

P A R T I E I

EXAMEN DES MODIFICATIONS PEDOLOGIQUES
CONSECUTIVES AUX INONDATIONS DE SEPTEMBRE ET OCTOBRE 1969
EN TUNISIE

par J. PIAS
Directeur de recherches
O.R.S.T.O.M.
Paris

S O M M A I R E

	<u>Page</u>
1. INTRODUCTION	3
2. LES FAITS.	4
2.1 Les précipitations	4
2.2 Les crues	7
2.3 Les inondations	9
3. LES CONSEQUENCES	10
3.1 La plaine de Kairouan	11
3.2 Le cours moyen du Merguellil et les phénomènes d'érosion dans l'arrière pays	14
3.3 La région de Sidi Bou Zid et la sebkra Medjdoul	14
3.4 La plaine d'inondation de l'Oued Leben	15
3.5 La région de Maknassy - La sebkra En Noual	16
3.6 La dépression de Souk El Khemis - Souk El Arba	19
3.7 Remarques sur la morphologie fluviale	20
4. PROPOSITION DE TRAVAUX A REALISER	22
4.1 Cartographie - Evolution des sédiments	22
4.2 Etude des sebkras.	23
4.3 Sédimentologie - Etude des phénomènes d'érosion sur les bassins versants - Conséquences pratiques	24

1. INTRODUCTION

1.1 Objet de la mission

La présente mission fait suite à une requête émanant du Gouvernement tunisien auprès de l'Unesco. Son but était de définir, conjointement entre cet organisme et les autorités tunisiennes, un programme d'action pédologique faisant suite aux inondations catastrophiques de septembre-octobre 1969, survenues principalement en Tunisie centrale et en Tunisie du sud. Devaient être définis notamment, la délimitation des zones à étudier, les différentes priorités d'études et les moyens logistiques et institutionnels de les entreprendre.

1.2. Remerciements

Cette mission confiée à l'ORSTOM (Paris) a été effectuée du 12 au 23 décembre 1969 et nous a amenés à prendre contact, par l'intermédiaire de MM. Booth, adjoint au Représentant Résident des Nations Unies à Tunis, et Annabi, directeur de la Coopération multilatérale du Ministère des affaires étrangères, avec des personnalités du Ministère de l'agriculture :

- M. Samama, ingénieur, directeur, chef de la Division de l'hydraulique et équipement rural (HER),
 - M. Khouadja, ingénieur, chef de l'arrondissement de l'inventaire des ressources hydrauliques (IRH) de la Direction HER,
 - M. Boubaker, chef de la section topographique et photographique aérienne à la Division HER,
 - M. Hamza, chef du Service pédologique de Tunisie,
- ainsi que M. Cointepas, chef de la mission ORSTOM en Tunisie.

Nous remercions également les personnes qui nous ont aidés directement ou indirectement au cours de la tournée effectuée en Tunisie : MM. Hamza et Cointepas déjà cités ; M. Belkhouja, chef de la Section expérimentation et recherches du Service pédologique ; R. Gaddas, adjoint au Chef du Service pédologique de Tunisie, et Chef de la section cartographique de ce Service ; A. Ben Salah, chef du laboratoire de pédologie de Gabès ; R. Pontanier, A. Fournet, P. Martini, pédologues ORSTOM ; J. Cruette, hydrologue ORSTOM, chef de l'équipe hydrologique ; G. Dubée, hydrométriste ORSTOM.

Nous sommes également reconnaissants à :

M. J. Marion, directeur des projets FAO - IRT (Institut de reboisement de Tunisie) et à M. Poupon, expert dans ceux-ci, des renseignements apportés.

1.3 Itinéraires effectués hors de Tunis

- Tunis - Pont du Fahs - Sebikra Kourzia.
- Survol avion des régions comprises entre Tunis et Sfax et de la zone d'inondation de l'Oued Leben de son embouchure sur la mer à Maknassy.

- Tunis - Souk El Khemis - Souk El Arba - Teboursouk - Testour (Vallée de la Medjerda).
- Tunis - Lairouan et à partir de cette dernière ville, zone d'inondation des Oueds Zeroud et Merguellil.
- Kairouan - Haffouz - El Ala (cours moyen et supérieur de l'Oued Merguellil).
- Kairouan - Sbettla - Sidi Bou Zid - Sfax (Vallée de l'Oued Fekka).
- Sfax - Achichina - Maknassy (cours inférieur et moyen de l'Oued Leben) - El Djem - Tunis.

2. LES FAITS¹

2.1 Les précipitations

Des précipitations aussi élevées que celles de 1969 sont exceptionnelles. Cependant, il en a été noté d'également fortes dans les 70 dernières années, soit qu'elles sont connues par les fortes inondations qu'elles ont causées (1902), soit que des relevés météorologiques précis en témoignent. Ainsi, en 1931 (novembre-décembre), les pluies qui s'abattirent sur la Tunisie furent particulièrement denses, en novembre, dans la région comprise entre Soussa et Sfax et sur une partie de la dorsale (200 à 300 mm), moins denses vers l'ouest, le nord et le sud (100 à 200 mm - 50 à 100 mm). En décembre (du 7 au 13) à l'inverse, la partie nord de la Tunisie fut la plus touchée (200 à 300 mm) tandis que la pluviométrie se révélait décroissante très rapidement vers le sud avec cependant des pluviométries comprises entre 100 et 200 mm dans la région de Sousse-Kairouan et les hauts bassins du Méllègue, du Tessa, des Oueds Hattab et Merguellil. Les inondations furent importantes. La Sebkra Keldia remplie d'eau débordait et coupait la route à la hauteur de Sidi Bou Ali.

En 1959, des pluies importantes affectèrent la région de Sousse, de Kairouan et de Enfidaville.

En 1962, une crue très forte dévasta la région de Gabès et l'on parla de crue centenaire.

En 1964, enfin, des pluviométries exceptionnelles affectèrent principalement la dorsale tunisienne (100 à 200 mm) en octobre (le 30 octobre) et provoquèrent des crues et des inondations dans les régions de Tunis (Keldia) et de Kairouan.

Mais toutes ces précipitations et les inondations qu'elles ont causées ne semblent avoir rien de comparable avec celles de 1969. C'est ainsi que sur les

1. Les renseignements (relevés pluviométriques, cartes des précipitations, intensités pluviométriques, relevés des crues) ont été empruntés aux Bulletins pluviométriques du B.I.R.H. et au rapport de J. Cruette "Note sommaire sur les crues de 1969".

13 gouvernerats que comprend la Tunisie, 10 ont été plus ou moins durement touchés et que l'on déplorait à la date du 27 novembre 1969, 542 morts, 70.540 maisons détruites et 303.974 sans abris (Journal "La Presse").

Les précipitations de 1969 sont dues à un courant d'air froid polaire atteignant les régions méditerranéennes et le golfe de Gabès qui a provoqué un courant de retour d'air sec saharien ; celui-ci s'est humidifié au contact de la mer, a subi une ascension rapide en altitude où il a donné naissance à d'importantes masses nuageuses, épaisses de 5.000m, qui ont provoqué d'importantes averses (crues de septembre-octobre 1969 - S.E.T.P.H. Dir. Ponts Chauss.). C'est la répétition de ces arrivées de masses d'air froid qui a été la cause des averses successives en fin septembre et octobre, entrecoupées de périodes d'accalmie.

2.1.1 Septembre 1969

Les deux premières décades de septembre ont été marquées par des pluies de faible importance sur la presque totalité du pays. Elles ont provoqué de faibles crues des Oueds Zeroud et Merguellil.

La troisième décade de septembre a été, par contre, très pluvieuse et la presque totalité de la pluviométrie de ce mois est tombée pendant cette période.

Voici, à titre d'exemple, quelques pluviométries enregistrées en différentes parties de la Tunisie pendant le mois de septembre:

	P/1 moy. ann.	P Sept.	P/2 moy. Sept.	Ecart	Indice
<u>Nord Tunisie</u>					
Tunis	415	49,1	34,2	+ 14,9	1,43
Bizerte	625	8,8	32,1	- 23,3	0,27
Béja	626	49,9	38,2	+ 11,7	1,30
<u>Centre Tunisie</u>					
Kairouan	286	135,0	36,7	+ 98,3	3,67
Sousse	327	130,3	41,1	+ 89,2	3,17
Maktar	490	418,1	41,0	+ 377,1	10,19
<u>Sud Tunisie</u>					
Gabès	175	106,5	14,2	+ 92,3	7,5
Gafsa	152	(98,7)	13,5	+(85,2)	(7,31)
Maknassy	-	(226,8)	16,9	+(209,9)	(13,42)

1. moyenne sur 50 années d'observation. P en mm.

2. " " 60 " "

Dans l'ensemble du pays l'indice est supérieur à 1 à l'exception de Bizerte. De très importants écarts sont notés pour Maktar, Maknassy, Medenine...

Une pluviométrie de 500mm est indiquée dans le Sahel entre Sfax et Sousse.

2.1.2 Octobre 1969

Trois périodes pluvieuses ont été observées pendant ce mois :

- du 3 au 8 octobre
- du 11 au 17 octobre
- du 21 au 31 octobre

La première décade est caractérisée par une pluviométrie comprise entre 100 et 200mm dans la partie centrale et sud tunisienne (Sfax - Gabès - Djerba) avec 4 zones ayant reçu plus de 200 mm.

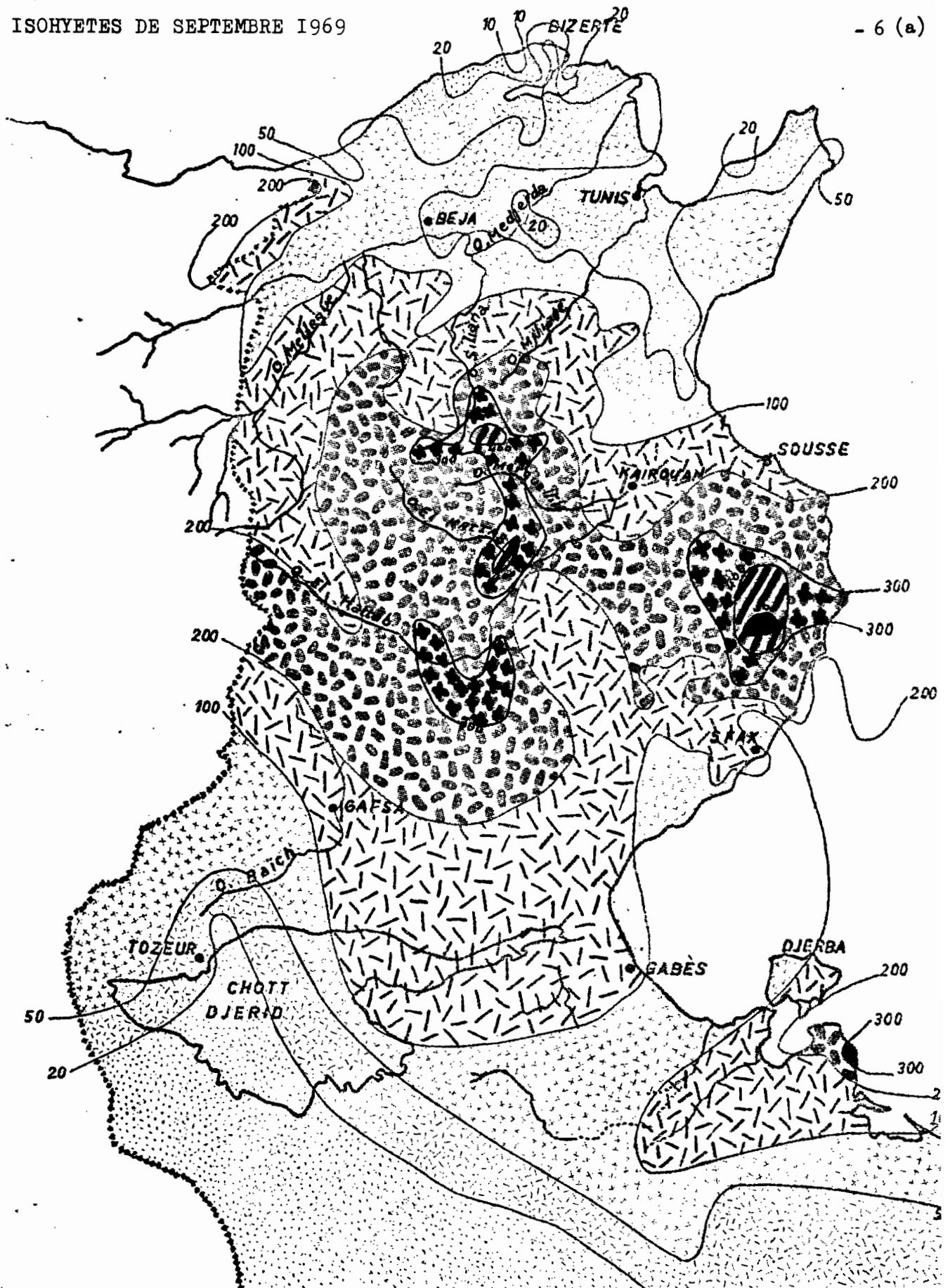
La deuxième décade fut beaucoup moins pluvieuse tandis que la troisième décade était comparable à celle de septembre avec des pointes de 200-300 et même 400mm dans la partie centrale.

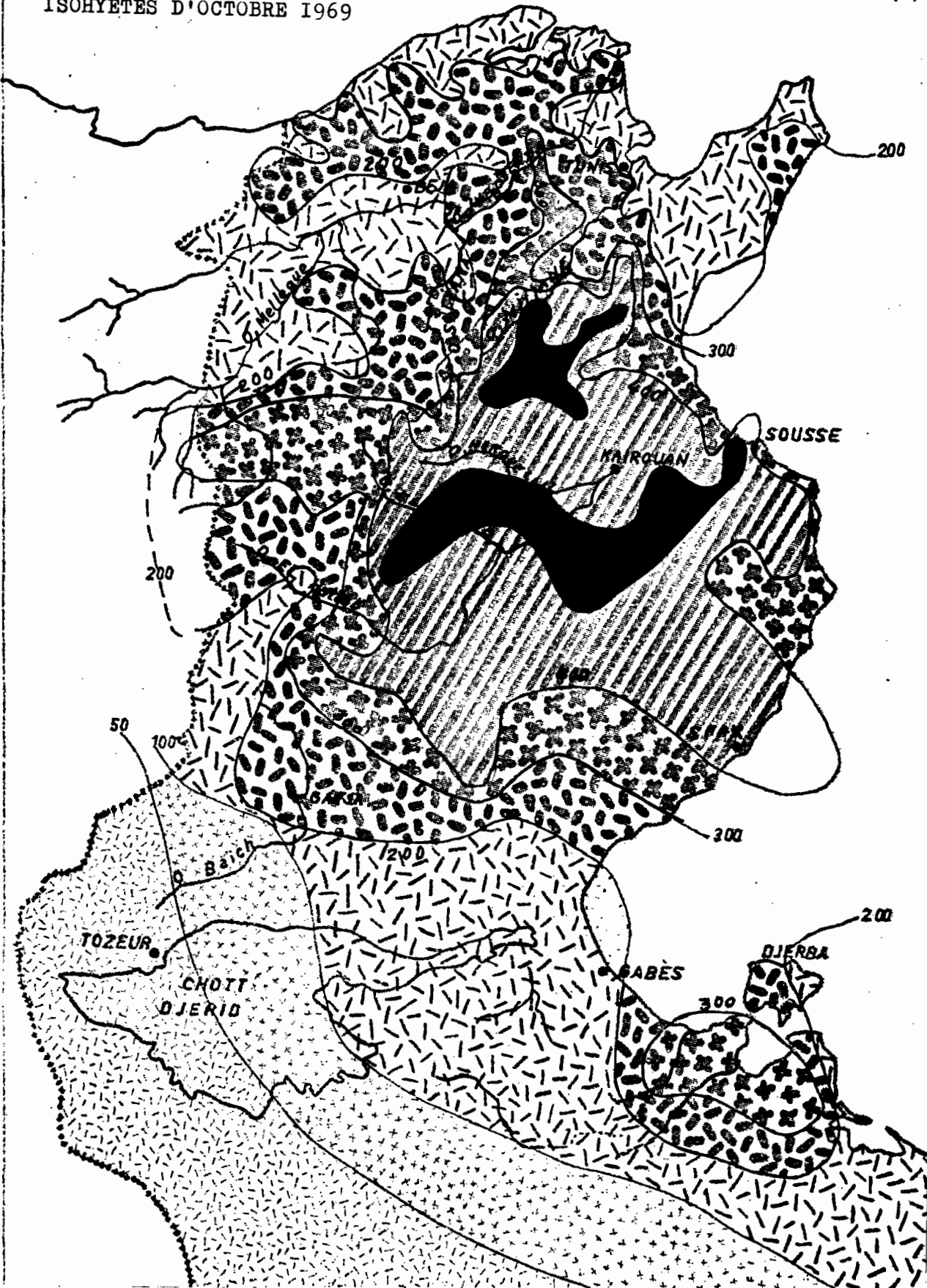
Un second tableau reproduit quelques-unes des pluviométries enregistrées en différents points de Tunisie pendant le mois d'octobre :

	P moy. ann.	P Oct.	P moy. oct.	Ecart	Indice
<u>Nord Tunisie</u>					
Tunis	415	184,4	56,1	128,3	3,28
Bizerte	625	(148,2)	73,5	+(74,7)	(2,01)
Béja	626	198,0	66,5	+ 131,5	2,97
<u>Centre Tunisie</u>					
Kairouan	286	(473,4)	34,9	+(438,5)	(13,56)
Sousse	327	381,0	45,0	+ 336,0	8,46
Maktar	490	439,6	40,8	+ 398,8	10,77
<u>Sud Tunisie</u>					
Gabès	175	162,0	32,9	+ 129,1	4,92
Gafsa	152	(73,3)	16,3	+(57,0)	4,49
Maknassy	-	(438,8)	19,1	+(419,7)	(22,97)

2.1.3 Les intensités pluviométriques

De nombreuses pluies journalières supérieures à 100mm ont été fréquemment enregistrées sur l'ensemble du territoire dont une de 300mm le 6 octobre à El Ala, à l'ouest de Kairouan et une autre de 272,5mm le 27 octobre dans ce même village.





Les intensités pluviométriques furent très diverses dans le temps et dans l'espace. C'est ainsi que des intensités instantanées maxima de 80mm/h ont été notées en plusieurs endroits. De même, des pluies de faibles intensités, mais continues ont été observées en d'autres ou dans ces mêmes lieux, et alors succédant ou précédant les premières citées. Si les fortes intensités ont eu une importance considérable sur les phénomènes d'érosion et l'arrivée des ondes de crue dévastatrices, les faibles intensités ont eu pour effet d'accentuer puis d'entretenir les inondations. Nous reproduisons ci-après les hyétogrammes des 21 et 22 octobre 1969 de Maktar et Sbeitla qui montrent les deux types de précipitations se succédant.

2.2 Les crues

Les précipitations occasionnèrent des crues souvent brutales et d'une extrême violence. Le tableau ci-après donne les débits maxima enregistrés des Oued en crue en 1969 :

Oued	Station	Superficie Km ²	Débit m ³ /s	Débit l/s Km ²	K
Zéroud	Sidi Saad	8.950	18.000	2.000	5,69
Merguellil	Haffouz	793	4.000	5.000	5,30
Kébir	Barrage	250	(2.000)	8.000	5,18
Zigzaou	GP 1	167	(1.500)	9.000	5,11
Nebaana	Barrage	855	2.200	2.600	4,76
Bou Arada	Bou Arada	95	600	6.300	4,65
Tessa	Le Sers	778	1.800	2.300	4,64
Tessa	Zouarine	405	1.250	3.100	4,62
Mellegue	K 13	9.014	6.000	670	4,51
Tessa	Krib	1.100	1.700	1.540	4,42
Miliane	Cheylus	1.444	1.300	900	4,04
Medjerda	Medjez El Bab	20.930	1.400	70	2,24

Pour mieux marquer les énormes quantités d'eau écoulées pendant la période de septembre-octobre, nous les comparons ci-dessous aux quantités annuelles moyennes transportées par chacun des oueds :

	Crue sept.-oct. 10 ⁶ m ³	Apport moyen annuel 10 ⁶ m ³
Zéroud	2.000	90
Medjerda	1.150	1.000
Nebaana	155	34,1
Merguellil	550	
Mellegue	680	15,7
Miliane	255	28,5

Pendant cette période, on peut estimer que 3 à 4 milliards de m³ d'eau se seraient ainsi écoulés vers la mer.

Il est difficile de donner des détails sur l'importance de chacune des crues tant que le dépouillement des relevés hydrologiques n'aura pas été fait.

A titre d'exemple, nous indiquerons ici les renseignements sommaires apportés sur les crues des 6 et 7 octobre 1969. Ils feront mieux comprendre la rapidité avec laquelle elles se sont produites et leur intensité :

- Oued Zéroud à Sidi Saad

début de la crue	6/10/69 à 12h30	H = - 100cm
maximum de la crue	6/10/69 de 17h à 20h	H = + 800cm
fin de la crue	7/10/69 à 8h	H = - 190cm
estimation débit maximum	Q = 8.000 m ³ /s	
estimation du volume	V = 250 x 10 ⁶ m ³	
remarque : le niveau du Zéroud à Sidi Saad remonte actuellement	7/10/69 à 12h	H = - 130cm

- Oued Merguellil à Haffouz

début de la crue	6/10/69 à 12h
maximum de la crue	6/10/69 à 18h
actuellement en décrue	
estimation du débit maximum	Q = 5.000 m ³ /s
estimation du volume	V = 200 x 10 ⁶ m ³

- Inondation de Kairouan

Le niveau maximum de l'eau autour de Kairouan a eu lieu vers minuit. La situation a été semblable à celle de la crue précédente.

- Oued Nebaana au barrage

début du débordement dans la matinée du 6/10/69
débit maximum du débordement = 1.700 m³/s le 6/10/69 à 21h30
Le débordement devient faible le 7 à 6h (160 m³/s).

- Oued Kébir au barrage Sidi Bou Baker

début du débordement dans la soirée du 6/10/69
maximum du débordement le 7/10/69 à 2h30 avec 73cm de charge sur le déversoir.

- Oued Miliane à Cheylus

début de la crue	6/10/69 à 12h	
maximum de la crue	7/10/69 à 1h40	- H = 760, Q=1.000m ³ /s
durée du maximum	: 2 heures	
cote le	7/10/69 à 9h	H = 365 cm

remarques

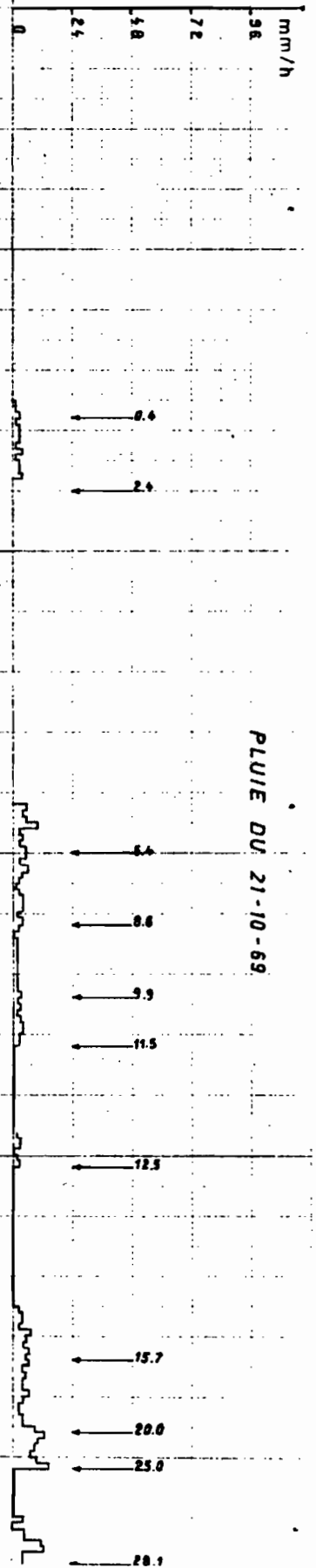
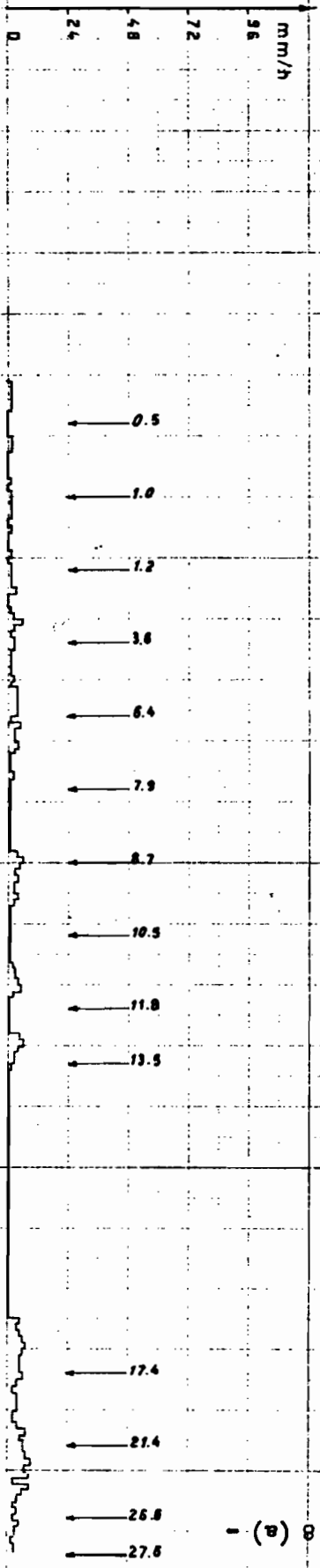
Coupure de la GP 1 le 6 à partir de 23 heures
Maximum des eaux sur la GP 1 le 7/10/69 vers 8h.

Sbétlla

Maktar

mm/h

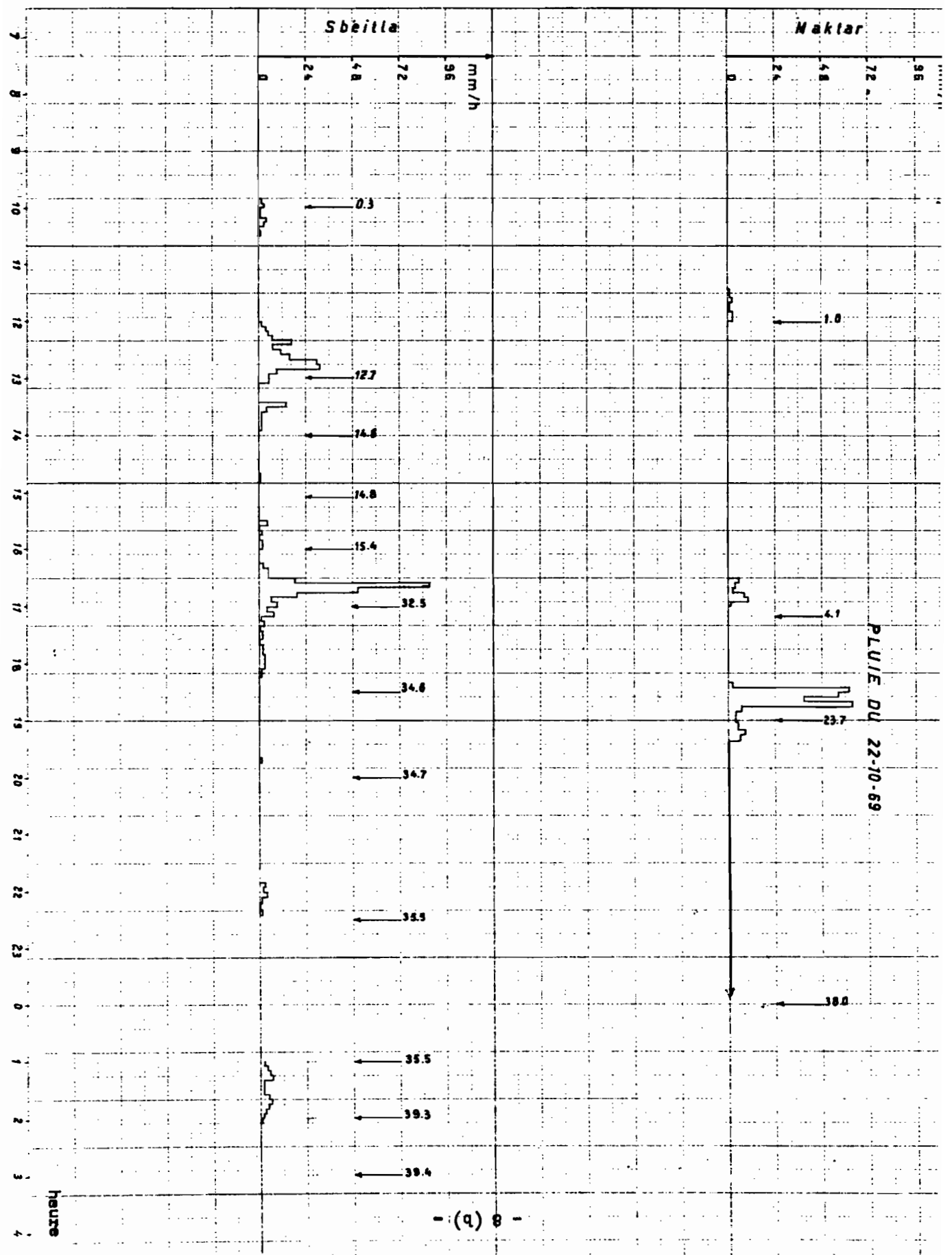
mm/h



PLUIE DU 21-10-69

(a) 8 -

heure



PLUIE DU 22-10-69

- Oued Medjerba à Medjez El Bab

début de la crue	6/10/69 à 21h	H = 590cm
maximum de la crue	7/10/69 de 1h à 2h	H = 700cm
actuellement en décrue		

- Sebkra Kelbia

Aucun renseignement, mais la situation devient très grave sur l'Oued Sidi Bou Ali.

L'interprétation de telles crues s'est avérée particulièrement difficile pour les hydrologues puisque les abaques tunisiens permettant de connaître l'importance des crues, établis en 1947, révisés en 1957 et 1960, indiquent pour l'Oued Zeroud une crue très supérieure à la crue millénaire, et pour 4 autres Oueds, des crues plus que millénaires.

Par comparaison avec les crues connues dans le monde, il semble s'avérer que la crue de l'Oued Zeroud ($K = 5,69$) est très près du record du monde détenu par une rivière du Texas ($K = 6,15$).

Ceci permet de conclure à la très grande importance du phénomène physique dont les conséquences ont été, notamment, de gros transports solides se déposant en aval dans les basses plaines sur des épaisseurs importantes.

D'après les hydrologues, la lame d'eau écoulée sur les zones ayant ruisselé serait de l'ordre de 100 à 150mm et les coefficients de ruissellement de 30 à 40 %.

2.3 Les inondations

Les inondations, faisant suite aux très fortes pluviométries et aux crues des fleuves, ont affecté de nombreuses régions, principalement dans le centre et le sud tunisien.

2.3.1 Centre et sud tunisien

Ces deux parties de la Tunisie ont été particulièrement touchées, et de multiples routes ou voies ferrées coupées ou emportées par les crues, tandis que les ponts subissaient un sort identique.

- Région de Kairouan (crues des Oueds Zeroud - Merguellil - Nebaana)
- Région comprise entre Achichima et Maknassy (crue de l'Oued Leben)
- Région de Sidi Bou Zid (crue de l'Oued Fekka) et, en aval, la sebkra Medjdoul.

Toutes les sebkra du centre et sud tunisien, à l'exception du Chott El Djerid ont été, par ailleurs, entièrement remplies par les eaux et certaines d'entre elles ont emprunté des exutoires naturels pour se déverser soit vers d'autres sebkra, soit vers des zones dépressionnaires, ou même vers la mer.

D'autres régions ont été atteintes par les inondations. Ce sont, du sud vers le nord :

- Région de Zarzig (SE de l'île de Djerba)
- Région d'Oued Melah (au N. de Gabès)
- Région N de Sousse,
et à l'ouest :
- Région de Maknassy et de Gafsa.

2.3.2 Nord Tunisien

Dans cette région où les précipitations ont été moins importantes et où le relief plus accidenté se prête moins à des débordements en nappe, les inondations ont été moindres, bien que de très gros dégâts aient été causés ici encore aux réseaux routier et ferroviaire et aux ouvrages d'art.

Les inondations ont affecté principalement les basses plaines :

- Dépression de Souk El Khemis - Souk El Arba (crue des Oueds Tessa - Mellegue - Medjerda),
- Région S de Tunis (crue de l'Oued Miliane)
- Région NO de Tunis (crue de la Medjerda dans son cours inférieur)

et les terrasses des principaux oueds : Medjerda - Siliana - Miliane - Bou Arada...).

Des sebkras de moindre étendue que celles des régions précédentes se sont également remplies des eaux d'inondation ou de ruissellement, comme la sebkra Kourzia près de Pont du Fahs.

3. LES CONSEQUENCES

Elles sont catastrophiques pour l'économie du pays par l'ampleur des dégâts causés principalement dans l'infrastructure routière et ferroviaire.

A titre d'exemple, on note :

- "- sur le réseau routier :
 - .32 ponts emportés ou gravement endommagés
 - .plus de 100km de routes ensevelies sous des dépôts, inondées ou démolies.
- sur le réseau ferroviaire du sud :
 - .plus de 110km de plateformes emportées, ravinées ou totalement détruites
 - .10 ouvrages d'art, totalisant une couverture de 150m, détruits

- .l'équivalent de 1km de cassis devenus de véritables ravins
- .sur la ligne Goulette, Jérissa, Kalaa-Jerba, 3km de voie détruite ainsi que 4 ponts, totalisant 110m de portée
- .sur la ligne Tunis-Sfax, le pont de 40m sur l'Oued Essed détruit ainsi que les voies de la gare de Sidi Bou Ali."

"La Presse" 5/12/1969

Les autres conséquences, et non des moindres, sont celles qui touchent le réseau hydrographique, les recouvrements alluviaux de sédiments qui se sont produits dans les basses plaines, les phénomènes d'érosion qui se sont manifestés en divers endroits et, notamment, dans des plantations.

Nous traiterons sommairement, en suivant, l'ensemble de ces conséquences, région par région, dans les secteurs où il nous a été donné d'aller.

3.1 La plaine de Kairouan

C'est la région qui semble avoir le plus souffert des inondations consécutives aux crues successives et répétées des Oueds Merguellil et Zeroud. Les divagations de ces Oueds au moment des crues ont eu pour résultat un changement important des données géomorphologiques en cette région par le fait de nouveaux cours d'oueds implantés parfois sur d'anciens tracés, et par celui de phénomènes de sédimentation d'une épaisseur atteignant jusqu'à 1,2m - 1,5m sur des surfaces importantes.

Nous donnons pour chaque Oued la liste des principaux débordements.

3.1.1 Oued Merguellil¹

- 1) débordement limité au niveau du périmètre d'El Aouareb.
- 2-3) puissant débordement au niveau du grand méandre. Il se divise en 2 parties :
 - 2 : va se perdre au pied du Draa Affane.
 - 3 : va inonder Rakada où il rejoint le Zeroud. Ce bras se scinde en deux cours secondaires limités en importance qui remontent vers Kairouan.
- 4) débordement, au niveau de la digue fusible, allant directement à Kairouan.
- 5) débordement traversant la route Kairouan - Fonndouk El Okbi et venant inonder la plaine devant Draa Thamar. Une partie des eaux butte contre la digue ceinturant Kairouan et vient rejoindre le bras 4.

3.1.2 Oued Zeroud

- 1) débordement en direction de Pavillier, inonde la sebkra Mechertat, d'où il rejoint la sebkra Cherita, puis celle de Sidi El Hani.

1. Les chiffres indiquent les différents cours suivis par les eaux. Ils se retrouvent sur la carte ci-jointe.

- 2) débordement dans un méandre allant alimenter l'Oued Mannsoura d'où il rejoint l'Oued Makta et la sebkra Sidi El Hani.
- 3) débordement un peu en amont du pont routier. Une partie des eaux inonde les périmètres de Zaafrana et rejoint l'Oued Mekta ; le reste remonte vers le nord.
- 4) lit mineur de l'Oued Zeroud.
- 5) une partie des eaux remonte vers Kairouan, le long de la route Kairouan - Sidi Amor Bou Hadjla.

3.1.3 Oued Ataf

Il résulte de la confluence des Oueds Zeroud et Merguellil et d'une partie des eaux de l'Oued Nebaana.

Les deux premiers Oueds réunis contournent le Draa Chouk (coupure de la route de Tunis), reviennent vers le SE pour contourner le Draa Choukouf, remonter vers le N. et se jeter dans la sebkra Kelbia.

Au plus fort des crues, la ville de Kairouan a été complètement encerclée par les eaux, sauvée par la présence de la digue la ceinturant.

Dans les parties inondées, la hauteur des eaux atteignait 2 à 3m ainsi que le montrent les laisses de crue sur les arbres. La sebkra Kelbia avait son niveau 3m au-dessus de l'actuel, et le bâtiment des pêches que l'on aperçoit de la route avant Kairouan était ennoyé jusqu'au toit.

Les zones réalluvionnées sont nombreuses (20 à 30.000 hectares). Citons parmi les principales celles de l'Oued Boghal, la vaste crue dépressionnaire d'épandage du Zeroud large d'une dizaine de km à la sortie de Kairouan sur la route de Sousse, et au sud de la ville, le jardin d'essais de l'agriculture, les périmètres irrigués.

Ce sont en général d'anciennes sebkra qui ont été recouvertes par des sédiments d'épaisseur variable.

Au périmètre d'essai de l'agriculture les sols initialement légèrement salés (5-8 mmhos/cm) ont été recouverts par des alluvions sablo-limoneuses atteignant jusqu'à 80cm. Les études poursuivies là portaient sur la salinité, la structure, les façons culturales, et notamment des pratiques de sous-solage suivi de cultures de luzerne. Ces essais avaient amené en certains endroits la disparition des plantes halophytes.

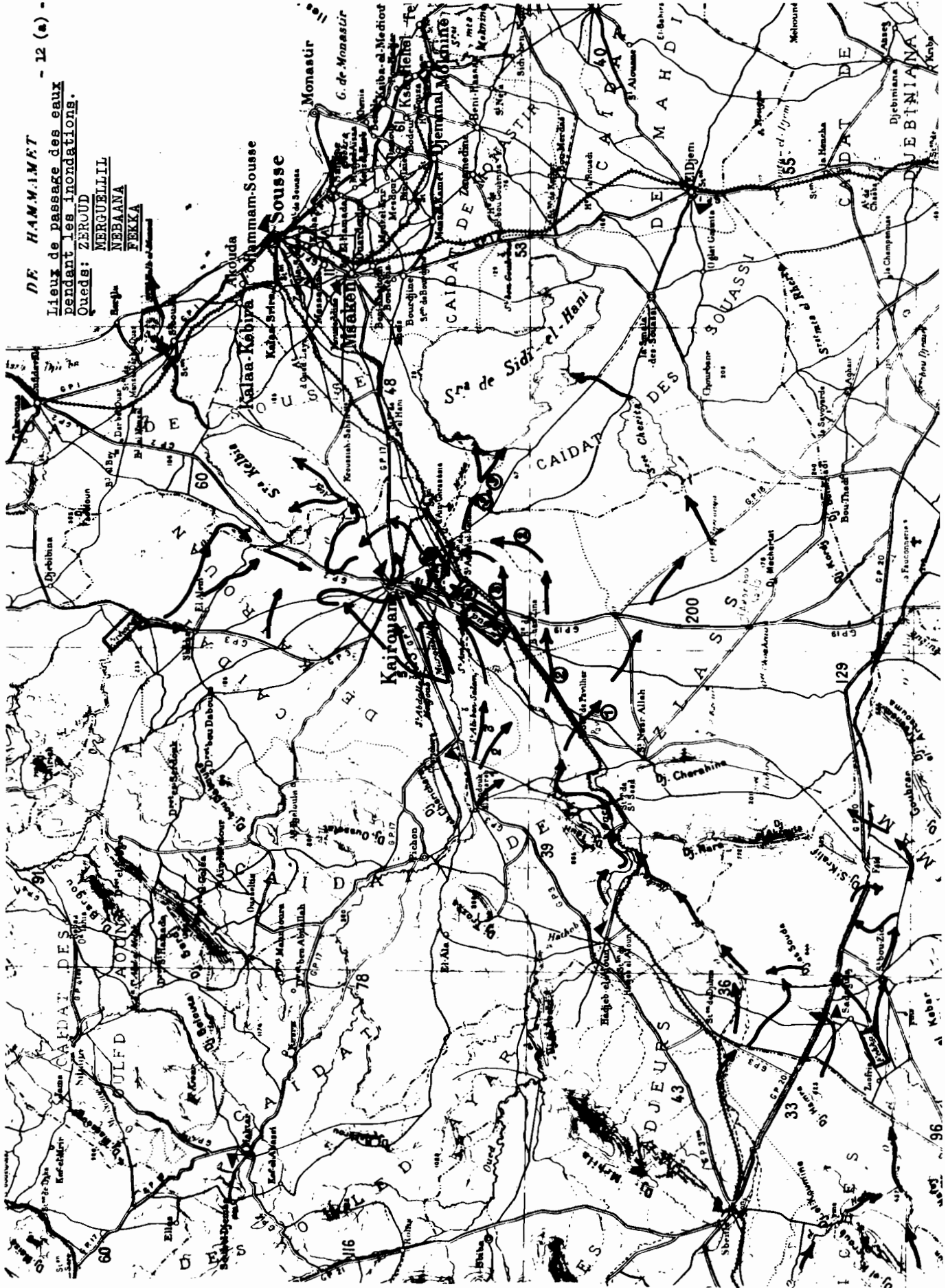
Dans la zone d'épandage du Zeroud, à la sortie de Kairouan vers Sousse, l'épaisseur de l'alluvionnement va de 40cm à plus d'un mètre.

A l'Oued Boghal, les sédiments de couleur beige, sablo-limoneux, atteignent jusqu'à 1,5m d'épaisseur et recouvrent un ancien sol salé brunâtre, argilo-limoneux portant les plantes halophytes classiques.

Au sud de Kairouan, la voie ferrée a retenu la sédimentation apportée par l'Oued Zeroud dans la partie la plus proche des montagnes et s'est trouvée emportée par la crue, plus en aval, vers le croisement des routes de Pavillier et de Gabès.

Lieux de passage des eaux pendant les inondations.

Oueds: ZEROUJ
MERGUELLIL
NEBAANA
FEKKA



La partie réalluvionnée où la végétation n'a pas encore eu le temps de s'installer fait contraste avec l'autre partie protégée par la voie ferrée où une dense couverture végétale a pris son essor à la suite de l'inondation et des pluies.

Ces zones d'alluvionnement sont hâtivement mises en culture après un labour ou un disquage léger, alors que primitivement les anciens sols n'étaient cultivés qu'exceptionnellement les années où de premières précipitations laissaient présager une pluviométrie plus forte que la moyenne.

Des zones de forte érosion sont également notées dans les parties où sont passés de très forts courants comme au nord de Kairouan où le Zéroud a érodé l'ancienne sebkra laissant en surplomb de 30 à 40cm des buttes portant des plantes halophytes tandis que le microrelief ainsi créé se trouve adouci par un léger alluvionnement sableux superficiel.

Dans toute cette région les vents commencent déjà à reprendre les sédiments nouvellement déposés et dépourvus de tout couvert végétal. Pour pallier ceci et aussi pour profiter au maximum de ces apports de sédiments jeunes encore très humides, des ensemencements de céréales par avion étaient sur le point d'être effectués lors de notre passage.

3.1.4 Les sebkras

Les différentes sebkras de cette région se sont trouvées alimentées directement par les eaux de crue des Oueds Zéroud - Merguellil - Nebaana. Toutes ont été remplies par les eaux et le sont encore.

La sebkra Kelbia qui était à sec avant les pluies et dont la capacité est d'environ 200 millions de m³ s'est trouvée un exutoire par l'Oued Essed par lequel elle a rejoint la sebkra Halk El Mendjel qui a coupé son cordon littoral la séparant de la mer, permettant ainsi le déversement de ses eaux dans celle-ci.

La sebkra Kelbia n'avait pas coulé dans l'Oued Essed depuis 1931. Son remplissage par les eaux semble avoir amené une désalinisation sensible des sols dont elle est constituée ainsi qu'en attestent les analyses d'eau anciennes et récentes (renseignements J. Cruette) :

<u>1967 gr/l</u>		<u>1969 gr/l</u>	
1/10	1,66	1/10	1,37
8/10	2,06	7/10	1,18
15/10	2,00	11/10	1,19

Les sebkras Chérifa et Sidi El Hani. La première a trouvé et mis en service un ancien exutoire conduisant ses eaux vers la sebkra Sidi El Hani qui les a accumulées sans que celles-ci trouvent de débouchés vers l'ouest ou vers la mer.

3.2 Le cours moyen du Merguelli et les phénomènes d'érosion dans l'arrière pays

Les phénomènes d'érosion ont seulement été observés dans la région d'Haffouz El Ala où deux points spectaculaires nous ont été montrés.

Près d'Haffouz, dans un périmètre traité par la CES, la partie terminale d'une zone d'érosion très ravivée et à forte pente a été aménagée par une succession de petits déversoirs en béton dont le rôle était à la fois de freiner la force érosive de l'eau en même temps qu'à l'arrière de ces déversoirs se déposaient les sédiments transportés. Ces différents petits ouvrages ont ici cédé, soit que leur ancrage ait été défectueux, soit que la masse des sédiments accumulés à l'arrière leur ait fait subir une trop forte poussée. Il faut dire aussi que, dans cette région, les précipitations ont été particulièrement importantes, si l'on en croit des renseignements locaux (176mm en septembre, 919mm en octobre dont une pluie de 330mm en 24 heures).

Dans ces sols bruns à accumulations calcaires discontinues en petits nodules, argilo-sableux, formés sur des sédiments dérivant des formations rouges mio-pliocènes, l'érosion n'a pas pris l'aspect spectaculaire que l'on voit dans les régions sableuses voisines ; tout au plus se manifeste-t-elle par un recul des têtes d'érosion. Une érosion pelliculaire superficielle importante mais peu visible est vraisemblable, puisqu'en certains endroits les tabias, calculés pour supporter des précipitations allant jusqu'à 200mm, se sont trouvés colmatés et ont cessé de remplir leur office. En d'autres endroits et d'autres lieux, ces tabias ont été emportés.

A El Ala dans des sols sableux, l'érosion a conduit à l'ouverture d'une nouvelle vallée, véritable gorge d'une vingtaine de mètres de profondeur débouchant dans l'Oued. Cette érosion s'est produite dans un périmètre très anciennement aménagé par les autochtones par une succession de tabias couverte de cactus. Le sol est ici brun-rouge, de texture sableuse, et présente à partir de 60 cm une très forte hydromorphie par pseudo-gley précédant elle-même, vers 2m, une croûte calcaire épaisse d'environ 1m. L'Oued en contre-bas coule au milieu de sédiments rouges ou verdâtres. La croûte calcaire, dans la partie amont où elle subsiste encore et est à nu, a subi une très forte abrasion à la suite du transport des sédiments.

D'une façon générale, dans toutes ces régions relativement accidentées, ce sont les chemins, les routes, qui ont servi de lieux de passage des eaux et qui, dans la mesure où ils étaient plus ou moins parallèles à la pente, ont été transformés en Oueds temporaires.

3.3 La région de Sidi Bou Zid et la sebkra Medjdoul

L'Oued Fekka est responsable dans cette région des importantes inondations auxquelles ont participé les eaux de l'Oued Sbeitla. Au nord de Sidi Bou Zid, une zone dépressionnaire, large de plusieurs kilomètres, s'est trouvée réalluvionnée tandis que de forts courants créaient d'importants dégâts dans des plantations près de la ville et dans celle-ci.

L'Oued Fekka qui rejoignait primitivement par le nord le Zéroud, a poursuivi lors d'une de ses crues son cours vers l'est se creusant une importante vallée au sud de Faïd, passant par un seuil entre deux massifs montagneux pour aller épandre ses alluvions à la sortie de ces massifs et inonder des plantations d'oliviers dans la région de Medjdoul où subsiste encore une importante étendue d'eau. La vallée ainsi creusée atteint 10 à 15m de profondeur où elle touche le socle et est large de 80 à 100m alors que primitivement existait une simple ride de 1 à 2m de dénivellation. Les conséquences du creusement dans cette partie paraissent très importantes du fait des phénomènes d'érosion sur les bords de la nouvelle vallée où des plantations d'oliviers notamment sont appelées à disparaître si un remède n'est pas trouvé. Une autre conséquence directe est le drainage de la nappe alimentant notamment le village de Faïd. Celle-ci coule sous un encroûtement gypseux qui lui doit sans doute son origine. Cet encroûtement est surmonté sur 1,50m d'un sicrozem à encroûtement gypseux de texture sableuse. Cette nappe donne actuellement un écoulement continu dans une dépression ouverte par l'érosion et remontant vers le village de Faïd. Cette dépression rejoint la nouvelle vallée.

3.4 La plaine d'inondation de l'Oued Leben

L'Oued Leben est un des rares Oueds permanents de cette région encore que son écoulement se limite principalement, en année normale, à la région nord-est de Mezzouna où il s'étale, tandis que vers l'est, son cours devient très indistinct et peu précis. Dans cette région, après les crues, celui-ci est devenu très net et s'est considérablement élargi, bien qu'il soit difficile de le préciser avant la comparaison des anciennes et nouvelles photographies aériennes.

Au cours de ces inondations, des communications se sont établies en cette même région entre de petites sebkra situées au nord et remplies par les eaux et l'Oued Leben avec écoulement vers ce dernier à travers des plantations d'oliviers. Les écoulements se sont traduits par des érosions en rigoles. Ces communications se sont arrêtées bien avant la sebkra Mecheguigue plus au nord, elle-même remplie par les eaux, et n'affectent que deux petites sebkra au nord de l'Oued Leben.

Les déversements de l'Oued Leben ont été moins complexes que ceux des Oueds de la région de Kairouan bien qu'ayant eu une importance également considérable en deux vastes zones où le fleuve a largement débordé.

La première se situe au nord de Mezzouna à la maison Cantonnière près de la ferme de la Michaille où le fleuve s'est trouvé canalisé dans un seuil installé dans des encroûtements gypseux.

La seconde se place en aval de ce seuil et va jusqu'à la mer (région de Achichina, dépression de l'Ouadrane).

Les alluvionnements sont toujours sensiblement de même nature, de texture légère, sableuse, sablo-limoneuse, à l'exception des dépôts argilo-limoneux juste en amont du seuil. Dans cette région, de nombreux affouillements attestent de la violence des courants en même temps qu'en zone plus calme les eaux se décantaient de leurs particules les plus fines.

Dans les deux ensembles inondés, l'épandage effectué en nappe sur des larges pouvant atteindre 10 à 15km a eu pour effet le nivellement de la plaine primitivement constituée par une seb'kra classique portant les plantes halophytes habituelles.

De premières analyses de sols effectuées par R. Pontanier sur la partie superficielle des dépôts et reproduites ci-dessous montrent la texture sablo-limoneuse des dépôts :

- des pH de 8 à 8,5
- des teneurs en CO_3Ca variables (3,6 à 18 %)
- des teneurs en gypse assez faibles (traces à 4,28 %)
- des teneurs en matière organique moyennes à faibles pour la région (0,05 à 0,65 %)
- des conductivités, de la pâte de sol saturée, variables (1,7 à 10mmhos/cm) avec prédominance de chlorure parmi les anions, et de Ca-Ne pour les cations.

De premiers prélèvements d'eau de nappe montrent également des salinités très variables qui donnent un aperçu de la diversité des eaux. Le résidu sec de celles-ci varie entre 0,4g et 30,3g par litre avec la prédominance des mêmes anions et cations signalés dans les sols.

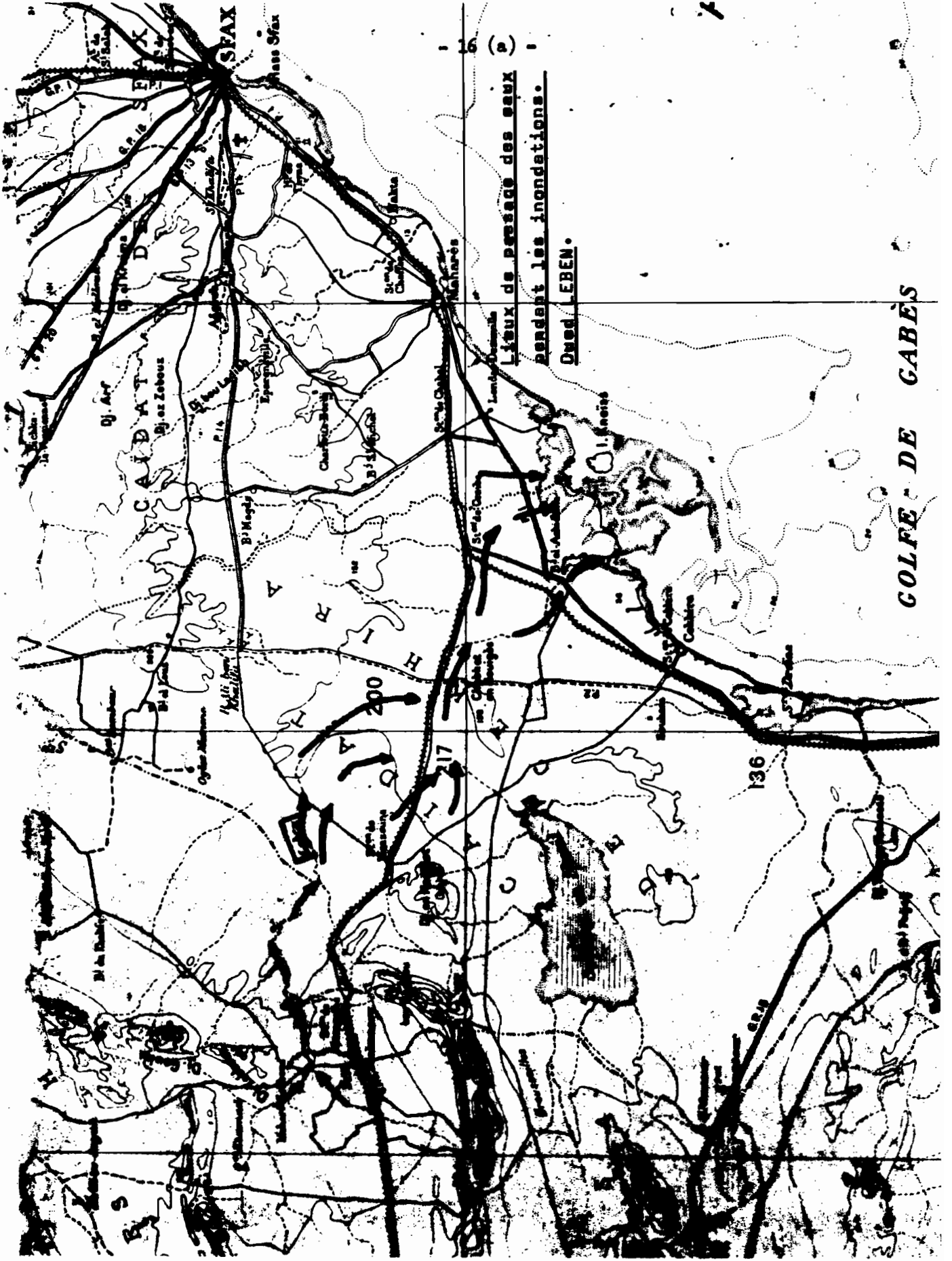
Ces terres, avant leur recouvrement, étaient initialement salées à très salées et utilisées comme pâturage à chameaux à l'exception des années très pluvieuses où le lessivage des sels vers la profondeur allié à la pluviométrie permettait d'y faire un peu d'orge.

Le réalluvionnement porte ici sur 60.000 hectares. L'épaisseur des sédiments déposés est également très variable allant de quelques centimètres à 1,5m notamment en certains endroits de la région d'Achichina.

3.5 La région de Maknassy - La seb'kra En Noual

A Maknassy l'inondation a eu pour origine non pas l'Oued Leben ni l'Oued Sellan très voisin, mais de multiples petits Oueds descendant du Djebel Bou Hedma situé au sud de la ville. Une érosion importante des pentes du massif a provoqué un apport considérable de sédiments qui se sont déposés dans la ville elle-même sur 80cm, et dans les plantations d'oliviers situées entre celle-ci et l'Oued Leben en même temps que ces dernières portent la trace de ravines d'érosion causées par de forts courants.

La route allant de la ville au fleuve a notamment servi à l'évacuation des eaux de crue et son aspect est particulièrement raviné à proximité de l'Oued Leben dont le cours s'est très élargi à l'endroit de sa confluence avec l'Oued Sellam. En cet endroit le pont romain, consolidé plusieurs fois, et qui servait encore au passage du fleuve a été emporté. Des ouvrages situés sur la berge ont également disparu. Celle-ci semble avoir reculé considérablement.



- 16 (2) -

Lieux de passage des eaux pendant les inondations.
Oued LEBEN.

COLFE DE GABÈS

SFAX

RIVER

200

136

100

50

0

100

50

0

100

50

0

100

50

0

100

50

0

100

50

0

100

50

0

100

50

0

PREMIERS RESULTATS ANALYTIQUES DES SEDIMENTS DEPOSES DANS LA DEPRESSION DE L'OUED LEBEN

Numero de l'échantillon	Profondeur	GRANULOMETRIE					pH 1/2,5	Total Calcaire %	Gypse 2H ₂ O SO ₄ Ca 2H ₂ O	Matière organique %	Saturation de la pâte %	Conductivité mmhos/cm 25°	Sels solubles				
		Argile	Limons	Sable très fin	Sable fin	Sable grossier							en milliéquivalents par litre d'extrait de saturation	Cl	CO ₃ H	Ca : Mg : Na	
TN 704	0.20	6.0	21.5	34.0	36.0	2.0	0.1	15.6	2.87	0.65	32.0	7.0	42.0	1.7	39.0	16.0	40.0
TN 563	0.20	10.0	15.5	46.0	26.0	traces	8.2	18.0	2.43	0.65	36.4	6.8	40.0	1.2	40.5	14.0	40.8
TN 731	0.20	7.0	3.0	17.0	72.0	1.0	8.35	6.8	4.28	0.2	29.6	3.3	6.0	2.0	35.0	8.0	8.0
TN 735	0.20	6.5	0.5	3.0	62.0	28.0	8.5	3.6	1.33	0.05	24.8	6.4	34.0	1.9	29.0	17.5	41.7
TN 733	0.20	10.0	7.5	43.0	39.0	traces	8.25	13.6	2.72	0.39	32.4	10.0	85.0	1.7	40.5	32.0	83.7
TN 657	0.20	7.5	1.0	12.0	79.0	traces	8.25	6.4	2.58	0.2	31.6	6.6	38.0	1.7	34.0	12.0	43.8
TN 621	0.20	9.0	6.0	35.0	47.0	2.0	8.1	10.4	3.24	0.25	32.0	7.1	43.0	1.3	39.5	14.5	40.8
TN 676	0.20	12.0	6.0	10.0	55.0	17.0	8.5	6.8	traces	0.45	26.8	1.7	4.0	2.0	12.5	3.5	4.8

PREMIERS RESULTATS ANALYTIQUES DES EAUX DE LA NAPPE DANS LA DEPRESSION DE L'OUED LEBEN

N°	Milligrammes par litre				Conductivité	Milliéquivalents pour 1000								
d'ordre	Ca	Mg	Na	SO ₄	Cl	CO ₃ H	R.S	mmhos/cm	Ca	Mg	Na	SO ₄	Cl	CO ₃ H
1	700	2.440	7.130	9.105	9.691	138	30.300	33.0	35.0	122.0	310.0	189.5	273.0	4.6
2	640	580	1.393	3.617	1.633	48	8.120	9.1	32.0	29.0	60.6	75.2	46.0	1.6
3	780	1.460	4.163	4.449	7.313	105	19.880	22.6	39.0	73.0	181.0	92.6	206.0	3.5
4	700	460	1.324	3.114	1.668	30	7.500	8.5	35.0	23.0	57.6	64.9	47.0	1.0
5	560	1.220	3.298	4.944	4.331	90	14.860	16.9	28.0	61.0	143.4	102.9	122.0	3.0
6	92	2	13	157	35	45	460	0.7	4.6	0.2	0.6	3.2	1.0	1.5
7	80	14	11	189	35	36	400	0.52	4.0	1.2	0.5	3.9	1.0	1.2
8	560	1.896	9.660	10.250	12.247	150	36.220	40.0	28.0	156.0	420.0	212.8	345.0	5.0
9	560	632	2.580	4.696	2.733	90	11.810	14.0	28.0	52.0	112.2	97.7	77.0	3.0
10	520	608	2.185	4.474	2.023	165	10.420	12.0	26.0	50.0	95.0	93.1	57.0	5.5
11	560	1.288	5.635	7.432	7.455	138	24.240	25.0	28.0	106.0	245.0	154.7	210.0	4.6

Sur le versant sud du Djebel Bou Hedma, l'importance des crues de petits Oueds est montrée par deux faits :

- le barrage d'Henchir El Boua a été emporté et ses eaux se sont écoulées vers la sebkra En Noual ;

- l'important cône de déjection de l'Oued Cherchara au sortir du massif dont les eaux ont alimenté la même sebkra. Cette dernière est actuellement entièrement en eau. Aucune communication ne semble avoir existé entre celle-ci et la plaine d'inondation de l'Oued Leben au SE de Mezzouna.

3.6 La dépression de Souk El Khemis - Souk El Arba

Dans cette plaine, si l'inondation a été relativement importante les sédiments laissés par celle-ci couvrent des surfaces restreintes.

Ce sont principalement les Oueds Mellegue et Tessa qui ont débordé du fait des très fortes précipitations reçues dans leur bassin amont, tandis que la pluviométrie était nettement moins importante dans la dépression de Souk El Khemis-Souk El Arba elle-même. Les Oueds prenant naissance sur le massif voisin auraient peu coulé.

3.6.1 L'Oued Tessa a débordé dans un méandre et l'inondation s'est propagée vers le Centre de formation professionnelle agricole de la Merjda. Les eaux ont été retenues par la voie ferrée et se sont décantées à l'arrière de celle-ci avant de submerger cette dernière. Les dépôts couvrent ici une superficie modeste d'une épaisseur de 10 à 20cm suivant les endroits. Ils sont de texture limono-argileuse à argilo-limoneuse de couleur grise tendant vers un gley sur 10cm environ, sans que l'on puisse dire si la couleur est due à des phénomènes de réduction ou est celle des marnes dont ils tirent leur origine. En profondeur, on trouve 5cm de dépôt plus limoneux, beige ocre. Ces nouveaux sédiments reposent sur l'ancien sol peu évolué, vertique, argilo-limoneux, brun.

La surface des dépôts est finement craquelée de fentes de retrait de 2 à 3cm d'ouverture qui forment des polygones de 40 à 60 cm de diamètre. Le tapis graminéen qui commence à se développer se limite à quelques herbes qui poussent uniquement dans les fentes de retrait. La bordure de la dépression où les dépôts atteignent 2 à 4cm a déjà été labourée et montre une sédimentation en plaquettes que ce premier travail du sol n'a pas fait disparaître.

Sur ces parcelles était suivie auparavant l'évolution physique des sols en fonction des pratiques culturales et de l'assolement. Des mesures de salinité étaient également faites périodiquement, la nappe phréatique se trouvant vers 2m et déterminant une certaine salinité du sol (7 mmhos/cm) à la hauteur de la frange capillaire, vers 80cm.

Au nord de la voie ferrée, si l'inondation a été importante, elle a laissé peu de traces sauf au sud du pont de la route Souk El Arba - Souk El Khemis dans l'endroit où cette route traverse la Tessa.

Il semble que la lame d'eau ait été de l'ordre du mètre à l'arrière de la voie ferrée, moindre dans la dépression.

Les eaux, après un écoulement nord à travers la plaine, rejoignaient la Medjerda.

3.6.2 L'Oued Mellegue qui a lui-même débordé a laissé peu de dépôts. On observe par endroits une couverture limoneuse-argileuse formant une fine pellicule de 1cm environ et légèrement craquelée qui repose sur un sol initialement sableux.

Par places, on trouve des flots sableux de 5 à 10m² apportés par la crue ou des laisses sableuses le long des touffes de végétation herbacée. Les taches étaient déjà peu visibles lorsqu'elles ont été reprises par les labours. Dans les parties cultivées en planches bombées, on note un léger alluvionnement dans les interplanches.

La lame d'eau semble avoir été assez faible, 5 à 10cm d'épaisseur.

Un fait important à noter et signalé par le service hydrologique est le suivant :

Les apports de la Medjerda à Souk El Arba ont été, au plus fort de la crue, de 500 m³/s, alors que le débit de la Medjerda à la sortie de la dépression de Sidi-Salem était de 1.300 m³/s. S'il est certain que l'écoulement des eaux se soit trouvé freiné du fait de l'étalement de la crue dans la dépression elle-même qui a, en quelque sorte, servi de volant pour la crue aval, on peut soupçonner que la masse d'eau provisoirement retenue n'a pas été sans alimenter des nappes.

Celles-ci, par suite de remontée, pourraient être la cause de phénomènes de salures futurs, ce qui aurait pour effet d'augmenter la superficie de la zone initialement salée de cette dépression.

Nous avons également eu l'occasion, au cours d'une rapide tournée dans la région du Pont du Fahs, de voir les résultats des débordements des Oueds Kébir et Bou Arada. Ici des zones plus réduites se sont trouvées inondées telles les gares El Hamada et El Kébira ainsi que la sebkra Kourzia, cette dernière était encore alimentée, lors de notre passage, par un écoulement en provenance de la garaa El Kébira. Aucun écoulement, par contre, ne semble avoir existé de la sebkra Kourzia vers le bassin de la Medjerda bien qu'un seuil étroit les sépare.

3.7 Remarques sur la morphologie fluviale¹

Au cours des crues de septembre-octobre, nous avons vu que les cours des fleuves avaient subi de profondes modifications portant :

- sur l'élargissement des lits majeurs et aussi parfois sur un changement profond des profils en travers qui ont pu se recreuser ou, inversement, se sédimenter ;

1. Ces problèmes seront développés plus amplement par G. Stuckmann, chargé d'étudier les effets morphologiques des inondations (voir Partie II de ce rapport).

- sur l'érosion ou l'alluvionnement des berges ayant amené en certains endroits la formation de bourrelets latéraux ;
- sur des coupures d'anciens méandres.

.....

Parmi ces modifications du réseau hydrographique, la plus importante paraît être les nouveaux cheminements empruntés hors du lit majeur pendant les crues. Si, dans la plupart des cas, les eaux ont repris d'anciens parcours non fonctionnels depuis fort longtemps, en d'autres cas, ce sont de véritables vallées qui se sont ouvertes (Oued Fekka à l'est de Sidi Bou Zid) et qui risquent de modifier profondément l'ancien équilibre hydrologique.

Tous ces faits risquent de fausser les prévisions de crues futures sans pour cela présager qu'elles auront une importance aussi considérable qu'en 1969.

Pendant les crues, le débordement des eaux hors des lits majeurs des Oueds s'est effectué d'une façon générale dans les méandres, ce qui a fait dire en termes imagés "l'Oued a raté son virage et a continué tout droit". Les départs en cette position paraissent le résultat de l'étêtage de l'onde de crue au plus fort de celle-ci.

Nous avons vu que la majorité des éléments déposés et dont le cubage reste à définir était de nature sableuse, sablo-limoneuse ce qui implique que les particules les plus fines limon-argile¹ ont été se sédimenter soit dans la mer, lorsque les eaux ont trouvé un débouché vers celle-ci, soit vers les sebkras. Si dans le premier cas, la formation de deltas sous-marins comme à l'embouchure de la sebkra Halk El Mensel ou de l'Oued Leben est vraisemblable et n'aura pas de grandes conséquences prévisibles, l'alluvionnement dans les sebkras peut être, à l'inverse, très important car ces dernières vont perdre une partie de l'aptitude qu'elles présentaient autrefois d'emmagasiner des quantités d'eau considérables lors de très fortes inondations.

Toutes ces dernières remarques impliqueraient des mesures de nivellement dans les zones de passage des eaux d'inondation, ainsi qu'en certaines parties des périmètres réalluvionnés. De telles mesures seront certainement demandées par le service hydrologique, elles seront également utiles aux pédologues.

1. Il nous a été donné de voir dans le cours de certains Oueds comme l'Oued Zeroud à la sortie de Kairouan de véritables boules argileuses, argilo-limoneuses... prélevées aux berges ou à des séries sédimentaires anciennes qui ont roulé sur le fond des lits lors de la crue en se piquetant de cailloux grossiers. De telles boules atteignaient jusqu'à 30 à 40cm de diamètre. Leur existence sans doute éphémère, montre bien que l'alluvionnement n'a pas été uniquement sableux et que les particules les plus fines sont allées se déposer plus en aval.

4. PROPOSITION DE TRAVAUX A REALISER

Après discussion avec les pédologues locaux, les propositions de programme suivantes pouvaient être recommandées dans les régions ci-après :

- Dépression de Souk El Khémis - Souk El Arba (région nord Tunisie)
- Plaine de Kairouan (région centre Tunisie)
- Dépression de l'Oued Leben (région sud Tunisie)

Deux autres régions mériteraient également une étude, ce sont celles de la plaine d'inondation de l'Oued Miliane près de Tunis, et celle située à l'ouest de Sidi Bou Zid où l'Oued Fekka s'est ouvert une nouvelle vallée.

Certaines de ces régions avaient déjà fait l'objet, au cours de ces 15 dernières années, d'études pédologiques dont voici une liste sommaire :

- Etude pédologique de la Haute Vallée de la Medjerda. Carte 1/50.000. Martini P.
- Etude pédologique de la vallée du Miliane. Martini P.
- Etude générale des sols de la plaine de Kairouan. Carte de reconnaissance au 1/100.000. Bouraly J.
- Etude pédologique du périmètre de l'Office de mise en valeur de Sidi Bou Zid. Feuille de Sidi Bou Zid et de Bir El Hafey. 1/50.000. Chauvel A.
- Etude pédologique de Bled Sidi Meddeb. Zone nord. Carte de reconnaissance 1/100.000. Mori A.
- Etude pédologique ... Bou Hedma. Carte 1/20.000. Fournet A.
- 2 cartes pédologiques de Bled Regueb. Fournet A.
- Périmètre de Ksar Rheris. Région de Mazzouna. Fournet A.

4.1 Cartographie - Evolution des sédiments

Cartographie au 1/50.000 des surfaces recouvertes par des dépôts alluviaux résultant des crues de septembre-octobre 1969 avec mesures de l'épaisseur des sédiments, de leur granulométrie, de leurs caractéristiques physico-chimiques, ceci par les analyses pédologiques classiques (structure, pH, matière organique, sels solubles, gypse, CO_3Ca , capacité d'échange...).

A l'intérieur de ces grands ensembles, seront choisies de petites unités d'une centaine d'hectares chacune (4 ou 5 par ensemble) où une étude identique mais plus détaillée sera faite à une échelle plus grande, le 1/10.000 par exemple. Ces petites unités seront représentatives de secteurs donnés par la variabilité de l'épaisseur de la sédimentation, la texture de celle-ci...

Dans ces petits périmètres sera suivie, dans des parcelles expérimentales, l'évolution des nouveaux sédiments (parcelle témoin et parcelle sous culture). Les études porteront sur les variations de la structure des sédiments, de leur salinisation progressive en cours d'année en fonction de leur épaisseur, de la nature de l'ancien sol sous-jacent, des profondeurs de la nappe phréatique et de la salinité plus ou moins grande de celle-ci.

Ces études pourront s'effectuer, suivant les régions, sur des recouvrements différents :

- sur d'anciens sols halomorphes (cas le plus fréquent, et alors le contrôle de l'influence de la nappe phréatique dans l'évolution des nouveaux sédiments sera déterminant) ;

- sur des croûtes ou encroûtements gypseux ou calcaires (l'évolution des sédiments jeunes pourra alors se faire par le contrôle des teneurs en calcaire actif, des teneurs en gypse et des variations de salinité de nappes temporaires, par le contrôle de bilans hydriques faisant ressortir un mouvement des solutions du sol en fonction de l'alternance des saisons).

Ces études contribueront à la connaissance des sols polygéniques si fréquents dans les régions subarides où des pulsations climatiques brutales, mais de courtes durées, sont la source de dépôts importants évoluant ensuite plus ou moins rapidement suivant le type de pédogenèse (halomorphie, hydromorphie, calcification, gypsification...) dans les conditions climatiques moyennes de ces régions.

Les études de cartographie et d'évolution des sédiments doivent être placées en première urgence puisque certaines évolutions, comme celles de sédiments jeunes en couverture sur des sols salés, risquent d'être très rapides. Ces études sont donc à effectuer dès la première année et devront être poursuivies pendant une période de plusieurs années, au minimum de 3 à 5 ans, suivant le type de pédogenèse auquel on aura affaire.

4.2 Etude des sebkra

Au cours de ces inondations, les sebkra se sont révélées comme des régulatrices importantes des crues en emmagasinant des quantités d'eau considérables. Il paraît important de suivre leur décrue et la variation progressive de la salinité de leurs eaux jusqu'à l'assèchement complet. Ceci afin de dresser notamment un bilan géochimique des sels déposés au cours de l'assèchement.

Le haut niveau des eaux dans ces sebkra doit, par ailleurs, avoir dans l'immédiat des influences importantes sur le niveau de nappes voisines qu'elles peuvent alimenter et, par voie de conséquence, sur les sols, occasionnant par exemple localement des phénomènes de salure.

Il est fondamental, en même temps que de suivre les variations de la nappe d'eau libre en cours d'assèchement, de mesurer les évaporations qui se produisent à la surface de celle-ci. Ces différentes mesures permettront de dresser un bilan des infiltrations dans la sebkra, car ce sont ces dernières qui vont alimenter les nappes voisines.

Il paraît utile d'étudier, dans chacune des trois régions (nord, centre et sud tunisien), ces différents problèmes en prenant dans chacune d'elles une sebkra témoin :

- Région nord : sebkra Kourzia (Pont du Fahs)
- Région centre : sebkra Kelbia ou Sidi El Hani
- Région sud : sebkra En Noual.

Au stade final, la cartographie des sédiments déposés dans la sebkra et leur épaisseur permettront la connaissance du cubage des apports des bassins versants de chacune des sebkra, et également, de définir l'importance de l'érosion sur chacun de ceux-ci.

L'étude des sebkra est également à placer en première urgence et aurait dû commencer dès la fin de l'année 1969. Il est évident qu'une telle étude devra durer jusqu'à l'assèchement complet de la sebkra et être poursuivie ensuite si l'on désire connaître l'évolution des nouveaux sédiments de ces sebkra, la variation du niveau de la nappe et de sa salinité.

4.3 Sédimentologie - Etude des phénomènes d'érosion sur les bassins versants - Conséquences pratiques

Les propositions de programme qui sont faites ici sont multidisciplinaires puisqu'elles requièrent les services de sédimentologues, d'hydrologues, de pédologues, de membres de la CES. Elles seront complétées par celles de G. Stuckmann, géomorphologue, qui a étudié les effets morphologiques dus aux inondations et les moyens d'y remédier.

Les inondations ayant eu pour conséquence principale des phénomènes importants de transports de sédiments, il s'avère indispensable de connaître l'origine de ceux-ci.

Le Service hydrologique nous indique des coefficients de ruissellement particulièrement importants (30, 40, 50 %) pour ces régions, pendant la période où sont tombées les très fortes précipitations.

Les observations que nous avons pu faire lors de notre rapide tournée nous ont montré dans le bassin aval des élargissements des cours des fleuves, des arrachements de berges, des coupures de méandres, des érosions de terrasses... et, dans la partie amont, des reculs de têtes de ravines et de spectaculaires entaillements de nouvelles vallées dès que le matériau devient relativement meuble.

Mais tout ceci ne semble pas suffire à expliquer les masses considérables de sédiments atterries dans les bassins aval. Une érosion pelliculaire hypodermique, subsuperficielle de l'ensemble de l'arrière bassin semble une des sources principales de tels dépôts.

Les études à faire en ce sens doivent s'effectuer sur l'ensemble de 3 bassins :

- Oued Merguellil
- Oued Zeroud
- Oued Leben

Elles porteront sur la granulométrie des sédiments, la morphoscopie des sables, les minéraux lourds, la minéralogie de la partie non quartzeuse. Elles doivent tendre à définir l'apport des différentes parties d'un même bassin versant. Elles seront complétées par l'étude de bassins versants expérimentaux où les phénomènes d'érosion et de transports solides et solubles pourront être suivis.

Ces bassins versants seront choisis de manière à être représentatifs, pour une même région, des principaux types de sols que l'on observe sur celle-ci.

Dans une seconde phase, ces bassins versants expérimentaux pourraient être aménagés par tous systèmes de lutte anti-érosive favorable, de façon à déterminer celui qui serait le mieux approprié pour une région et un type de sol donnés.

Il pourrait être aussi envisagé, pour juger de l'influence des systèmes de lutte anti-érosive, de suivre simultanément un bassin témoin non traité, et un ou plusieurs bassins traités, dans la mesure où ceux-ci pourront être définis comme équivalents par les hydrologues et les pédologues.

En plus des études sédimentologiques effectuées dans les bassins versants complexes des Oueds Zeroud, Merguellil, Leben, les zones d'épandage en provenance directe des massifs voisins à la suite de ruissellement diffus ou en ravines, paraissent devoir faire l'objet d'études particulières. Nous pensons ici au sud tunisien et à la région de Maknassy où les apports des Oueds descendant du massif se sont accompagnés de transports importants accumulés sur 80cm dans la ville elle-même.

L'étude du cône de déjection de l'Oued Cherchara se jetant dans la sebkra En Noual, au sud-ouest de Mezzouna, paraît par exemple nécessaire.

Il s'agit, dans ce cas, de systèmes relativement simples vu l'étroitesse du bassin versant mais particulièrement actifs par suite de pente importante dans ces régions à climat subaride très accusé.

Nous suggérons que la réalisation d'un tel programme soit faite en collaboration avec les différents services intéressés et déjà énumérés et qu'un coordinateur tunisien soit chargé de veiller à son exécution. A ce dernier viendra s'adjoindre, dans le cas d'intervention d'un organisme d'assistance technique internationale, un second coordinateur désigné par cet organisme.

Certaines parties de ce programme de recherche doivent être entreprises le plus rapidement possible/¹ ; c'est notamment celles portant :

- sur l'évolution des nouveaux sédiments (étude de leur salinisation progressive ou de toute autre pédogenèse - étude des variations des mouvements de la nappe et de sa salinité);
- sur l'évolution des nappes d'eaux libres emmagasinées dans les sebkras (étude de l'assèchement, des phénomènes de concentrations en sels, des sols progressivement exondés - étude de l'influence de l'assèchement des sebkras sur les nappes voisines de celles-ci).

Toutes ces études impliquent, par ailleurs, l'exécution du programme de la couverture photographique aérienne prévu initialement. Ce programme doit être fait très rapidement si l'on désire posséder le maximum de renseignements sur les limites des inondations et des apports. C'est ainsi que des voiles éoliens risquent de masquer ceux-ci puisque les sédiments déposés sont déjà l'objet de ces remaniements par le vent dans la région de Kairouan et dans celle de l'Oued Leben.

1. Actuellement, une première enquête est en cours sur les Oueds de la région de Kairouan. Conduite par M. Belkhodja, assisté de deux agents techniques, elle comportera notamment un essai agronomique sur sédiments sableux recouvrant une ancienne zone de sebkra.
Dans la région de l'Oued Leben, M. Pontanier termine une enquête préliminaire sur l'extension des sédiments.
Dans les plaines d'inondation du Tessa, du Mellegue, de la Medjerda, MM. Martini et Belkhodja ont procédé de la même façon à une première reconnaissance sommaire des dépôts alluviaux.

tunisie

Les inondations de septembre-octobre 1969 en Tunisie:

Partie I: Etude pédologique

par J. Pias

Partie II: Effets morphologiques

par G. Stuckmann

décembre 1969

AVANT - PROPOS

En septembre 1969, et à nouveau en octobre de la même année, le centre et le sud de la Tunisie ont subi des inondations catastrophiques et probablement sans précédent depuis plusieurs siècles.

Avec l'accord du Gouvernement tunisien, l'Unesco a envoyé en Tunisie, au titre de son programme d'études des catastrophes naturelles et des moyens de les prévenir, deux experts qui ont pu, grâce à l'appui et à la coopération des autorités tunisiennes, mener à bien rapidement une étude des aspects pédologiques et morphologiques de ces inondations. Après avoir exposé et commenté leurs observations, MM. Pias et Stuckmann formulent quelques recommandations sur les mesures qui pourraient être prises en vue d'approfondir nos connaissances de ce phénomène naturel et d'assurer dans l'avenir une meilleure protection contre de telles catastrophes.