

# 3667

CILSS - PNUD - OMM

CENTRE REGIONAL DE FORMATION ET D'APPLICATION  
EN AGROMETEOROLOGIE ET HYDROLOGIE OPERATIONNELLE

*DPP*  
*2-4-79*

Réf.		
Arrivé le	31-3-79	
N°	890	
	Pour Inf.	Pour Action
S. Ex.		
DPP		
DAF		
DDI		
— ri		
— cd		
ONG		

ETUDE DES LIGNES DE GRAINS AU NIGER

PENDANT LA SAISON DES PLUIES DE L'ANNEE 1976

## MEMOIRE

présenté pour l'obtention du titre  
d'ingénieur des travaux en agrométéorologie  
par

M<sub>r</sub> DIALLO ALHASSANE

Soutenu le 12 Décembre 1978 devant la commission  
d'examen

M<sub>r</sub> DIALLO Harouna Matienga Président

MM KANDINE  
FALQUE Pierre } Examineurs

M<sub>r</sub> DEVYNCK Jean-Luc Rapporteur

NIAMEY - 1978

A La mémoire de mon maître,

PALENFO PEMPALDE Paulin

Symbole de l'enseignant consciencieux, fier de son métier et l'aimant profondément faisant fi des horaires administratives : il ne connaissait ni jeudi, ni Dimanche ni jour férié, a su inculquer dans nos petites têtes d'alors ce qu'est un devoir bien fait, ce qu'est l'amour du prochain et ce qu'est servir son peuple, je dédie ce travail dont il a été l'artisan numéro un.



A mon père et à ma mère qui, chacun à sa manière, m'ont conduit dans cet univers, l'intransigence de l'un et la douceur de l'autre ont forgé en moi le sens de la franchise, de l'honnêteté, du respect d'autrui, de la tolérance, qualités dont je mesure à présent toute la signification pour un HOMME, je leur dédie ce travail en témoignage de mon amour filial.

A mes nombreux frères, soeurs, cousins, neveux et autres parents dont la liaison m'est difficile à transcrire en français, pour toute la chaleur humaine, la joie que j'ai toujours trouvées auprès d'eux.





A mon fils Abdoull Thierno et à sa mère, témoignage d'un  
amour franc et sincère et de la joie que l'un et l'autre m'ont apportée  
tout au long de ce travail ponctué de situations difficiles,

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

A tous les peuples qui luttent pour des causes justes à travers le monde,

A note for the printer: A photograph from the same album is shown in the margin.

A mes amis Zébango Placide Dieudonné et à sa femme en reconnaissance des nombreux services qu'ils m'ont rendus et qu'ils veuillent croire que ce mémoire est aussi le leur.





A tous mes camarades de classe avec lesquels j'ai partagé  
les mêmes moments de joie et de misère.

BETOLOUM NEASMIANGOTO

KONTONGOMDE HAMA

GNOUMOU KANOU FAUSTIN

que ce modeste travail applanisse à jamais les divergences qui ont pu  
survenir entre nous au cours de formation.

A tous, je dédie ces pages, fruit de dix huit années scolaires,  
en témoignage de tout ce que les uns et les autres ont fait pour  
moi.

1941

The following is a list of the names of the persons who were present at the meeting held on the 1st day of January, 1941.

The names of the persons who were present at the meeting held on the 1st day of January, 1941, are as follows:

Mr. J. H. Smith

Mr. J. H. Smith

Mr. J. H. Smith

The following is a list of the names of the persons who were present at the meeting held on the 1st day of January, 1941.

The names of the persons who were present at the meeting held on the 1st day of January, 1941, are as follows:

Mr. J. H. Smith

Mr. J. H. Smith

Mr. J. H. Smith

1941

## A V A N T   P R O P O S

---:---:---:---:---:---:---:---:---:---

A l'origine il était question pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Travaux en Agrométéorologie de faire et un examen et un mémoire. Après de nombreux débats et en comparaison de ce qui est appliqué dans d'autres écoles ou universités et notamment à l'Université de Niamey le principe de mémoire a été retenu. C'est alors qu'en Décembre 1977 le thème de mon mémoire m'a été proposé.

Je disposais d'un jour par semaine pour m'y consacrer. La soutenance initiale prévue pour fin Juin n'a pu avoir lieu car le travail n'avait pas abouti. Puis les vacances sont arrivées, la bourse coupée, le travail s'est poursuivi dans une situation particulièrement difficile. Néanmoins un premier texte a été remis fin Septembre. Jugé insuffisant, il a été rejeté par mon maître d'étude M. DEVYNCK et je dus reprendre le travail sur un autre style. Et enfin nous voilà, grâce à son intransigeance dans le travail, à son exigence et à sa franchise scientifiques, à ses critiques que je n'ai pas toujours acceptées le sourire aux lèvres et qu'à présent j'en mesure toute la signification, ce travail a pu aboutir. Qu'il en soit remercié et veuille bien croire que sans lui, peut-être que ce mémoire n'aurait jamais pu être soutenu aujourd'hui.

Mes remerciements vont particulièrement à la Direction de l'Agrhymet qui a bien voulu mettre à ma disposition les moyens nécessaires pour entreprendre ce travail.

.../...

A study of the water resources of the United States is being made by the Water Resources Division of the U.S. Department of Agriculture. The study is being made in order to determine the water resources of the United States and to determine the water resources of the United States.

The study is being made in order to determine the water resources of the United States and to determine the water resources of the United States. The study is being made in order to determine the water resources of the United States and to determine the water resources of the United States.

The study is being made in order to determine the water resources of the United States and to determine the water resources of the United States. The study is being made in order to determine the water resources of the United States and to determine the water resources of the United States.

-Suite-

Mes remerciements vont également au corps professoral et plus particulièrement à Mrs. MELLAART et VOSSEN qui, malgré la barrière linguistique, ont su nous transmettre ce qu'autrui leur a enseigné.

Mes remerciements vont à tout le personnel de l'Agrhymet, au personnel du Service Climatologique de Niamey qui s'est particulièrement préoccupé à me satisfaire toutes les fois que je leur ai sollicité un service.

Mes remerciements aux amis et collaborateurs KABORE OUSSENI, KERE VIM, ZOUNGRANA Théophile, KABORE Philippe, OUATTARA Frédéric, YONI Jean Moïse pour la chaleur franche et cordiale que j'ai toujours trouvée auprès d'eux.

Enfin merci à tous les camarades d'Université, de l'Agrhymet pour l'esprit de franche camaraderie qui a prévalu et dépassant le cadre des nationalités, tout au long des années passées ensemble, merci aux nombreux amis et copains dont la liste serait trop longue à établir ici, pour tout ce qu'ils ont fait pour moi.

Que chacun trouve dans ce mémoire sa part.

-:-:-:-:-





\_\_\_\_\_

- : — : — : — : — : — :

THE JOURNAL OF THE  
ROYAL ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE

Vol. 100, Part 1, 1970

CONTENTS  
The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

1. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

2. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

3. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

4. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

5. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

6. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

7. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

8. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

9. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

10. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

11. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

12. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

13. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

14. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

15. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

16. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

17. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

18. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

19. The Journal of the Royal Anthropological Institute, Vol. 100, Part 1, 1970

## ERRATA. Mémoire DIALLO

Page 2	ligne 27	Pluviométrique
Page 3	ligne 5	Echelle B ou <u>Sous</u> synoptique
Page 12	lignes 34 et 35	comant des coulees moyennes 3000/6000 m
Page 17	ligne 24	Coups chronologique de vent <u>et</u> de rapport...
Page 19	ligne 11	48,1 mm de <u>pluie</u>
	ligne 24	de la situation où, <u>au moment</u> de la pentar -lation, dya...
Page 20	ligne 35	decreur Aud à Ouest et <u>relativement</u> facile.
Page 21	tableau :	Nbre de jours où la vitesse de l'AEJ
Page 22	lignes 23-24	la distance Zinder - <u>Birni N'Konni</u> et Birni N'Konni - Niamey Aéroport.

Page 25 ligne 22

Au le tableau 3-5-1, les lignes de grains  
défectuées intéressant le Niger ....

Page 25 dernière ligne

Page 27 ligne 23-24

tableau 3-5-2.1 ci après (page 28)

Page 38 ligne 17

dépendant certainement de la température  
à l'avant de la ligne et de ....  
les axes du minimum de rapport de mélange

Page 9 .....

CHAPITRE 1

I N T R O D U C T I O N

---:---:---:---:---:---:---:---:---

Situé pratiquement entre les parallèles 12 et 24°N, le Niger connaît 2 types de climats principaux :

- Le climat SAHARIEN, limité au Sud par l'isohyète 250 mm.
- Le climat SAHELIEN que l'on peut diviser en 2 sous ensembles.
  - Le climat SAHELO-SAHARIEN avec une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 250 et 500 mm.
  - Le climat SAHELO-SOUDANIEN où la pluviométrie passe de 500 à 900 mm.

En fait, l'extrême Sud du Niger se trouve à la limite du climat Sahélo-Soudanien et du climat Soudano-Guinéen.

Avec une orientation sensiblement zonale des isohyètes, la pluviométrie se dégrade très rapidement lorsqu'on passe du Sud au Nord : (tableau 1.1).

- Dans l'Ouest du Niger on passe de 870 mm à Gaya, à 510 mm à Tillabéry soit un gradient de 144 mm par 100 km.
- Dans le centre, on a 642 mm à Maradi et 407 à Tahaoua ce qui donne un gradient de 157 mm/100 km.
- Enfin dans l'Est, il tombe en moyenne 404 mm à Mainé-Soroa et 236 à N'Guigmi, on a alors un gradient Sud-Nord de 129 mm par 100 km.

Plus au Nord, dans la zone saharienne, le réseau pluviométrique est pratiquement inexistant, exception faite du secteur d'Agadez et de l'Aïr, et le calcul de gradients est impossible.

On voit néanmoins que, si l'on se limite à la zone Sahélienne (250-900 mm) les gradients pluviométriques moyens sont très élevés.

On sait que dans le Sahel, comme dans la plupart des régions semi-arides, la pluviométrie d'une année à l'autre est essentiellement variable, aussi les données moyennes mentionnées ici n'ont qu'une valeur indicative.

.../...



REPORT

17.10.1951

17.10.1951

The following information was received from the

Director of the Department of the Interior

on the 17th October 1951.

It is

the Department of the Interior

and the Department of the Interior

on the 17th October 1951.

The Department of the Interior

on the 17th October 1951.

The Department of the Interior

on the 17th October 1951.

The Department of the Interior

on the 17th October 1951.

The Department of the Interior

on the 17th October 1951.

The Department of the Interior

on the 17th October 1951.

The Department of the Interior

on the 17th October 1951.

The Department of the Interior

on the 17th October 1951.

The Department of the Interior

on the 17th October 1951.

The Department of the Interior

on the 17th October 1951.

The Department of the Interior

on the 17th October 1951.

The Department of the Interior

on the 17th October 1951.

The Department of the Interior

on the 17th October 1951.

The Department of the Interior

on the 17th October 1951.

Cette variabilité entraîne d'une année à l'autre des déplacements des isohyètes qui même relativement faibles à l'échelle du continent Africain, (100 à 200 km en latitude par exemple), peuvent entraîner des déficits importants de la pluviométrie et par là même on peut aboutir à des situations catastrophiques comme ce fut le cas de la sécheresse des années 1972-1974, (voir tableau 1.1 où l'on a indiqué les totaux annuels de l'année 1972 à titre d'exemple).

En fait, si l'on veut étudier les causes de cette répartition et de cette variabilité, il faut remonter aux phénomènes générateurs qui sont des systèmes pluvio-orageux.

Parmi ces systèmes, on peut distinguer essentiellement les orages locaux dont la distribution spatiale est aléatoire, et les phénomènes organisés qui naissent à partir d'orages ou de zones convectives particulièrement importantes, se structurent suivant une orientation approximativement Nord-Sud et se déplacent ensuite d'Est en Ouest en balayant tout ou partie du Niger : ce sont les lignes de grains.

On estime généralement que les lignes de grains sont responsables d'une grande partie des précipitations - au moins pour les régions situées au Nord de l'isohyète 700 mm - et l'on conçoit que des variations même minimales de l'extension méridienne des lignes de grains et de la trajectoire suivie puissent avoir des conséquences déterminantes sur le bilan des précipitations de ces régions.

Si pour une cause indéterminée d'échelle régionale ou planétaire, pendant l'ensemble d'un hivernage, la trajectoire moyenne de ces perturbations se trouve décalée de 100 km vers le Sud, toute la bande sahélienne accusera un déficit pluviométrique pouvant avoir des conséquences désastreuses pour l'Agriculture et l'élevage.

Il n'est pas question ici de se pencher sur le mécanisme de la formation des lignes de grains qui est un problème très complexe loin d'être résolu.

Nous essaierons seulement de les identifier et de les répertorier pour la saison des pluies de 1976 - ceci essentiellement à l'aide des données fournies par le réseau d'observation synoptique nigérien et d'examiner quelques propriétés caractéristiques



des lignes de grains sous différents aspects - à l'aide de l'analyse de différents paramètres.

Le problème majeur qui se pose pour une étude sur les lignes de grains est un problème d'échelle.

Une ligne de grains est un phénomène d'échelle B ou synoptique, de dimensions horizontales de l'ordre de 100 à 1000 km et dont la durée de vie peut varier entre 12 heures et 3 jours environ.

L'étude d'un tel phénomène requiert un réseau d'observation dont la maille devrait être comprise entre 25 et 250 km.

Plusieurs auteurs, en particulier à la suite des campagnes ONA et OPGA (ASECNA) en Afrique de l'Ouest ont mis en évidence des lignes de grains de seulement 200 km d'extension méridienne - on conçoit qu'un réseau de maille 100 km semble être dans ces conditions le minimum indispensable pour l'étude de ces phénomènes - et ceci ne peut être réalisé qu'au cours d'expériences de courte durée - Le sous programme du GARP, l'expérience WAMEX constituera en Juillet-Août 1979 une approche relativement satisfaisante à ces exigences.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, notre objectif sera très modeste.

A l'aide des données classiques fournies par la station aérologique de Niamey, de celles fournies par les 11 stations synoptiques du Niger et enfin de celles des postes pluviométriques, nous tenterons d'identifier un certain nombre de lignes de grains, d'analyser le comportement de quelques paramètres météorologiques au passage de ces perturbations et d'examiner la répartition des précipitations sur l'ensemble de la zone sahélienne du Niger - ceci pour un certain nombre de lignes de grains sélectionnées -

Dans une 1ère partie (CH.2), nous situerons l'environnement synoptique dans lequel prennent naissance et se déplacent les lignes de grains puis nous résumerons les principales connaissances actuelles que l'on a sur ce phénomène.

Dans une 2ème partie (CH.3), nous étudierons les lignes de grains de la saison des pluies 1976, en commençant par une analyse aérologique locale des données de Niamey-Aéroport pour l'ensemble





de la période Mai à Septembre - puis nous établirons les courbes de pression corrigée de l'évolution diurne pour quelques stations synoptiques - Nous exposerons ensuite la méthode qui nous a permis de sélectionner les lignes de grains.

11 lignes de grains seront analysées et nous présenterons les cartes d'isohyètes correspondant à chaque perturbation.

Enfin dans un dernier paragraphe de cette 2ème partie, nous chercherons à mettre en évidence des ondes d'Est, phénomène d'échelle synoptique, et à voir s'il existe des relations entre ces ondes et les systèmes pluvio-orageux d'échelle inférieure.

TABLEAU 1.1.

: S T A T I O N :	latitude :	longitude :	Précipi- :	C L I M A T :	Précipi- :
:	Nord :	Est :	tations :	:	tations :
:	:	:	moyenne :	:	en mm :
:	:	:	annuelle :	:	année :
:	:	:	en mm :	:	1972 :
: 1 BILMA :	18,7° :	12,9° :	21 :	SAHARIEN :	20 :
: 2 AGADEZ :	17,0 :	8,0 :	164 :		74 :
: 3 N'GUIGMI :	14,3 :	13,1 :	236 :	isohyète 250 mm :	69 :
: 4 MAINE SOROA :	13,2 :	12,0 :	404 :	SAHELO-SAHARIEN :	252 :
: 5 TAHAOUA :	14,9 :	5,3 :	407 :		267 :
: 6 TILLABERY :	14,2 :	1,5 :	510 :	isohyète 500 mm :	368 :
: 7 ZINDER :	13,8 :	9,0 :	549 :	SAHELO-SOUDANIEN :	303 :
: 8 BIRNI N'KONNI :	13,8 :	5,3 :	597 :		328 :
: 9 NIAMEY AERO. :	13,5 :	2,2 :	636 :		343 :
: 10 MARADI :	13,5 :	7,2 :	642 :		289 :
: 11 GAYA :	12,0 :	3,5 :	870 :	isohyète 900 mm :	695 :
:	:	:	:	SOUDANO-GUINEEN :	:

Pluviométrie moyenne annuelle et types de climat des 11 stations synoptiques nigériennes.

( Zones climatiques d'après AUBERVILLE-1949 )

---:---:---

.../...



The first of these is the fact that the  
 population of the United States is  
 increasing at a rapid rate. This is  
 due to a number of factors, including  
 immigration and a high birth rate.  
 The second factor is the fact that the  
 population is becoming more urbanized.  
 This is due to the fact that more and  
 more people are moving to the cities.  
 The third factor is the fact that the  
 population is becoming more educated.  
 This is due to the fact that more and  
 more people are attending school.  
 The fourth factor is the fact that the  
 population is becoming more mobile.  
 This is due to the fact that more and  
 more people are moving from one place  
 to another.

Year	Population	Urban	Female	White	Black	Hispanic	Asian	Native
1900	76,000,000	40,000,000	48,000,000	70,000,000	10,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
1910	92,000,000	48,000,000	49,000,000	72,000,000	12,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
1920	106,000,000	55,000,000	50,000,000	74,000,000	14,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
1930	123,000,000	62,000,000	51,000,000	76,000,000	16,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
1940	137,000,000	68,000,000	52,000,000	78,000,000	18,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
1950	152,000,000	75,000,000	53,000,000	80,000,000	20,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
1960	179,000,000	85,000,000	54,000,000	82,000,000	22,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
1970	203,000,000	95,000,000	55,000,000	84,000,000	24,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
1980	226,000,000	105,000,000	56,000,000	86,000,000	26,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
1990	250,000,000	115,000,000	57,000,000	88,000,000	28,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
2000	281,000,000	125,000,000	58,000,000	90,000,000	30,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
2010	312,000,000	135,000,000	59,000,000	92,000,000	32,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
2020	343,000,000	145,000,000	60,000,000	94,000,000	34,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000

## CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR LA CIRCULATION ATMOSPHERIQUE EN AFRIQUE DE L'OUEST ET SUR LES LIGNES DE GRAINS.

### 2.1. Caractères généraux de la circulation atmos- phérique en Afrique de l'Ouest.

L'opposition masse continentale d'une part au Nord de l'équateur géographique et masse océanique de l'autre au Sud de l'équateur géographique est à l'origine de la particularité de la circulation atmosphérique sur l'Ouest africain. Ceci permet de comprendre pourquoi les interpolations à partir d'études ou d'expériences faites dans le Pacifique et dans la mer des Caraïbes ne s'appliquent pas toujours à cette région.

Des centres d'action, à savoir l'anticyclone des Açores dans l'Atlantique Nord, l'anticyclone de Sainte-Hélène dans l'Atlantique Sud et d'autres centres d'action à caractère thermique, sont en fait responsables du type de circulation atmosphérique en Afrique Occidentale.

Les anticyclones des Açores et de Sainte-Hélène par les flux d'alizés qu'ils dirigent sur le continent y déterminent une zone dite de convergence, l'équateur météorologique (EM), front intertropical (FIT) ou zone de convergence intertropicale.

Ces anticyclones présentent des variations saisonnières de position et de côte. En règle générale, ces variations s'opèrent en sens opposés : quand un anticyclone accuse une hausse de pression ou se rapproche de l'équateur géographique, l'autre présente une baisse de pression relative et s'éloigne de l'équateur géographique; rappelons que les variations de pressions et le déplacement des anticyclones sont liés à la saison. On observe en moyenne, en été boréal, une hausse de pression de l'anticyclone de Sainte-Hélène et un décalage de son centre plus à l'Ouest en même temps qu'il se rapproche de l'équateur géographique. Pendant la même période, l'anticyclone des Açores se décale plus au Nord tout en se déplaçant vers l'Ouest avec une côte relativement plus faible. En hiver boréal, ces anticyclones se déplacent dans le sens Nord-Sud en même temps qu'ils se décalent vers l'Est. L'EM de part sa définition est caractérisé par des migrations. Nous en parlerons plus loin.

.../...

CHAPTER I  
THE HISTORY OF THE  
REPUBLIC OF THE UNITED STATES

The history of the Republic of the United States is a story of growth and development. It begins with the first settlers who came to the continent in search of a new home. These settlers, who were mostly of English descent, established small communities along the eastern coast. Over time, these communities grew into larger colonies, each with its own local government. The colonies were united by a common language, culture, and a shared sense of purpose. They fought for their rights against the British, who sought to control them. The American Revolution was a turning point in the history of the United States. It was a war for independence, a war for the right to self-government. The war ended in 1783, with the signing of the Treaty of Paris. The United States was now a free and independent nation. The new nation was faced with many challenges. It had to establish a new government, a new system of laws, and a new way of life. The framers of the Constitution, who met in 1787, created a new government for the United States. The Constitution is the foundation of the United States government. It sets out the principles of the government, the powers of the different branches, and the rights of the citizens. The Constitution has been amended many times, but its basic principles remain the same. The United States has grown from a small colony to a large and powerful nation. It has become a leader in the world, a nation that has made many contributions to the progress of humanity. The history of the United States is a story of hope, of courage, and of the pursuit of the American dream.

En hiver boréal, l'anticyclone des Açores et l'anticyclone de Libye déterminent, en situation normale, le temps sur l'Afrique Occidentale. L'un dirige sur la région un flux d'alizés maritimes que les reliefs marocains assèchent et l'autre un flux d'alizés continental, chaud et sec, l'harmattan. Ces deux courants sont à l'origine d'une discontinuité sur les côtes sénégal-mauritaniennes, pouvant être à l'origine de certaines pluies. Ces précipitations n'ont rien à voir avec l'hivernage. C'est le cas également lorsque certains thalwegs d'altitude se déplaçant d'Ouest en Est, affectent le Nord du Sahel.

Les anticyclones subtropicaux des Açores du Nord et de Sainte-Hélène au Sud dirigent sur le Sahel des flux d'alizés. En été boréal, c'est-à-dire l'hivernage où la saison des pluies pour le Sahel, la mousson, flux d'alizés austral, intéresse la région comme nous pouvons le voir sur la figure 1. L'intensité et l'importance du flux de mousson dirigé sur cette partie du continent varient dans le temps et sont influencées par certaines conditions exceptionnelles se produisant soit dans l'hémisphère Nord c'est par exemple une poussée et/ou une position anormales de l'anticyclone des Açores - cette action freine la pénétration du flux de mousson - ou au contraire une accélération du flux de mousson par creusement de la dépression libyenne (c'est la forme prise par l'anticyclone de Libye en été boréal dans les basses couches) soit dans l'hémisphère Sud quand exceptionnellement l'anticyclone de Sainte-Hélène remonte vers l'équateur géographique et/ou que sa côte accuse une hausse brusque. Ces situations exceptionnelles sont limitées tant dans le temps que dans l'espace. L'EM présente des migrations au rythme des variations des centres d'action. Ces migrations sont soit de courte durée; la migration diurne qui est une conséquence d'évolution de deux masses d'air différentes, la migration de moyenne amplitude qui est la conséquence directe des comportements des centres d'action, soit de longue durée, la migration annuelle liée au déplacement apparent du soleil. Elle est illustrée par la figure 2.

Une analyse de l'EM au sol et en altitude en liaison avec la situation synoptique a permis de définir une structure quasi-permanente.





La figure 3 schématise une section méridienne du FIT sur le méridien origine en Juillet-Août. A partir de la trace au sol du FIT cinq zones ont été définies :

- Zone A : se situe au Nord de la trace au sol du FIT. Elle est caractérisée par un ciel clair, un air sec à forte évolution diurne de température, des pluies exceptionnelles par inversion de la pente de la mousson ou provenant des invasions polaires.

- Zone B : elle est au Sud de la trace au sol du FIT et correspond à la zone de faible pente de mousson. Elle peut s'étendre jusqu'à 400 km. Le temps se caractérise par ses formations nuageuses à forte évolution diurne (cumulus) et des orages isolés dans l'après-midi.

- Zone C : au Sud de la zone B. C'est la zone où l'importance du flux de mousson est maximale. La convergence y est forte. On la divise en deux sous-zones  $C_1$  et  $C_2$  respectivement à dominance orageuse et à pluies abondantes. C'est dans la zone  $C_1$  - situation de Juillet à Septembre au Sahel - que circulent les ondes d'Est et les lignes de grains. Dans la zone  $C_2$  les perturbations sont en générale zonales à faible évolution diurne et à l'origine de fortes pluies.

- Zone D : située au Sud de  $C_2$ , correspond à une masse d'air homogène du sol aux couches moyennes. Elle est caractéristique d'une forme de petite saison sèche au Sud du  $05^{\circ}$  Nord.

A partir des situations moyennes au sol, des diagrammes précisant l'importance géographique des zones B,  $C_1$ ,  $C_2$  et D ont été établis pour différentes longitudes définissant ainsi la climatologie de l'Afrique Occidentale en prenant les définitions correspondant aux zones citées ci-dessus. Ainsi donc, à la latitude de Niamey soit environ  $13,5^{\circ}$  N on peut suivre sur la figure 4 la succession des situations moyennes :

- du 1er Novembre au 1er Mars, Niamey se situe dans la zone A.

- du 1er Mars au 15 Juin elle est dans la zone B. On passe progressivement d'une saison chaude relativement sèche à l'hivernage.

The first thing I noticed when I stepped out of the car was the cold. It was a sharp contrast to the warm blanket I had been sitting under. I looked up at the sky, which was a pale, hazy blue. The air was still, and there was a sense of quiet solitude. I took a deep breath, feeling the cool air fill my lungs. The ground beneath my feet was soft and uneven, covered in a layer of dry leaves and grass. I walked slowly, my steps echoing in the silence. The sun was just beginning to rise, casting a soft, golden glow over the landscape. The trees were bare, their branches reaching out like skeletal fingers against the sky. In the distance, I could see the faint outline of a town, its buildings huddled together. The overall atmosphere was one of peace and tranquility, a moment of stillness in a world that was always in motion. I felt a sense of freedom, as if I had been released from a long confinement. The cold was not unpleasant; it was invigorating. It reminded me of the first snow of winter, when the world is transformed into a pristine white landscape. I continued to walk, my mind wandering to the thoughts that came flooding back. The past seemed so distant, yet so vivid. I remembered the laughter of my friends, the warmth of a loved one's embrace, the taste of a favorite meal. These memories were a comfort, a reminder of the good things in life. I felt grateful for the journey I had come through, for the challenges I had overcome. The future seemed uncertain, but I was ready to face whatever came my way. I took another deep breath, feeling the cold air fill my lungs once more. The world was beautiful, and I was grateful to be here.

- du 15 Juin au 15 Septembre, Niamey est dans la zone C<sub>1</sub>. Concrètement c'est la période pluvieuse avec un maximum de précipitations en Août.

- du 15 Septembre au 1er Novembre on revient dans la zone B. On est à la fin des pluies et au début de la longue saison sèche.

## 2.2. Les lignes de grains en Afrique Occidentale.

Avant d'aborder les différentes études et analyses faites sur les lignes de grains nous pensons qu'il est bon de définir les notions de grains et de ligne de grains. La première, celle donnée par le "Code Météorologique" - ASECNA de la façon suivante :

les critères pour l'observation et le chiffrage du grain sont : "une soudaine augmentation de la vitesse du vent d'au moins 8 m/s (16 noeuds) la vitesse étant portée à 11 m/s (22 noeuds) ou plus, et se maintenant à cette valeur pendant une minute au moins".

Dans le vocabulaire météorologique international (OMM), le grain est défini comme étant "un phénomène atmosphérique caractérisé par une variation très importante de la vitesse du vent, débutant brusquement d'une durée de l'ordre des minutes et s'amortissant plutôt rapidement, et souvent accompagné d'averse ou d'orage".

Les américains parlent d'une brusque augmentation de la vitesse du vent à 16 noeuds, la vitesse se maintenant pendant au moins deux (2) minutes et dans la même direction et s'amortissant rapidement.

De ces définitions nous voyons que dans le fond, il est toujours question d'augmentation rapide de la vitesse suivie d'une décroissance plus ou moins brusque de la vitesse, auxquels chaque groupe de chercheurs a ajouté des nuances qui font la particularité du point de vue du groupe. Toutefois nous adopterons le vocabulaire météorologique international qui peut être considéré comme satisfaisant. On verra plus loin les conséquences de l'application de ces définitions et plus précisément de celle donnée par l'ASECNA car après tout nous travaillons sur des documents tenus selon les définitions ASECNA.

.../...



...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

Une ligne de grains serait donc une ligne fictive le long de laquelle nous pourrions observer des grains. Dans le ciel ceci se traduira par un alignement plus ou moins homogène de cumulonimbus selon une extension méridienne et se déplaçant d'Est à l'Ouest avec une vitesse de l'ordre de 50 à 70 km/heure.

Les lignes de grains ont fait l'objet de travaux de plusieurs chercheurs. Les recherches se sont déroulées tant en Afrique où il faut dissocier les travaux effectués en Afrique Occidentale et Centrale de ceux qui ont été faits en Afrique Orientale, qu'en Amérique et plus particulièrement dans la mer des Caraïbes et dans le Pacifique. Les américains dans leurs recherches sur l'origine des cyclones tropicaux qui intéressent l'Amérique Centrale, ont été amenés à étudier les perturbations de l'Afrique Occidentale. Il se sont orientés plus sur les ondes d'Est que sur les lignes de grains. Ceci parce que certaines liaisons ont été mises en évidence entre ces ondes d'Est et les cyclones; Carlson (1968-1969) estime que toutes les perturbations sont liées à une onde. Nous parlerons plus loin de ces ondes en l'occurrence l'onde d'Est africaine AEJ.

Les chercheurs ayant travaillé en Afrique peuvent se rassembler sous l'appellation groupe "Africain". Ce groupe "Africain" s'est préoccupé tout au moins avant TSCHIRHART (1958) du descriptif. Avec TSCHIRHART, le descriptif a laissé la place à l'analyse et à la définition de modèles. Aussi BERNET (1966-1967) tirant profit des travaux de MORTH et JONHSON, a-t-il mis au point une méthode d'analyse devant permettre de prévoir la formation et l'évolution des lignes de grains en fonction de la situation générale.

#### a - Origine des lignes de grains.

Même si chacun des chercheurs "Africains" a donné des préférences à certains éléments d'analyse plus qu'à d'autres, ils estiment que l'origine des lignes de grains semble pouvoir être limitée aux deux (2) cas suivants :

1° / Evolution convective particulièrement importante limitée à une zone bien caractérisée. Ce cas étant spécifique aux lignes de grains ayant pour origine une zone de relief. La forte instabilité n'est pas généralisée et n'intéresse pas les régions situées à l'Ouest du relief. La ligne d'instabilité liée au relief pourra de ce fait se déplacer vers l'Ouest et évoluer en ligne de grains.

.../...



2° / Existence d'une topographie barique et thermique telle qu'un flux de convergence dynamique soit en même temps un axe de confluence de deux flux ayant une origine nettement différenciée.

Une topographie classique de ce type de situation est un drift et un duct dans les basses latitudes ou un duct déporté dans les latitudes supérieures.

En langage plus simple, le 1° correspondrait à une zone orageuse localisée mais relativement importante. Celle-ci évolue donc en ligne de grains. Nous illustrerons le deuxième cas pour en faciliter la compréhension figure 5.

#### b - Structure

Pour la structure de la ligne de grains nous distinguerons :

- $b_1$ , la structure verticale.
- $b_2$ , la représentation sur les cartes de surface qui sera exposée dans le paragraphe "Evolution d'une ligne de grains".

#### $b_1$ - La structure verticale.

Une ligne de grains est caractérisée par une zone de forte convergence dans les couches moyennes et une zone de forte divergence dans les couches supérieures.

L'existence d'une répartition de la convergence et de la divergence conforme à ce qui suit (Evolution des lignes de grains) permet de définir les topographies théoriques à 600 mb (maximum de convergence) et 200 mb (maximum de divergence) liées à une ligne de grains.

En considérant comme hypothèse de base un flux homogène de secteur Est de 2000 m à 12000 m dans l'hémisphère Nord, à 600 mb la forte convergence aura pour conséquence une cyclogénèse, le flux s'orientera au secteur NE à l'avant et au secteur SE à l'arrière; à 200 mb la forte divergence aura pour conséquence une anticyclogénèse, le flux s'orientera au secteur SE à l'avant et au secteur NE à l'arrière. La figure 6 caractérise l'évolution du flux de secteur Est aux niveaux 600 mb et 200 mb.

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...



Ainsi donc à la verticale d'une ligne de grains la topographie des couches moyennes sera caractérisée par un thalweg se déplaçant d'Est en Ouest, alors que la topographie des couches supérieures sera caractérisée par une dorsale se déplaçant d'Est en Ouest. La figure 7 caractérise la topographie des couches moyennes et supérieures à la verticale d'une ligne de grains.

En coupe verticale une ligne de grains se présente de la façon suivante (figure 8) :

- un ciel clair à l'avant du "front" qui a une bordure Ouest nette.
- un rouleau de stratocumulus précédant le passage du front du "downdraft" (courant descendant dans un cumulonimbus) matérialise la localisation de l'"Updraft" (courant ascendant dans un cumulonimbus) et son intensité. Son importance est une indication de l'intensité de vent à venir.
- une trainée à l'arrière.

Nous verrons plus loin les conséquences météorologiques liées au passage d'une ligne de grains.

#### c - Evolution d'une ligne de grains.

Le développement d'une ligne de grains est sujet à certaines conditions :

- un champ de pression relativement faible à l'avant.
- un champ de température relativement élevé à l'avant.
- l'existence de masses d'air convectivement instables mais dont l'instabilité sélective est faible.
- en altitude, un champ de vent stable en direction à la verticale du même lieu.
- l'orientation Nord-Sud de la ligne de grains et son déplacement vers l'Ouest sont significatifs d'un phénomène actif.

L'étude de la formation et l'analyse des lignes de grains ont permis de remarquer qu'une ligne de grains est généralement associée à une ondulation du F107, conséquence elle-même d'une accélération du courant de Sud-Ouest donc d'une advection froide.



A ce sujet Germain estime ~~qu'il~~ n'y a aucune relation de cause à effet entre une ondulation du FIT et la formation d'une ligne de grains, les deux sont l'effet d'une même cause, l'advection froide; si cette dernière est faible l'ondulation ne s'accompagnera de rien. Une ondulation ne donne rien ce n'est pas une cause c'est un effet. Les figures 9.1 à 9.4 illustrent les différentes étapes d'évolution du champ de vent avant et pendant la genèse de la ligne de grains : l'amorce d'un tourbillon constitue le premier stade qui se traduit par une ondulation du FIT; la formation d'un minimum fermé en surface et son creusement en constitue le deuxième. Le décalage vers le Sud et le renforcement de la circulation cyclonique avec l'altitude entre 1000 m et 2000 m (preuve que la dépression est froide) en constitue le troisième.

La figure 10 illustre une ligne de grains sur une carte de surface.

Il y a dégénérescence rapide ou scission d'une ligne de grains si :

- une hausse de pression se produit à l'avant figure 11.
- une goutte froide existe à l'avant figure 12.
- une zone de forte instabilité orageuse existe à l'avant.
- un champ de vent non homogène en direction existe à la verticale.
- la ligne de grains infléchit au Sud ou même au Nord sa trajectoire.

Quand plusieurs lignes de grains existent simultanément, il pourra y avoir soit une fusion ou la disparition rapide des phénomènes postérieurs compte tenu des trajectoires et de l'espacement.

La ligne de grains se déplacera en moyenne à la vitesse de 25 à 30 noeuds; ce déplacement étant en général supérieur à la vitesse du flux. Aussi dit-on que "les lignes de grains remontent le flux". Cette vitesse peut être considérée comme étant la somme de deux vecteurs.

- $V_d$  vitesse de développement.
- $V_E$  vitesse d'entraînement (couvrant des couches moyennes 3000/600 m soit environ 700/500 mb).

$$U = V_d + V_E$$

.../...



1. The first part of the document is a letter from the President of the United States to the Congress, dated January 3, 1862. It is a very important document, as it contains the President's annual message to Congress.

2. The second part of the document is a report from the Secretary of the Interior, dated January 3, 1862. It contains information about the land and mineral resources of the United States, and the progress of the Department's work during the year.

3. The third part of the document is a report from the Secretary of the Treasury, dated January 3, 1862. It contains information about the financial condition of the United States, and the progress of the Department's work during the year.

4. The fourth part of the document is a report from the Secretary of the War, dated January 3, 1862. It contains information about the military condition of the United States, and the progress of the Department's work during the year.

5. The fifth part of the document is a report from the Secretary of the Navy, dated January 3, 1862. It contains information about the naval condition of the United States, and the progress of the Department's work during the year.

La vitesse d'une ligne de grains n'est pas constante. Elle subit des variations diurnes et des variations locales; ceci est bien en accord avec les facteurs favorables au développement de la ligne de grains donc à  $V_d$ , la valeur de  $V_d$  qui peut être nulle ou même négative dans le cas de dégénérescence rapide. A la limite  $V_d = -V_E$  : la ligne de grains évolue sur place en zone pluvieuse, puis en zone orageuse avant de disparaître.

ELDRIDGE (d'après DHONNEUR -1970) estime que la vitesse de déplacement des lignes de grains est plus forte en moyenne sur les régions comprises entre les  $9^\circ$  N et  $17^\circ$  N et les  $10^\circ$  E et  $7^\circ$  W (notre étude se situe dans cette région). La figure 13 représentant la topographie moyenne du flux à 600 m pendant la période Juillet-Août-Septembre et la topographie moyenne à 850 mb selon THOMPSON, (d'après DHONNEUR -1970) permet d'expliquer la remarque de ELDRIDGE : sur le  $10^\circ$  E dans les basses couches nous avons une circulation à drift avec une convergence forte et un champ de pression caractérisé par un duct dont l'entrée est sur le  $10^\circ$  E et la sortie sur le  $10^\circ$  W.

Il semble que sur le  $10^\circ$  E il y a souvent une situation favorable à la formation de ligne de grains qui seront advectées dans le duct d'altitude et leur déplacement sera régulier jusqu'à la sortie du duct ou la divergence aura pour conséquence un ralentissement de la vitesse.

Au cours de cette présente étude il nous a été donné de vérifier cette thèse. La plupart des lignes de grains à l'exception de quelques<sup>cas</sup>/rares se situant en Août ont eu pour origine des foyers orageux à l'Est de Zinder et quelquefois, déjà dans la région du lac Tchad on a observé des grains. Les figures 14.1 et 14.2 illustrent respectivement les situations classiques que l'on retrouve sur les cartes de surface, correspondant à des foyers orageux locaux ou à une ligne de grains active qui s'accompagne d'un petit anticyclone à l'arrière de la ligne de grains, conséquence d'un refroidissement de l'air suite aux précipitations qui accompagnent la perturbation.

The first thing I noticed when I stepped out of the car was the cold. It was a sharp contrast to the warm blanket I had been under. I looked up at the sky, which was a pale, hazy blue. The air was still, and there was a sense of quiet solitude. I took a deep breath, feeling the cool air fill my lungs. The ground beneath my feet was soft and uneven, covered in a layer of dry leaves and grass. I walked slowly, my steps creating a gentle rustling sound. In the distance, I could see the faint outlines of trees and buildings, but they were too far away to make out clearly. The overall atmosphere was one of peace and tranquility, a moment of stillness in a world that was always in motion. I felt a sense of freedom, as if I had been released from a long confinement. The cold, the quiet, the open space - it all felt like a fresh start, a new beginning. I continued to walk, my mind wandering as I took in the sights and sounds around me. The world seemed so different from what I was used to, yet in a way, it felt like I had come home. The simplicity of it all was comforting, a reminder of the beauty that could be found in the most ordinary of things. I walked until I was out of breath, my legs aching from the effort. I stopped for a moment, leaning against a tree trunk and looking back at the path I had traveled. It felt like a journey, a journey of discovery and self-exploration. I smiled, feeling a sense of accomplishment and pride. The cold was no longer a nuisance, but a welcome challenge. The quiet was no longer a void, but a space for my thoughts to roam. The open space was no longer empty, but a canvas for my imagination. I turned around, ready to continue my journey, but I found myself looking at the ground. There was a small, white object lying there, partially hidden by the leaves. I picked it up, examining it closely. It was a small, smooth stone, about the size of a marble. It had a unique shape, with a flat side and a rounded top. I held it in my palm, feeling its weight and texture. It seemed so simple, yet it had a certain charm to it. I looked up at the sky again, and this time, I saw a small, white bird flying in the distance. It was a moment of pure magic, a moment where everything seemed to fall into place. I smiled, feeling a sense of wonder and awe. The world was so full of beauty, so full of life. I felt like I had found something special, something that would remind me of this moment whenever I needed it. I placed the stone in my pocket, a small token of my journey. I turned back to the path, ready to continue my walk. The cold was still there, the quiet was still there, but now it felt like a friend, a companion on my journey. I walked on, my steps lighter and more confident than before. The world was my oyster, and I was ready to explore it all.

CHAPITRE 3 : ANALYSE DES LIGNES DE GRAINS PENDANT LA SAISON DES PLUIES DE 1976.

3.1. La saison des pluies de 1976.

La pluviométrie au NIGER se situe en moyenne dans une fourchette 800 mm au Sud à moins de 50 mm et même pratiquement 0.0 mm au-dessus de 20° Nord. Cette pluviométrie comme nul ne l'ignore, est sujette aux aléas climatiques pouvant conduire à des situations extrêmement heureuses ou au contraire à des situations catastrophiques comme l'on en a vues en 1972-1973.

La saison des pluies de 1976 succède donc à une période particulièrement malheureuse. Cette saison se caractérise dans son ensemble par un début difficile, hésitant tout au moins dans l'Est du Niger comme l'on peut le voir sur les tableaux 3.1.1 et 3.1.2., conduisant à des déficits pluviométriques atteignant plus de 80 % dans l'Est du pays. Peu à peu ils disparaissent pour faire place à un excédent pluviométrique plutôt marqué vers la fin de la saison pluvieuse (septembre-octobre) et plus particulièrement dans l'Est du Niger, alors qu'à l'Ouest on a en début de saison une pluviométrie voisine de la normale. En fin de saison, à l'Est l'excédent pluviométrique donne pour le mois d'Octobre à Maradi et Zinder respectivement 390 % et 677 % par rapport à la normale. Il faut tout de suite comprendre qu'en situations normales les pluviométries de la fin des saisons pluvieuses sont particulièrement faibles; elles sont de quelques millimètres à une dizaine de millimètres. Aussi quand il tombe 130,8 mm par exemple à Tillabéry en Octobre alors que la normale du mois d'Octobre est de 10,8 mm, le rapport à la normale nous donne plus de 10, alors que considérée de façon absolue, on n'a pas recueilli comme le pouvait nous laisser croire le rapport à la normale, un excédent particulièrement important. C'est ce qui explique que, malgré les valeurs du rapport à la normale élevées en fin de saison (septembre-octobre), en moyenne, exceptées les régions les plus au Sud, on n'a pas, comme on pourrait s'y attendre, une pluviométrie excédentaire pour l'année 1976. Elle a été un peu supérieure à la normale dans le Sud et l'Ouest du Niger et au Nord-Est (Bilma). La bande comprise entre ces deux extrémités en excédent pluviométrique se caractérise par toute une gamme de la pluviométrie annuelle allant de moins de 50 % (N'Guigmi) à pratiquement 90 % par rapport à la normale annuelle.

.../...

CHAPITRE II  
LA VIE DE LA VILLE

1. La ville

La ville est le centre de la vie sociale.

Elle est le lieu où se concentrent les activités économiques.

La ville est le lieu où se trouvent les services publics.

La ville est le lieu où se trouvent les services de santé.

La ville est le lieu où se trouvent les services de justice.

La ville est le lieu où se trouvent les services de culture.

La ville est le lieu où se trouvent les services de sport.

La ville est le lieu où se trouvent les services de loisirs.

La ville est le lieu où se trouvent les services de transport.

La ville est le lieu où se trouvent les services de communication.

La ville est le lieu où se trouvent les services de sécurité.

La ville est le lieu où se trouvent les services de police.

La ville est le lieu où se trouvent les services de justice.

La ville est le lieu où se trouvent les services de culture.

La ville est le lieu où se trouvent les services de sport.

La ville est le lieu où se trouvent les services de loisirs.

La ville est le lieu où se trouvent les services de transport.

La ville est le lieu où se trouvent les services de communication.

La ville est le lieu où se trouvent les services de sécurité.

La ville est le lieu où se trouvent les services de police.

La ville est le lieu où se trouvent les services de justice.

La ville est le lieu où se trouvent les services de culture.

La ville est le lieu où se trouvent les services de sport.

La ville est le lieu où se trouvent les services de loisirs.

La ville est le lieu où se trouvent les services de transport.

La ville est le lieu où se trouvent les services de communication.

La ville est le lieu où se trouvent les services de sécurité.

La ville est le lieu où se trouvent les services de police.

La ville est le lieu où se trouvent les services de justice.

La ville est le lieu où se trouvent les services de culture.

La ville est le lieu où se trouvent les services de sport.

La ville est le lieu où se trouvent les services de loisirs.

La ville est le lieu où se trouvent les services de transport.

La ville est le lieu où se trouvent les services de communication.

La ville est le lieu où se trouvent les services de sécurité.

La ville est le lieu où se trouvent les services de police.



Stations	76	Normale	76	Normale	76	Normale	76	Normale	76	Normale	76	Normale	76	Normale	76	Normale
	76	Normale	76	Normale	76	Normale	76	Normale	76	Normale	76	Normale	76	Normale	76	Normale
Bilma	nt	0,5	24,3	0,8	4,6	2,2	5,5	11,4	nt	3,6	0,1	1,7	34,9	20,6		
N'Guigmi	nt	6,7	0,7	8,3	33,4	57,3	42,2	140,8	4,4	22,4	0,2	0,3	80,9	235,8		
Mainé Soroa	1,7	12,6	22,3	32,9	85,0	105,8	86,2	87,3	115,3	59,7	10,5	11,4	321,0	412,5		
Zinder	5,2	27,3	95,6	54,7	102,5	153,1	104,5	232,4	121,6	71,4	45,3	6,7	474,7	549,1		
Maradi	12,6	32,4	79,3	60,4	92,5	163,5	161,6	259,6	136,8	110,4	46,8	12,0	529,6	642,3		
Agadez	nt	6,4	17,8	8,2	24,9	49,2	41,9	78,3	20,21	20,0	0,4	0,5	106,6	164,1		
Tahoua	32,7	29,0	97,5	71,9	141,9	138,0	114,7	231,5	77,5	111,3	82,0	13,0	546,3	597,4		
Birni N'Komni	22,8	17,6	57,1	44,9	88,9	117,4	73,7	143,8	72,7	66,1	76,5	14,3	391,7	407,2		
Gaya	79,2	70,0	108,8	112,4	91,9	205,3	226,1	282,0	122,8	156,6	?	24,3	728,6	848,8		
Niamey-Aéro.	77,0	27,0	71,4	79,0	114,5	159,0	215,2	210,0	82,2	103,0	29,1	15,0	589,4	592,0		
Tillabéry	55,2	17,9	17,7	55,4	120,3	131,9	103,5	203,3	104,9	85,6	130,8	10,8	532,5	509,5		

Tableau donnant les précipitations normales et celles de 1976 pour 16 stations synoptiques du Niger.



**TABLEAU PLUVIOMETRIQUE DES RAPPORTS A LA NORMALE DE LA SAISON 1976**

	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMB.	OCTOBRE	1976
BILMA	-	304 %	204 %	48 %	-	6 %	170 %
N'GUIGMI	-	8 %	58 %	30 %	20 %	67 %	34 %
MAINE SOROA	14 %	68 %	80 %	99 %	193 %	92 %	78 %
ZINDER	19 %	175 %	67 %	45 %	170 %	677 %	87 %
MARADI	39 %	131 %	57 %	62 %	124 %	390 %	83 %
AGADES	-	217 %	51 %	54 %	101 %	80 %	65 %
TAHOUA	113 %	136 %	103 %	50 %	70 %	63 %	92 %
BIRNI KONNI	130 %	127 %	76 %	51 %	110 %	54 %	96 %
GAYA	113 %	97 %	45 %	80 %	79 %	/	86 %
NIAMEY AERO.	285 %	91 %	72 %	103 %	80 %	194 %	99 %
TILLABERY	308 %	32 %	91 %	51 %	123 %	1211 %	105 %

Tableau 3.1.2.



NO	KEPERAWATAN	KEPERAWATAN	KEPERAWATAN	KEPERAWATAN	KEPERAWATAN	KEPERAWATAN	KEPERAWATAN
1	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100
13	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100
15	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100	100	100
17	100	100	100	100	100	100	100
18	100	100	100	100	100	100	100
19	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100

Une fois encore, la distribution pluviométrique s'est caractérisée par une répartition irrégulière dans le temps - début hésitant, déficitaire à l'Est du Niger et fin de saison excédentaire - et dans l'espace : des stations voisines n'ont pas recueilli le même ordre de grandeur de précipitations. Cependant sa particularité est que la saison des pluies de 1976 s'est prolongée jusqu'à la mi-Novembre. Disons que, pour la plupart des cultures céréalières (mil et sorgho en particulier ces pluies tardives prolongées ont été d'une part bénéfiques pour les situations où il y a eu un décalage important quant au stade développement des plantes des suites d'un début de pluie hésitant, d'autre part nocives car les pluies tardives ont favorisé la prolifération d'animaux nuisibles de même que les maladies.

Ne disposant pas du bilan de la situation agronomique de 1976, il nous est assez difficile de qualifier cette année. Toutefois, quand on analyse les résultats du tableau 3.1.2. on est en droit de penser qu'une saison pluvieuse qui commence tardivement se prolonge après la date normale de fin de saison. Nous ne pouvons affirmer quoique ce soit quant au type de distribution des pluies au Niger car nos recherches n'ont pas été orientées de ce côté. Cependant nous pensons qu'il est bon de vérifier une telle hypothèse et ainsi en cas de retard des pluies on pourra conseiller les variétés qui ne risqueraient pas de souffrir des effets des pluies tardives de fin de saison.

### 3.2. Analyse des données aérologiques de Niamey.

La figure 15 (LEROUX 1974) indique pour Niamey le régime de vent en fonction de l'altitude pour les différents mois de l'année. Ainsi donc jusqu'au niveau 850 mb, l'harmattan, vent chaud et sec de secteur Nord souffle de Novembre à Mai, puis de Mai à Octobre il est remplacé par la mousson, vent humide et relativement frais de secteur Sud. Dans les couches moyennes et supérieures, les vents de secteur Ouest dominant d'Octobre à Avril-Mai, le maximum de vitesse étant atteint en Décembre-Janvier-Février au niveau 200 mb. Ce maximum correspond à la bordure Sud du jet subtropical centré vers 30° N pendant l'hiver boréal.

D'Avril-Mai à Octobre-Novembre, le vent moyen des couches moyennes est de secteur Est avec deux maxima en Juin et Septembre

.../...

The first volume of the "History of the United States" by George Catlin, published in 1845, is a classic work of American literature. It is a two-volume set, and the first volume is the most interesting. It contains a great deal of information about the life and times of George Catlin, and it is a very good introduction to the history of the United States. The second volume is more of a collection of essays, and it is not as interesting as the first. The first volume is a very good introduction to the history of the United States, and it is a very good introduction to the life and times of George Catlin.

The second volume of the "History of the United States" by George Catlin, published in 1845, is a classic work of American literature. It is a two-volume set, and the second volume is the most interesting. It contains a great deal of information about the life and times of George Catlin, and it is a very good introduction to the history of the United States. The first volume is more of a collection of essays, and it is not as interesting as the second. The second volume is a very good introduction to the history of the United States, and it is a very good introduction to the life and times of George Catlin.

The third volume of the "History of the United States" by George Catlin, published in 1845, is a classic work of American literature. It is a two-volume set, and the third volume is the most interesting. It contains a great deal of information about the life and times of George Catlin, and it is a very good introduction to the history of the United States. The second volume is more of a collection of essays, and it is not as interesting as the third. The third volume is a very good introduction to the history of the United States, and it is a very good introduction to the life and times of George Catlin.

centrés sur 600 mb. Ces maxima correspondent au passage du jet Est Africain AEJ des couches moyennes sur Niamey.

Dans les couches supérieures, de Juin à Septembre on trouve un noyau de vents forts de secteur Est qui atteint son maximum en Juillet-Août au niveau 100-150 mb : il s'agit du jet tropical d'Est (TEJ).

L'AEJ a pour origine des contrastes thermiques existants sur le Sud-Sahara : une dépression sahélienne très marquée en surface et une zone de hauts géopotentiels dans les couches moyennes créent un vent fort d'Est à la verticale de l'Afrique Sahélienne. Ce courant est lié au mouvement apparent du soleil et est plus marqué pendant la période Mai-Octobre. Sur la coupe méridienne du vent pour le mois d'Août avec les zones climatologiques définies à partir de la coupe méridienne de l'EM sur laquelle sont indiquées les précipitations recueillies on voit que le maximum de précipitation correspond à la bordure Sud de l'AEJ figure 16.

Le TEJ a son origine dans le Sud-Est asiatique à la suite de contrastes thermiques existant entre, d'une part, les massifs montagneux élevant la source chaude à un niveau moyen de 4500 m et d'autre part, les régions océaniques situées sur les régions équatoriales. A cause de l'existence simultanée d'une circulation dépressionnaire à 500 mb et d'une circulation anticyclonique à 200 mb, un flux d'Est s'établit sur les régions intertropicales. Il est accentué par l'installation de la mousson indienne et son intensité maximale correspond au maximum de mousson indienne (Juillet-Août) et se situe vers le Sud de l'Arabie (60 noeuds) et sa zone de sortie se trouve sur l'Afrique sahélienne 20 à 30 noeuds. La divergence d'altitude a pour conséquence de la convergence dans les basses et moyennes couches, favorisant ainsi donc la convection. Aussi une liaison est-elle mise en évidence entre la mousson indienne d'une part et africaine de l'autre. Et c'est ainsi donc qu'à mousson indienne faible correspond un TEJ faible donc une divergence en altitude au-dessus du Sahel faible, ce qui entraîne une pluviométrie déficitaire sur l'Afrique sahélienne (cas 1972).

La variation annuelle moyenne du rapport de mélange - coupe faite à partir des radiosondages effectués à 12 H. TU en 1974 à Niamey-Aéroport - en fonction l'altitude indique (figure 17).

.../...



...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

- une augmentation lente du rapport de mélange de Mai à Août suivie d'une décroissance d'Août à Novembre avec une décroissance particulièrement rapide entre Octobre et Novembre. En effet au niveau 950 mb on passe de 13,5/kg à 4,5/kg soit une décroissance moyenne de 0,3/kg-jour.

- un retard dans les couches 600-300 mb par rapport aux couches inférieures du début de l'augmentation du rapport de mélange.

Alors que l'augmentation du rapport de mélange est progressive en moyenne dans les couches inférieures la décroissance est particulièrement brusque. Cette originalité vient du fait que d'une part les augmentations du rapport de mélange sont en grande partie dues à la mousson elle-même liée au FIT dont les variations annuelles, déplacement Sud-Nord et Nord-Sud se font plus lentement dans le premier sens que dans le second.

La comparaison des deux figures 16 et 17 permet d'expliquer tout au moins en partie une certaine relation liant le régime de vent et les variations du rapport de mélange. En tout cas l'augmentation régulière du rapport de mélange au niveau des basses et moyennes couches s'expliquerait par la mise en place progressive de la mousson. Pour les couches supérieures, le transfert de vapeur d'eau est dû aux perturbations.

Après l'exposé sur le régime moyen de vent en altitude et la coupe annuelle moyenne du rapport de mélange, nous analyserons les coupes chronologiques de vent de rapport de mélange pour la période de Mai à Septembre 1976 à Niamey.

### 3.2.1. Rapport de mélange - Coupes chronologiques.

Le passage d'une perturbation se manifeste par des variations plus ou moins brusques des différents paramètres météorologiques. C'est ainsi que le passage à Tombouctou (Mali) le 3 Août 1973 d'une perturbation comme l'on peut le voir sur la figure 18 (OPGA 1973), a eu pour conséquence une augmentation très prononcée du rapport de mélange dans les basses couches (sol 800 mb) : à 950 mb on a une augmentation de 2,5/kg en 3 heures. Cette augmentation du rapport de mélange devient de moins en moins marquée quand on s'élève en altitude : à 600 mb elle a été de 1/kg en 3 heures et à 500 mb il faut à peu près onze heures pour une augmentation du même ordre de grandeur.

.../...





Quand on observe par exemple les variations du vent figure 19 pour la même perturbation, à 500 m elle a été de 5 noeuds en 3 heures et déjà à 1500 m il n'y avait plus d'augmentation de la vitesse du vent.

La température potentielle équivalente  $\theta E$ , proportionnelle à l'Energie statique  $ES$  (ou a  $\theta E = \frac{ES}{C_p}$ ) figure 20 a présenté une augmentation de  $6^\circ K$  en 3 heures à 950 mb, une augmentation de  $4^\circ K$  à 600 mb également en 3 heures et à 400 mb il n'y avait plus d'augmentation notable.

On voit que déjà au niveau 1500 m (environ 850 mb) le vent n'a pas été affecté par le passage de la perturbation et que même au niveau 700 mb il devient assez difficile de parler d'une augmentation de  $\theta E$  alors que l'augmentation du rapport de mélange se poursuit bien au-delà de ces niveaux.

Ceci explique pourquoi pour notre étude nous avons choisi d'analyser les variations du rapport de mélange au passage des perturbations plutôt qu'un autre paramètre.

Les différentes coupes chronologiques effectuées au cours de cette étude, ont été faites à partir des radiosondages de 12 H. TU à Niamey-Aéroport. Soulignons que certains jours le mauvais temps a empêché d'obtenir des données à plus de 850 mb; alors pour le tracé il y a eu des interpolations. Sur les coupes ont été indiquées les perturbations, les phénomènes météorologiques qui les ont accompagnées et les précipitations recueillies éventuellement. Les perturbations ont une durée de quelques minutes à quelques heures. Cette durée reste ainsi donc minime par rapport à l'intervalle de temps qui sépare deux lancements de la radiosonde soit 24 heures. Indépendamment de cette différence de temps, ces perturbations présentent à priori une distribution aléatoire dans le temps. Elles sont observées aussi bien la nuit que le jour. Cette distribution aléatoire et la courte durée des phénomènes par rapport au temps qui sépare deux radiosondages ne permet pas la mise en évidence de toutes les perturbations.

Les coupes chronologiques du rapport de mélange (figures 21 à 25) montrent :

- une augmentation progressive du rapport de mélange de Mai à Août par exemple l'isoligne  $5/kg$  se situe en Mai au niveau

.../...

January 20, 1900. To the Hon. Sec. of the Interior.

Dear Sir: I have the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 17th inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

I have also the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 18th inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

I have also the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 19th inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

I have also the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 20th inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

I have also the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 21st inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

I have also the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 22nd inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

I have also the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 23rd inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

I have also the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 24th inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

I have also the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 25th inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

I have also the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 26th inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

I have also the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 27th inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

I have also the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 28th inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

I have also the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 29th inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

I have also the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 30th inst. in relation to the proposed extension of the public lands in the State of California.

700 mb et au niveau 650 mb en Juin-Juillet en moyenne; on retrouve là les grandes lignes de la figure 17.

- des augmentations et des diminutions plus ou moins rapides du rapport de mélange accompagnant le plus souvent le passage de perturbations, (orages ou grains).

On peut distinguer les 4 cas suivants :

1er cas - La situation classique est définie comme étant celle correspondant à un assèchement des couches moyennes avant le passage de la perturbation suivie d'une augmentation du rapport de mélange au moment du passage de celle-ci. C'est par exemple le cas du 5 Août à 20 H. TU où la perturbation a donné 48,1 mm (figure 24).

2ème cas - Le passage de la perturbation semble ne point affecter la répartition verticale du rapport de mélange exception faite des couches supérieures (500-250 mb). C'est ce que l'on observe le 28 Mai au passage d'une ligne de grains qui a cependant donné 55,5 mm d'eau (figure 21). En d'autres occasions le même cas a été observé. Mais alors les perturbations n'ont donné que de faibles pluies. C'est par exemple ce qu'on a observé le 18 Juillet (figure 23) à 23 H.45 TU et le 20 Août à 15 H. 05 TU (figure 24). On pourrait penser que cette situation est représentative d'un bilan d'eau nul. C'est-à-dire que lors du passage de la perturbation, celle-ci a donné autant d'eau qu'elle n'en a prise pour s'alimenter.

3ème cas : Un troisième type de variation du rapport de mélange est observé également. Il s'agit de la situation où, à l'arrière de la perturbation, il y a un assèchement des couches comme ce fut le cas le 16 Juillet (figure 23) au passage d'une perturbation à 19 H. 05 TU. Remarquons qu'elle n'a donné que des traces.

4ème cas : L'augmentation du rapport de mélange se poursuit sur plusieurs jours. Cette situation est observée quand plusieurs perturbations se succèdent à intervalles de temps courts. C'est par exemple les cas du 10 au 14 Août (figure 24), du 24 au 26 Septembre (figure 25), du 4 au 11 Septembre (figure 25). Cette situation correspond à une série de perturbations rapprochées. Quand elles donnent des précipitations, en général, la première pluie est la plus importante.





Pour préciser les idées on citera en exemple les situations du 24 au 27 Septembre (figure 25) où les précipitations recueillies sont dans l'ordre 26,1 mm, 0,0 mm et 1,8 mm et celle du 9 Août au 13 Août (figure 24) avec les précipitations 56,6 mm, 0,0 mm, et 2,9 mm. Il est à remarquer que cette situation se retrouve en particulier sur les coupes d'Août et Septembre, période pendant laquelle le Sahel se trouve dans la zone  $C_1$  définie au chapitre 2.

### 3.2.2. Vent - Coupes chronologiques.

Comme celles du rapport de mélange les coupes chronologiques ont été faites à partir des radiosondages effectués toutes les 24 heures à 12 H. TU indépendamment des conditions météorologiques. Sur ces coupes ont été indiqués les phénomènes météorologiques, les perturbations, les précipitations recueillies. Nous avons encore le problème d'échelle de temps qui se pose. A ce titre la rotation caractéristique du vent au passage de grains ou de lignes de grains ne sera pas remarquée dans la plupart des cas sur les coupes chronologiques, car la perturbation est passée plusieurs heures avant ou après le sondage. On verra sur la coupe à l'arrière du grain ou de la ligne de grains, un vent d'Ouest ou de Sud-Ouest contrairement à ce que l'on pourrait attendre c'est-à-dire un vent d'Est. Cela tient, une fois de plus, au retour à la situation non perturbée et au décalage important entre l'heure du radiosondage et celle à laquelle a passé la perturbation. Ainsi on perçoit l'importance à donner à l'influence entre échelles différentes. Le manque de données pour certains niveaux diminue considérablement les possibilités d'une analyse très poussée car on se trouve souvent amené à faire des interpolations hasardeuses. Fort heureusement ces situations ne semblent pas altérer profondément le tracé des isotaches.

Seules seront présentées ici les coupes correspondant aux mois de Mai et Août, qui sont 2 périodes caractéristiques de la saison des pluies.

En première analyse les coupes chronologiques effectuées, ont permis de définir :

- la couche sol 700 mb, où le vent est en moyenne de secteur Sud à Ouest et relative faible. Aux passages des perturbations, grains et lignes de grains on a observé une rotation du vent.

.../...



...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

Celui-ci devient de secteur Est avec une force en général plus grande. En exemple, le 18 Mai, au passage de la perturbation n°1 on a enregistré 10 noeuds au sol et 27 noeuds à 950 mb environ. La direction du vent était 100°. Cette rotation du vent a été remarquée même à 850 mb et un certain retard quant au retour à la situation normale a été mis en évidence sur ces coupes : le 8 Septembre, la rotation a été sensible même à 850 mb et le 4 Août (figure 27), le retour à la normale avait eu lieu à 12 H. TU au sol alors qu'à 850 mb le vent était toujours de secteur Est.

Les quelques noyaux de vent fort qui ponctuent la zone sol-700 mb sont liés aux passages de perturbations (grains - lignes de grains). Exemple le 18 Mai, le 5 Juin, le 18 Août (figure 27), le 21 Septembre.

La couche 700-500 mb est caractérisée par des noyaux de vents forts de secteur Est, l'AEJ. Quand on relie les noyaux maximum de vent, on constate qu'ils oscillent dans la fourchette 700-500 mb. Sur les différentes coupes de vent on voit qu'il y a un renforcement des noyaux de vent fort de Mai à Août de même que leur fréquence d'apparition. En septembre il y a une décroissance tant en intensité qu'en fréquence. Ainsi donc comme on peut le voir sur le tableau 3.2.1., le maximum de vitesse de l'AEJ se situe en Août alors que l'on pourrait s'attendre à trouver ce maximum en Juin ou en Septembre - conformément à la figure 15 -.

TABLEAU 3.2.1. - FREQUENCE D'OBSERVATION DE NOYAUX DE VENT FORT DANS LES COUCHES MOYENNES PENDANT LA SAISON DES PLUIES DE 1976.

Nbre de jours où la vitesse de l'AEF est supérieure ou égale à -	25 kts	30 kts	35 kts	40 kts	45 kts	50 kts
MOIS						
MAI	19	10	5	-	-	-
JUIN	18	14	10	7	5	2
JUILLET	13	11	9	6	6	1
AOUT	26	22	20	9	4	2
SEPTEMBRE	20	19	13	4	2	1
T O T A L	96	76	57	26	17	6



Dans la couche 500-250 mb le vent de secteur Ouest en Avril-Mai change de direction (figure 26) et devient un vent d'Est. Ce changement se fait pendant le mois de Mai et dès début Juin il est terminé. En effet en Mai il n'y a pas une direction générale qui se dégage. Pendant que le changement de direction s'opère dans les couches moyennes, le TEJ s'installe (le manque de données pour les niveaux supérieurs à 250 mb permet difficilement de suivre ce renforcement et de déterminer la date de mise en place du TEJ au-dessus du Sahel. Néanmoins à partir de ces coupes on voit que l'AEJ précède le TEJ que l'on peut considérer comme soufflant au-dessus du Sahel à partir de Juin quand le vent d'Ouest est remplacé par du vent d'Est même si la vitesse de celui-ci reste encore faible. Dès le 19 Juin on a enregistré 35 kts à 250 mb.

### 3.3. Analyse de la pression corrigée de l'évolution diurne pour quelques stations synoptiques.

Les figures 28, 29, 30 et 31 représentent les coupes chronologiques de pression corrigée de l'évolution diurne de Zinder, Birni N'Konni et Niamey. Elles ont été établies à partir des données figurant dans les TCM (données de pression de 00 - 06-12 et 18 H.TU). Sur la figure 32 nous avons représenté les corrections d'évolution diurne de la pression à Niamey pour la période Juin-Juillet-Août-Septembre.

Sur une carte 1/4.000.000e du Niger les distances Zinder-Birni N'Konni et Niamey-Aéroport ont été calculées et valent respectivement 300 km et 415 km.

L'analyse de ces coupes chronologiques de pression corrigée conduit à un certain nombre de remarques :

1.- ajustées par une courbe moyenne, il apparaîtrait des maxima et des minima se produisant simultanément à Zinder, Birni N'Koni et à Niamey.

2.- sur la figure 29 l'amplitude de ces maxima et de ces minima est très faible.

3.- ces coupes de pression corrigée sont ponctuées de pics qui matérialisent le passage des perturbations. Ces pics de pression observés ont pour origine : le downdraft qui est responsable du crochet de pression.

.../...





2° - l'anticyclone situé à l'arrière de la perturbation qui en fait prolonge la durée de la hausse de pression créée par le downdraft.

Les perturbations mobiles que nous avons sélectionnées (voir paragraphe suivant) sont désignées par leurs numéros respectifs. Elles se situent en moyenne sur les maxima de pression corrigée de l'évolution diurne. Leurs déplacements sont marqués en lignes tiretées. Ces lignes ont été tracées en joignant les sommets des crochets de pression.

En moyenne de Zinder à Birni N'Konni on a un décalage de 7 heures à 7 H. 30 entre les heures auxquelles se produisent les pics de pression corrigée et un décalage de 6 heures entre l'heure du pic à Birni N'Konni et celle du pic à Niamey soit une vitesse moyenne respectivement de 60 km/h à 55 km/h entre Zinder et Birni N'Konni et 55 km/h entre Birni N'Konni et Niamey.

Figure 28 :

Les perturbations n° 2 et n° 3 apparaissent de façon nette sur les 3 coupes. Le pic au passage de la perturbation n° 2 à Birni N'Konni y est plus important qu'à Zinder et à Niamey. On repère assez bien la perturbation n° 4 à Birni et à Niamey. Elle n'apparaît pas à Zinder. Une perturbation non sélectionnée donne un pic très important à Birni et n'apparaît pas à Niamey le 27 Juin à 00 heure TU.

Figure 29 :

La perturbation n° 5 est repérée dans les 3 stations. On note un pic de plus en plus marqué de Zinder à Niamey. Elle n'est pas repérée à Zinder. Deux perturbations non sélectionnées donnent des pics très importants à Niamey le 30 Juin et le 4 Juillet. A Birni et Zinder elles sont à peine repérables. Le 7 Juillet après une perturbation on a une chute brusque de pression que l'on retrouve à Birni. Une analyse des cartes de surface devrait permettre d'expliquer ce phénomène.

Figure 30 :

Les perturbations 7, 8, 9 et 10 sont repérées sur toutes les courbes. Elles sont tantôt plus marquées en amont (perturbations n° 7 et n° 8) ou tantôt plus marquées en aval (perturbations n° 9 et n° 10).

Suppose that the probability of a certain event occurring is  $p$ . Then the probability of it occurring  $n$  times in a row is  $p^n$ .

Let us suppose that the probability of a certain event occurring is  $p$ . Then the probability of it occurring  $n$  times in a row is  $p^n$ .

Let us suppose that the probability of a certain event occurring is  $p$ . Then the probability of it occurring  $n$  times in a row is  $p^n$ .

Let us suppose that the probability of a certain event occurring is  $p$ . Then the probability of it occurring  $n$  times in a row is  $p^n$ .

Let us suppose that the probability of a certain event occurring is  $p$ . Then the probability of it occurring  $n$  times in a row is  $p^n$ .

Let us suppose that the probability of a certain event occurring is  $p$ . Then the probability of it occurring  $n$  times in a row is  $p^n$ .

Figure 31 :

La perturbation n° 11 n'apparaît nettement qu'à Niamey. En moyenne on a un minimum à l'avant et à l'arrière des pics de pression corrigée.

3.4. METHODE PERMETTANT LA SELECTION DES LIGNES DE GRAINS A PARTIR DE DONNEES SYNOPTIQUES.

Cette étude essentiellement climatologique se réfère aux renseignements fournis par les TCM.

La méthode utilisée pour la sélection des lignes de grains comme nous pouvons le voir sur la figure 33 a été la suivante :

- A partir des deux (2) axes orthogonaux dont l'axe des abscisses est orienté Est-Ouest, on y a positionné les stations synoptiques de N'Guigmi à Tillabéry. N'Guigmi étant la station la plus à l'Est et Tillabéry la station la plus à l'Ouest. L'axe des temps est orienté de haut en bas et divisé en jours et heures. Aux dates et heures correspondantes, les phénomènes météorologiques (grains, orages, pluies) observés dans chaque station sont pointés. La durée des phénomènes est matérialisée par un segment de droite. En joignant l'extrémité supérieure de ces segments d'une station à une autre on obtient une courbe. A l'aide d'un abaque (représenté sur la même figure) nous avons éliminé les situations peu probables car ayant des vitesses trop importantes.

On suppose à priori un déplacement d'Est en Ouest de la perturbation. Dans ce cas, la vitesse de déplacement n'est fonction que de l'heure de passage des perturbations aux différentes longitudes. Ceci n'est bien sûr qu'une approximation, certaines perturbations pouvant se déplacer vers le SW ou le NW.

3.5. ANALYSE DES 11 LIGNES DE GRAINS SELECTIONNEES.

3.5.1. Principales caractéristiques des lignes de grains sélectionnées.

Nous avons résumé ces caractéristiques dans le tableau 3.5.1. Pour ces 11 perturbations on donne :

- la date et les heures d'observation (début et fin) des perturbations au Niger.

It is necessary to have a clear understanding of the situation in order to be able to make a correct decision.

### THE IMPORTANCE OF A CLEAR UNDERSTANDING OF THE SITUATION

One of the most important factors in making a decision is having a clear understanding of the situation.

In order to have a clear understanding of the situation, it is necessary to have a clear understanding of the facts.

There are several ways in which a clear understanding of the situation can be achieved.

First, it is necessary to have a clear understanding of the facts. This can be achieved by gathering information from a variety of sources.

Second, it is necessary to have a clear understanding of the interests of the parties involved. This can be achieved by listening to the views of each party.

Third, it is necessary to have a clear understanding of the possible outcomes. This can be achieved by considering the consequences of each possible decision.

Fourth, it is necessary to have a clear understanding of the values at stake. This can be achieved by identifying the values that are being affected by the decision.

Finally, it is necessary to have a clear understanding of the time available for making a decision. This can be achieved by setting a deadline for the decision.

By following these steps, it is possible to achieve a clear understanding of the situation and to make a correct decision.

It is important to remember that a clear understanding of the situation is the foundation for making a correct decision.

Without a clear understanding of the situation, any decision made will be based on incomplete information and will be likely to be incorrect.

Therefore, it is essential to take the time to gather information and to consider the consequences of each possible decision before making a decision.

Only by having a clear understanding of the situation can a correct decision be made.

This is the only way to ensure that the decision is based on complete information and is likely to be correct.

It is the only way to ensure that the decision is based on a clear understanding of the situation and is likely to be correct.



Tableau 3.5.1 - Quelques caractéristiques liées aux lignes de grains ayant intéressé Niamey du 1er Mai au 30 septembre 1970

Situation	Date, début et fin d'obs. du ph. au N.	Zone d'origine	Trajet parcouru au Niger (km)	Vitesse moyenne km/h	Intensité Maxi (mm)	Extension méridienne (km)	Noyaux Maxi de précipitations Position Longitude, Passage	Observations
1	17Mai 14h25 18Mai 12h45	Région Lac Tchad Zone Orageuse	850	50	68,1	> 200	02°54'E 09h30	Pluie régulière d'Est à l'Ouest avec nyx forts. Perturbation ayant évolué lgtps sous forme d'orage depuis son origine jusqu'à Birni N'Konni.
2	4/6 22h55 5/6 06h50	Est Zinder par une Zone Ora.	700	51	45,6	> 300	05°15'E 00h17	A priori deux perturbations à l'origine pluies irrégulières dans l'espace.
3	10/6 12h40 22h37	Est Mainé Soroa	1160	72	36,8	> 200	08°56'E 22h30	A l'origine deux cellules convectives puis scission.
4	19/6 16h05 20/6 06h03	N.E Zinder	980	50	45,2	> 220	06°03'E 20h54	Perturbation scindée en deux à Tillabéry - Orages isolés au Nord.
5	9/7 15h10 10/7 03h50	Est Zinder	940	68	45,0	> 200	03°11'E 03h30	Plus. nyx de fortes pluies noyées dans une voile de pluie continues pendant le déplacement de la L.G.
6	14/7 14h10 15/7 03h10	N.E. Mainé Soroa	1180	51	54,0	> 210	01°48'E 08h25	Compte plusieurs cellules à fortes intensités.
7	1/8 11h15 2/8 05h45	Région Lac Tchad	1470	65	53,9	> 200	11°10'E 13h00	Pluies régulières jusqu'à Birni N'Gaouré.
8	9/8 02h55 vers 22h45	Est N'Guigmi	1440	55	63,8	> 250	05°15'E 19h00	Précipitations régulières avec noyaux marqués.
9	17/8 16h20 18/8 11h55	Est Zinder	910	72	22,2	> 240	01°27'E 11h55	Faibles précipitations ponctuelles de nyx localisés.
10	1/9 14h45 2/9 05h45	Est Zinder	960	54	62,8	> 280	05°15'E 21h00	Précipitations régulières pendant le déplacement de la L.G. avec nyx maxi.
11	20/9 07h20 21/9 02h20	Est Zinder	1164	45	73,6	> 250	05°46'E 06h37	Perturbation située au Sud du Niger Précipitations régulières + nyx maxi.



Date		Time	Lat	Long	Remarks
1	10/10/1960	08:00	10° 15' N	101° 00' E	At anchor, 10 miles off the coast of Luzon, Philippines. Weather clear, calm.
2	10/10/1960	10:00	10° 30' N	101° 15' E	Under way, heading 090°. Speed 10 knots. Sea calm.
3	10/10/1960	12:00	10° 45' N	101° 30' E	At anchor, 12 miles off the coast. Weather clear, calm.
4	10/10/1960	14:00	11° 00' N	101° 45' E	Under way, heading 090°. Speed 10 knots. Sea calm.
5	10/10/1960	16:00	11° 15' N	101° 00' E	At anchor, 16 miles off the coast. Weather clear, calm.
6	10/10/1960	18:00	11° 30' N	101° 15' E	Under way, heading 090°. Speed 10 knots. Sea calm.
7	10/10/1960	20:00	11° 45' N	101° 30' E	At anchor, 20 miles off the coast. Weather clear, calm.
8	10/10/1960	22:00	12° 00' N	101° 45' E	Under way, heading 090°. Speed 10 knots. Sea calm.
9	10/10/1960	00:00	12° 15' N	102° 00' E	At anchor, 12 miles off the coast. Weather clear, calm.
10	10/10/1960	02:00	12° 30' N	102° 15' E	Under way, heading 090°. Speed 10 knots. Sea calm.
11	10/10/1960	04:00	12° 45' N	102° 30' E	At anchor, 12 miles off the coast. Weather clear, calm.
12	10/10/1960	06:00	13° 00' N	102° 45' E	Under way, heading 090°. Speed 10 knots. Sea calm.

- leur zone d'origine.
- le trajet parcouru (en km).
- la vitesse moyenne (km/h).
- la hauteur maximale d'eau recueillie.
- l'extension méridienne des perturbations (celle-ci ne peut être connue avec exactitude car la plupart des perturbations sont à cheval entre le Sud du Niger et le Nord du Nigéria où nous n'avons pas de données).
- la position (longitude) et l'heure du passage d'observation des noyaux maxima de précipitation.
- des observations.

Sur ce tableau on peut voir que l'origine des perturbations se situe à l'Est de Zinder. Les distances parcourues, les vitesses de déplacement des perturbations et leurs dimensions portées sur ce tableau ont été calculées à partir d'une carte à l'échelle 1/4.000.000e du Niger. Ceci demeure une approximation de la réalité que nous savons tous différente.

Les heures de passage des noyaux maxima de précipitation ont été calculées par interpolation en tenant compte de la vitesse moyenne de déplacement de chaque perturbation.

En résumé nous pouvons dire que, au regard de ce qui est sur le tableau 3.5.1., les lignes de grains intéressant le Niger prennent naissance à l'Est du 8° Est sous forme d'orages mobiles d'abord et acquièrent ensuite les caractéristiques d'une ligne de grains dont la distribution spatiale des précipitations est plus ou moins irrégulière en intensité d'où l'existence de noyaux de fortes précipitations jalonnant leur déplacement (figures 45 à 55).

### 3.5.2. Analyse des variations caractéristiques de quelques paramètres au passage des lignes de grains à Niamey.

Les variations caractéristiques de la température, du vent et de la pression en surface sont résumées dans le tableau 3.5.21 ci-après.

The first of these is the fact that the  
the second is the fact that the  
the third is the fact that the  
the fourth is the fact that the  
the fifth is the fact that the  
the sixth is the fact that the  
the seventh is the fact that the  
the eighth is the fact that the  
the ninth is the fact that the  
the tenth is the fact that the

The first of these is the fact that the  
the second is the fact that the  
the third is the fact that the  
the fourth is the fact that the  
the fifth is the fact that the  
the sixth is the fact that the  
the seventh is the fact that the  
the eighth is the fact that the  
the ninth is the fact that the  
the tenth is the fact that the

The first of these is the fact that the  
the second is the fact that the  
the third is the fact that the  
the fourth is the fact that the  
the fifth is the fact that the  
the sixth is the fact that the  
the seventh is the fact that the  
the eighth is the fact that the  
the ninth is the fact that the  
the tenth is the fact that the

The first of these is the fact that the  
the second is the fact that the  
the third is the fact that the  
the fourth is the fact that the  
the fifth is the fact that the  
the sixth is the fact that the  
the seventh is the fact that the  
the eighth is the fact that the  
the ninth is the fact that the  
the tenth is the fact that the

The first of these is the fact that the  
the second is the fact that the  
the third is the fact that the  
the fourth is the fact that the  
the fifth is the fact that the  
the sixth is the fact that the  
the seventh is the fact that the  
the eighth is the fact that the  
the ninth is the fact that the  
the tenth is the fact that the

Les figures 34 à 44 donnent pour chacune des 11 perturbations sélectionnées :

- les phénomènes observés (grain, orage, pluie).
- le thermogramme.
- le barogramme.
- les courbes de pression et de pression corrigée de l'évolution diurne établies à partir des données de pression réduite au niveau de la mer à 00 - 06 - 12 et 18 heures TU.
- les données tri horaires de la direction et de la vitesse du vent ainsi que la direction et la vitesse du vent maximum observé au passage des perturbations.

Nous analyserons brièvement les variations de chacun des paramètres mentionnés ci-dessus.

#### Température :

En moyenne la chute de température au passage des onze perturbations a été de 6°C ce qui est relativement faible. On a enregistré des baisses de 13°C pour certains orages. Pour le calcul de la durée de la chute de température le rapport d'échelle des temps et celle de la trace laissée par la plume est tel qu'elle est donnée avec une précision de 15 mn correspondant à ce que la trace de la plume laisse sur le papier. Il est certain que la chute de température s'effectue beaucoup plus rapidement que ne le laissent voir les thermogrammes. Avec notre précision il est assez difficile de dire exactement en combien de temps a lieu cette chute surtout quand on sait que les grains ne sont pas toujours tout de suite suivis de pluie qui en fait contribue beaucoup à cette chute de température.

#### Le vent :

La définition que l'ASECNA a des grains, fait que tous les coups de vent ne sont pas chiffrés comme tels. Aussi nous trouvons-nous quelquefois devant des situations où il n'a été chiffré qu'orage. C'est ainsi que, quand on travaille sur des données climatologiques, on est amené à croire à une dégénérescence des perturbations quand celles-ci ne sont plus accompagnées de grains. Pour cette étude, faite à partir des seules données climatologiques classiques et aérologiques il apparaît assez difficile de connaître avec une bonne précision les changements de direction au passage des perturbations quand on sait que seul le vent maxi du jour est chiffré en plus des données de tri-horaires.

.../...

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY  
JANUARY 1950  
TO THE DIRECTOR OF THE  
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
WASHINGTON, D. C.  
FROM  
DR. J. H. SCHUBERT  
CHICAGO, ILL.  
SUBJECT: A STUDY OF THE  
EFFECT OF TEMPERATURE ON  
THE RATE OF REACTION  
BETWEEN HYDROGEN PEROXIDE  
AND FERROUS SULFATE  
IN AQUEOUS SOLUTION

The purpose of this study was to determine the effect of temperature on the rate of reaction between hydrogen peroxide and ferrous sulfate in aqueous solution. The reaction was studied at various temperatures ranging from 10°C to 50°C. The rate of reaction was determined by measuring the volume of oxygen gas evolved over a period of time. The results show that the rate of reaction increases with increasing temperature. The activation energy of the reaction was calculated to be 15.2 kJ/mol.

The following table shows the rate of reaction at different temperatures:

Temperature (°C)	Rate of Reaction (ml O <sub>2</sub> /min)
10	0.12
20	0.25
30	0.45
40	0.85
50	1.50

The results indicate that the reaction is first order with respect to the concentration of hydrogen peroxide and first order with respect to the concentration of ferrous sulfate. The overall order of the reaction is 2. The rate constant, k, was calculated for each temperature and plotted against the reciprocal of the absolute temperature. The plot is a straight line, indicating that the reaction follows the Arrhenius equation.



Il faudrait consulter les anémogrammes pour plus de précision. Sur les figures 34 à 44 les courbes représentant la variation de la vitesse du vent au passage des perturbations ne doivent être prises qu'à titre indicatif car elles ont été faites à partir des données tri-horaires. Cette échelle masque le laps de temps - quelques minutes - pendant lequel l'augmentation de la vitesse a lieu. Bien sûr que sur ces courbes apparaissent des pics mais une fois encore il serait erroné de faire un calcul quelconque de la durée de l'augmentation de la vitesse pour les raisons indiquées plus haut.

Pression et Pression corrigée de l'évolution diurne.

Les courbes de pression et de pression corrigée de l'évolution diurne sont faites à partir de données de 00 - 06 - 12 et 18 heures TU, et présentent des pics au passage des perturbations avec quelquefois un décalage horaire que l'on peut rectifier à partir des barogrammes.

En résumé il apparaît que le passage des perturbations a des conséquences météorologiques mises en évidence par les variations des paramètres météorologiques.

Quand une ligne de grains passe elle a pour conséquences météorologiques :

- une chute de température d'autant plus brusque que le coup de vent est immédiatement accompagné de précipitations. L'ordre de grandeur dépendant certainement de la température du vent d'Est qui souffle à l'avant de la ligne et de la température de l'eau de précipitée.

- une hausse brusque de pression, conséquence du down-draft des cumulonimbus, cette hausse de pression pouvant se poursuivre pendant plusieurs heures après le grain, ceci étant une conséquence du refroidissement provoqué à l'arrière de la ligne par les précipitations. (Sur les cartes de surface on met souvent en évidence ce petit anticyclone).

- un changement brusque de la direction du vent ainsi qu'une augmentation subite de la vitesse du vent. (Il semble que l'importance du rouleau de stratocumulus précédant le front est un indicateur de la vitesse du coup de vent à venir).

.../...

The first thing I noticed when I stepped out of the car was the cold. It was a sharp contrast to the warm blanket of the car. I looked up at the sky, which was a pale, hazy blue. The air was crisp and clean, a welcome change from the stuffy interior of the car. I took a deep breath, feeling the cool air fill my lungs. The sun was just beginning to rise, casting a soft, golden glow over the landscape. The trees were bare, their branches reaching out like skeletal fingers against the sky. The ground was covered in a thin layer of frost, glistening in the early morning light. I felt a sense of peace and tranquility, a moment of stillness in a world that was always in motion.

The first thing I noticed when I stepped out of the car was the cold. It was a sharp contrast to the warm blanket of the car. I looked up at the sky, which was a pale, hazy blue. The air was crisp and clean, a welcome change from the stuffy interior of the car. I took a deep breath, feeling the cool air fill my lungs. The sun was just beginning to rise, casting a soft, golden glow over the landscape. The trees were bare, their branches reaching out like skeletal fingers against the sky. The ground was covered in a thin layer of frost, glistening in the early morning light. I felt a sense of peace and tranquility, a moment of stillness in a world that was always in motion.

The first thing I noticed when I stepped out of the car was the cold. It was a sharp contrast to the warm blanket of the car. I looked up at the sky, which was a pale, hazy blue. The air was crisp and clean, a welcome change from the stuffy interior of the car. I took a deep breath, feeling the cool air fill my lungs. The sun was just beginning to rise, casting a soft, golden glow over the landscape. The trees were bare, their branches reaching out like skeletal fingers against the sky. The ground was covered in a thin layer of frost, glistening in the early morning light. I felt a sense of peace and tranquility, a moment of stillness in a world that was always in motion.

The first thing I noticed when I stepped out of the car was the cold. It was a sharp contrast to the warm blanket of the car. I looked up at the sky, which was a pale, hazy blue. The air was crisp and clean, a welcome change from the stuffy interior of the car. I took a deep breath, feeling the cool air fill my lungs. The sun was just beginning to rise, casting a soft, golden glow over the landscape. The trees were bare, their branches reaching out like skeletal fingers against the sky. The ground was covered in a thin layer of frost, glistening in the early morning light. I felt a sense of peace and tranquility, a moment of stillness in a world that was always in motion.

The first thing I noticed when I stepped out of the car was the cold. It was a sharp contrast to the warm blanket of the car. I looked up at the sky, which was a pale, hazy blue. The air was crisp and clean, a welcome change from the stuffy interior of the car. I took a deep breath, feeling the cool air fill my lungs. The sun was just beginning to rise, casting a soft, golden glow over the landscape. The trees were bare, their branches reaching out like skeletal fingers against the sky. The ground was covered in a thin layer of frost, glistening in the early morning light. I felt a sense of peace and tranquility, a moment of stillness in a world that was always in motion.

The first thing I noticed when I stepped out of the car was the cold. It was a sharp contrast to the warm blanket of the car. I looked up at the sky, which was a pale, hazy blue. The air was crisp and clean, a welcome change from the stuffy interior of the car. I took a deep breath, feeling the cool air fill my lungs. The sun was just beginning to rise, casting a soft, golden glow over the landscape. The trees were bare, their branches reaching out like skeletal fingers against the sky. The ground was covered in a thin layer of frost, glistening in the early morning light. I felt a sense of peace and tranquility, a moment of stillness in a world that was always in motion.

Généralement plusieurs critères permettent de prévoir l'approche future et même imminente d'une perturbation :

- une hausse de température,
- une baisse relative de pression,

et jusqu'à quelques instants avant le phénomène un arrêt momentané du vent. Quand on observe les animaux on peut (c'est la méthode empirique communément utilisée par le monde paysan) avancer avec une certaine certitude de l'imminence d'une perturbation.

TABLEAU 3.5.2.1.

Caractéristiques de quelques paramètres au passage de onzes perturbations ayant intéressé Niamey au cours de la saison pluvieuse 1976 du 6 Mai au 30 Septembre.

N° de passage de la perturbation	TEMPERATURE			VENT		PRESSION		
	à l'avant:	Chute de température		Coup de vent		Hausse de Pression		
	valeur de la chute	durée de la chute	chgmt de (dd)	vitesse de vent	Heure du Maxi	durée de la hausse	Valeur de la hausse	
1	30°C	6°C	30 mn	16 à 12	17	Pas de hausse brusque de pression		
2	27°C	4°C	15 mn	18 à 32	20	10H00 TU	60 mn	3,5 mb
3	31°C	7°C	30 mn	18 à 16	19	00H00 TU	60 mn	3,5 mb
4	27°C	6°C	60 mn	22 à 06	23	08H00 TU	30 mn	3,0 mb
5	25°C	5°C	30 mn	20 à 34 puis à 08	17	Pas de hausse brusque de pression		
6	24,5°C	5°C	15 mn	22 à 10	28	07H00 TU	30 mn	3,0 mb
7	27,5°C	6,5°C	45 mn		18	02H30 TU	15 mn	2,0 mb
8	27°C	7°C	60 mn	18 à 14	10	Pas de hausse brusque de pression		
9	28°C	7°C	60 mn	26 à 14	16	11H30 TU	30 mn	2,0 mb
10	25°C	5°C	15 mn	18 à 7	22	06H30 TU	1 h 30 mn	4,5 mb
11	25°C	5°C	15 mn	24 à 12	26	05H00 TU	30 mn	3,0 mb

General. The following information is being furnished to you for your information and guidance. It is based on the information received from the various sources mentioned in the preceding paragraph. It is not intended to be a complete statement of the facts, but rather a summary of the information available at this time. It is hoped that this information will be helpful to you in your work.

Table 1. Summary of Information

The following table summarizes the information received from the various sources mentioned in the preceding paragraph. It is not intended to be a complete statement of the facts, but rather a summary of the information available at this time. It is hoped that this information will be helpful to you in your work.

Table 1. Summary of Information	
Source	Information
Source 1	Information 1.1
Source 2	Information 2.1
Source 3	Information 3.1
Source 4	Information 4.1
Source 5	Information 5.1
Source 6	Information 6.1
Source 7	Information 7.1
Source 8	Information 8.1
Source 9	Information 9.1
Source 10	Information 10.1
Source 11	Information 11.1
Source 12	Information 12.1
Source 13	Information 13.1
Source 14	Information 14.1
Source 15	Information 15.1
Source 16	Information 16.1
Source 17	Information 17.1
Source 18	Information 18.1
Source 19	Information 19.1
Source 20	Information 20.1
Source 21	Information 21.1
Source 22	Information 22.1
Source 23	Information 23.1
Source 24	Information 24.1
Source 25	Information 25.1
Source 26	Information 26.1
Source 27	Information 27.1
Source 28	Information 28.1
Source 29	Information 29.1
Source 30	Information 30.1
Source 31	Information 31.1
Source 32	Information 32.1
Source 33	Information 33.1
Source 34	Information 34.1
Source 35	Information 35.1
Source 36	Information 36.1
Source 37	Information 37.1
Source 38	Information 38.1
Source 39	Information 39.1
Source 40	Information 40.1
Source 41	Information 41.1
Source 42	Information 42.1
Source 43	Information 43.1
Source 44	Information 44.1
Source 45	Information 45.1
Source 46	Information 46.1
Source 47	Information 47.1
Source 48	Information 48.1
Source 49	Information 49.1
Source 50	Information 50.1
Source 51	Information 51.1
Source 52	Information 52.1
Source 53	Information 53.1
Source 54	Information 54.1
Source 55	Information 55.1
Source 56	Information 56.1
Source 57	Information 57.1
Source 58	Information 58.1
Source 59	Information 59.1
Source 60	Information 60.1
Source 61	Information 61.1
Source 62	Information 62.1
Source 63	Information 63.1
Source 64	Information 64.1
Source 65	Information 65.1
Source 66	Information 66.1
Source 67	Information 67.1
Source 68	Information 68.1
Source 69	Information 69.1
Source 70	Information 70.1
Source 71	Information 71.1
Source 72	Information 72.1
Source 73	Information 73.1
Source 74	Information 74.1
Source 75	Information 75.1
Source 76	Information 76.1
Source 77	Information 77.1
Source 78	Information 78.1
Source 79	Information 79.1
Source 80	Information 80.1
Source 81	Information 81.1
Source 82	Information 82.1
Source 83	Information 83.1
Source 84	Information 84.1
Source 85	Information 85.1
Source 86	Information 86.1
Source 87	Information 87.1
Source 88	Information 88.1
Source 89	Information 89.1
Source 90	Information 90.1
Source 91	Information 91.1
Source 92	Information 92.1
Source 93	Information 93.1
Source 94	Information 94.1
Source 95	Information 95.1
Source 96	Information 96.1
Source 97	Information 97.1
Source 98	Information 98.1
Source 99	Information 99.1
Source 100	Information 100.1



3.5.3. Analyse des variations du rapport de mélange et du vent au passage des 11 perturbations.

Rapport de mélange.

Au passage des 11 perturbations, le rapport de mélange n'a pas varié de la même façon. Mais en règle générale, les variations du rapport de mélange ont consisté en des augmentations dans les couches moyennes et supérieures alors que dans les basses couches on enregistrait des diminutions de rapport de mélange. Ce transfert de vapeur d'eau des basses couches vers les couches moyennes et supérieures s'est opéré différemment selon les perturbations; au passage des perturbations n°2, n°5, n°6, n°9 et n°10 soient respectivement les figures 22, 23, 24 et 25, il a été particulièrement marqué : relativement rapide, il a intéressé toutes les couches. Le maximum de transfert de vapeur d'eau correspondant au moment où la perturbation est à la station (perturbations n°2, n°6 et n°9 sur les figures ci-dessus citées) ou peu après le passage de la perturbation (perturbations n°5 et n°10).

Ces transferts de vapeur d'eau observés au passage des différentes perturbations ci-dessus citées succèdent à un assèchement des couches moyennes et supérieures à l'avant de la perturbation, alors que dans les basses couches on a une augmentation du rapport de mélange.

A l'arrière des perturbations on a un assèchement plus ou moins marqué des couches moyennes et supérieures et une augmentation du rapport de mélange dans les basses couches.

Cet assèchement observé à l'arrière des perturbations a été de durées variables. Pour les perturbations n°2, n°5, n°6 et n°10 il a été de courte durée. En d'autres occasions, il s'est prolongé sur plusieurs jours dans les couches supérieures et est resté de courte durée dans les couches moyennes (perturbation n°9, figure 24).

En résumé, pour les perturbations n°2, n°5, n°6, n°9 et n°10, il ressort qu'il y a une certaine opposition entre les situations observées dans les basses couches d'une part et celles existant dans les couches moyennes et supérieures d'autre part. Ainsi donc quand il y a assèchement des basses couches alors il y a augmentation du rapport de mélange dans les couches moyennes et supérieures et inversement.

.../...





Cependant nous n'avons pas établi ou plus précisément évalué le degré d'assèchement et d'humidification des couches. Par simple comptage nous avons constaté que sur les onze perturbations sélectionnées, sept ont créé la situation où il y a assèchement des basses couches et augmentation du rapport de mélange dans les couches moyennes et supérieures.

En ce qui concerne les 4 autres perturbations, on a constaté les faits suivants :

- au passage de la perturbation il y a un assèchement des basses couches (perturbations n°1 et n°11 figures 21 et 25) ou un assèchement des couches moyennes et supérieures (perturbation n°3 figure 22). Pour les perturbations n°3 et n°11 il y a un assèchement des couches moyennes et supérieures et une augmentation du rapport de mélange des basses couches précédant les perturbations. A l'avant et à l'arrière de la perturbation n°3 il y a une augmentation du rapport de mélange. Les augmentations du rapport de mélange observées au passage des perturbations n°3 et n°11 ont débuté quelques 24 heures avant que la perturbation soit à la station. Des pluies tombées au cours des 24 heures ayant précédé le passage de la perturbation à Niamey-Aéroport seraient probablement à l'origine de ces augmentations de rapport de mélange ou tout au moins en sont une composante. Après le passage de la perturbation n°3, l'augmentation du rapport de mélange s'est prolongée plusieurs jours au niveau des couches moyennes et supérieures et jusqu'au niveau 550 mb. A partir de 500 mb et jusqu'à 250 mb (limite supérieure de nos coupes de rapport de mélange) l'augmentation du rapport de mélange s'est prolongée quelques 24 heures après le passage de la perturbation puis il y a une diminution brusque de celui-ci. Une diminution qui pourrait peut être trouver son explication dans le TEJ.

- une situation correspondant ni à une augmentation ni à une diminution du rapport de mélange ni à l'avant, ni à l'arrière ni même au passage de la perturbation, (situation observée au passage de la perturbation n°4 figure 22). Ajoutons que cette perturbation a quand même donné de la pluie à Niamey-Aéroport, 7,2 mm. On se pose donc la question de savoir si la perturbation ne s'est pas alimentée en eau à Niamey et pourquoi ? Ce sont là des questions que nous ne débattons pas dans cette étude.

.../...



- une situation observée au passage des perturbations n°7 et n°8 (figure 24) caractérisée par un assèchement des couches moyennes et supérieures auquel succède une augmentation du rapport de mélange (pour les mêmes couches) qui se prolonge plusieurs jours car entretenu par plusieurs précipitations intervenues après ces perturbations.

### Vent

L'analyse du vent à Niamey lié aux 11 perturbations permet de distinguer plusieurs types de situations :

1 - le passage de la perturbation s'accompagne d'un vent fort dans la couche sol 850 mb (perturbation n° 9 figure 27). A la verticale en altitude au moment du passage de la perturbation (avec la précision à l'échelle A) à Niamey-Aéroport, le vent est faible.

La comparaison des figures 24 et 27 permet de voir qu'un coup de vent fort observé au passage la perturbation n° 9, correspond un maximum de rapport de mélange.

2 - le vent relativement faible en moyenne du sol aux couches supérieures au passage des perturbations n°3 et n°5 avec un minimum situé dans les couches moyennes pour la perturbation n°3. Ces perturbations n'ont pas donné de grains (définition ASEANA du grain) par contre elles ont donné de la pluie. Elles ont influencé différemment le rapport de mélange : les variations du rapport de mélange au passage de la perturbation n°5 sont du type classique et celles au passage de la perturbation n°3 sont des augmentations du rapport de mélange se prolongeant plusieurs jours dans la couche sol 500 mb.

3 - nous regroupons dans la 3ème situation les perturbations n°4, n°6, n°7, n°8, n°10 et n°11 correspondant aux figures 22, 23, 25 car elles ont en commun un noyau de vent fort dans la couche 700-500 mb et du vent faible dans les basses couches exceptée la perturbation n°11 qui s'accompagne d'un coup de vent fort, 32 noeuds (nous pensons que c'est l'effet d'interactions entre échelles différentes qui a masqué les coups de vent pour les autres perturbations car ayant eu lieu très tôt avant le sondage). Dans les couches supérieures et notamment à 250 mb le TEJ n'apparaît que très faiblement. Toutefois une analyse plus approfondie (coupe méridienne du vent) révélera l'existence de l'AEJ et du TEJ dont nous débattons plus loin.





Au regard des résultats obtenus notamment sur les différentes coupes nous sommes donc amenés à croire avec un certain réalisme que même si l'on peut parler de types de variations des paramètres météorologiques (rapport de mélange-vent) correspondant à une situation moyenne nous constatons qu'à chaque perturbation la réaction de l'atmosphère est quelque peu spécifique et plus ou moins marquée.

#### 3.5.4. Cartes d'isohyètes "journalières" et "trajectoires" des lignes de grains.

A partir des données pluviométriques journalières, nous avons esquissé des cartes d'isohyètes journalières pour des périodes où des perturbations mobiles ont intéressé Niamey. Pour le tracé des isohyètes nous n'avons tenu compte que des seules hauteurs de pluie recueillie dans les différents postes pluviométriques. La définition arbitraire d'un jour pluviométrique fait que, la hauteur d'eau recueillie en un jour est souvent un cumul de plusieurs hauteurs d'eau issues de plusieurs perturbations pouvant être indépendantes. Aussi n'illustre-t-elle pas d'une manière spécifique le passage d'une quelconque perturbation et même parfois, elle complique le problème : des précipitations issues d'une même perturbation quand elles s'étalent sur deux jours pluviométriques sont comptées une partie le premier jour et la deuxième partie (cela suppose que la pluie s'étend sur deux jours) pour le second jour. Ceci a pour conséquence des erreurs inévitables.

Le tracé des isohyètes a été fait sans tenir compte de l'influence des reliefs. Entre deux stations voisines où on a recueilli des hauteurs d'eau différentes, le principe même de notre tracé est de supposer une répartition régulière de la pluie entre ces deux stations (ce n'est pas le cas en réalité). Aussi l'isohyète qui passera entre elles tiendra compte et des différentes hauteurs de pluie, recueillie et de la distance (à vol d'oiseau) séparant ces deux stations.

Nous avons retenu onze (11) situations correspondant aux onze (11) perturbations. Quand on analyse ces onze cartes la première remarque qui saute à l'oeil c'est que, en moyenne, exception faite des orages isolés à Agadez et Bilma, l'isohyète 0 n'est guère au-delà du 16°N.

.../...



Ces onze cartes sont numérotées de 45 à 55. La distribution spatiale de la pluie se caractérise par des noyaux de précipitation, confirmant ainsi la prédominance de la convection locale sur les formations dites synoptiques au Sahel et plus précisément au Niger. En début de saison, ces noyaux sont très individualisés (figure 46) et sont séparés par de larges bandes sans pluie. Ils sont de plus en plus noyés dans une espèce de voile au fur et à mesure que l'on s'avance dans la saison. Cette tendance à une distribution continue de la pluie pendant le déplacement des perturbations s'expliquerait certainement par l'existence simultanée de formations synoptiques masquant ainsi quelque peu les phénomènes convectifs locaux. Les figures 49, 51, 52 et 54 illustrent assez bien cette situation. En moyenne les noyaux maxima sont d'autant plus éloignés l'un de l'autre que les hauteurs d'eau recueillie sont plus importantes. En fin Septembre la convection est à nouveau prépondérante et se traduit par l'existence de zones sans pluie entre les noyaux de précipitation.

Des onze situations sélectionnées seules les perturbations 3, 7 et 8 soient les figures 47, 51 et 52 ont intéressé le Niger d'Est en Ouest les autres ayant leur origine entre Zinder et Mainé Soroa

Il convient de préciser que :

1 - au Nord d'un axe Tahaoua-Tanout-N'Guigmi, il n'existe aucun poste pluviométrique, si ce n'est dans le secteur de l'Aïr (Agadez) et il est fort probable que l'on ait eu des noyaux de précipitations au Nord de cet axe ( $15^{\circ}\text{N}$  environ) au moins pour certaines des 11 lignes de grains sélectionnées.

2 - ne disposant pas des données pluviométriques du Nigéria, le tracé des noyaux de précipitations maxima est limité par la frontière Niger-Nigéria vers  $13^{\circ}\text{N}$  entre le  $4^{\circ}\text{Est}$  et le lac Tchad.

Finalement on obtient des cartes d'isohyètes valables entre  $13^{\circ}\text{N}$  et  $15^{\circ}\text{N}$  sur l'Est du Niger et entre  $12^{\circ}\text{N}$  et  $15^{\circ}\text{N}$  à l'Ouest du Niger.

Il est donc impossible de tirer des conclusions concernant l'extension méridienne des lignes de grains.

Le calcul des vitesses de déplacement n'a pas permis de laisser voir de façon claire une quelconque évolution de celles-ci.

.../...

The first part of the report deals with the general situation of the country. It is a very interesting and informative study of the country's development. The author has done a great deal of research and has gathered a wealth of material. The report is well written and is a valuable contribution to the study of the country.

The second part of the report deals with the economic situation. It is a very interesting and informative study of the country's economic development. The author has done a great deal of research and has gathered a wealth of material. The report is well written and is a valuable contribution to the study of the country.

The third part of the report deals with the social situation. It is a very interesting and informative study of the country's social development. The author has done a great deal of research and has gathered a wealth of material. The report is well written and is a valuable contribution to the study of the country.

The fourth part of the report deals with the political situation. It is a very interesting and informative study of the country's political development. The author has done a great deal of research and has gathered a wealth of material. The report is well written and is a valuable contribution to the study of the country.

The fifth part of the report deals with the cultural situation. It is a very interesting and informative study of the country's cultural development. The author has done a great deal of research and has gathered a wealth of material. The report is well written and is a valuable contribution to the study of the country.

The sixth part of the report deals with the environmental situation. It is a very interesting and informative study of the country's environmental development. The author has done a great deal of research and has gathered a wealth of material. The report is well written and is a valuable contribution to the study of the country.

The seventh part of the report deals with the international situation. It is a very interesting and informative study of the country's international development. The author has done a great deal of research and has gathered a wealth of material. The report is well written and is a valuable contribution to the study of the country.

The eighth part of the report deals with the future of the country. It is a very interesting and informative study of the country's future development. The author has done a great deal of research and has gathered a wealth of material. The report is well written and is a valuable contribution to the study of the country.



Toutefois, bien que ne répondant pas à une organisation donnée dans le temps (nous n'avons pas pu mettre en évidence une quelconque organisation relative la vitesse de déplacement des lignes de grains au cours de cette étude), elles restent quand même nettement plus élevées en plein hivernage qu'en début de saison. Il semble, quand on compare les vitesses de déplacement et les noyaux maxima de précipitations, qu'aux plus forts noyaux correspondent des lignes de grains relativement lentes (voir tableau 3.5.1.).

Ceci se comprend quand on sait que la vitesse  $U$  de déplacement d'une ligne de grains a deux composantes dont  $V_d$  la vitesse de développement de la ligne de grains. Dans le paragraphe 2 du chapitre 2 il a été montré comment  $V_d$  de par la valeur qu'il prend influençait  $U$ . On explique donc aisément la répartition irrégulière de la pluie au Sahel par les variations de  $V_d$  : quand elle devient faible, la masse d'eau qu'il maintenait suspendue dans l'atmosphère chute jusqu'à rétablissement d'un certain équilibre entre  $V_d$  et la masse d'eau suspendue. Il en chutera d'autant plus que  $V_d$  est faible (quand on admet qu'il a au départ beaucoup d'eau maintenue en l'air par  $V_d$  ).

Auand nous joignons les noyaux maxima de précipitations nous obtenons une courbe, le lieu des noyaux maxima de précipitation que nous assimilons à la trajectoire de la ligne de grains, ce qui n'est qu'une approche de la réalité. Les relevés pluviométriques de la Haute-Volta nous ont permis de poursuivre le tracé de ces trajectoires et de constater qu'elles sont infléchies en moyenne vers le Sud-Ouest, qu'elles ne sont pas des droites (figure 56) conséquence de la recherche par les lignes de grains de situations favorables à leur développement (voir chapitre 2, paragraphe 2). Pour des raisons que nous n'avons pu connaître on a observé une scission de quelques lignes de grains (ceci est avancé à partir des "trajectoires" des lignes de grains).

### 3.6. Recherche d'Ondes d'Est et relations entre ces ondes et les perturbations au Niger.

Les ondes d'Est, un des phénomènes synoptiques les plus connus des régions intertropicales, n'ont peut être pas sur l'Afrique occidentale et centrale l'importance que l'on a voulu leur donner.

.../...



The first part of the report deals with the general situation of the country and the progress of the work. It is followed by a detailed account of the work done during the year, and a summary of the results. The report is divided into two main parts, the first of which deals with the general situation of the country and the progress of the work, and the second of which deals with the work done during the year and the results.

The first part of the report deals with the general situation of the country and the progress of the work. It is followed by a detailed account of the work done during the year, and a summary of the results. The report is divided into two main parts, the first of which deals with the general situation of the country and the progress of the work, and the second of which deals with the work done during the year and the results.

The first part of the report deals with the general situation of the country and the progress of the work. It is followed by a detailed account of the work done during the year, and a summary of the results. The report is divided into two main parts, the first of which deals with the general situation of the country and the progress of the work, and the second of which deals with the work done during the year and the results.

The first part of the report deals with the general situation of the country and the progress of the work. It is followed by a detailed account of the work done during the year, and a summary of the results. The report is divided into two main parts, the first of which deals with the general situation of the country and the progress of the work, and the second of which deals with the work done during the year and the results.

The first part of the report deals with the general situation of the country and the progress of the work. It is followed by a detailed account of the work done during the year, and a summary of the results. The report is divided into two main parts, the first of which deals with the general situation of the country and the progress of the work, and the second of which deals with the work done during the year and the results.

En effet, il semble qu'en Afrique les perturbations des divers champs des paramètres météorologiques et aérologiques et les masses nuageuses n'évoluent pas toujours en phase. Les ondes d'Est africaines sont caractérisées par :

- une origine sur les régions sahéliennes à l'Est du 15° Est.
- une longueur d'onde voisine de 3500 km.
- une période de 3 à 4 jours.
- activité maximale dans les couches moyennes (700 mb environ).
- une structure de plus en plus nette au cours de leur déplacement vers l'Ouest.
- des masses nuageuses.

Elles sont matérialisées par une perturbation du champ de vent dans les couches moyennes et par une perturbation du champ de pression en surface. Pour mettre en évidence ces ondes d'Est africaines, nous avons calculé les composantes méridiennes du vent. Pour ce faire nous avons projeté sur l'axe des ordonnées la vitesse du vent. Ceci nous donne, si  $U$  est la vitesse du vent et  $x$  sa direction,  $v = u \cos x$ . Par pas de 10° nous avons calculé les cosinus des angles. Ces cosinus affectés des signes + ou - selon que les angles se situent dans le cadran 90° - 270° ou 270° - 90° (figure 62). Arbitrairement nous avons compté positivement la composante Sud et négativement la composante Nord. Sur la coupe chronologique une onde est définie par la succession d'un noyau négatif et d'un noyau positif.

Nous avons tracé pour des périodes de 15 jours, les coupes chronologiques de la composante méridienne du vent à Niamey (figures 57 et 58). Rappelons que c'est à partir des radiosondages de 12H TU effectués à Niamey-Aéroport que nous avons établi ces coupes. La première coupe figure 57 concerne la période du 6 Mai au 20 Mai et la seconde figure 58, la période du 30 Juillet au 15 Août. Ces deux périodes représentent des situations particulières de la saison pluvieuse : la première se situe à l'intersaison (transition entre saison sèche et chaude et saison humide) et la seconde se situe dans la période correspondant au maximum de flux de mousson.

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...  
...the ... of ...

Analyse de la période 6 Mai - 20 Mai 1976.

Quand on analyse la première coupe on rencontre des vents variables dans les basses couches. Les vents à composante négative pourraient être soit les vestiges de l'harmattan, soit dûs à l'évolution diurne du FIT suite à une inversion de pente de celui-ci. En tout cas, toutes les fois (deux fois sur cette coupe, du 9 au 10 Mai et le 15 Mai) que ceci est constaté on remarque que ce vent du Nord est surmonté du vent du Sud (ceci pourrait confirmer la 2<sup>e</sup> hypothèse faite qu'à l'explication à donner à l'existence de ce vent du Nord). Mis à part ces cas d'exception, dans les basses couches, il n'y a que du vent du Sud.

Dans les couches moyennes (700-600 mb) les vents à composante méridienne Nord et à composante Sud s'alternent et l'on a des ondulations du courant général d'Est (figure 59).

Dans les couches supérieures (200-150 mb) notre coupe se limite à 150 mb - le vent à composante méridienne Sud souffle en permanence du 6 au 20 Mai avec des moments de faiblesse. La comparaison de cette coupe avec la coupe chronologique du vent du mois de Mai (figure 26) permet d'affirmer que bien qu'une direction générale ne se dégage pas pour cette période, les vents forts sont d'Ouest à Sud-Ouest. Aussi n'apparaît-il pas d'ondes d'Est à ce niveau pour la période considérée (ceci confirme ce que nous avons avancé à propos de l'apparition du TEJ au-dessus de l'Afrique Sahélienne).

Le fait de ne pas observer d'ondes d'Est pendant la 1<sup>ère</sup> quinzaine de Mai n'a rien de surprenant. En général, les auteurs américains (BURPEE, CARLSON, REED) signalent l'existence d'ondes d'Est sur le Sahel pendant la période Mi-Juin - début octobre, c'est-à-dire lorsque la saison des pluies est bien établie.

Néanmoins, nous pensons qu'il était intéressant d'examiner quelques propriétés des ondulations du courant d'Est au niveau de l'AEJ.

La figure 59 montre qu'il n'existe pas de relations évidentes entre les variations de la pression corrigée de l'évolution diurne à Niamey et les ondulations du courant d'Est mentionné ci-dessus.





Analyse de la période 30 Juillet-15 Août 1976.

Dans les basses couches (sol-800 mb), la composante méridienne Sud est observée tous les jours sauf le 10 Août qui correspond au passage de la perturbation n° 8 sur Niamey.

Dans les couches moyennes, (700-500 mb environ), on observe une alternance de noyaux positifs et négatifs à des niveaux variables. Le courant général correspondant est représenté schématiquement sur la figure 60.

La période des ondes observées varie entre 3 et 4 jours ce qui est conforme aux données moyennes fournies par les américains.

Dans les couches supérieures (200 mb par exemple), on peut mettre en évidence des ondes correspondant à la base du TEJ qui en général intéresse les niveaux 100 à 150 mb.

Les valeurs des noyaux rencontrés à 200 mb sont en général nettement plus faibles que celles rencontrées à 700mb.

Les ondulations sont donc de plus faible amplitude.

Ces ondulations sont représentées sur la figure 60.

On constate que les flux à 700-500 mb et 200 mb sont inversés dans 3 cas sur 4. Un maximum de composante négative à 600 mb est surmonté par un maximum de composante positive à 200 mb. et vice versa. Le thalweg correspondant à l'axe de l'onde à 600 mb est surmonté par une dorsale à 200 mb. Cette topographie, comme dans le cas des lignes de grains favorise la convergence dans les basses et moyennes couches.

Nous avons essayé de mettre en évidence une relation entre les précipitations et orages observés à Niamey et les ondes à 600 mb. La figure 60 indique la répartition des précipitations au cours de la période étudiée. On voit qu'aucune tendance ne se dégage de ce schéma.

De même, aucune relation apparente ne se dégage entre le flux à 600 mb et les courbes de pression corrigée de l'évolution diurne de Zinder, Birni N'Konni et Niamey (figure 60).

Le schéma classique correspond à celui de la figure 61 où l'on observe le passage d'une onde d'Est sur l'Ouest du Sénégal.

THE HISTORY OF THE

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

... ..  
... ..  
... ..

L'onde devrait s'observer d'abord à Zinder, puis à Birni N'Konni et enfin à Niamey, le minimum de pression correspondant à l'axe du thalweg des couches moyennes.

Il semblerait que le phénomène s'intensifie lors du déplacement de l'onde vers l'Ouest (BURPEE 1976) et que les variations caractéristiques de la pression ne puissent être observées que dans l'Ouest de l'Afrique occidentale.

Enfin, si l'on rapproche la coupe chronologique du rapport de mélange (figure 24) de la coupe chronologique de la composante méridienne du vent on constate les faits suivants :

Pour les 2 ondes mises en évidence entre le 4 et le 7 puis le 7 et le 11 Août à 12 F TU, les variations du rapport de mélange sont étroitement liées à la composante méridienne du vent, l'air est relativement sec dans le courant de Nord antérieur au creux de l'onde puis relativement humide dans le courant Sud postérieur. Ceci est particulièrement vrai pour les couches moyennes (700-400 mb) les "axes" minimum de rapport de mélange correspondent aux noyaux négatifs de la composante méridienne et les axes de maximum correspondent aux noyaux positifs.

Dans une certaine mesure, ceci peut également s'appliquer à l'onde du 11 au 15 Août.

Pour la 1ère onde (30 Juillet-2 Août) il semblerait que les variations soient inversées. Il faudrait analyser la période antérieure au 30 Juillet pour tenter d'expliquer ce fait.

Ces variations caractéristiques de l'humidité au passage des ondes ont déjà été signalées par BURPEE (1974) et DHONNEUR (1974) sur le Sénégal.





#### CH.4 - C O N C L U S I O N

=====

La méthode permettant la mise en évidence des lignes de grains à partir des données des stations synoptiques nigériennes s'avère relativement efficace bien que certaines difficultés soient apparues pour la détermination de l'heure à laquelle se produisent les manifestations caractéristiques tels que coups de vent et pluie.

Les 11 lignes de grains analysées ont été sélectionnées à priori parce qu'elles ont en général intéressé la majeure partie du Niger d'Est en Ouest.

La longueur des trajets parcourus au Niger a varié entre 700 et 1400 km approximativement; une analyse sommaire des données pluviométriques voltaïques a permis de constater que plusieurs de ces perturbations ont conservé une certaine activité jusque vers l'Ouest de la Haute-Volta.

La plupart des perturbations semblent avoir pris naissance entre Zinder et Maine Soroa puis ont suivi une trajectoire sensiblement Est-Ouest avec une légère composante Sud, ces trajectoires s'incurvant franchement vers l'WSW dans l'Ouest du Niger et en Haute-Volta.

L'emplacement des noyaux de précipitation maxima permet de constater que certaines lignes de grains se sont séparées en 2 parties, la branche Nord ne semblant pas survivre longtemps.

Toutes les lignes de grains ont donné des noyaux de précipitation séparés par des zones à pluviométrie faible ou nulle; les noyaux maximum ont varié entre 74 et 22 mm mais les valeurs les plus fréquentes sont de l'ordre de 40 à 50 mm.

Les vitesses moyennes de déplacement sont toutes comprises entre 45 et 72 km/heure, mais dans 4 cas seulement sur les 11, elles ont dépassé 55 km/heure.

Il n'a pas été possible de mettre en évidence une relation entre l'activité pluviométrique d'une ligne de grains et sa vitesse de déplacement.



1914

The first of the year was a very dry one, with only a few showers of rain. The crops were not very good, and the people were very poor. The government was very weak, and the people were very poor. The government was very weak, and the people were very poor.

The second of the year was a very dry one, with only a few showers of rain. The crops were not very good, and the people were very poor. The government was very weak, and the people were very poor. The government was very weak, and the people were very poor.

The third of the year was a very dry one, with only a few showers of rain. The crops were not very good, and the people were very poor. The government was very weak, and the people were very poor. The government was very weak, and the people were very poor.

The fourth of the year was a very dry one, with only a few showers of rain. The crops were not very good, and the people were very poor. The government was very weak, and the people were very poor. The government was very weak, and the people were very poor.

L'analyse chronologique des données au sol telles que la pression, la pression corrigée de l'évolution diurne, la température et le vent sur tout ou partie de la période étudiée a permis de confirmer ce que l'on savait sur les manifestations caractéristiques des lignes de grains.

Pour les 11 perturbations sélectionnées à Niamey, la hausse de pression a varié entre 2,0 et 4,5 mb., le coup de vent a atteint des vitesses de 10 à 28 m/sec. - en général de secteur Est mais dans 3 cas de secteur NNW - Les chutes de température enregistrées n'ont pas été très importantes : 4 à 7°C selon les cas - le maximum signalé dans la littérature étant de 22°C.

Les coupes chronologiques du rapport de mélange posent un certain nombre de problèmes : dans un bon nombre de cas, les lignes de grains, phénomènes d'échelle B ont pu parfaitement être repérées sur les coupes établies avec les seules données aérologiques de 12 H TU. On a alors la situation classique avec la succession d'une augmentation d'humidité dans les basses couches (correspondant probablement à une poussée de mousson), accompagnée d'un assèchement des couches moyennes et supérieures, puis au passage de la ligne de grains, une augmentation assez brusque du rapport de mélange dans les niveaux moyens et supérieurs traduisant un transfert d'humidité vers le haut; ensuite on assiste en général à une décroissance plus ou moins importante de l'humidité à ces mêmes niveaux.

Dans d'autres cas, aucune variation caractéristique du rapport de mélange n'a pu être mise en évidence et ceci ne semble pas lié à l'heure des sondages.

Le rapprochement des coupes précédentes avec celles du vent analysé en particulier à l'aide de sa composante méridienne a permis de retrouver un schéma classique d'ondes d'Est mais là encore des situations contraires sont apparues sans que nous puissions en trouver les causes.

Il est d'usage de séparer les ondes d'Est et les perturbations d'échelle inférieure. En fait les structures trouvées tant au passage d'ondes d'Est qu'au passage des lignes de grains laissent supposer que ces deux phénomènes puissent être - au moins dans certains cas - intimement liés -

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

...the ... of the ...  
...the ... of the ...  
...the ... of the ...

Une analyse conjointe de la composante méridienne du vent et du rapport de mélange sur l'ensemble de la saison des pluies aurait peut-être permis de comprendre certaines interactions entre ces deux phénomènes.

Le prévisionniste qui se penchera sur ce travail s'étonnera probablement de n'y voir figurer aucune carte synoptique de surface ou d'altitude - ou de carte de flux dans les basses couches.

Il aurait été très souhaitable d'utiliser une telle source de données et en particulier de comparer nos analyses essentiellement locales aux situations synoptiques correspondantes. Des limitations de temps nous ont empêché d'aborder ce problème - si ce n'est que très superficiellement -

L'utilisation des données PILOTS, des carnets d'observation et des cartes des différents réseaux aurait probablement permis de lever certains doutes. De même, le fait de n'utiliser que les données du réseau nigérien est un handicap sérieux. On pense en particulier aux stations de l'Ouest du Tchad de l'Est du Mali et surtout aux stations du Nord du Nigéria. En particulier, on a vu qu'il était impossible d'évaluer l'extension méridienne des lignes de grains à l'aide des cartes d'isohyètes dont le tracé s'arrête brutalement à la frontière Sud du Niger.

Enfin, l'utilisation des photos de satellites aurait certainement été très profitable plus spécialement pour le repérage des amas nuageux mais là encore des limitations de temps nous ont empêché d'utiliser ces documents.

En fait le problème fondamental, en particulier pour le prévisionniste et de déterminer à quel moment naît, s'organise et se désagrège une ligne de grains.

On peut citer à ce sujet la publication OPCA :

"C'est bien là l'un des plus importants problèmes que nous avons à résoudre en météorologie tropicale africaine : comprendre les processus qui entrent en jeu dans la transformation d'une zone de forte convection en un alignement, le plus souvent méridien des cumulonimbus constituant la ligne de grains organisée".

Comme nous l'avons souligné dans l'introduction, notre objectif était beaucoup plus modeste. Nous espérons seulement avoir apporté quelques éléments utiles pour des recherches ultérieures sur les lignes de grains, tout particulièrement au moment où va se dérouler l'expérience WAMEX.

The first part of the report deals with the general situation of the country. It is a very interesting and informative study of the country's development and progress.

The second part of the report deals with the specific details of the country's development. It is a very detailed and comprehensive study of the country's progress.

The third part of the report deals with the future of the country. It is a very interesting and informative study of the country's future.

The fourth part of the report deals with the conclusion of the study. It is a very interesting and informative study of the country's future.

The fifth part of the report deals with the appendix. It is a very interesting and informative study of the country's future.

The sixth part of the report deals with the bibliography. It is a very interesting and informative study of the country's future.

The seventh part of the report deals with the index. It is a very interesting and informative study of the country's future.

The eighth part of the report deals with the conclusion of the study. It is a very interesting and informative study of the country's future.

The ninth part of the report deals with the appendix. It is a very interesting and informative study of the country's future.

The tenth part of the report deals with the bibliography. It is a very interesting and informative study of the country's future.



# B I B L I O G R A P H I E

-----

DEHONNEUR G. : Essai de Synthèse sur les lignes de grains en  
Afrique Occidentale et Centrale  
Publication n° 20 B.E.M. ASECNA.

Opération Niger - ASECNA ( ONA) 1973.

Opération Pré-Gate ASECNA (OPGA) 1974.

DEHONNEUR G. : Cours de météorologie tropicale (1977).

BERNET (1966-1967) -- voir Publication n° 20 B.E.M. ASECNA

TSCHIRHART (1958)    -    -"    -"    -"    -"    -"

NEVIERE                -    -"    -"    -"    -"    -"

THOMPSON              -    -"    -"    -"    -"    -"

GERMAIN               -    -"    -"    -"    -"    -"

CARLSON (1968-1969)-    -"    -"    -"    -"    -"

ELDRIDGE              -    -"    -"    -"    -"    -"

BURPEE R.W. - Structure énergétique des ondes d'Est  
"La météorologie" numéro spécial "Météorologie  
Tropicale" Septembre 1976

Vocabulaire météorologique international (OMM)

LEROUX : Champ de vent en altitude en Afrique Occidentale et  
Centrale - Publication n° 34 B.E.M. ASECNA Juin 1974.

-----

Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header.

Handwritten text in the upper middle section of the page.

Handwritten text in the middle section of the page.

Handwritten text in the middle section of the page.

Handwritten text in the middle section of the page.

Handwritten text in the middle section of the page.

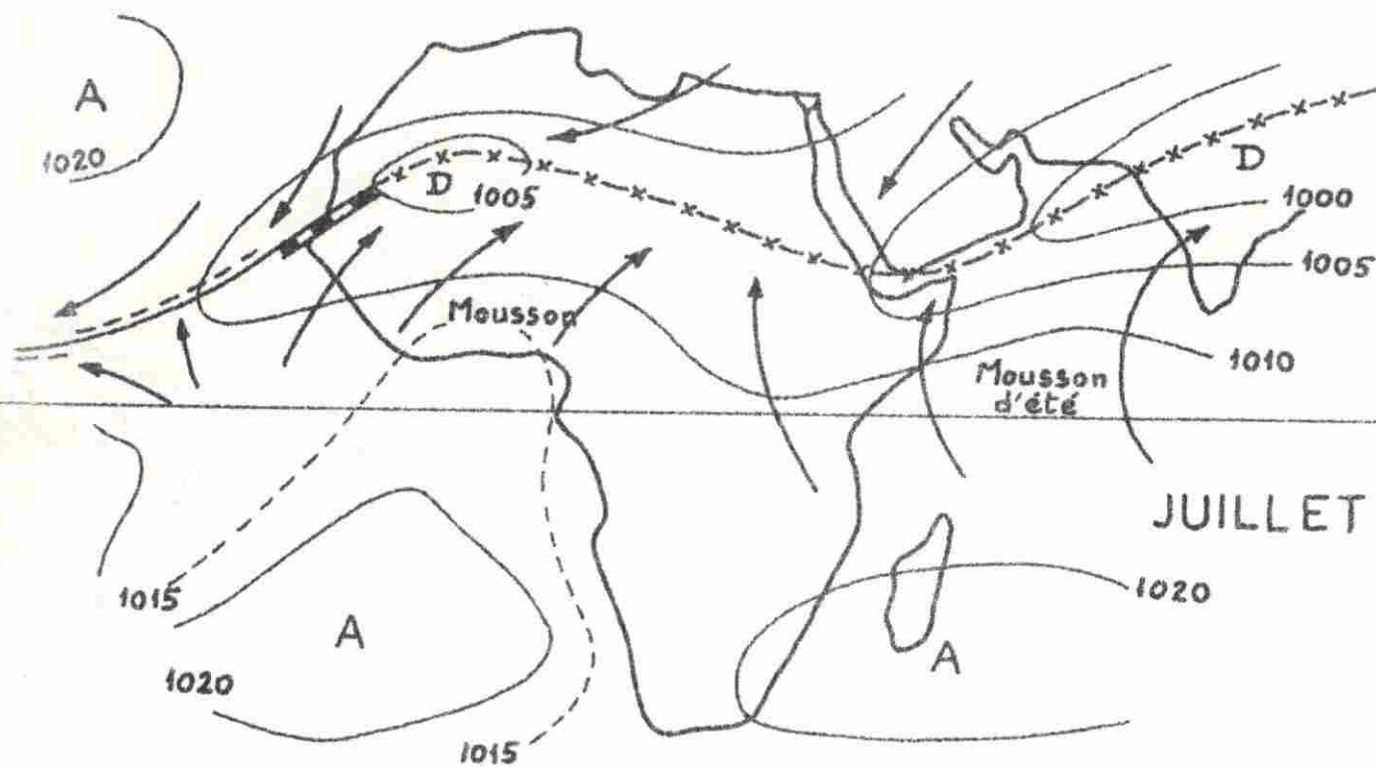
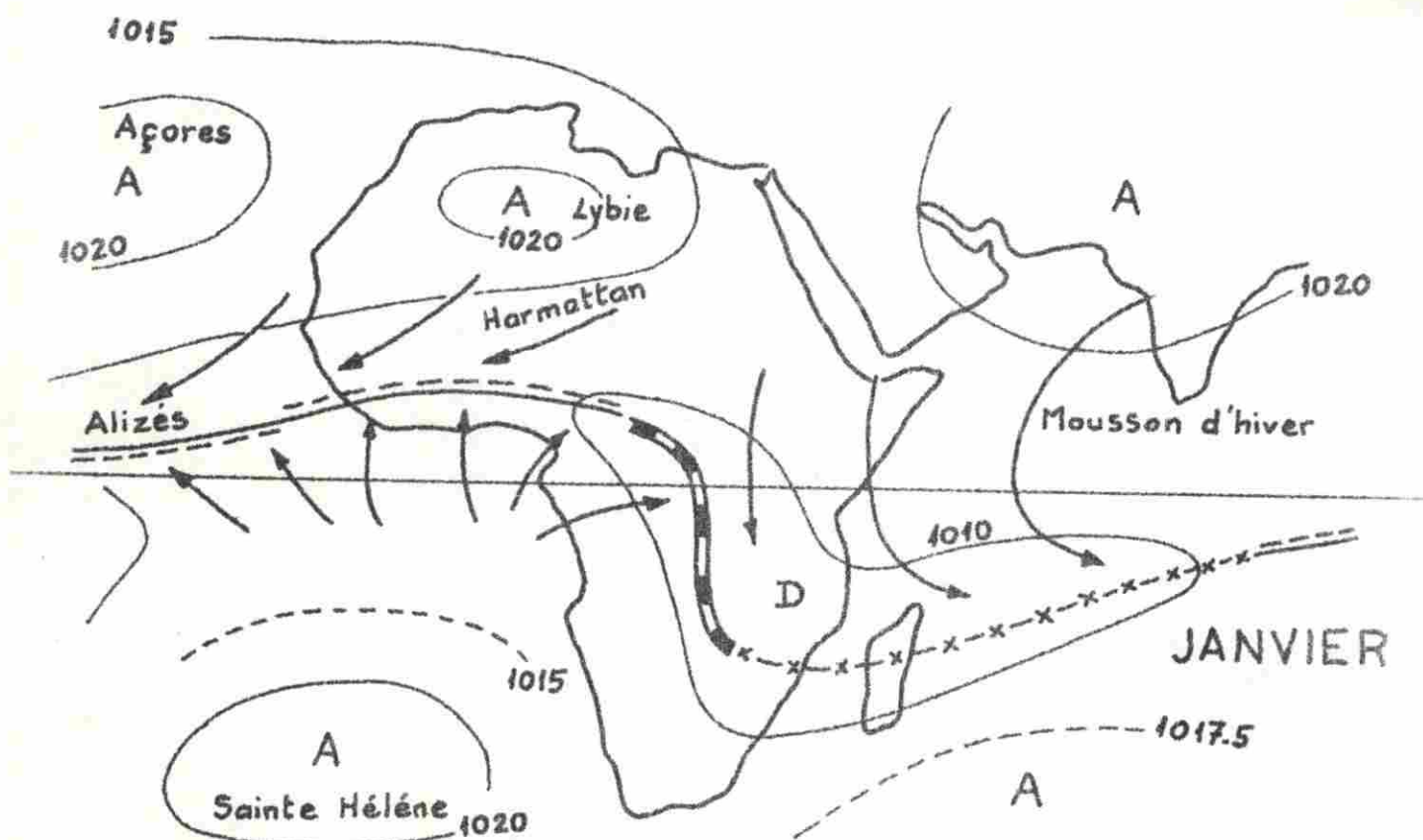
Handwritten text in the middle section of the page.

Handwritten text in the middle section of the page.

Handwritten text in the middle section of the page.

Handwritten text in the middle section of the page.

Handwritten text in the middle section of the page.



==== duct

-x-x-x-x- drift

==== duct déporté

████████ zone de liaison

Equateur Météorologique en surface

Figure: 1



Figure 1

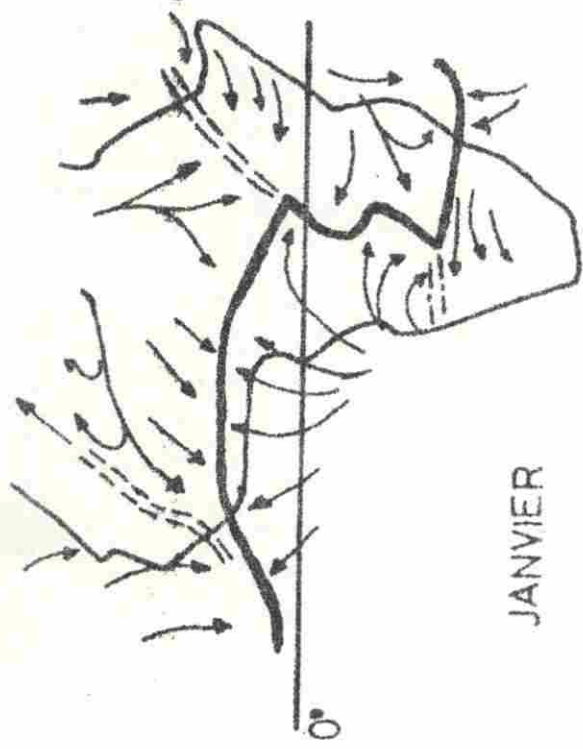
Legend

Contour lines

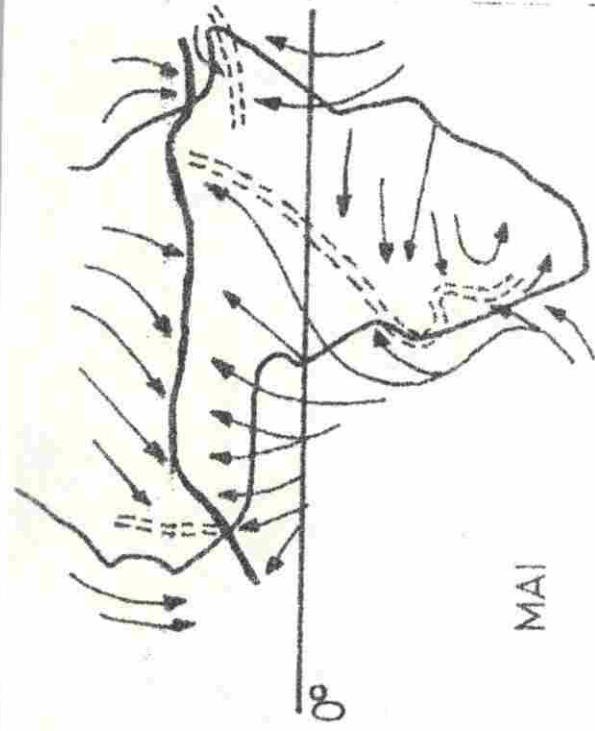
Water bodies

Settlements

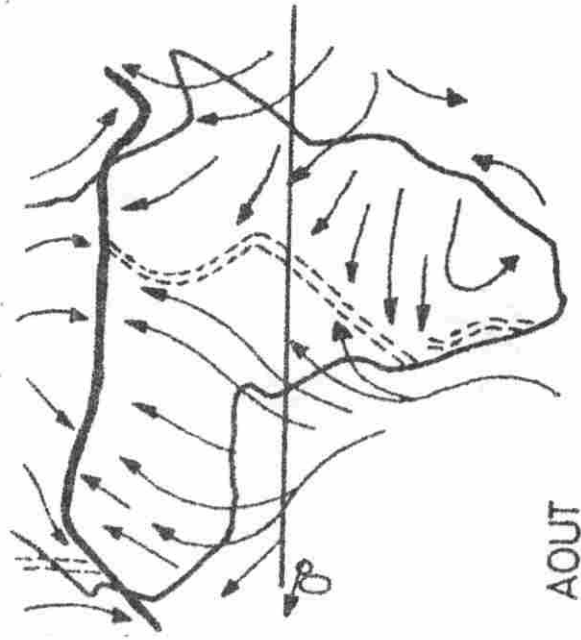
Topography



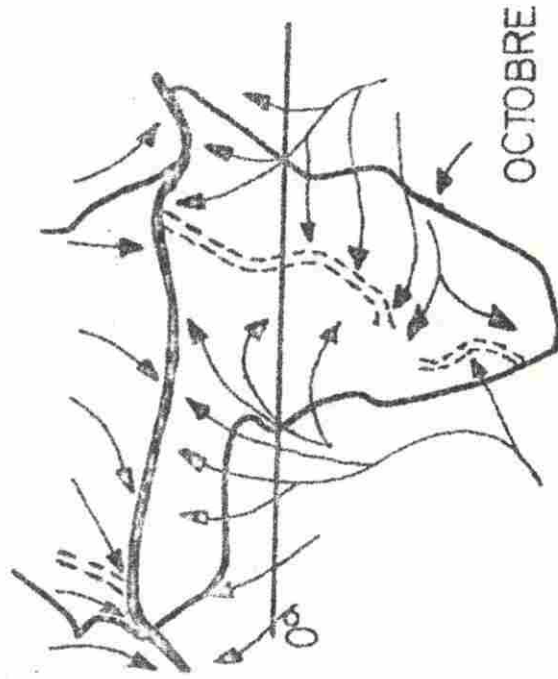
JANVIER



MAI



AOÛT



OCTOBRE

Positions moyennes des discontinuités et flux en surface

Figure: 2



1000 ft. - 1000 ft. - 1000 ft.

1000



1000



1000



1000



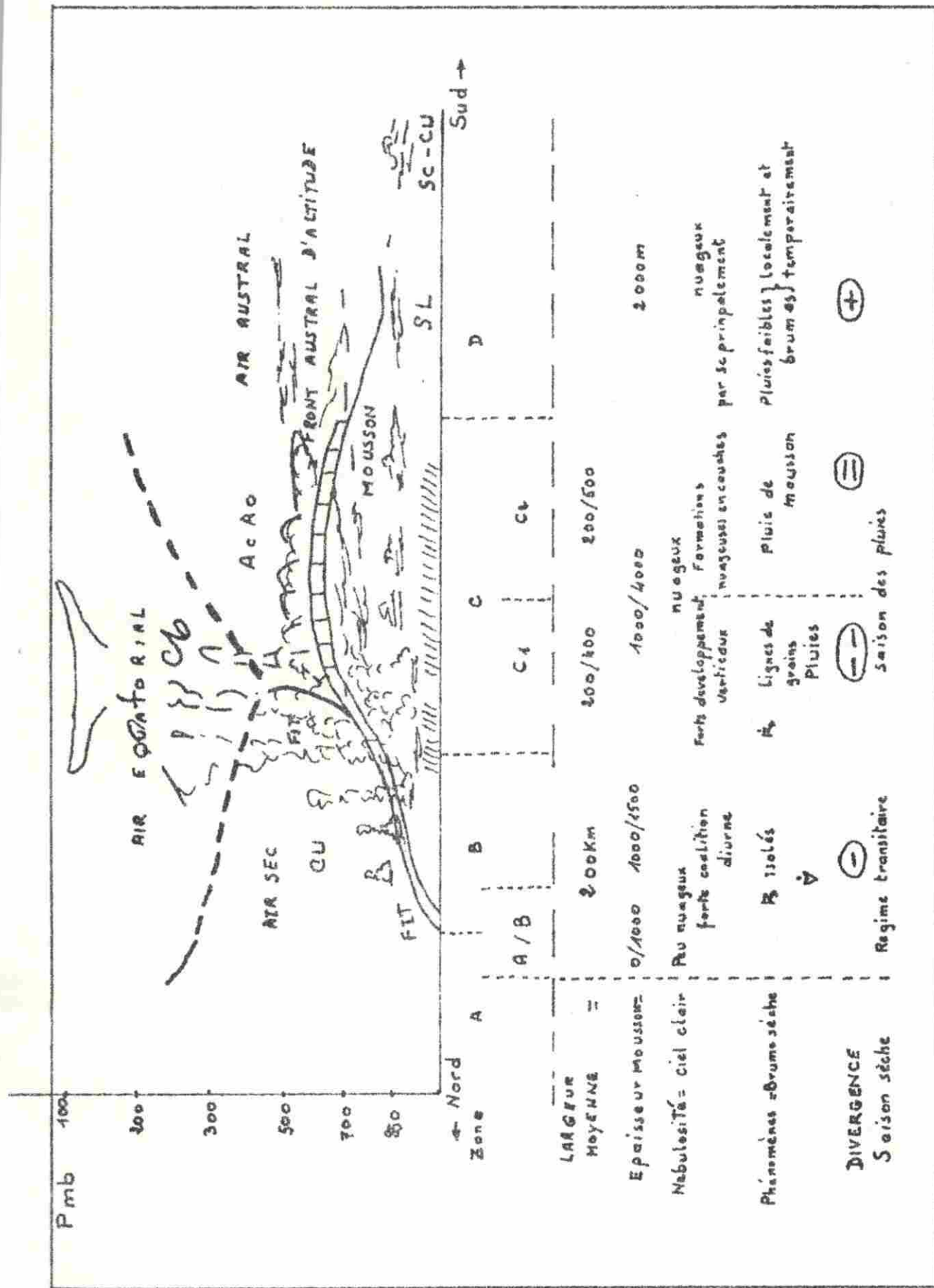
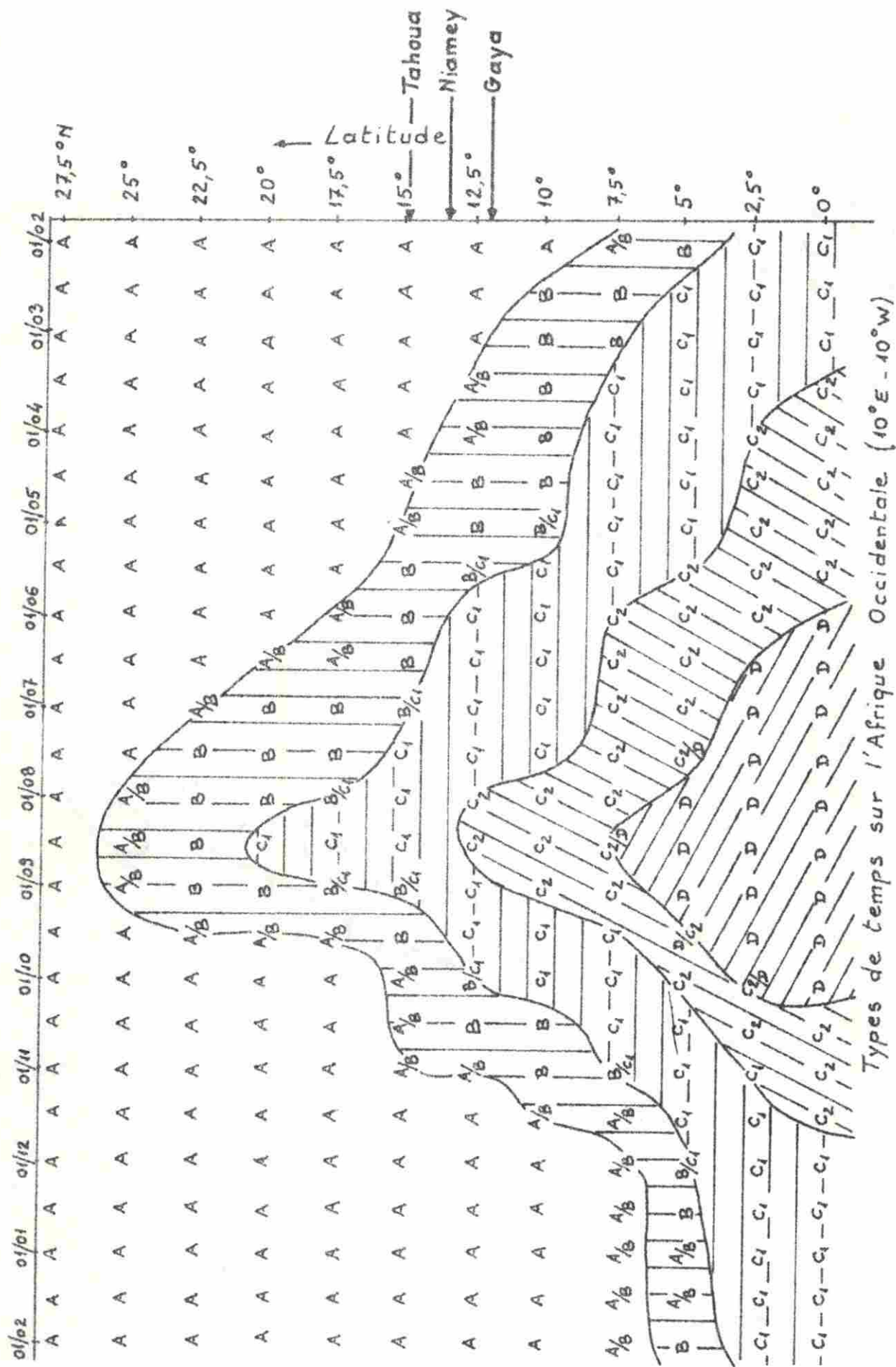


Figure: 3



— Date Jours - Mois



en fonction de la latitude et des mois





Topographie barique et thermique favorable à la formation  
d'une ligne de grains [Bernet 1966-1967]

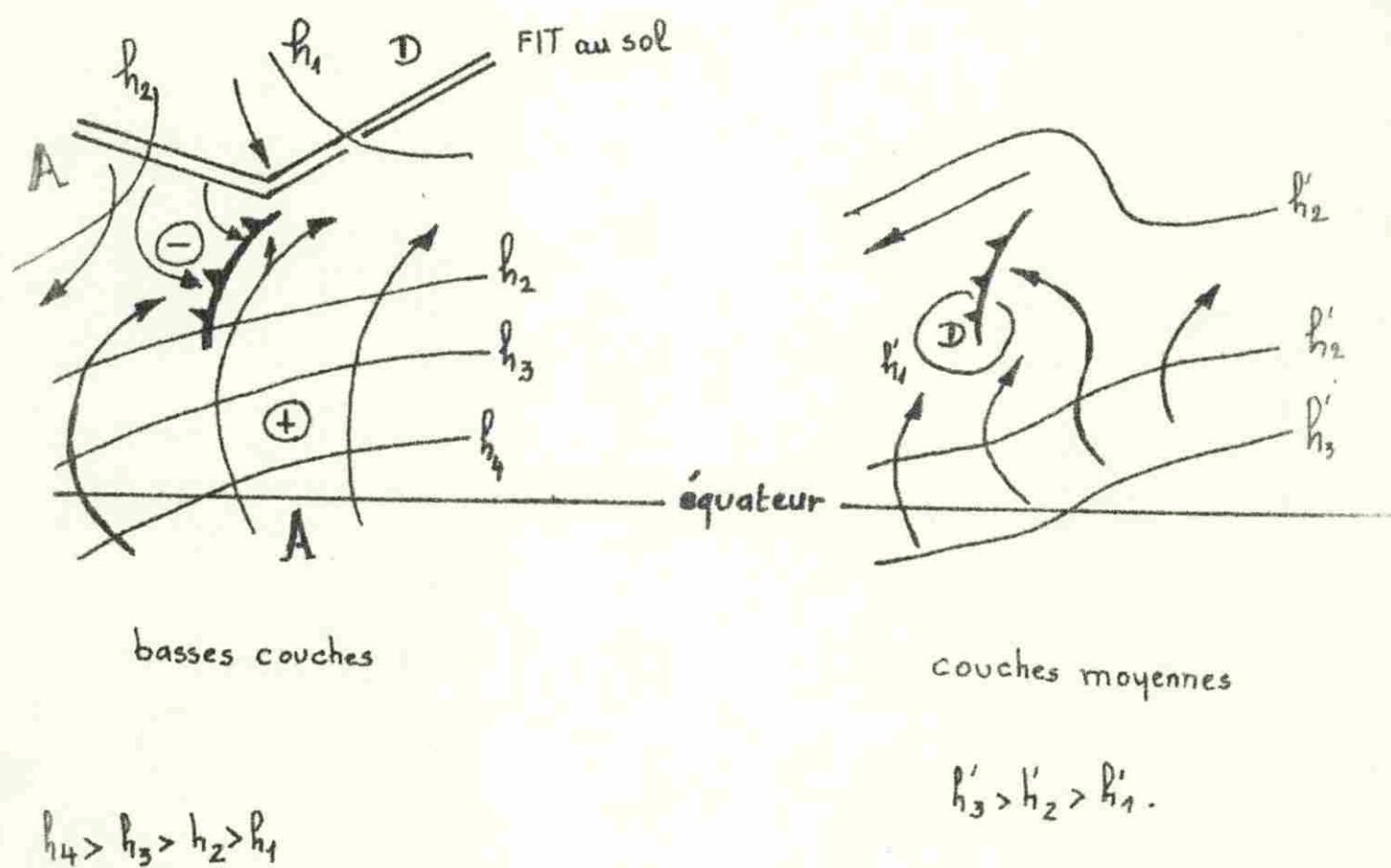


Figure : 5

Evolution d'un Vortex de secteur Est à 600mb et à 200mb et zones  
de Convergence et de divergence associées.  
d'après G. Dohnneur.

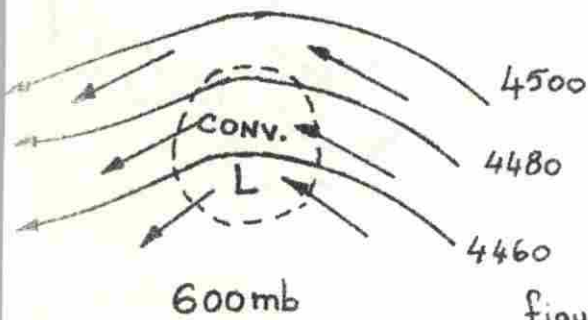
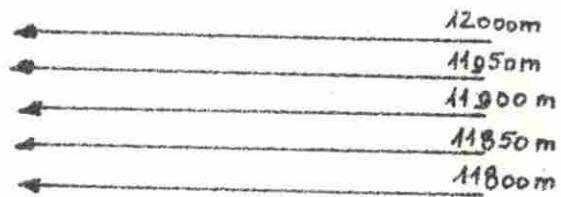
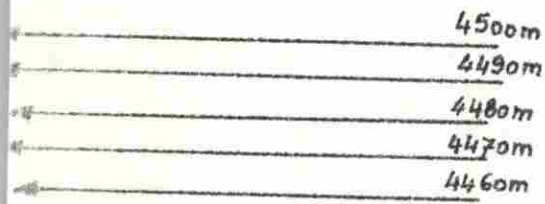


Figure 6

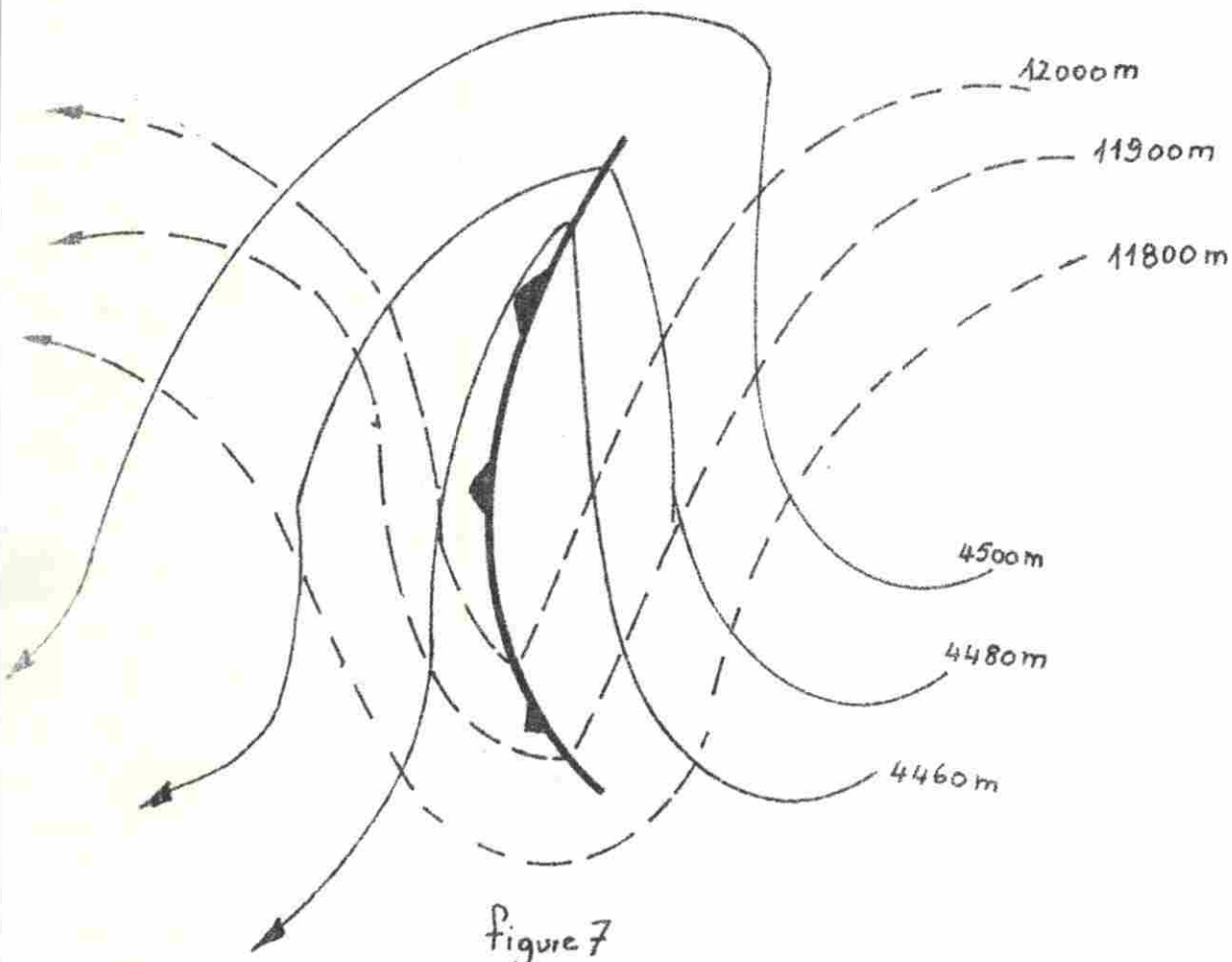
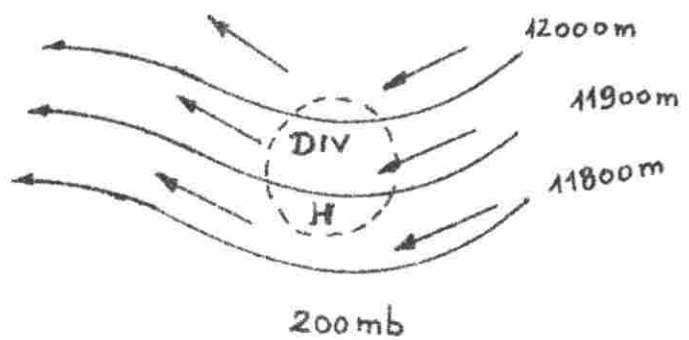
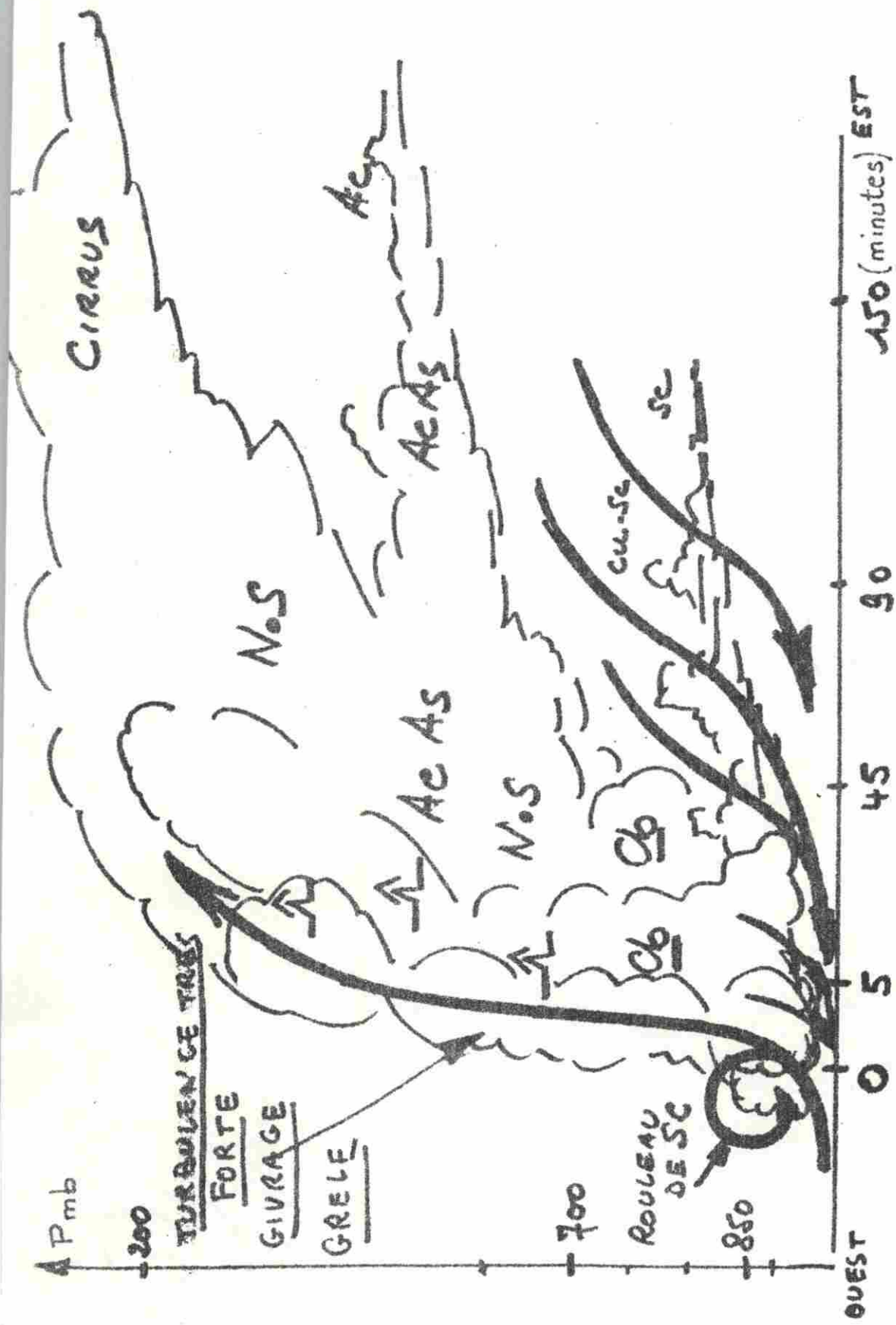


Figure 7

Relation entre une ligne de grains et les isobypses des niveaux 600mb et 200mb

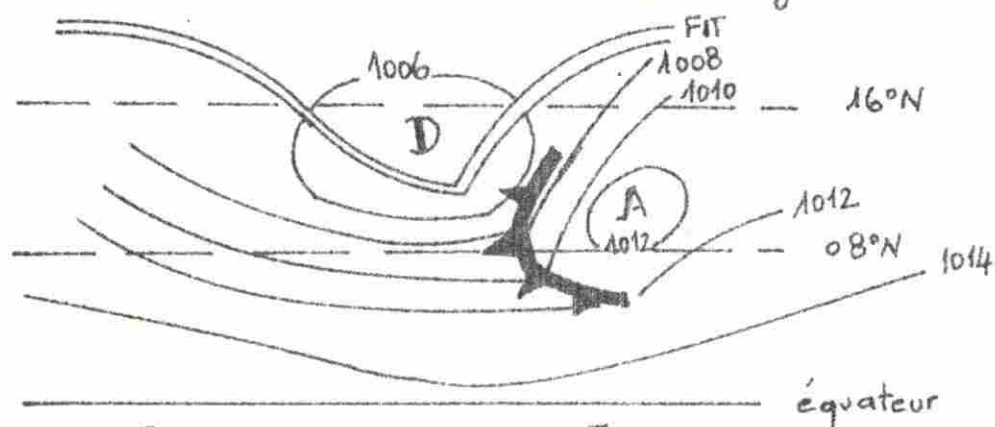
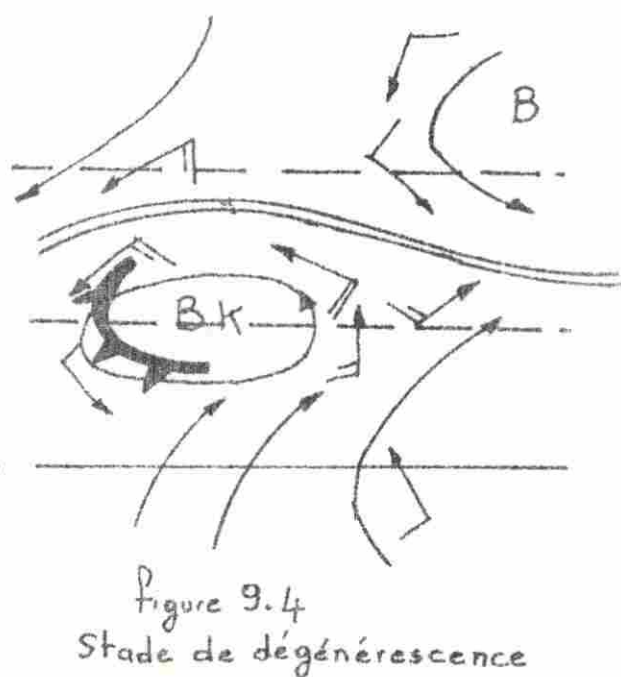
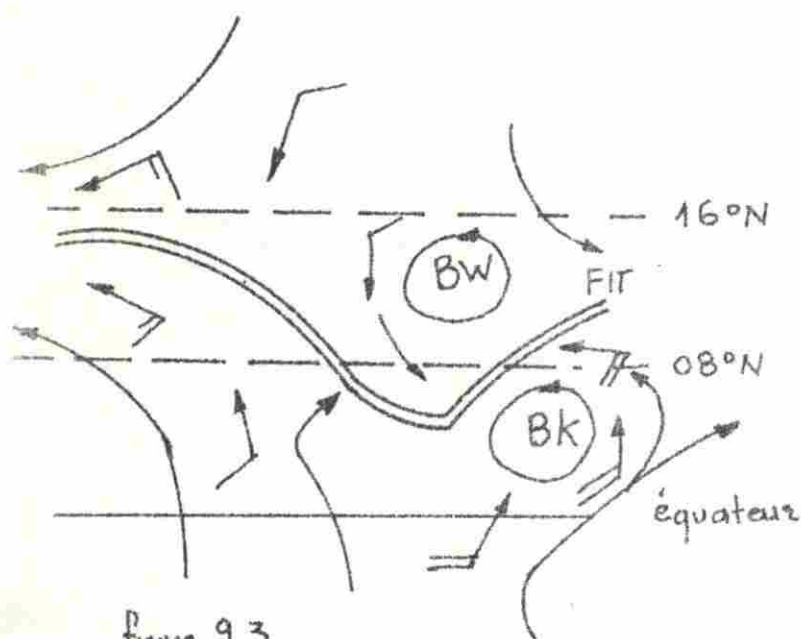
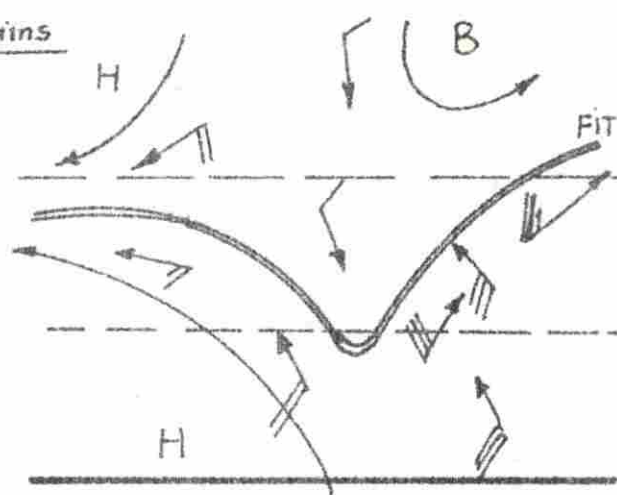
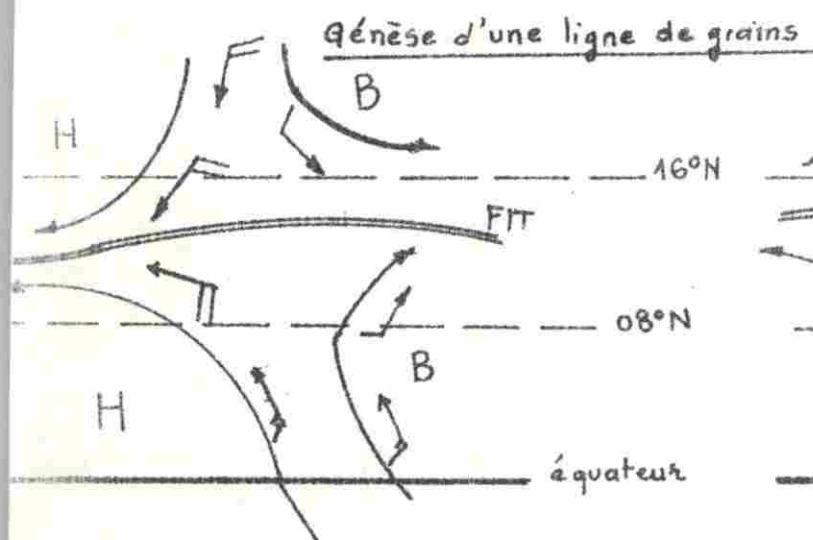
[G. Dohnneur]



T=0 Coup de vent brutal - EST 40/50 KTS  
 Crochet au baromètre Risque visibilité nulle  
 Crochet au thermomètre

Figure 8 Con e verticale d'une ligne de grains d'après [Dionneur]







## Scission des lignes de grains

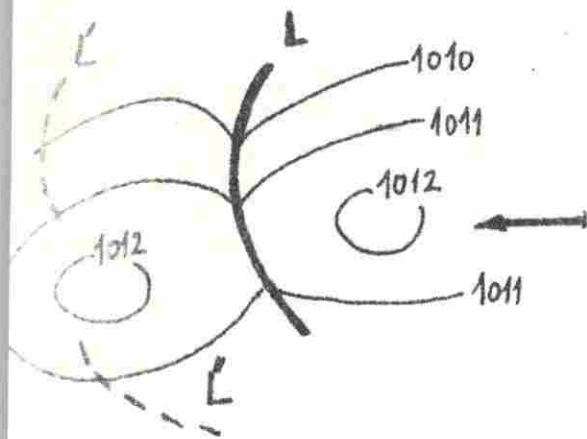


Figure 11 d'après Tschizhart 1958

Scission d'une ligne de grains  $L$  en  $L'$  et  $L''$  due à l'existence d'une zone de pression relativement élevée, localisée à l'avant de la partie médiane de  $L$ .

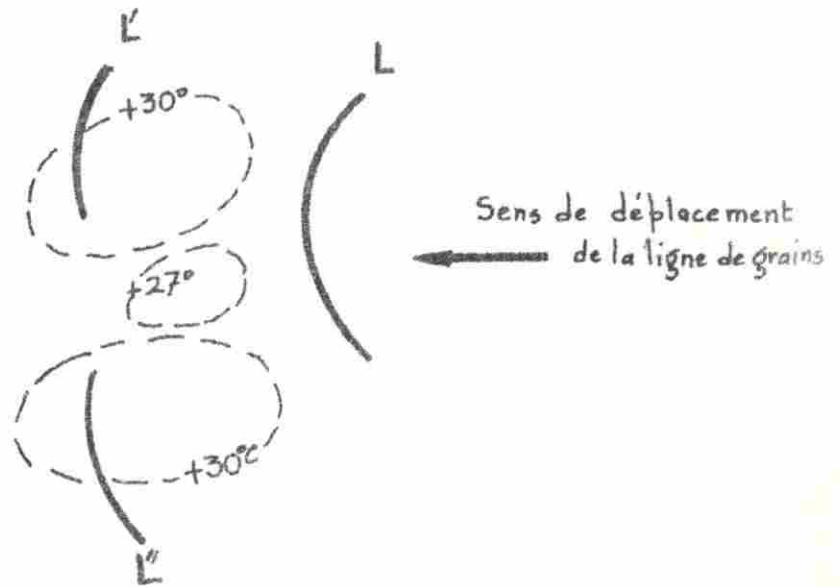


Figure 12 [Tschizhart 1958]

Scission de  $L$  en  $L'$  et  $L''$  due à l'existence d'une zone de températures relativement basses à l'avant de  $L$ .

Topographies moyennes du flux à 600mb et à 850mb pendant la période  
Juillet - Août - Septembre

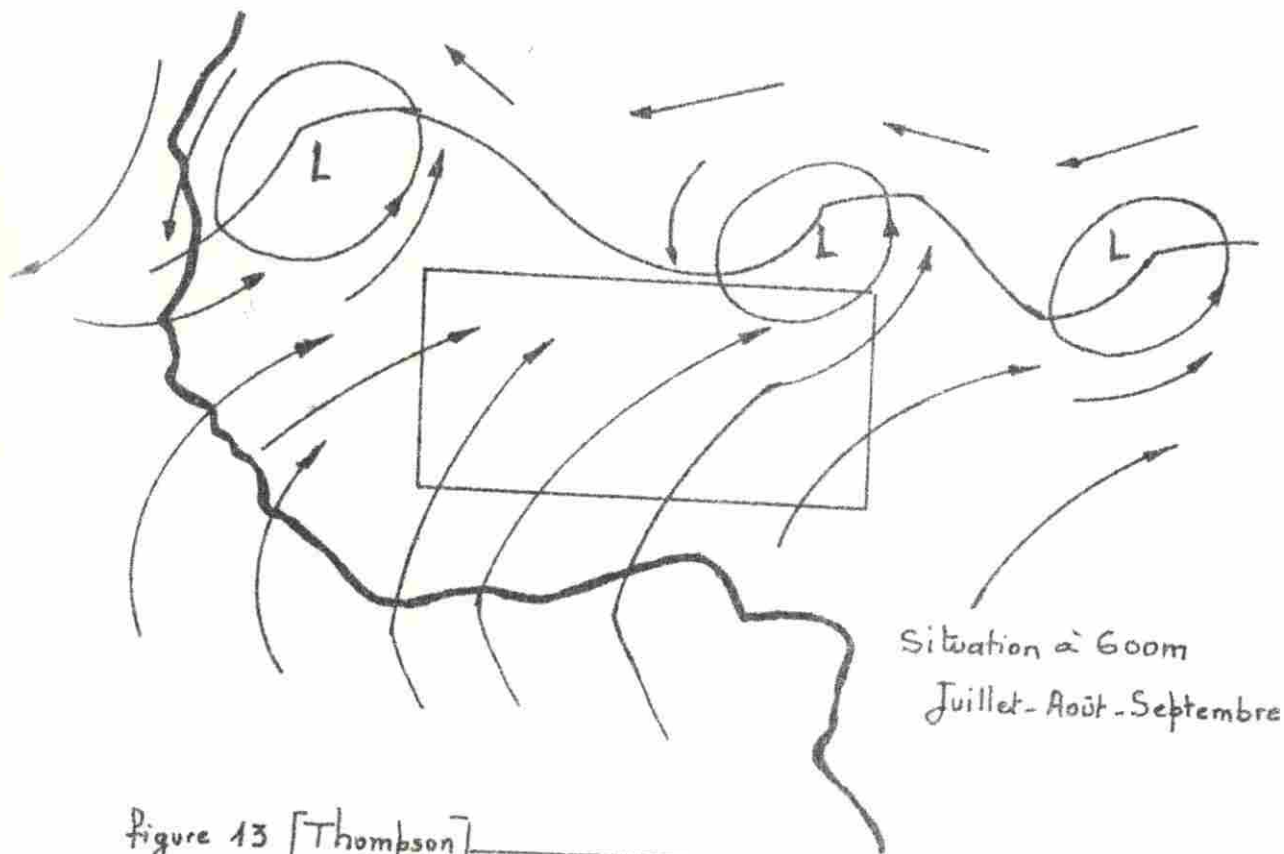
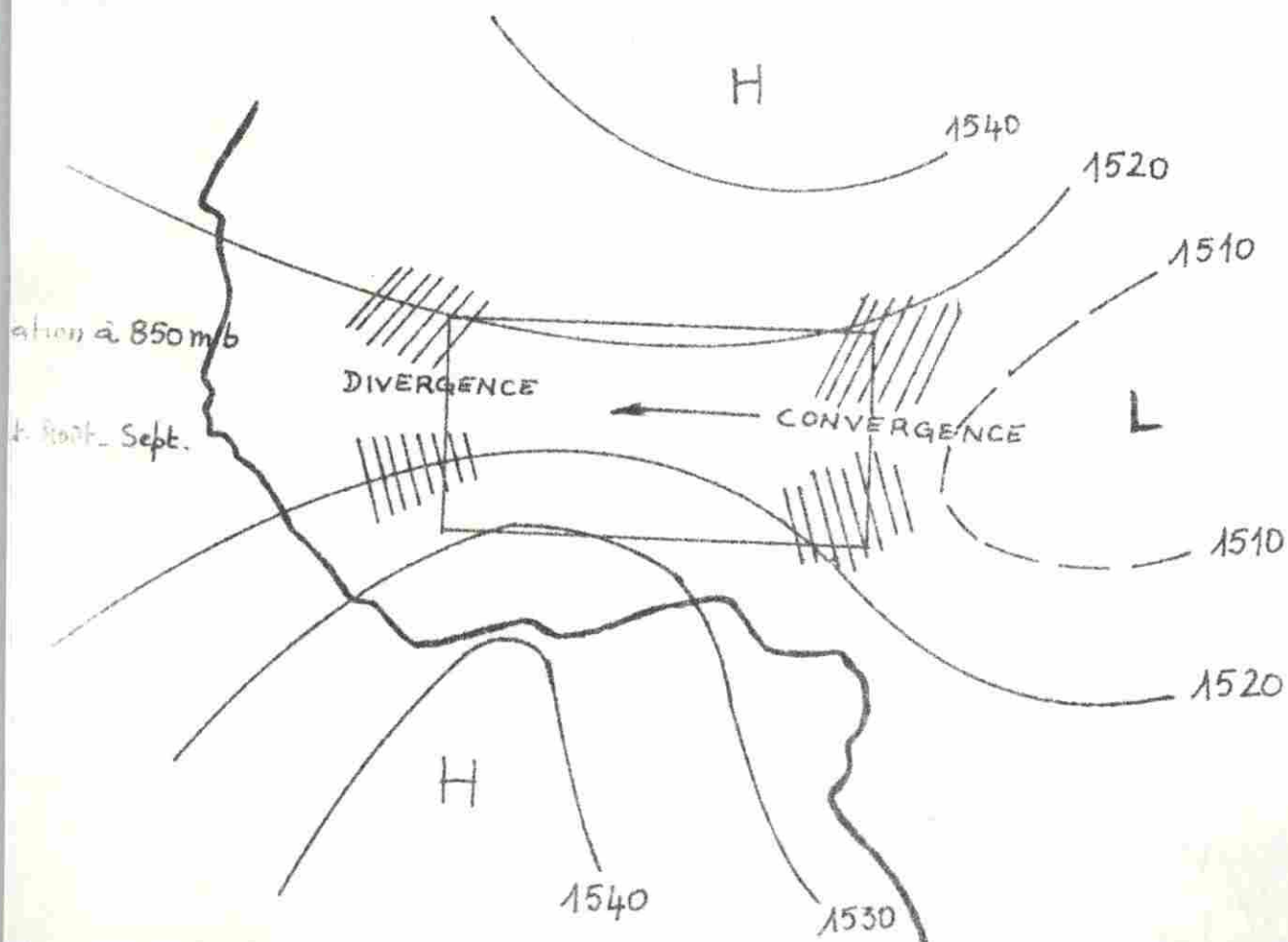


Figure 13 [Thompson]



Caractéristiques d'une ligne de grains observée à Bangui le 27 Mars 1961 à 10h40  
d'après NEVIERE

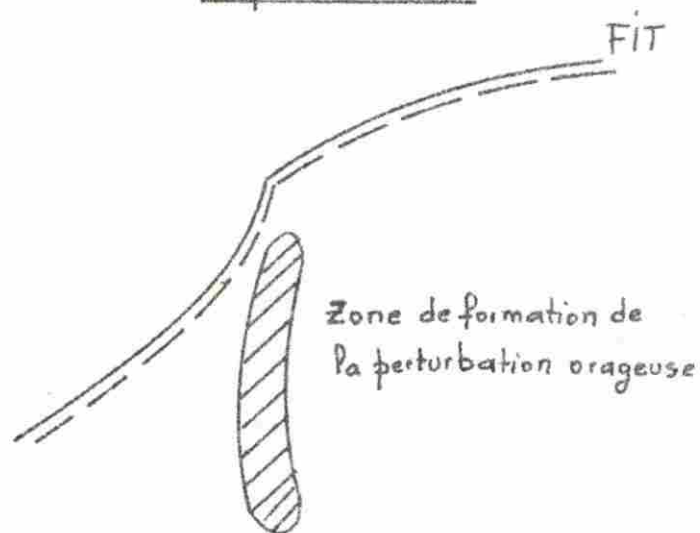


Figure 14-1

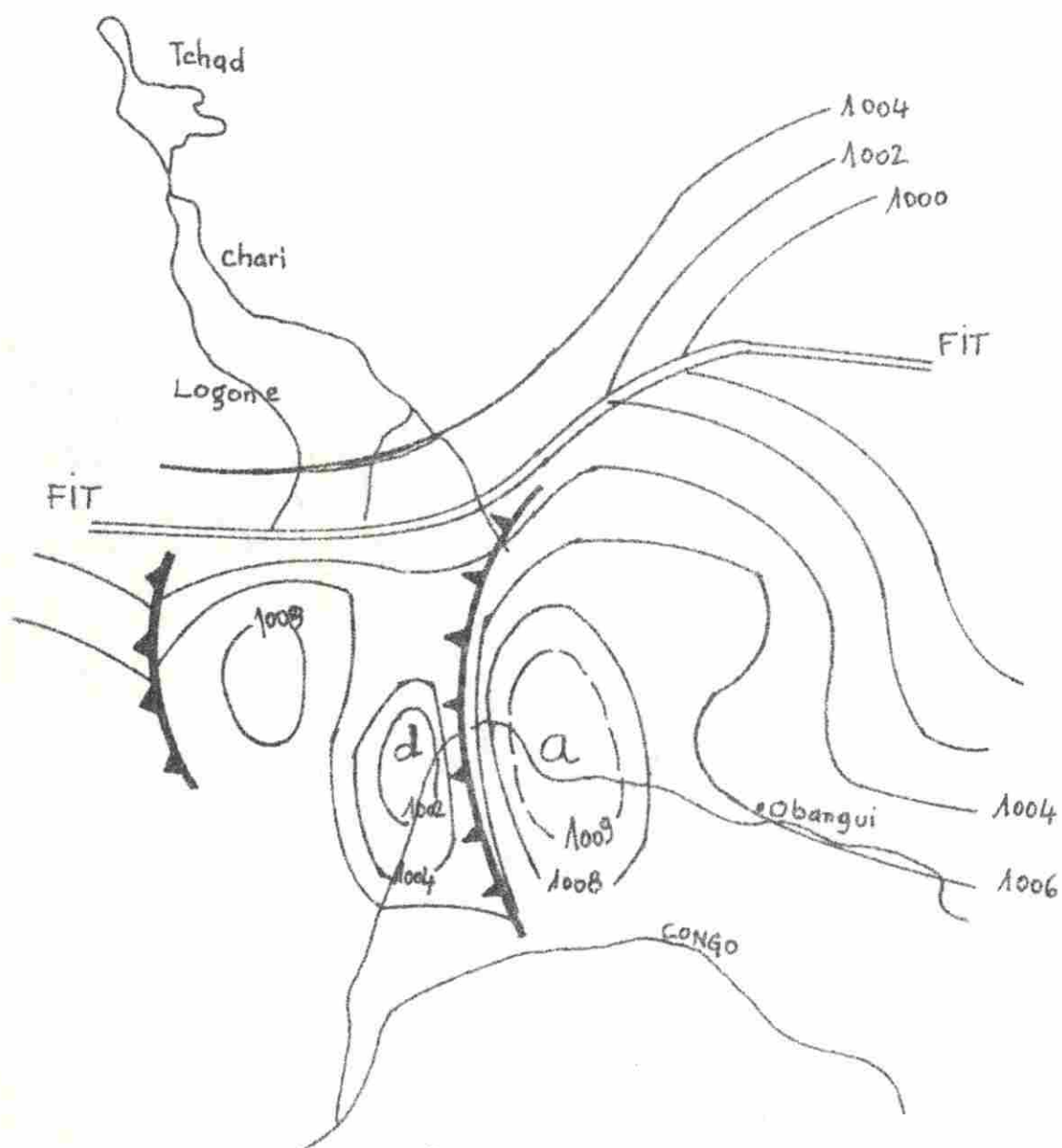


Figure 14-2  
 situation en surface

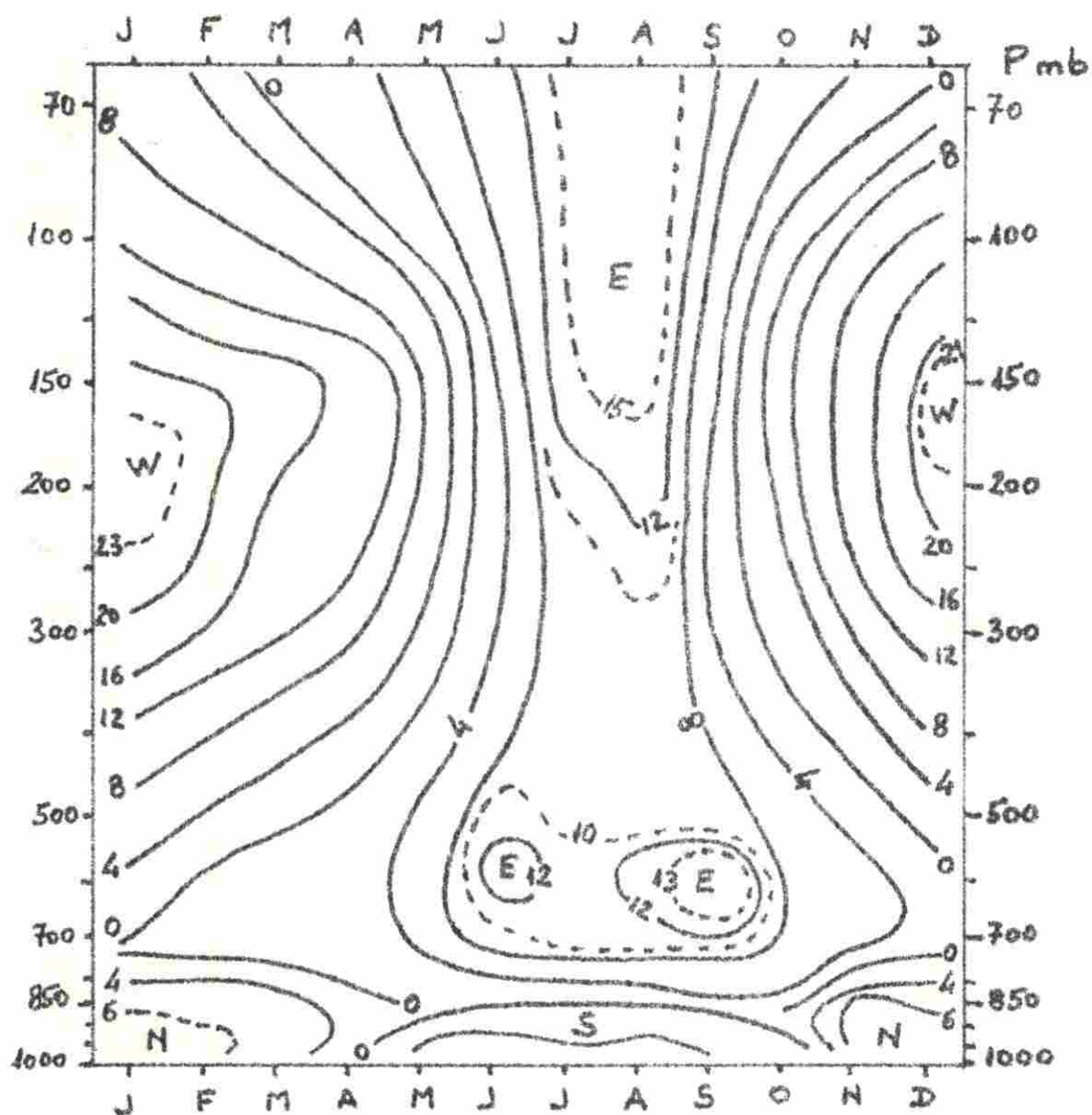
Figures

Chapitre III

- Figure 15 : Régime de vent en fonction de l'altitude et pour les différents mois de l'année (1974) à Niamey.
- Figure 16 : Coupe méridienne du vent pour le mois d'Août avec les zones climatologiques définies à partir de la coupe méridienne de l'E.M. sur laquelle sont indiquées les précipitations recueillies (Niamey).
- Figure 17 : Variation annuelle du rapport de mélange - Niamey - Aéroport (1974).
- Figure 18 : Coupe chronologique du rapport de mélange - Tombouctou (OPGA 1973).
- Figure 19 : Coupe chronologique du vent - Tombouctou (OPGA Août 1973).
- Figure 20 : Coupe chronologique de la température potentielle équivalente - Tombouctou (OPGA Août 1973). E
- Figures 21 à 25 : Coupes chronologiques du rapport de mélange - Niamey-Aéroport (Mois de Mai à Septembre 1976).
- Figures 26 et 27 : Coupes chronologiques du vent - Niamey-Aéroport (mois de Mai et Août 1976).
- Figures 28 à 31 : Courbes de pression et de pression corrigée de Zinder, Birni-N'Konni et Niamey-Aéroport (mois de Juin à Septembre 1976).
- Figure 32 : Courbes de corrections d'évolution diurne - Niamey-Aéroport (mois de juin à Septembre 1976).
- Figure 33 : Abaque + illustration de la méthode permettant la sélection des lignes de grains à partir des données synoptiques.
- Figures 34 à 44 : Donnent pour chacune des 11 perturbations sélectionnées :  
 - les phénomènes  
 - le thermograme  
 - le barogramme  
 - les coupes de pression et de pression corrigée  
 - les données tri horaires du vent.
- Figures 45 à 55 : Cartes d'isohyètes "journalières" correspondant aux 11 perturbations sélectionnées.
- Figure 56 : "Trajectoires" des noyaux de précipitation.
- Figures 57 et 58 : Composante méridienne du vent (mois de Mai et Août 1976) Niamey-Aéroport.
- Figures 59 et 60 : Schématisation des ondes AEJ et TEJ (mois de Mai et Août 1976) Niamey-Aéroport.
- Figure 61 : Variation du champ de pression corrigée de l'évolution diurne au passage d'une onde d'Est sur l'ouest du Sénégal.
- Figure 62 : Abaque ayant servi au calcul de la composante méridienne du vent.



CC-0.1.1.1.1

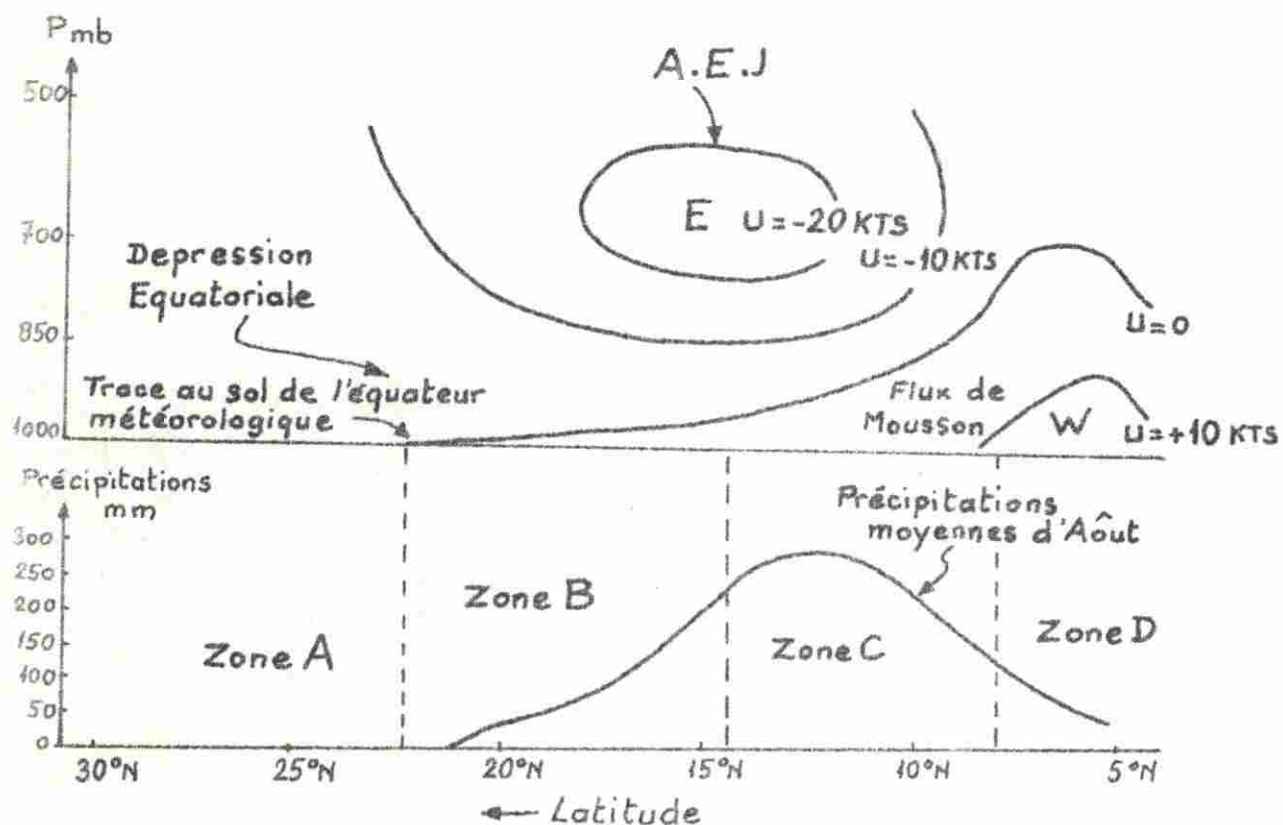


## NIAMEY

variation annuelle de la vitesse  
du vent

isotaches en m/sec

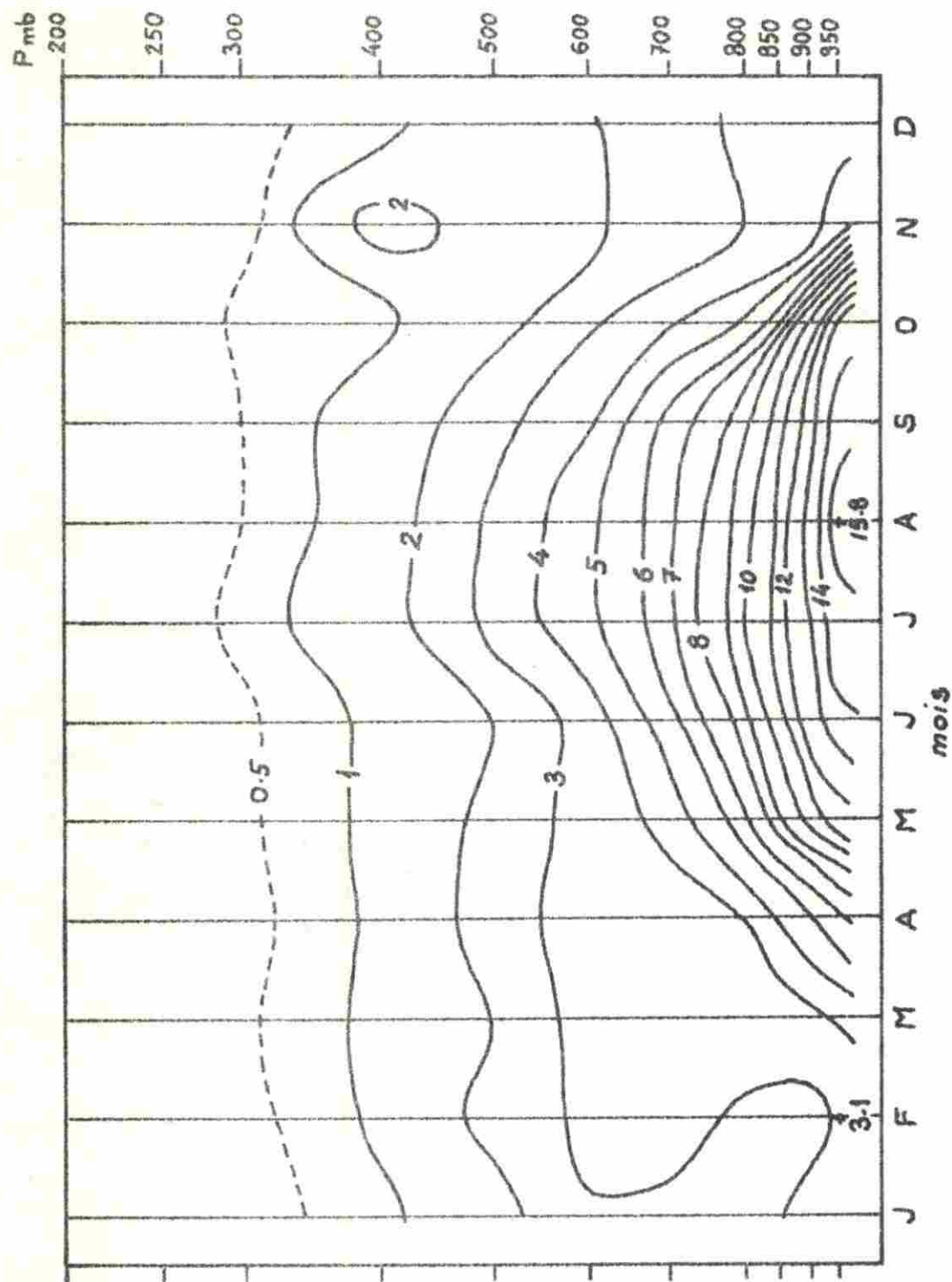
Figure: 15 [Leroux]



Coupe méridienne de la composante zonale du vent et zones climatiques définies par l'équateur météorologique au voisinage du méridien origine

[Dhonneur 1974 d'après Burpee]

Figure : 16



Variation annuelle du rapport de mélange à Niamey

Année 1974 -  $r$  en g/kg

Figure: 17

[Devynck 1978]

# TOMBOUCTOU

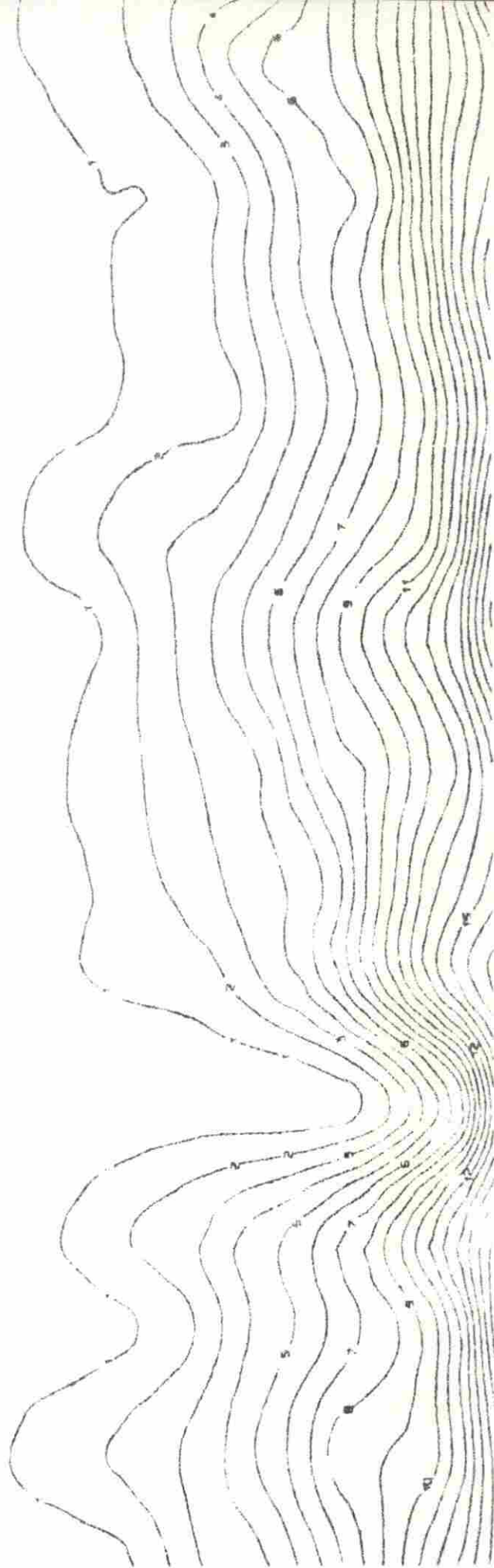
AOUT 1973

MIXING RATIO

Figure: 18

[OPGA - ASECNA]

100  
120  
140  
160  
180  
200  
220  
240  
260  
280  
300  
320  
340  
360  
380  
400  
420  
440  
460  
480  
500  
520  
540  
560  
580  
600  
620  
640  
660  
680  
700  
720  
740  
760  
780  
800  
820  
840  
860  
880  
900  
920  
940  
960  
980  
1000



0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26



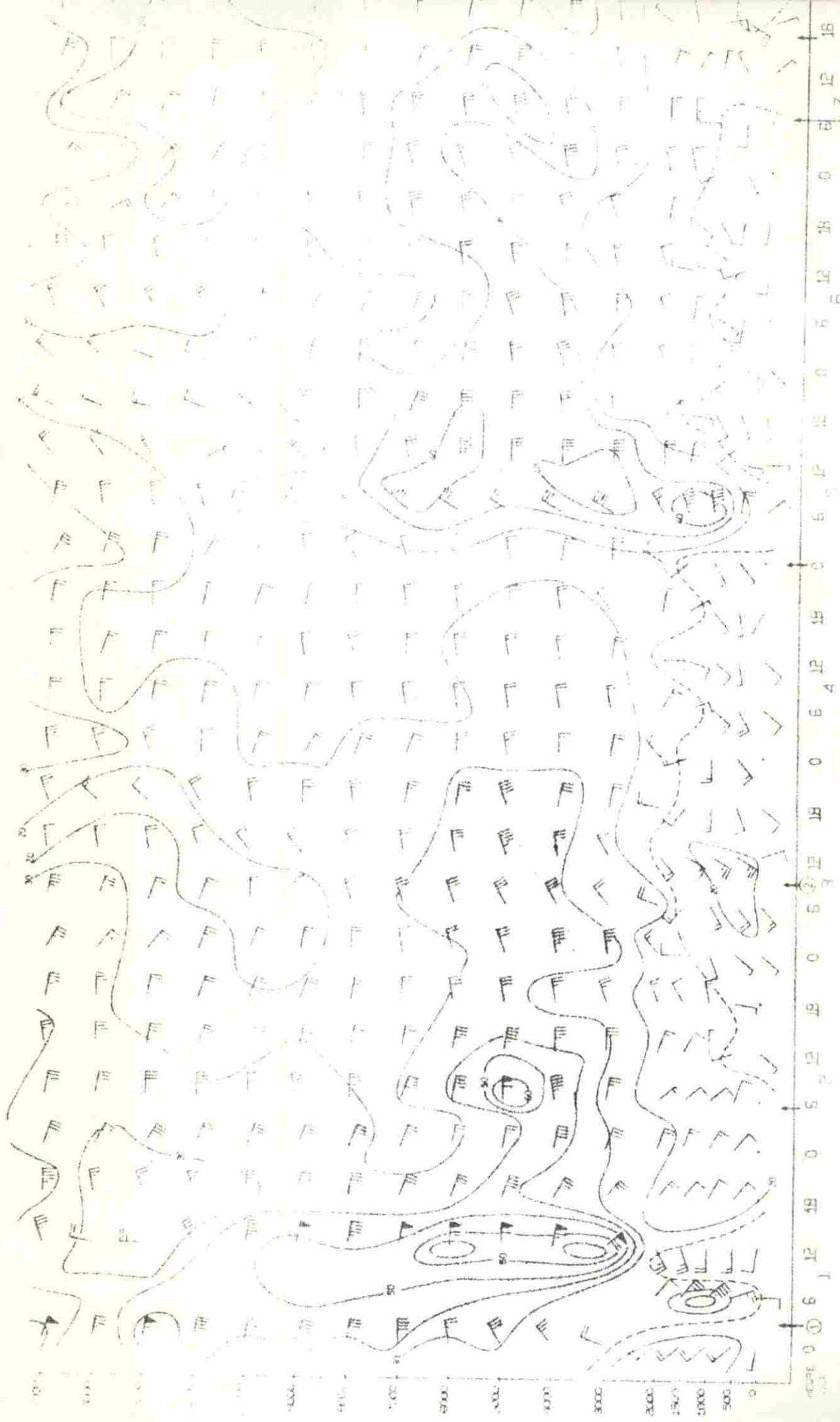


Figure: 19 [OPGA - ASEENA]

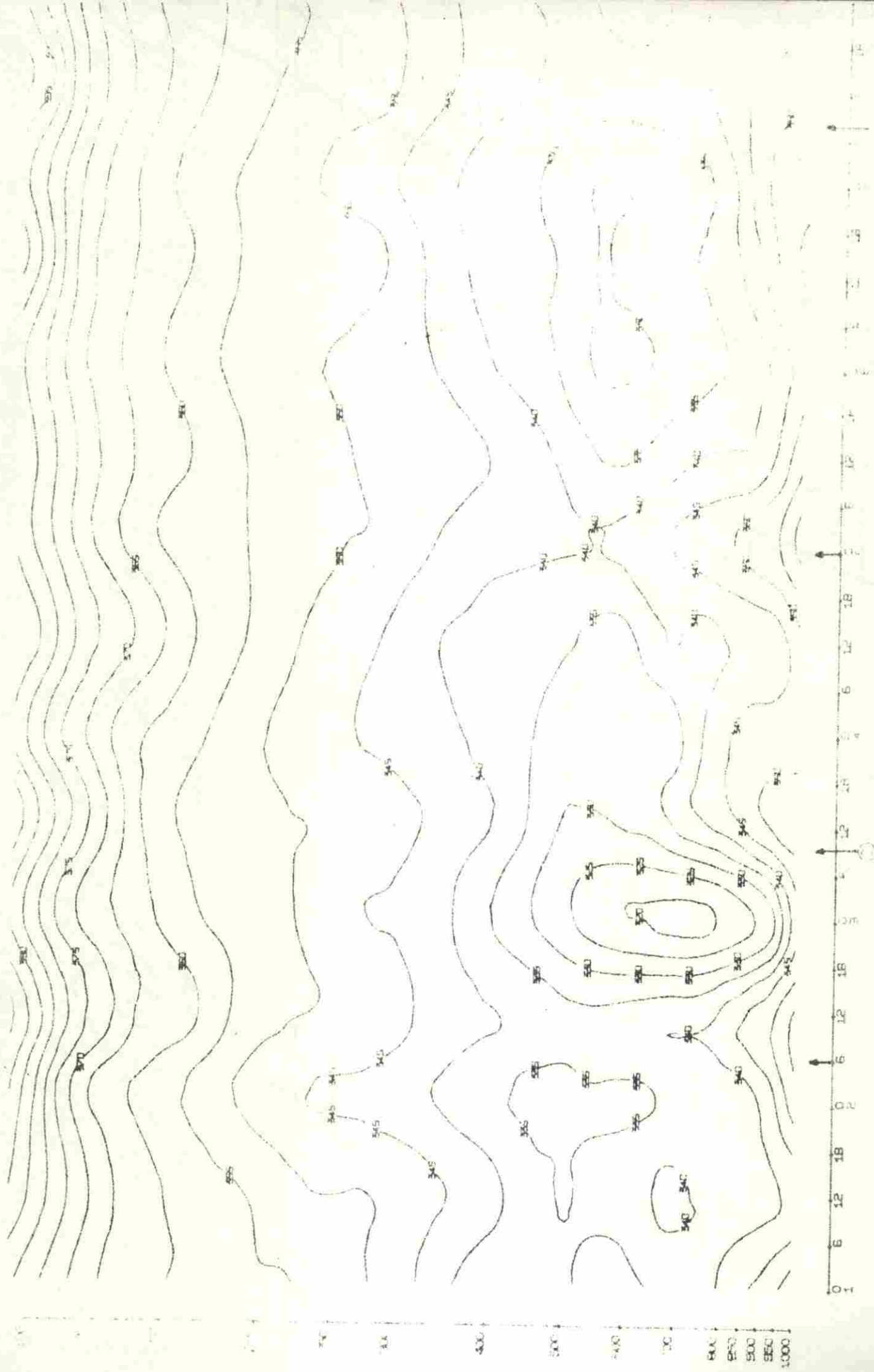


Figure 20 (topographic)