mali, entraînés par un courant de secteur NE.

En résumé, au cours de l'année quatre principaux couloirs d'invasion 24/31 existent pour l'aire occidentale :

Deux couloirs méridiens :

- a) Sénégal - Mauritanie - Sahara espagnol - Maroc - Directions : Sud-Nord et Nord-Sud.
- b) Nord Niger et NE Mali - Sahara méridional, central et septentrional - Direction principale Sud-Nord.

Deux couloirs zonaux :

- a) Celui lié à la zone de convergence intertropicale : Sénégal, Sud Mauritanie, Mali, Niger, Tchad - Dans les directions Ouest-Est et Est-Ouest, avec une composante vers le Nord ou le Sud suivant les saisons (montée vers le Nord ou descente vers le Sud du front de mousson).
- b) Maroc - Algérie - Tunisie et Nord Libye - Dans les directions Ouest-Est, Est-Ouest, SW-NE et NW-SE.

Il est évident que les signalisations ne couvrant pas la totalité de l'aire étudiée, d'autres axes de migrations d'essaims peuvent exister entre les côtes atlantiques africaines et le 15ème méridien Est.

Pour la lutte stratégique, la mise en évidence de ces quatre principaux couloirs d'invasion permet d'attirer l'attention sur le fait que certaines régions ne devraient pas être forcément soumises à une surveillance intensive chaque mois de

(1) Du Niger au Nigeria, du Mali à la Haute Volta et Guinée, du Sénégal à la Gambie et à la Guinée.

l'année. De même les groupements interrégionaux de lutte pourraient porter leurs efforts sur les Pays et sur les points "clés" (1) où leur intervention semblerait la plus efficace et la plus rentable au cours des différents mois. Certaines de ces zones sont connues, d'autres seraient à déterminer avec les spécialistes de la lutte antiacridienne des différents Pays.

6.6. Remarques :

1) Vols de nuit :

Il arrive que les essaims grégaires se déplacent de nuit [25] soit dans les secteurs chauds des perturbations, soit à l'avant d'un front froid, soit quand les températures de jour sont trop élevées.

2) Convergence - Divergence :

Pour un certain nombre de situations météorologiques se rapportant à des signalisations d'essaims au voisinage de centres dépressionnaires relatifs, les valeurs du vecteur tourbillon relatif ont été calculées (2).

Les valeurs trouvées exprimées en facteurs de 10^{-4} , pour les latitudes égales ou supérieures à 20° N, n'ont jamais dépassé la valeur de $1,0 \cdot 10^{-4}$, et sont restées en moyenne très inférieures.

Sur le Nord de la Mauritanie, le Sahara, le Nord du Mali et du Niger, les dépressions ne sont pas suffisamment creuses pour que le tourbillon relatif et en conséquence la convergence soient importants [6]. Il n'y a pas, comme dans la région indo-pakistanaise entre autres, des passages de cyclones de grande intensité ou des dépressions stationnaires durant plusieurs jours sur de grandes étendues. Par contre, sur l'Atlantique lorsqu'une dépression se creuse entre les Açores, les Canaries et les côtes du Portugal (octobre ou novembre par exemple), le tourbillon relatif et par suite la convergence peuvent devenir plus importants. Il peut en être de même sur la Méditerranée occidentale et l'extrême Nord de l'Algérie, lorsqu'une dépression se creuse rapidement entre les Baléares et la Sardaigne.

(1) Par exemple - Maroc :	Vallées du Sous et du Draa.
Algérie :	Voisinage de la frontière algéro-marocaine au SW de Colomb-Béchar.
Mauritanie :	Extrême Sud et Sud-Est.
Niger :	Nord.

(2) D'après la formule $\left\{ = 1,361 \cdot 10^{-6} \frac{(\bar{Z} - Z_0)}{\sin \varphi} \right.$

Dimension réelle de la maille : 444,444 km.

\bar{Z} : moyenne arithmétique des niveaux correspondant aux différents points qui entourent le point de référence 0 où l'on mesure le tourbillon relatif.

φ = latitude.

Cependant ces minimums dépressionnaires, qui sont mobiles, pourraient jouer un rôle dans la concentration et l'augmentation des criquets pèlerins grégaires [6], du fait d'une part de la double influence confluence et convergence liées à ces dépressions, d'autre part du déplacement de ces minimums qui, balayant une grande superficie sur quelques jours, peuvent entraîner avec eux des criquets stationnés dans les parages de ces dépressions relatives mobiles.

6.7. Conclusion :

L'étude du déplacement des criquets pèlerins est loin d'être terminée. Comme il a été dit au début de ce rapport, la présente analyse n'a été faite que pour le déplacement des essaims grégaires et que sur un certain nombre de cas. Il y aurait donc lieu de la compléter et de grouper les résultats obtenus pour l'aire occidentale d'invasion, avec ceux relatifs à l'aire orientale.

Enfin, une étude sur le terrain des déplacements éventuels des populations non grégaires reste à entreprendre.

31 décembre 1965

Chapitre 7

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LE ROLE DE LA METEOROLOGIE

DANS LE PROBLEME ACRIDIEN

1) L'analyse qui vient d'être faite donne une idée des enseignements que l'on peut tirer d'une étude météorologique, en relation avec les mouvements des essaims de criquets pèlerins grégaires, dans une région déterminée sur un ensemble de courtes périodes sélectionnées.

Il serait souhaitable que cette analyse soit étendue à un plus grand nombre de cas (1) et éventuellement à une année entière judicieusement choisie pour avoir un cycle complet des déplacements des essaims grégaires dans l'aire occidentale d'invasion en fonction des différents mois de l'année.

2) L'analyse des documents météorologiques conduit à penser à la nécessité de créer de nouvelles stations d'observation, au nombre de quatre ou cinq dans l'aire occidentale d'invasion (2) (Fig. 284).

Il semblerait opportun que les stations de recherches acridiennes qui ne sont pas placées à proximité de stations météorologiques soient équipées d'instruments de mesure pour la météorologie, et effectuent au moins trois fois par jour (06 - 12 et 18 G.M.T.) des observations météorologiques qui seraient envoyées par radio à la station météorologique la plus proche.

3) La consultation des différents rapports de signalisation entraîne un certain nombre de remarques qui ont été faites au cours des différents chapitres, et conduit aux recommandations suivantes :

a) Essayer d'augmenter la précision des observations en notant soigneusement leur source, le degré de confiance que le prospecteur attache aux signalisations qui ne lui sont pas propres et l'heure des observations.

b) Effectuer sur place, au moment de l'apparition des criquets une ou deux observations météorologiques simples, à l'aide de robustes instruments de mesure qui seraient remis aux prospecteurs avant leur tournée.

(1) Par exemple en octobre, novembre 1950, l'invasion n'est venue que par le Soudan et le Tchad ; les essaims sont remontés vers l'Algérie et la Mauritanie mais n'ont pas dépassé l'extrême SW du Maroc. Durant les mois précédents avril, mai, juin, juillet, aucun essaim n'était signalé dans ces régions (Cf. Appendice 1).

(2) Une au Niger aux environs de 17°30' N - 04°30' E.
Une ou deux au Mali vers Mabrouk et Araouane.
Une en Mauritanie au NE du Dhar Adrar.
Une à la frontière mauritano-algérienne vers Chegga.

4) Conduire dans les zones difficiles d'accès des prospections par avion ou par hélicoptère. De même le réseau pluviométrique étant souvent insuffisant, il y aurait lieu de faire des prospections avion après des périodes de précipitations, pour localiser les zones de végétation.

Enfin, les observateurs lors de leurs prospections en avion devraient effectuer des mesures de vent et de température. Il est donc nécessaire d'équiper ces avions d'instruments météorologiques.

5) Par Pays ou par Organisation régionale ou interrégionale nommer un centre météorologique responsable de la prévision concernant les acridiens, compte tenu du fait que des renseignements lui seront fournis par le DLIS et l'Organisation antiacridienne responsable.

6) Avoir des contacts étroits entre les différentes régions, et les Pays limitrophes. Faire au moins deux fois par an le point des rapports entre l'Organisation antiacridienne régionale et le Service météorologique compétent (études en cours, critique des prévisions, situation acridienne etc.).

7) Essayer d'adapter à l'échelle locale les prévisions émises par le centre météorologique désigné. Le mieux serait d'obtenir pour quelque temps un météorologiste sur place. Une Organisation antiacridienne interrégionale importante devrait avoir en permanence un météorologiste.

8) Dans les Services météorologiques principaux possédant par exemple un Institut de recherches, continuer à poursuivre sur toute l'étendue de l'aire infestée, les analyses comparées de la météorologie (1) et du criquet pèlerin, en collaboration avec les Organisations principales de lutte antiacridienne, le D.L.I.S., et l'Organisation Météorologique Mondiale.

9) Ces analyses devraient commencer par l'étude des déplacements des essaims grégaires, qui est la moins complexe, puis s'étendre à l'ensemble du problème, phase solitaire comprise.

10) Enfin l'étude déjà entreprise des relations entre la météorologie et l'écologie du criquet pèlerin devrait être poursuivie.

(1) Etudes climatologiques et synoptiques.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier particulièrement les membres du groupe d'experts chargés de coordonner les recherches relevant du Projet du Fonds Spécial des Nations Unies relatif au Criquet Pèlerin, qui ont recommandé, lors de leur dernière réunion, d'entreprendre cette étude ; le Dr. R.C. Rainey ainsi que ses collaborateurs les plus proches, Miss Waloff et Miss Betts, pour nous avoir judicieusement aidé à choisir les périodes à analyser, pour leurs conseils éclairés concernant ce sujet complexe, et pour les renseignements précieux que le Dr. R.C. Rainey nous a permis de puiser dans sa note technique No 54 : "La météorologie et les migrations des criquets pèlerins" ; Monsieur Mallamaire, Directeur de l'OCLA et son personnel pour les moyens matériels mis à notre disposition ainsi qu'une importante documentation concernant les signalisations de criquets pèlerins.

Nos remerciements vont également à Monsieur le Directeur de l'A.S.E.C.N.A. et ses Chefs de Service pour tous les renseignements météorologiques qu'il nous a été possible de consulter tant à Paris qu'à Dakar ; Monsieur le Professeur Pasquier pour ses précieux conseils et les discussions constructives que nous avons eues ; Monsieur le Secrétaire Général de l'Organisation Météorologique Mondiale et son Représentant Monsieur Ashford ; Monsieur le Directeur de la Météorologie Nationale Française et ses Chefs de Service ; le Gouvernement du Sénégal, en particulier Monsieur le Directeur du Service de l'Aéronautique civile et le responsable de la section météorologique auprès de l'Organisation Météorologique Mondiale ; Monsieur Théron, responsable du Service Météorologique de l'Algérie, pour les renseignements qu'il a eu l'amabilité de nous fournir.

Qu'il nous soit permis également de remercier vivement le Dr. J. Valléga, Directeur de la Division de la Production végétale et de la Protection des Plantes de la F.A.O. et son Adjoint Monsieur Pichel ; Monsieur H.J. Brédo, Directeur du Projet du Fonds Spécial des Nations Unies relatif au Criquet Pèlerin et son Adjoint Dr. K. Lubani, pour nous avoir autorisé à faire cette étude et facilité l'accomplissement de notre tâche.

Enfin nous remercions chaleureusement tout le personnel de la F.A.O., traducteurs, dessinateurs, dactylographes, imprimeurs, qui nous ont permis de mener à temps voulu ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- 1/ Afrique occidentale: Service météorologique fédéral. Bulletins quotidiens d'études et bulletins mensuels établis par la Section de Prévision de Dakar-Yoff (1951 - 1956 - 1957 - 1958 - 1959).
- 2/ A.S.E.C.N.A. - Climatologie aéronautique - 1964.
- 3/ BERENGER M., 1955 - Essai d'études météorologiques du Bassin méditerranéen - Mémorial de la Météorologie nationale No 40.
- 4/ BERENGER M., 1964 - Cartes moyennes mensuelles au niveau de la mer - Notice d'information technique de la Météorologie nationale française.
- 5/ BESNAULT C., Roy J. et Rossetti C., 1962 - Distribution des pontes et des pullulations larvaires de Schistocerca Gregaria Forsk, signalées entre 1950 et 1961 en Afrique occidentale - Rapport FAO - UNSF/DL/ES/1.
- 6/ COCHEME J.A.M., 1960 - Interim report on divergence computations for locust met. comparisons - Nairobi - UN/WMO Technical Assistance - Mission for Desert Locust Control - Unpublished.
- 7/ DETWILLER J. - Cartes moyennes mensuelles en altitude. Notice d'instruction technique de la météorologie nationale - Section XVII - Pièce No 18.
- 8/ DETWILLER J. et Gland H. - Le vecteur vent moyen - Notice d'instruction technique - Section X - Pièce No 20.
- 9/ D.L.I.S. (A.L.R.C.) - Londres - Archives 1947 - 1951 - 1956 - 1958 - 1959.
- 10/ DUBIEF J., 1943 - Les pluies au Sahara central.
- 11/ DUBIEF J. - Travaux de l'Institut de Recherches sahariennes - Alger (Algérie) :
 - 1) Le climat du Sahara Tome I
 - 2) Les précipitations Tome II
- 12/ F.A.O. - Rapport de la Treizième Session du Comité Consultatif Technique de la F.A.O. pour la Lutte contre le Criquet Pèlerin - Rome (Italie) - Avril 1965.
- 13/ JONHSON D.H. - Synoptic Meteorology in Africa (Teheran - 1963) - Colloque F.A.O.
- 14/ JONHSON D.H. - Relations entre les conditions météorologiques et les déplacements d'essaims dans le sens du vent (Téhéran - 1963) - Colloque F.A.O.

.../...

BIBLIOGRAPHIE (Suite)

- [15] LEAN O.B., 1960 - Annual and monthly frequencies of Desert Locust infestations - F.A.O. Plant Protection Bull. 8 pp. 82-85.
- [16] MALLA'AIRE A. et Roy J., 1959 - La lutte contre le criquet pèlerin en Afrique occidentale française - Bull. Prot. Veg. 1958 p. 1-113.
- [17] MAYENCON H. - La prévision des pluies diluviennes en Algérie - Notice d'instruction technique - Section XV - Pièce No 13.
- [18] Météorologie nationale française - Service météorologique de la Métropole - Bulletins quotidiens d'études 1947 - 1951 - 1956 - 1957 - 1958 - 1959.
- [19] O.C.L.A. - Rapports mensuels des signalisations de *Schistocerca gregaria* Forsk - 1947 - 1951 - 1956 - 1957 - 1958 - 1959.
- [20] PASQUIER R., 1942 - Prévision et périodicité des invasions de la sauterelle pèlerine en Afrique du nord - Bull. Soc. Agric. Alg. 85 pp. 51-70.
- [21] PASQUIER R., 1959 - Quelques propos sur la sauterelle pèlerine - Bull. Tech. Ing. Ser. Agric. No 142 pp. 495-505.
- [22] POPOV G.B., 1954 - Notes on the behaviour of swarms of the Desert Locust - Trans. R. Ent. Soc. London. 105.
- [23] QUENEY P., 1955 - Classification aérologique des types de temps du Sahara français. Travaux de l'Institut de recherches sahariennes - Tome III.
- [24] RAINEY R.C., 1963 - La météorologie et les migrations des criquets pèlerins - Organisation météorologique mondiale - Note technique No 54 - OMM - No 138 - TP 64 - Genève (Suisse) - Meteorology and the migration of Desert Locusts - Technical Note No 54 - WMO No 138 - TP 64 - Geneva - Switzerland.
- [25] ROFFEY J., 1963 - Observations on night flight in the Desert Locust (*Schistocerca gregaria* Forsk) Anti-Locust Bull. 39.
- [26] RUNGS C., 1945 - La lutte contre les criquets pèlerins adultes au cours de la campagne 1944 - 1945 - Terre Maroc 15 (190).
- [27] RUNGS C., 1960 - La physiologie du criquet pèlerin - Comportement et méthodes de lutte qui en découlent - Rapport F.A.O. No UNSF/DL/TC/2.
- [28] UVAROV B.F., 1928 - Locusts and grasshoppers - A handbook for their study and control - LONDON - Imperial Bureau of Entomology.

BIBLIOGRAPHIE (Suite)

- 29** WALOFF Z., 1946 - A long range migration of the Desert Locust from Southern Morocco to Portugal, with an analysis of concurrent weather conditions - Proc. R. Ent. Soc. London (A) 21.
- 30** WALOFF Z., 1958 - The behaviour of locust in migrating swarms - 10th Int. Congr. Ent. Montreal. 1956 - Vol. 2 pp. 567.
- 31** WALOFF Z. and Betts E., 1964 - Biogeography of the Desert Locust - Part I - Anti-Locust Bull.

APPENDICE 1

Etude succincte de la période octobre - novembre 1950

1.1. Généralités :

Au cours du dernier trimestre 1950 l'invasion par les criquets pèlerins grégaires de l'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique du Nord a été tardive. Elle était issue uniquement du Soudan puis du Tchad car il n'y avait au cours des mois précédents aucune signalisation d'essaims dans l'aire que nous avons étudiée. Comme il a été dit dans l'Avant-Propos, les pontes et les apparitions de jeunes ailés se sont produites beaucoup plus tard que la normale au Tchad, au Niger, au Sénégal et en Mauritanie. De ce fait les mouvements des jeunes essaims grégaires vers le NW de l'Afrique n'ont débuté que fin octobre 1950 et se sont poursuivis jusqu'en février 1951.

Les figures 285 à 289 représentant les cartes de signalisations pour les mois de septembre à décembre 1950, ainsi que les zones larvaires et les aires d'apparition de jeunes ailés, mettent clairement en évidence cette progression tardive des essaims de l'Est vers l'Ouest d'abord, puis du SE vers le NW et du Sud vers le Nord ensuite, ainsi que l'arrêt de leurs mouvements à partir d'une certaine latitude (30ème parallèle).

Il est intéressant de voir si la limitation de la progression des essaims vers le Nord en particulier au Maroc est due à des causes météorologiques.

1.2. Etude météorologique réduite :

1.2.1. Analyse :

Par manque de temps il n'est pas possible d'entreprendre une étude météorologique détaillée, qui serait cependant fort intéressante.

Une description succincte du temps est faite pour l'Algérie. Elle est un peu plus détaillée pour le Maroc.

En Afrique du Nord le mois d'octobre est perturbé, les précipitations sont légèrement supérieures à la normale au Maroc et en Algérie, inférieures à la normale au Sahara, les températures moyennes restent en-dessous de la normale.

Le mois de novembre est extrêmement sec, les précipitations sont presque nulles au Maroc et en Algérie ; les températures moyennes sont voisines de la normale ; le vent dominant dans les basses couches sur le Maroc et le Nord de l'Algérie est de NE à Est.

Le mois de décembre est anormalement perturbé en particulier au Maroc, où les précipitations sont largement excédentaires et les inondations nombreuses. Les perturbations se succèdent à un rythme accéléré surtout dans les 1ère et 3ème décades (fronts froids) ; les vents dominants sont de WSW forts ; les températures moyennes sont en-dessous de la normale.

1.2.2. Tableau récapitulatif des données météorologiques principales pour les mois d'octobre et novembre 1950 :

MAROC

<u>Station/mois</u>	<u>Pression moyenne en mb</u>	<u>Température moyenne en degrés C</u>	<u>Humidité moyenne %</u>	<u>Total des précipita- tions en m/m</u>
Fèz { oct. nov.	1017 1019	+ 19,1 + 19,4	73 60	60 2,0
Casablanca { oct. nov.	1017 1020	+ 18,8 + 16,8	84 72	40 0,8
Marrakech { oct. nov.	1017 1019	+ 19,5 + 17,0	70 62	50 0,04
Fort Trinquet { oct. nov.	1015 1016	+ 24,2 + 21,5	53 36	60 0,02

ALGERIE

<u>Station/mois</u>	<u>Pression moyenne en mb</u>	<u>Température moyenne en degrés C</u>	<u>Humidité moyenne %</u>	<u>Total des précipita- tions en m/m</u>	
Beni-Abbès	{ oct.	1015	+ 20,5	50	?
	{ nov.	1015	+ 16,5	30	0
Aculef	{ oct.	1011	+ 26,7	32	0
	{ nov.	1014	+ 20,5	27	0
Ouallen	{ oct.	1008	+ 28,0	27	0
	{ nov.	1012	+ 23,2	26	0,02
Alger	{ oct.	1017	+ 19,1	83	30
	{ nov.	1018	+ 15,2	82	0,8
Oran	{ oct.	1017	+ 19,0	81	80
	{ nov.	1019	+ 14,7	75	0,02
El Golea	{ oct.	1012	+ 21,5	54	10
	{ nov.	1019	+ 15,7	45	0
Biskra	{ oct.	1016	+ 21,6	56	20
	{ nov.	1018	+ 16,1	52	0,02

1.2.3. Valeurs statistiques plus détaillées des postes météorologiques (1)
du Maroc pour le dernier trimestre 1950 :

a) Agadir : 18 mètres - Lat. 30°,27' N - Long. 09°,33' W.

- Octobre : mois perturbé : précipitations 36 millimètres au lieu de 10 mm en moyenne. Vent dominant à 12 et 18 G.M.T. : Ouest.

(1) Voir figure 62 pour l'emplacement des stations.

Températures : minimale moyenne $15^{\circ},70$ - maximale moyenne $23^{\circ},44$ - moyenne : $19^{\circ},57$.

- Novembre : mois sec et chaud - précipitations nettement inférieures à la normale 0,5 mm au lieu de 35 mm.

Vent : dominant ENE à E (chergui) ou W (brise de mer).

Températures : minimale moyenne $12^{\circ},98$ - maximale moyenne $25^{\circ},98$ - moyenne : $19^{\circ},48$.

- Décembre : mois peu perturbé - quelques précipitations en début et fin de mois (18 mm au lieu de 44 mm).

Vent : W dominant - 4 jours de chergui (ENE).

Températures : minimale moyenne $8^{\circ},27$ - maximale moyenne $21^{\circ},08$ - moyenne : $14^{\circ},67$.

b) Fèz : 417 mètres - Lat. $34^{\circ},04'$ N - Long. $05^{\circ},03'$ W.

- Octobre : assez pluvieux et orageux.

Vent : faible dans l'ensemble - 20 jours de calme - 3 de chergui.

Températures : minimale moyenne $13^{\circ},19$ - maximale moyenne $25^{\circ},19$ - moyenne : $14^{\circ},12$.

- Novembre : Beau temps sec - faibles précipitations 4,6 mm.

Vent : faible en général (brise Ouest ou Est).

Températures : minimale moyenne $8^{\circ},64$ - maximale moyenne $22^{\circ},61$ - moyenne : $15^{\circ},62$.

- Décembre : mois particulièrement pluvieux (192 mm) surtout du 5 au 7; vent fort à violent d'Ouest Sud Ouest à Ouest. Durant la troisième décennie vent d'Ouest dominant et passage de nombreux fronts froids. Inondations.

Températures : minimale moyenne $7^{\circ},52$ - maximale moyenne $15^{\circ},19$ - moyenne : $11^{\circ},35$.

c) Col de Touahar : 561,25 mètres - Lat. $34^{\circ},12'$ N - Long. $04^{\circ},11'$ W.

- Novembre : beau temps général - pluviométrie quasi nulle - sécheresse inhabituelle - oueds très bas.

Vent : Est 10 - ESE 7 - W 25 - Calme 43. A 12 G.M.T. : Est 6 - variable 4 - W 11 - Calme 9.

Températures : minimale moyenne $9^{\circ},17$ - maximale moyenne $20^{\circ},32$ - moyenne : $15^{\circ},04$.

- Décembre : mauvais temps - pluviométrie exceptionnelle - précipitations tous les jours sauf du 1er au 4 et du 15 au 19 - oueds en crues. En 24 heures plus de 100 mm de pluie (le 29).

Vent : 12 G.M.T. : Est 2 - WSW 6 - W 15 - Calme 7 - Variable 1.

Températures : minimale moyenne $6^{\circ},37$ - maximale moyenne $12^{\circ},57$ - moyenne : $9^{\circ},37$.

- d) Tanger : sécheresse en octobre et novembre - vent faible - temps pluvieux et assez froid en décembre.
- e) Mogador : $7,14$ m - $31^{\circ},31'$ N - $09^{\circ},46'$ W.

- Octobre : quelques fortes précipitations, 23 mm au total.

Vent : Nord dominant - 5 jours de chergui.

Températures : minimale moyenne $16^{\circ},6$ - maximale moyenne $21^{\circ},58$ - moyenne : $18^{\circ},87$.

- Novembre : beau temps - peu perturbé - très faibles précipitations (2,6 mm).

Vent : Nord dominant.

Températures : minimale moyenne $14^{\circ},85$ - maximale moyenne $22^{\circ},15$ - moyenne : $18^{\circ},50$.

- Décembre : temps pluvieux (78,5 mm) - passages successifs de fronts froids en fin de mois.

Vent : SW en début de période, puis N dominant. Quelques jours de vent fort de Nord.

Températures : minimale moyenne $11^{\circ},85$ - maximale moyenne $18^{\circ},89$ - moyenne : $15^{\circ},37$.

- f) Marrakech : 461,40 m - Lat. $31^{\circ},30'$ N - Long. $08^{\circ},01'$ W.

- Octobre : pluvieux et orageux dans les deux premières décades.

Vent : W à WNW dominant - beaucoup de calmes.

Températures : supérieures à la normale. Minimale moyenne $10^{\circ},24$ - maximale moyenne $24^{\circ},80$ - moyenne : $17^{\circ},53$.

- Décembre : mois pluvieux (59,8 mm).

Vent : WSW dominant - beaucoup de calmes.

Températures : minimale moyenne $5^{\circ},74$ - maximale moyenne $18^{\circ},11$ - moyenne : $11^{\circ},93$.

g) Meknès : 548 mètres - Lat. 33°,55' N - Long. 05°,33' W.

- Octobre : pluvieux au cours des deux premières décades mais pluviométrie déficitaire dans l'ensemble (32,6 mm au lieu de 60 mm en moyenne) - très fortes chutes de pluies en haute montagne au cours des orages (grêle).

Vent : NW dominant.

Températures : minimale moyenne 12°,7 - maximale 24°,0.

- Novembre : mois anormalement sec - précipitations 9,8 mm au lieu de 89 mm en moyenne.

Vent : N dominant.

- Décembre : mois anormalement pluvieux - précipitations 200 mm au lieu de 70 mm en moyenne - les oueds débordent - les pistes sont coupées, nombreux dégâts dans le bétail.

Vent : WSW à W dominant. Assez fort.

Températures : minimale moyenne 06°,60 - maximale moyenne 14°,5 - moyenne : 10°,58.

h) Midelt : 1.518 mètres - Lat. 32°,41' N - Long. 04°,44' W.

- Octobre : mois pluvieux.

Vent : Sud dominant.

Températures : minimale moyenne 8°,24 - maximale moyenne 19°,49 - moyenne : 13°,87.

- Novembre : anormalement sec.

Vent : SW dominant.

Température : minimale moyenne 5°,51 - maximale moyenne 19°,52 - moyenne : 12°,52.

- Décembre : perturbé - chutes de neige au cours des 1ère et 3ème décades.

Vent : modéré de secteur SW.

Températures : en baisse - minimale moyenne 01°,25 - maximale moyenne 11°,53 - moyenne 6°,39.

i) Oujda : 459 mètres - Lat. 34°,45' N - Long. 01°,55' W.

- Octobre : temps orageux - pluviométrie supérieure à la normale. ruissellement important - crues.

Vent : variable faible - secteur Nord dominant.

Températures : baisse marquée au cours de la 3ème décade.

- Novembre : mois anormalement sec.

Vent : variable faible - secteur Nord dominant.

Températures : minimale moyenne $7^{\circ},2$ - maximale moyenne $22^{\circ},6$ - moyenne : $14^{\circ},87$.

- Décembre : mois perturbé au cours des 1ère et 3ème décades.

Vent : W à NW modéré.

Températures : Minimale moyenne $4^{\circ},95$ - maximale moyenne $14^{\circ},62$ - moyenne : $9^{\circ},79$.

j) Quarzazate : 1.132 mètres - Lat. $30^{\circ},54$ - Long. $06^{\circ},52$ W.

- Octobre : mois pluvieux - précipitations assez fortes.

Vent : S à SE ou N à NE quelles que soient les heures.

Températures : minimale moyenne $12^{\circ},15$ - maximale moyenne $24^{\circ},15$ - moyenne : $18^{\circ},15$.

- Novembre : beau temps - précipitations très faibles.

Vent : Variable faible, très souvent calme.

Températures : maximale moyenne $22^{\circ},17$ - moyenne : $14^{\circ},88$.

- Décembre : Nombreux jours de vent assez violents de NW.

Températures en baisse : minimale moyenne $2^{\circ},52$ - maximale moyenne $18^{\circ},14$ - moyenne : $10^{\circ},33$.

k) Rabat (Ville) : la mer est à 3 kilomètres de la station.

- Octobre : le début du mois est perturbé - orages.

Vent : WSW, NW et NNW dominant.

Température moyenne : 20° C.

- Novembre : mois anormalement sec.

Vent : variable - secteur W ou NNW dominant à 12 G.M.T.

Températures : minimale moyenne $12^{\circ},4$ - maximale moyenne $24^{\circ},3$ - moyenne : $18^{\circ},3$.

- Décembre : Temps perturbé du 5 au 8, à la mi-décembre et du 20 au 31 où sont notés des passages successifs de fronts froids.

Vent : fort de SW à WSW.

Températures : minimale moyenne $9^{\circ},3$ - maximale moyenne $18^{\circ},4$ - moyenne : $14^{\circ},28$.

1) Fort Trinquet : 359 mètres - Lat. 25° N - Long. 11°,50 W.

- Octobre : beau temps en général sauf les 18 et 19 où d'abondantes précipitations se sont abattues sur la région avec vent de SW (1).

Vent : N à NE dominant.

Températures : minimale moyenne 18°,58 - maximale moyenne 29°,66 - moyenne 24°,12.

- Novembre : mois sec - ciel clair à peu nuageux.

Vent : N à NE dominant devenant ENE en fin de mois.

Températures : minimale moyenne 15°,77 - maximale moyenne 28°,13 - moyenne : 21°,95.

- Décembre : beau temps clair.

Vent : secteur Nord dominant, fort du 22 au 26.

Températures : minimale moyenne 10°,87 - maximale moyenne 22°,21 - moyenne : 16°,54.

L'étude des valeurs moyennes et de l'évolution du temps au cours de ce trimestre montre qu'il existe au Maroc de grandes différences d'un mois à l'autre au point de vue météorologique.

Le mois d'octobre est perturbé. Les vents sont variables faibles en moyenne, sauf du 20 au 22 où il existe une discontinuité sur le centre du Maroc entre les vents dirigés par la dépression canarienne et ceux conduits par un minimum relatif centré au voisinage de Colomb-Béchar. En fin de période les vents soufflent du Nord ou du NE.

Le mois de novembre est anormalement sec, les oueds sont très bas. Une zone de hautes pressions intéresse le Maroc ; les vents sont variables en direction, NE à E dominant ; les effets de brise sont prépondérants (brise de mer au voisinage des côtes ; brises de vallée et de pente sur le relief). Les températures baissent, mais les températures maximales restent en général au cours de la journée égales ou supérieures à 20° C même pour les stations de montagne.

Le mois de décembre est anormalement perturbé. Les perturbations du front polaire sont nombreuses dans les 1ère et 3ème décades. Les oueds sont en crues, il y a des inondations. Le temps est particulièrement mauvais en montagne où l'on note des chutes de neige. Les températures sont en baisse marquée et les maximums restent souvent inférieurs à 15° C. Le vent de secteur W est assez fort à fort.

Il est important de remarquer que le mauvais temps ne sévit pas sur l'extrême SW du Maroc (2) (Cf. Agadir). Dans cette région les températures maximales restent relativement élevées même en montagne où des vents forts

(1) Ces pluies sont très intéressantes quant au développement des oeufs et des larves qui sont apparues en Mauritanie fin octobre.

(2) Au Sud du 31ème parallèle - Vallée du Sous incluse.

d'Ouest soufflent (Cf. Ouarzazate).

Il est raisonnable de penser que si les essaims de criquets pèlerins signalés au Maroc n'ont pas progressé au Nord du 31ème parallèle en décembre, c'est par suite du très mauvais temps qui y règne, des vents forts d'Ouest et des basses températures. L'activité des perturbations du front polaire cessant au Sud du 31ème parallèle, les essaims ont pu atteindre la vallée du Sous.

L'explication de non dépassement de la même zone en novembre est plus délicate. On pourrait l'attribuer d'une part aux vents dominants de NE à Est (ohergui) entraînant l'extrême sécheresse qui règne à cette époque au Maroc, d'autre part à l'invasion tardive de l'Afrique de l'Ouest et du Nord par les essaims de criquets pèlerins grégaires, fait dû au retard dans les pontes et les apparitions de jeunes ailés au Tchad, au Niger, au Sénégal et en Mauritanie (1).

(1) Cf. Appendice 1 : généralités et avant-propos.

APPENDICE 2

1. Rappels de quelques définitions :

1.1. Zone de convergence intertropicale - (C.I.T.) :

C'est une zone de convergence des vents produits par le creux de l'équateur thermique qui est un creux zonal à la surface terrestre ou immédiatement au-dessus de cette surface qui s'étend le long de la ceinture de la plus haute température moyenne journalière en surface (équateur thermique). Ce creux se déplace annuellement selon l'inclinaison du soleil et reste donc principalement confiné dans les régions intertropicales.

1.2. Front de mousson ou front intertropical sur le continent :

C'est à l'intérieur de cette zone de convergence intertropicale la trace au sol de la discontinuité qui sépare les masses d'air humide de SW à Ouest (points de rosée élevés) des masses d'air continental chaud et sec de NE à Est (points de rosée relativement bas).

La concentration zonale des systèmes nuageux principalement convectifs et du mauvais temps (lignes de grains - orages - pluies) est décalée vers l'équateur par rapport à la trace au sol de ce front, malgré la convergence maximale en surface. Ceci est dû principalement au fait que l'air de mousson est surmonté de masses d'air subsident qui empêchent le développement vertical des nuages.

1.3. Front ou discontinuité des alizés :

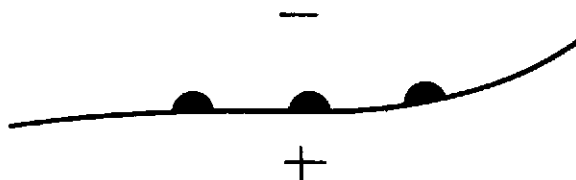
C'est la discontinuité située toujours au Nord de la zone de convergence intertropicale qui sépare les courants d'origine atlantique des masses d'air sec et chaud d'origine continentale, ou qui ont subi un long trajet sur les régions désertiques du continent africain.

1.4. Perturbation classique :

Une perturbation est essentiellement constituée d'un front chaud, d'un secteur chaud et d'un front froid.

Front chaud :

On appelle généralement front chaud, la trace au sol de la discontinuité qui sépare deux masses d'air de qualités différentes, la masse d'air antérieure étant plus froide que la masse d'air postérieure, dans le sens du mouvement. Les fronts chauds sont indiqués sur les cartes par le symbole suivant :



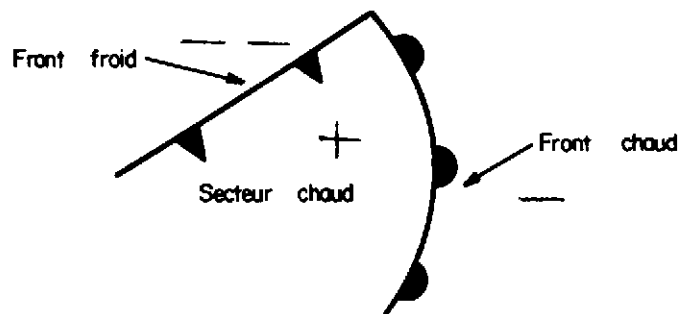
Front froid :

De même on appelle front froid, la trace au sol de la discontinuité qui sépare deux masses d'air de qualités différentes, la masse d'air antérieur étant plus chaud que la masse d'air postérieur, dans le sens du mouvement. Les fronts froids sont indiqués sur les cartes par le symbole suivant :



Secteur chaud :

Cette zone constituée d'air chaud est comprise entre le front chaud et le front froid.



Occlusion :

Lorsque le front froid rattrape le front chaud on dit qu'il y a occlusion. L'air chaud (secteur chaud) est alors rejeté en altitude. L'occlusion est indiquée sur les cartes par le symbole suivant :



Fronts particuliers : fronts de brise

a) Front de brise de mer :

Sur terre de jour, par situation météorologique non perturbée, la température au sol s'élève vite, l'air situé au-dessus s'échauffe rapidement, alors que la température de la mer varie peu. Il se forme sur terre une zone de basses pressions relatives. Un courant s'établit de la mer vers la terre que l'on appelle brise de mer. La pénétration de l'air marin dans les terres est progressive. Celle-ci est limitée par une zone de discontinuité que l'on nomme "front de brise de mer".

Ce front sépare l'air chaud antérieur de l'air froid postérieur, c'est donc un front froid de caractéristiques particulières : forte pente, très étroit et de faible hauteur d'influence (800 à 1.200 mètres).

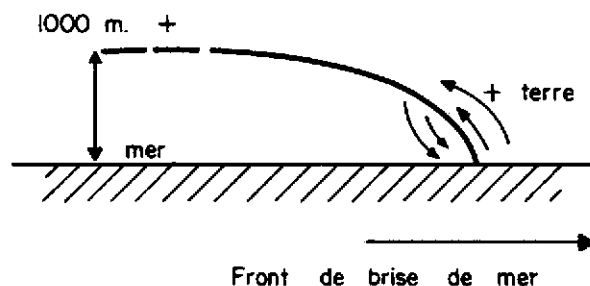
Si l'air chaud antérieur ascendant est suffisamment humide, de petits nuages d'aspect cumuliforme balisent ce front. Sa trace au sol, en général, épouse grossièrement la forme de la côte. Sa limite de pénétration à l'intérieur des terres est variable, elle dépend du contraste de températures (terre-mer), mais n'excède pas 50 à 70 kilomètres. Immédiatement à l'arrière de ce front existe une zone de courants descendants marqués par une plage assez large de ciel clair. Il arrive que ce front atteigne les premiers contreforts du relief si ce dernier est assez proche des côtes.

Les ascendances sont alors renforcées et des nuages cumuliformes développés peuvent se former au vent des premiers escarpements.

Des essaims de criquets peuvent se déplacer avec ce front de brise et être concentrés dans les courants ascendants situés en avant de celui-ci.

Ils forment alors un rideau d'une hauteur moyenne (500 à 1.000 mètres), de faible largeur 1 à 3 kilomètres, juste en avant de cette discontinuité qu'il ne faut pas confondre avec la zone de convergence intertropicale.

Après le maximum de température, celle-ci au voisinage du sol descend rapidement. Les températures de part et d'autre de la discontinuité deviennent égales, le front disparaît, la brise cesse ; en général les sauterelles se posent. Au cours de la soirée et du début de la nuit, la terre se refroidit rapidement, l'air en contact également, alors que la température de la mer reste à peu près constante. Il se forme sur mer une zone de basses pressions relatives, un courant s'établit de la terre vers la mer, c'est la brise de terre. Cet air froid ne pénètre pas loin en mer ; il s'établit une discontinuité sur mer, au voisinage de la côte que l'on peut appeler front de brise de terre. A l'arrière de ce front froid de caractéristiques particulières (faible hauteur d'influence) l'air est très stable. A l'avant dans l'air marin existent des courants ascendants balisés par des nuages d'aspect cumuliforme ou stratocumuliforme.



b) Front de brise de vallée :

En supposant que le vent du gradient soit faible, l'écoulement sur les pentes et dans la vallée dépend essentiellement de la variation diurne de la température. Cette variation sera d'autant plus marquée que le ciel sera plus clair.

La nuit, par suite d'un rayonnement plus intense sur les pentes qu'au fond de la vallée, un courant d'air froid s'écoule le long des pentes vers la vallée, on le nomme "brise de pente descendante". Cet air plus dense venant de la montagne se dirige vers la basse vallée où la pression relative est plus basse : il s'établit une "brise descendante de vallée".

Après le lever du soleil, les pentes insolées s'échauffent plus vite que le fond des vallées. Un courant ascendant se forme de la vallée vers la crête, sur les faces exposées au soleil (brise ascendante de pente), alors que sur les pentes à l'ombre la brise descendante continue tout en diminuant d'intensité. La brise de vallée est encore descendante, mais elle s'affaiblit.

En fin de matinée, les brises ascendantes de pente se généralisant, il s'établit alors dans les hautes et moyennes vallées une dépression relative qui crée un appel d'air de la basse vallée : la brise de vallée montante est formée. Celle-ci gagne progressivement les moyennes et hautes vallées ; à sa limite existe une discontinuité que l'on appelle front de brise qui sépare la brise montante de la brise descendante. Dans la soirée, après le maximum de température, l'air sur les pentes se refroidit rapidement, se stabilise à nouveau, la brise descendante s'établit, tandis que le front de brise de vallée recule vers la plaine, pour laisser de nouveau libre cours à la brise de vallée descendante au début de la nuit.

En pratique, les phénomènes sont plus compliqués. L'intensité des brises dépend de la forme des pentes, du revêtement de leur sol, de la largeur de la vallée, des interférences qui existent entre vallées confluentes ou diffluentes, et enfin du vent du gradient qui joue un rôle important. Dirigé par exemple suivant l'axe de la vallée il peut renforcer ou annuler l'effet de brise. Dans le cas d'ondes de ressaut, pour une vallée suffisamment large, la couche sous-ondulatoire peut descendre bas et modifier à certains endroits le type d'écoulement sur les pentes et dans la vallée.

La connaissance de ces brises orographiques est essentielle quand il s'agit du criquet pèlerin. En effet les brises montantes de pente sont génératrices des courants ascendants qui peuvent entraîner les criquets, et leur permettre de franchir en vol les sommets des collines.

De même le front de brise de vallée, qui est une véritable discontinuité, pourrait concentrer les criquets et les entraîner dans leur sillage jusqu'aux hautes vallées et aux cols.

2. Modifications de l'écoulement de l'air et des fronts par les effets orographiques :

Cette question est traitée dans le rapport final de la Recherche Opérationnelle - Volume I - Partie II (1).

(1) Référence UNSF/DL/OP/5. Publication FAO - p. 83 à 95.

Néanmoins, il faut insister sur certains points :

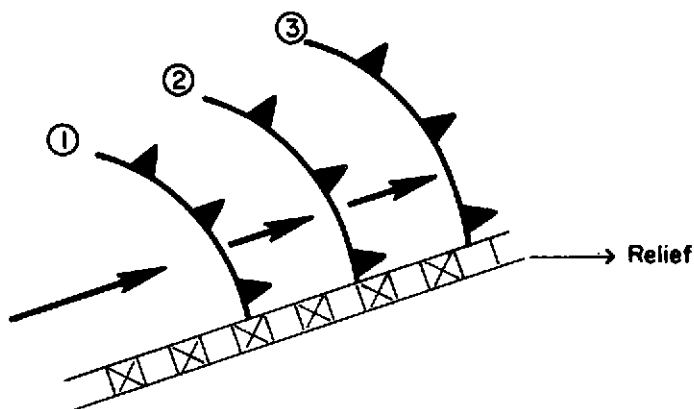
2.1. Le vent :

Le vent réel immédiatement au-dessus et en aval d'un relief important, chaîne atlasique par exemple, n'est pas toujours le même que le vent géostrophique ou du gradient pris dans l'atmosphère libre au même niveau. C'est une des raisons pour laquelle sur les cartes où le relief est figuré, les lignes de courant ont été tracées en pointillé au-dessus du relief (1).

2.2. Les fronts :

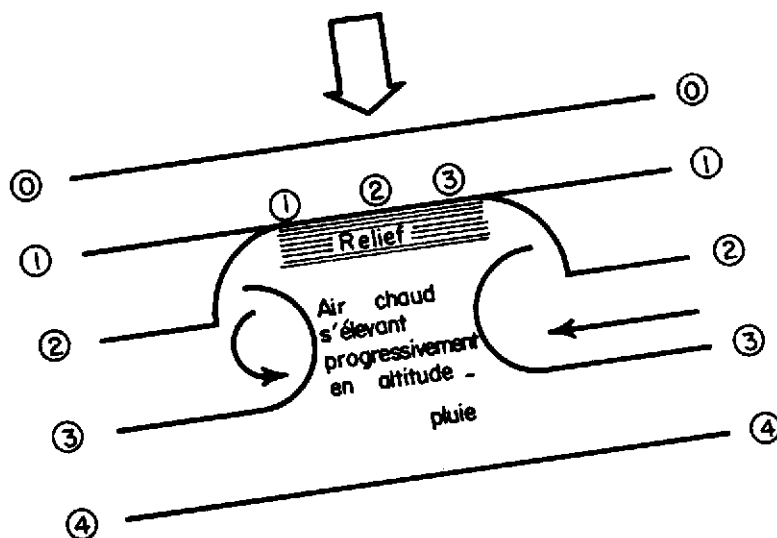
2.2.1. Influence orographique :

Les fronts sont également modifiés par le relief, en particulier les fronts froids lorsqu'ils arrivent en contact avec celui-ci. Toutefois leur déplacement ne subit aucune modification lorsqu'il est sensiblement parallèle à l'orientation de la ligne de crêtes.



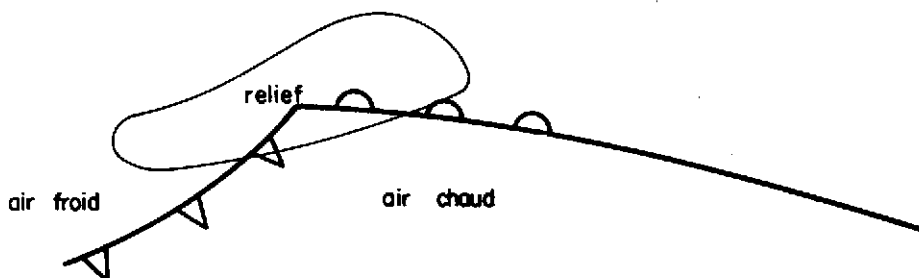
Si leur mouvement est sensiblement perpendiculaire ($\pm 30^\circ$) à l'orientation de la ligne de crêtes, la montagne joue alors le rôle d'une barrière momentanée pour l'air froid, qui progresse d'autant plus difficilement que le relief est élevé. Le front froid est donc retardé, sauf sur les contreforts marginaux de ce relief, où l'air froid a un chemin de moindre résistance. Il en résulte une déformation du front froid, comme indiqué sur le schéma ci-après :

(1) Une raison encore plus évidente est que les lignes de courant sont tracées sur certaines cartes à un niveau plus bas que le relief considéré.



Entre la position (0) avant d'atteindre le relief et la position (4) bien en arrière de celui-ci, le front froid subit des déformations importantes. Retardé dans sa partie centrale (2) (3), il se déplace plus rapidement de part et d'autre du relief le plus élevé et l'air froid pénètre par côtés derrière le relief, de sorte que l'air chaud qui est situé sur le massif montagneux et sous le vent de celui-ci est isolé au milieu de l'air froid qui le force à s'élever lentement (1). Durant plusieurs heures et parfois un ou deux jours, des nuages et précipitations abondants persistent dans les régions montagneuses. Ce phénomène se traduit donc sur les cartes météorologiques par une zone de mauvais temps que l'on a tendance à interpréter en traçant un front ondulant sur le relief.

(1) On dit qu'il y a séclusion ; par suite de la détente continue de l'air chaud les nuages et précipitations persistent.



En cas de descentes successives d'air froid une telle interprétation peut se retrouver sur les cartes pendant deux ou trois jours, les différents fronts froids se comportant de la même manière.

2.2.2. Tracé des fronts en régions désertiques :

Très souvent lorsque les fronts parcourent une grande étendue désertique, ils perdent leurs caractéristiques (1), par suite de l'assèchement progressif de l'air et deviennent des limites de masses d'air de plus en plus diffuses (2).

De ce fait il n'est pas toujours aisé dans ces régions de respecter la continuité d'une carte frontologique à l'autre, d'autant plus que les stations météorologiques sont très espacées les unes des autres.

Sur le continent par suite de la variation diurne de la température (rayonnement - convection) les fronts froids sont plus actifs de jour (3), et les fronts chauds au cours de la nuit.

(1) Nuages - précipitations.

(2) Limite marquée par une discontinuité de vent et une variation de visibilité, parfois de température.

(3) Par exemple vent de sable à l'avant - nuages d'instabilité développés - averses.

APPENDICE 3

Symboles internationaux pour le pointage
des essaims de criquets pèlerins, des ovipositions et des larves

Essaim volant dans une direction connue.	↑
Essaim volant dans une direction inconnue.	⊥
Essaim spiralant.	⊙
Essaim d'activité inconnue.	⊥
Essaim posé.	▲
Essaim s'accouplant.	△
Essaim pondant.	△
Larve du I au V stade.	.I
Larve du V stade et apparition de jeunes ailés.	✕
Ovipositions.	○

