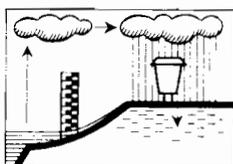


RÉPUBLIQUE TUNISIENNE  
—  
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE  
—  
DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU ET EN SOL

RECHERCHES EN MILIEU MÉDITERRANÉEN HUMIDE

ANALYSE ET MODÉLISATION  
DES ÉCOULEMENTS SUR DES BASSINS  
DANS LE NORD TUNISIEN



D. IBIZA

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

O.R.S.T.O.M. EN TUNISIE

CENTRAL HYDROLOGIQUE . BONDY



OFFICE DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
OUTRE MER

---

REPUBLIQUE TUNISIENNE  
MINISTERE DE L'AGRICULTURE  
DIRECTION DES RESSOURCES  
EN EAU ET EN SOL

---

RECHERCHES EN MILIEU MEDITERRANEEN HUMIDE  
ANALYSE ET MODELISATION  
DES ECOULEMENTS SUR DES BASSINS  
DANS LE NORD TUNISIEN

---

(Bassins de l'Oued Sidi Ben Naceur)

D. IBIZA

## S O M M A I R E

=====

	Pages
<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>CHAPITRE I : LE CLIMAT REGIONAL - LES CARACTERISTIQUES BIOPHYSIQUES DES BASSINS - LES ZONES HOMOGENES</u>	3
I-1. LE CADRE REGIONAL	5
1.1.1. Le situation géographique	5
1.1.2. La géologie régionale	5
1.1.3. Le climat régional	6
1.1.4. La pluviométrie	11
I-2. LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET PHYSIOGRAPHIQUES DES BASSINS	19
1.2.1. Description des bassins	19
1.2.2. Cartographie - Hypsométrie	19
1.2.3. Densité de drainage - Rapports de confluence	23
1.2.4. Aperçu géologique	23
1.2.5. Pédologie	23
1.2.6. Végétation	25
I-3. ZONES HOMOGENES - REPRESENTATIVITE DES BASSINS	29
1.3.1. Schématisation de la carte géologique	29
1.3.2. Carte simplifiée de la végétation	29
1.3.3. Influence sur la végétation des agents extérieurs	30
1.3.4. Zones homogènes	31
I-4. LA REPRESENTATIVITE DES BASSINS	33
1.4.1. Le Bassin des "ARGILES CALCAIRES"	33
1.4.2. Le Bassin des "EUCALYPTUS"	33
1.4.3. Le Bassin "AMONT"	33
1.4.4. Le Bassin "AVAL"	33

	Pages
<u>CHAPITRE II</u> : EQUIPEMENT - OBSERVATIONS - MESURES	37
II-1. LA DUREE DE L'ETUDE	39
II-2. DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES - PHOTOPLAN	39
II-3. HYDROMETRIE	39
2.3.1. Description et étalonnage des stations	39
2.3.2. Inventaire des mesures limnigraphiques	40
2.3.3. Résultats hydrométriques	40
II-4. PLUVIOMETRIE	41
2.4.1. Mesures des intensités	41
2.4.2. Mesures des précipitations journalières	42
II-5. CLIMATOLOGIE	45
2.5.1. Températures	45
2.5.2. Evaporation	46
II-6. CHARGEMENTS SUR BANDES DES DONNEES	46
 <u>CHAPITRE III</u> : LES PRECIPITATIONS - EFFET DE DISTORSION DES MESURES - ANALYSE DES AVERSES	 47
III-1. PRECIPITATIONS MOYENNES PAR BASSIN - VALEURS MENSUELLES ET ANNUELLES	49
III-2. ISOHYETES INTERANNUELLES	49
III-3. EFFET DE DISTORSION SOUS L'ACTION COMBINEE DU RELIEF ET DU VENT	49
3.3.1. Rappel des effets obtenus à MADAGASCAR	52
3.3.2. Approche théorique	52
3.3.3. Processus réel	54
3.3.4. Conclusion pour la détermination de la pluie moyenne sur un bassin	55
3.3.5. Appréciation de l'importance du phénomène	55
III-4. CONCLUSION POUR LA REPRESENTATIVITE DES PLUIES MOYENNES SUR LES BASSINS NORD	57

	Pages
III-5. ANALYSE DES AVERSES	57
3.5.1. Les intensités maximales mesurées	57
3.5.2. Les intensités supérieures à un seuil donné	58
3.5.3. Corps d'averse, pluie utilisable... définitions	58
3.5.4. Choix de la valeur du seuil : 3 mm/h	58
3.5.5. Les tableaux	60
3.5.6. Corrélations entre la pluie utile et la pluie en 24h	60
3.5.7. Corrélation : durée de la pluie utile par la pluie en 24h	60
3.5.8. Nombre de corps d'averse en 24h	63
3.5.9. Distribution du nombre de corps d'averse par classes de hauteurs de pluie en 24h	63
III-6. CONCLUSION	64
<u>CHAPITRE IV</u> : ETUDES DES DEBITS	67
IV-1. STATION AVAL	71
4.1.1. Débits mensuels et annuels	71
4.1.2. Ressuyage apparent	71
4.1.3. Analyse statistique des crues	71
4.1.4. Hydrogramme type	73
IV-2. BASSIN AMONT	73
4.2.1. Débits moyens mensuels et annuels	73
4.2.2. Ressuyage apparent	74
4.2.3. Analyse statistique des crues	74
4.2.4. Hydrogramme type	76
IV-3. BASSIN ARGILES CALCAIRES	76
4.3.1. Débits moyens mensuels et annuels	76
4.3.2. Ressuyage apparent	78
4.3.3. Analyse statistique des crues	78
4.3.4. Hydrogramme type	78

	Pages
IV-4. BASSIN EUCALYPTUS	79
4.4.1. Débits moyens annuels et mensuels	79
4.4.2. Analyse des crues	79
4.4.3. Ressuyage apparent	79
4.4.4. Hydrogramme type	81
IV-5. COMPARAISON DES DEBITS MAXIMAUX DES CRUES - TYPE	81
4.5.1. Effet du reboisement et des banquettes	81
4.5.2. Influence de la surface des bassins sur les débits de Pointe	81
4.5.3. Examen des coefficients de forme des crues types	85
IV-6. COMPARAISON DES DEBITS DE CRUES TYPE ET DES CRUES DECENNALES	85
IV-7. CORRELATION ENTRE DEBITS DE POINTE ET LAMES RUISSELLEES	86
IV-8. CONCLUSION	88
<u>CHAPITRE V</u> : ETUDE DES ECOULEMENTS - COMPARAISON DES BASSINS	89
V-1. SEPARATION DES ECOULEMENTS	91
5.1.1. Définition des séquences pluvieuses	91
5.1.2. Définition et séparation pratique du ruis- sellement, du ressuyage apparent - Ecou- lements rapides - Débit de base	91
V-2. COMPARAISON DES ECOULEMENTS PENDANT LES SEQUENCES PLUVIEUSES	94
5.2.1. Comparaison des écoulements rapides et des ruissellements	94
5.2.2. Comparaison des écoulements rapides des bassins	102

	Pages
V-3. ZONES HOMOGENES	103
5.3.1. Comparaison des écoulements des bassins "ARGILES CALCAIRES" et "AMONT"	103
5.3.2. Résultats et interprétations	104
5.3.3. Conclusion sur les différences de compor- tement à l'écoulement	107
V-4. ETUDE DES ECOULEMENTS ANNUELS	107
5.4.1. Ecoulements totaux	107
5.4.2. Ecoulements rapides, ruissellement	109
5.4.3. Corrélation entre les écoulements totaux et les précipitations	109
V-5. CONCLUSION	110
<u>CHAPITRE VI</u> : CORRELATIONS HYDRO-PLUVIOMETRIQUES	113
VI-1. REGRESSIONS MULTIPLES SUIVANT LE PRINCIPE DU BILAN HYDRIQUE	115
6.1.1. Principe du bilan hydrique	115
6.1.2. Regressions multiples	115
6.1.3. Examen des résultats - Interprétations	121
VI-2. CORRELATIONS MULTIPLES	126
6.2.1. Liaison entre précipitations	129
6.2.2. Liaison entre écoulement et précipitations	129
6.2.3. Corrélations multiples	130
VI-3. RECAPITULATIF	131
<u>CHAPITRE VII</u> : DETERMINATION D'UNE VALEUR VRAISEMBLABLE DE L'E.T.P. OU MILIEU	133
VII-1. EVAPORATION BAC	135
VII-2. AMBIGUITE DE LA NOTION D'E.T.P. EN MILIEU MEDITERRANEEN	135
VII-3. EFFET D'OASIS	136

	Pages
VII-4. DEFINITION CONVENTIONNELLE DE L'E.T.P.	136
VII-5. CORRELATION AVEC LA PLUIE MENSUELLE	136
7.5.1. Examen des résultats	138
7.5.2. Interprétation	138
VII-6. DETERMINATION D'UNE VALEUR VRAISEMBLABLE DE L'E.T.P. DU MILIEU EN REGIME D'ALIMENTATION NATU- RELLES	140
 <u>CHAPITRE VIII : LES ECOULEMENTS ET LE BILAN HYDRIQUE</u>	 143
VIII-1. BUT RECHERCHE	145
VIII-2. PROCESSUS D'INFLITRATION SCHEMA SIMPLIFIE	145
8.2.1. Zone d'application : sols a recouvrement végétal important	145
8.2.1. Effet de la végétation sur les caractéris- tiques physiques des sols dans l'horizon végétal	148
8.2.3. Hydrodynamique et stockage	148
8.2.4. Récapitulatif	150
8.2.5. E.T.P. - E.T.R.	150
VIII-3. BILAN HYDRIQUE SUR LES SEQUENCES PLUVIEUSES - BVN AMONT	152
8.3.1. But recherché	152
8.3.2. Méthode utilisée	152
8.3.3. Les éléments du bilan hydrique	153
8.3.4. Méthode de calcul du déficit initial DEF	153
8.3.5. Résultats obtenus sur le Bassin AMONT	158
8.3.6. Bassin AVAL	166
VIII-4. COMPARAISON A DES FONCTIONS CLASSIQUES : MODELE CANADIEN	166
8.4.1. Interprétation de la fonction de produc- tion canadienne comme analogie mécanique d'un phénomène statistique	166
8.4.2. Comparaison des schémas utilisés sur les BVN avec la fonction canadienne	169

	Pages
8.4.3. Détermination des paramètres de la fonction canadienne sur le Bassin Nord AMONT	170
8.4.4. Réflexion sur la fonction canadienne à la lumière des résultats obtenus	170
VIII-5. CONCLUSION POUR L'UTILISATION DES FONCTIONS DE PRODUCTION FONCTIONNANT SUIVANT LE PRINCIPE DU BILAN HYDRIQUE	171
VIII-6. CONTRIBUTION AUX PROBLEMES D'EXTENSION D'ECHELLE	172
VIII-7. RECAPITULATIF	173
<u>CHAPITRE IX</u> : BILAN HYDRIQUE : CALCUL DES LAMES ECOULEES MENSUELLES	177
IX-1. LIMITES D'UTILISATION DU PROGRAMME	179
IX-2. ELEMENTS DU BILAN HYDRIQUE	179
9.2.1. Variation des réserves souterraines	179
9.2.2. Infiltrations profondes	180
IX-3. SEPARATION DES ECOULEMENTS	180
9.3.1. Ecoulements rapides (E.C.)	180
9.3.2. Ecoulements retardés	183
9.3.3. Opérateur de séparation des écoulements	183
IX-4. FONCTIONNEMENT DU PROGRAMME	184
9.4.1. Variables et paramètres	184
9.4.2. Déroulement du calcul	186
IX-5. RESULTATS OBTENUS SUR LES BASSINS NORD	189
9.5.1. Qualité des résultats	189
IX-6. CONCLUSION	189

	Pages
<u>CHAPITRE X</u> : BILAN HYDRIQUE : CALCUL DES DEBITS DE POINTE	197
X-1. MECANISME DES SOLS	199
X-2. FONCTION DE PRODUCTION	199
X-3. ORGANISATION DU PROGRAMME	202
X-4. RESULTATS OBTENUS SUR BASSIN AVAL A PARTIR DU PLUVIOGRAPHE PG1	202
10.4.1. Corrélacion débits observés - Débits calculés	202
10.4.2. Caractéristiques moyennes des sols	206
X-5. ESTIMATION DES CRUES DECENNALES ET CENTENNALES : B.V. AVAL	206
10.5.1. Méthode analytique	206
10.5.2. Méthode statistique	210
X-6. PUISSANCE DES CRUES : COMPARAISON REGIONALE	211
 <u>ANNEXES</u>	 213

ANNEXES

	Pages
EQUIPEMENTS ET ETALONNAGE DES STATIONS	215
2.3.1. Equipements et étalonnage des stations	217
1- Etalonnage de la station AVAL	217
1.1. Jaugeages par la capacité	217
1.2. Jaugeages au moulinet	217
1.3. Jaugeages continus	217
1.4. Courbe d'étalonnage	217
2- Etalonnage de la station AMONT	223
2.1. Jaugeages par la capacité	223
2.2. Jaugeages au moulinet	223
2.3. Jaugeages continus	223
2.4. Courbe d'étalonnage	223
3- Etalonnage de la station des ARGILES CALCAIRES	229
4- Etalonnage de la station des EUCALYPTUS	237
TABLEAU DES DEBITS MOYENS JOURNALIER (annexe 2.3.3.)	243
Bassin n° 48359021	245
Bassin n° 48359022	251
Bassin n° 48359023	257
Bassin n° 48359024	262
TABLEAU DES CARACTERISTIQUES DES CRUES (annexe 2.3.4.)	267
Bassin AVAL	269
Bassin AMONT	272
Bassin ARGILES CALCAIRES	275
Bassin EUCALYPTUS	278
PLUVIOMETRIE	281
Annexe 2.4.2.1.	283
Annexe 2.4.2.3.	284
Annexe 2.4.2.4.	289
Annexe 2.4.2.5.	291

## INTRODUCTION

-----

Ce rapport est le résultat d'une étude hydrologique entreprise par l'ORSTOM, dans un but de recherches, sur des bassins versants dans la Région de Sedjemane, dans le cadre d'une convention entre l'ORSTOM et l'Administration Tunisienne (programme de 1973).

Cette action, est une contribution à la connaissance des régimes régionaux et des mécanismes de production des écoulements en complément des études systématiques entreprises, par ailleurs, dans cette région, par le Service National de la D.R.E.S., sur le réseau hydrométrique de base. La complémentarité est obtenue par le mode d'approche particulier propre aux études sur bassins représentatifs :

- forte densité de mesures des précipitations pour permettre une plus grande fiabilité dans les corrélations hydro-pluviométriques établies.

- mesures particulières d'investigation du climat et des sols telles que mesures climatologiques et de l'évaporation, mesures neutroniques d'humidité des sols, mesures ponctuelles sur parcelles de ruissellement, etc...

Ces bassins, par leur relief accentué, leur climat, leurs types de végétation et la nature argileuse de leur sols peuvent être considérés comme assez représentatifs du Secteur Septentrional de la TUNISIE regroupant les provinces de HUMIDIE - KROUMIRIE - NEFZA.

Il convient cependant de préciser cette notion de représentativité :

- La détermination, sur un bassin versant des débits de pointe des crues de fréquence exceptionnelle fait intervenir la forme de l'hydrogramme-type qui dépend, à son tour, d'une multitude de caractères spécifiques du bassin. Elle est intéressante en tant qu'exemple régional bien choisi mais elle ne peut se substituer à l'exploitation des mesures patiemment accumulées sur le Réseau Hydrométrique de base.

- Les quantités d'écoulement produit peuvent être, pour leur part, considérés comme relativement indépendants de la forme et de la pente des bassins et leur étude est plus représentative des conditions climatiques régionales, pour des sols assez imperméables.

On a précisé, pour ces bassins les valeurs des paramètres du comportement hydrologique mais on s'est également attaché à développer ou à sélectionner des méthodes de calcul des écoulements bien adaptées à la région et transposables.

Le chapitre I présente les caractéristiques biophysiques des bassins, après un examen des données disponibles pour définir l'environnement régional.

Le chapitre II fait l'inventaire des mesures effectuées dans le cadre de cette étude.

Le chapitre III montre le caractère particulier du régime des

précipitations dans cette région balayée par des dépressions Océaniques et plutôt assimilable à un régime tempéré.

La détermination des caractéristiques hydrométriques est entreprise au chapitre IV.

Le chapitre V permet, par une analyse purement hydrométrique, de mettre en évidence les différences de comportement à l'écoulement des différents bassins selon leurs sols et leur végétation.

Le chapitre VI est consacré à l'étude des corrélations hydro-pluviométriques à régressions multiples.

Une approche phénoménologique plus fine de calcul des écoulements, selon le principe du bilan hydrique est abordée au chapitre VIII. Elle débouche sur un programme de calcul des lames écoulées au pas de temps mensuel (chapitre IX) et sur un programme de calcul des débits de pointe suivant un mécanisme approximatif de fonctionnement des sols (chapitre X).

CHAPITRE I

LE CLIMAT REGIONAL -

LES CARACTERISTIQUES BIOPHYSIQUES DES BASSINS -

LES ZONES HOMOGENES -



## 1.1 - LE CADRE REGIONAL :

### 1.1.1. LA SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Les bassins versants étudiés par l'ORSTOM dans le Nord de la TUNISIE, sur un affluent de l'OUED SEDJENANE, l'OUED SIDI BEN NACEUR, seront appelés dans ce rapport : "Bassins Versants Nord" ou B.V.N.

Ils sont tous inclus dans un bassin principal dont les coordonnées de l'exutoire aval sont : 37°03'N et 7°03'E.

Ces bassins sont installés dans le secteur géographique des MOGODS qui s'inscrit dans la région plus vaste de NUMIDIE-KROUMIRIE-NEFZA, constituant la TUNISIE Septentrionale.

Le relief est accentué dans l'ensemble et parfois montagneux.

Le climat méditerranéen se distingue dans cette région par sa tendance humide à hiver doux.

La végétation y est assez dense bien que la sécheresse y soit fortement accentuée pendant les quatre mois qui couvrent la période de d'été. Elle est composée de maquis ou de forêts en végétation naturelle. Les potagers et les vergers y sont nombreux et les cultures céréalières assez largement développées.

### 1.1.2. LA GEOLOGIE REGIONALE :

Cette vaste région est située (où repose) sur ce que l'on a coutume d'appeler le Sillon Tunisien.

L'histoire géologique de cette région est assez simple et correspond essentiellement à une phase de sédimentation en eaux profondes.

Tout le Secondaire est une période de dépôts sous-marins à dominance calcaire et marneuse dont les différents niveaux ont des épaisseurs variables.

Le Sillon Tunisien apparaît à la fin du Secondaire. Il s'efface lors du Crétacé en formant des plissements jurassiques qui subsistent encore, à certains endroits, dans le relief actuel.

L'âge Tertiaire voit un premier réhaussement du plateau, avec émergence temporaire, suivie d'une nouvelle phase d'immersion en mer peu profonde ou en zone lagunaire.

A l'Oligocène, on voit apparaître le FLYSCH TUNISIEN", formation typique de la région, constitué d'alternances de puissantes séries d'argiles et de niveaux de grès plus ou moins minces.

Cette période marque la fin de la sédimentation marine sous l'action d'une tectonique qui a provoqué l'émersion définitive et la mise en place des structures actuelles.

Elles se présentent sous la forme de plissements serrés et parfois cassants avec décollement, orientés SW-NE et bouleversant ou débordant les structures précédentes orientées E-W.

Une activité volcanique apparaît au BURDIGALIEN, qui est la période la plus intense du tectonisme régional.

Le décollement et les cassures ont permis, par endroits, des injections du TRIAS ancien, constitué d'argiles plastiques et fluentes qui sont souvent responsables, en TUNISIE, de la salure des eaux de surface.

### 1.1.3. LE CLIMAT REGIONAL :

Nous commentons dans ce paragraphe les cartes climatologiques tirées, pour la plupart, de l'Atlas de BORTOLI.

- Température moyenne annuelle : (cf. fig n° 1.1.1)

Elle n'a guère de signification écologique autre que d'être un repère qui permet de situer la station parmi d'autres, d'autant plus que la variation interannuelle de cette valeur est faible. La carte des isothermes a été établie pour une température moyenne annuelle ramenée à l'altitude zéro, en admettant un gradient de 0,5°C pour 100 m.

La zone maritime est en moyenne, sur la côte nord, plus chaude que l'intérieur des terres.

- Amplitude thermique annuelle (amplitude annuelle de la température moyenne) : (cf. fig n° 1.1.2.)

C'est l'écart entre la température moyenne du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid, c'est-à-dire; en général, entre les températures moyennes des mois de juillet et de janvier. On peut considérer cette valeur comme un bon indice de continentalité.

- Amplitude thermique maximum (A) : (cf. fig n° 1.1.3. et 1.1.4.)

C'est l'écart entre la température maximum moyenne M du mois le plus chaud (juillet) et la température minimum moyenne m du mois le plus froid (janvier); comme la valeur précédente, elle traduit l'influence de la continentalité, et sous la forme

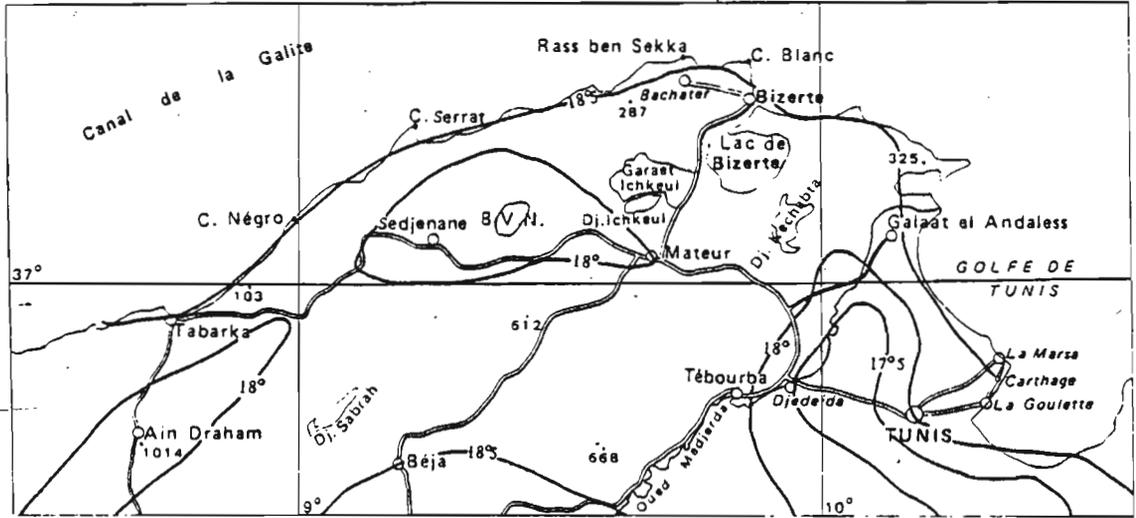
$$C = \frac{1,3 A}{\sin \varphi} - 36,3$$

où  $\varphi$  est la latitude, elle est utilisée dans l'indice de GORSZINSKY.

Cet indice a été établi pour varier de 0 (MADERE) à 100 en SIBERIE Orientale. On retrouvera les valeurs M et m, dans l'indice d'EMBERGER.

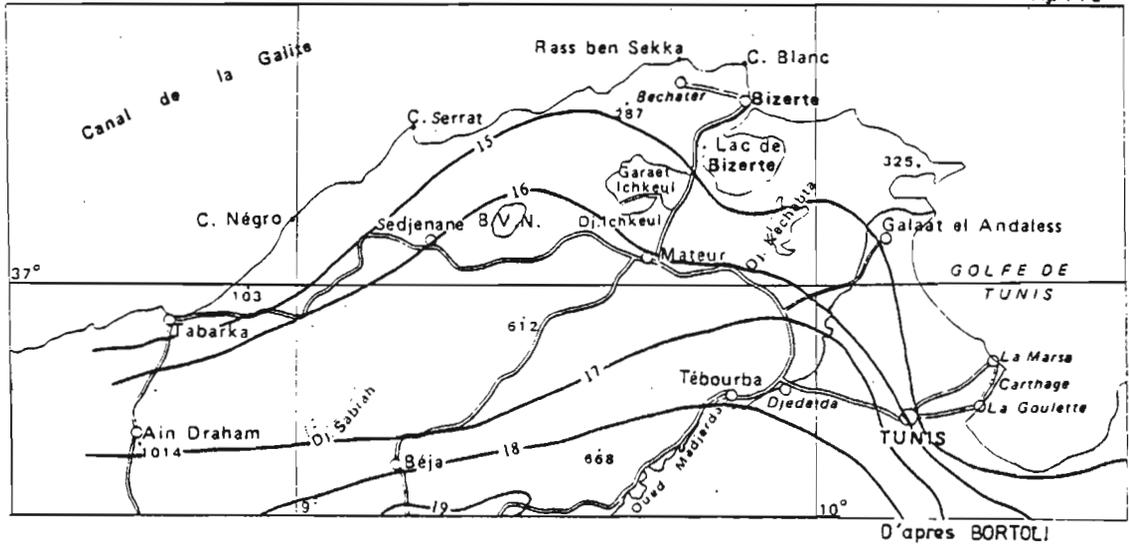
TEMPERATURE MOYENNE ANNUELLE RAMENEE A 0m

Fig. 1-1-1



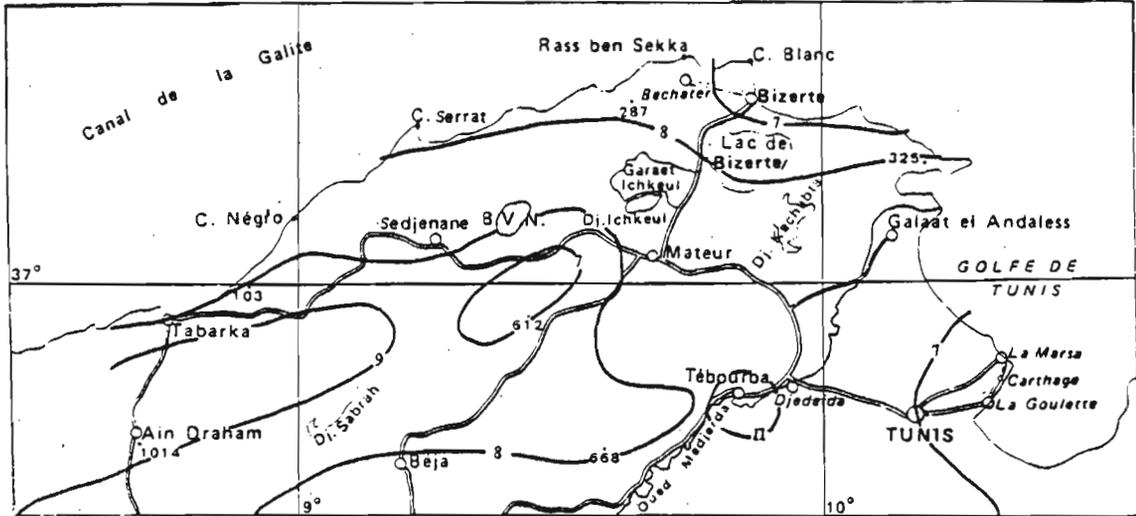
AMPLITUDE THERMIQUE ANNUELLE

Fig. 1-1-2



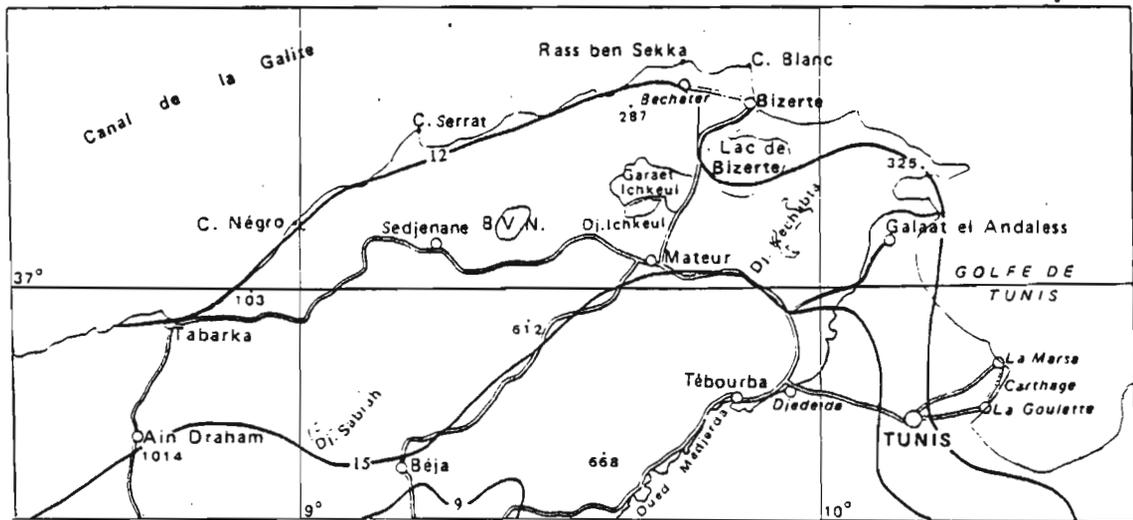
### AMPLITUDE THERMIQUE DE JANVIER

Fig. 1-1-3



### AMPLITUDE THERMIQUE DE JUILLET

Fig. 1-1-4



D'après BORTOLI

Amplitudes thermiques mensuelles = janvier et juillet.

L'influence de la mer diminue l'amplitude. L'altitude contribue également à cette diminution.

En janvier, c'est le minimum de température qui est surtout influencé par la proximité de la mer.: 7°2 à TABARKA, pour 3°0 à JENDOUBA; à l'intérieur, les minimums sont assez semblables, mais l'altitude tempère les maximums et réduit ainsi l'amplitude thermique.

	Minimum	Maximum	Amplitude
<u>Exemple</u> : AIN DRAHAM	3,9	9,4	5,5
BEJA	5,2	13,4	8,2

En juillet, on retrouve ici l'influence de la mer et de l'altitude qui concourent toutes deux à diminuer la température maximum.

<u>Exemple</u> :	Minimum	Maximum	Amplitude
TABARKA (12m)	19,4	30,5	11,1
AIN DRAHAM (739 m)	17,7	29,8	12,1
BEJA (234m)	19,1	35,3	16,2

- Indice d'Emberger et classification des climats : (cf. fig n° 1.1.5. et 1.1.6.)

C'est sur la base de critères botaniques, qu'Emberger a établi sa description des climats, l'indice pluviométrique n'étant qu'un moyen commode et quantitatif de situer un secteur donné;

Cet indice a la forme :

$$Q = \frac{P \times 1000}{(M+m) (M-m)/2} = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

M et m ont été définis précédemment, les températures sont exprimées ici en degrés Kelvin. P est la hauteur de pluie annuelle en millimètres.

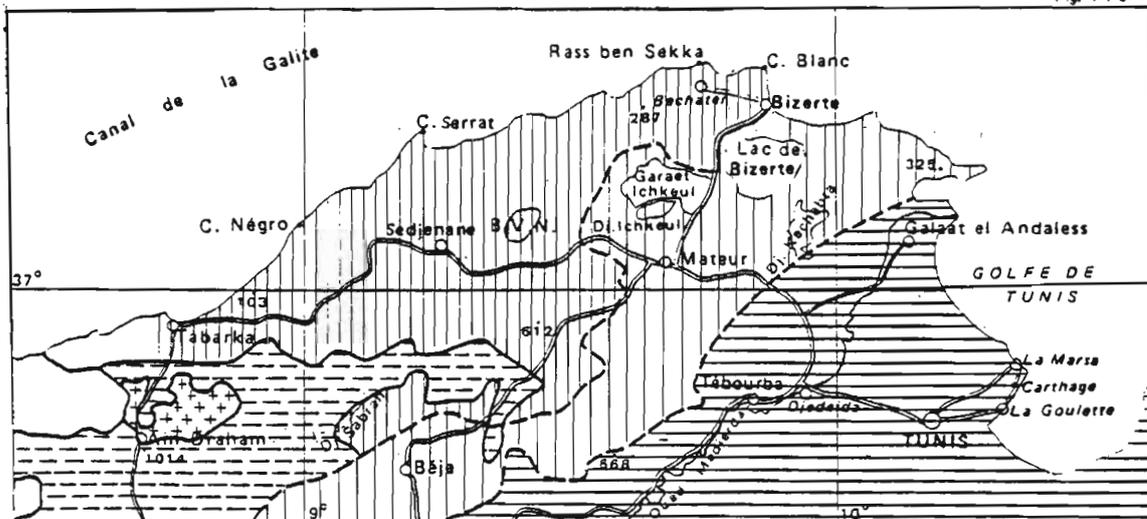
Cette formule qui traduit la plus ou moins grande "aridité" du lieu, correspond approximativement au rapport Puie sur ETP :  $(M+m)/2$  correspond à peu près à la température moyenne annuelle, peu variable en TUNISIE,  $M-m$  représente à peu près le déficit de l'air.

<u>Exemple</u> :	TUNIS (Manoubia)
	M : 32.5°C = 305.5°K
	m : 6.4°C = 279.4°K
	P : 444mm
	Q : 58

La classification des climats repose sur une représentation graphique, ou chaque station est définie par deux coordonnées, dont

ESQUISSE BIOCLIMATIQUE

Fig. 1-1-5



D'après BORTOLI

ÉTAGE HUMIDE

Sous étage supérieur

Variantes à hiver tempéré

Variantes à hivers doux

Sous étage inférieur

Variantes à hiver tempéré

Variantes à hivers doux

Variantes à hiver chaud

Isotherme de m

ÉTAGE SUB HUMIDE

Variantes à hiver tempéré

Variantes à hivers doux

Variantes à hiver chaud

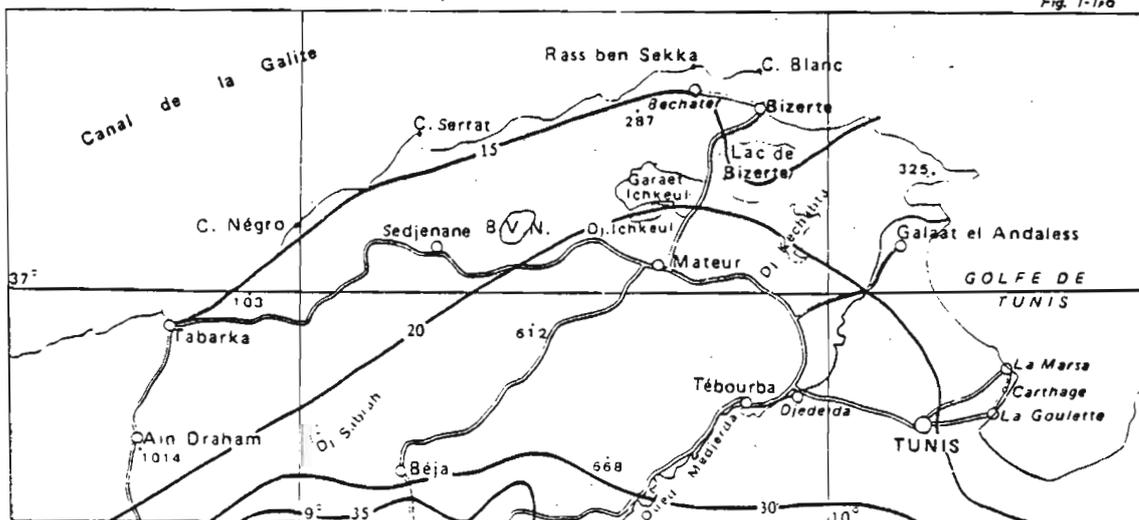
• Indice pluviométrique d'EMBERGER

ÉTAGE SEMI ARIDE

Variantes à hiver doux

INDICE DE CONTINENTALITE DE GORSZINSKY

Fig. 1-1-6



l'une est Q, l'indice d'Emberger, l'autre en abscisse est m, (moyenne, du minimum du mois le plus froid). Des frontières tracées d'après l'étude phytogéographique délimitent sur ce graphique les différents "étages".

L'étage sub-humide a par exemple, un indice Q variant de 63 à 97 pour  $m = 0^{\circ}\text{C}$ , et de 82 à 163 pour  $m = 10^{\circ}\text{C}$ . Au dessus de (Q 97,  $m = 0^{\circ}\text{C}$ , Q 163,  $m = 10^{\circ}\text{C}$ ) l'étage est dit humide, au dessous de (Q 63,  $m = 0^{\circ}\text{C}$ , Q 82 pour  $m = 10^{\circ}\text{C}$ ) l'étage est d'abord semi-aride, puis aride.

Les valeurs de m permettent de distinguer des "variantes" :

$0^{\circ}\text{C}$	m	$3^{\circ}\text{C}$	Hiver froid
3	m	$4,5^{\circ}\text{C}$	Hiver tempéré
$4,5^{\circ}$	m	$7^{\circ}\text{C}$	Hiver doux
	m	$7^{\circ}\text{C}$	Hiver chaud

#### 1.1.4. LA PLUVIOMETRIE :

##### 1.1.4.1. Hauteurs précipitées en 24 heures.

Nous relevons dans les annales de la D.R.E.S. (Etude du poste de SEDJENANE) les hauteurs journalières des périodes de retour caractéristiques suivantes :

Réurrence	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Hauteur en 24 heures (mm)	58	75	92	112	145	175

##### 1.1.4.2. Homogénéisation des précipitations régionales.

M. GIRARD a tenté une homogénéisation régionale du réseau pluviométrique du NORD de la TUNISIE, en utilisant le programme d'homogénéisation ORSTOM dit "Vecteur HIEZ". \*

La liste des valeurs annuelles des précipitations pour ces postes, tirée des Annuaire de la D.R.E.S., comporte de nombreuses lacunes qui n'ont pu, le plus souvent, être complétées d'après les relevés mensuels, difficilement accessibles.

Pour la période ancienne antérieure à 1949, les postes sont en nombre insuffisant pour permettre une représentativité régionale acceptable.

Les moyennes homogénéisées sur la période 1917-1977 dressées dans le tableau suivant sont des valeurs "plausibles" qui doivent être considérées comme provisoires en l'absence d'une critique systématique du fichier.

---

\* Voir note RIOU : (une formule empirique simple...)

$ETP = a\bar{\theta}^x - b$  où  $\bar{\theta}^x$  représente la température maximale moyenne de l'année.<sup>an</sup>

---

\* L'homogénéité des données pluviométriques G. HIEZ (Cahiers ORSTOM Vol. XIV n° 2 de 1977).

TABLEAU 1.1.4.2.

MOYENNES INTERANNUELLES HOMOGENEISEES.

Période 1917 - 1977

POSTE	MOYENNE	POSTE	MOYENNE
AIN DRAHAM	1573	SEDJENANE DEV.	789
CHOUCHA	1237	SEDJENANE GARE	885
DJEBEL ESSAMA	1008	SEDJENANE T.P.	904
GOUSSAT EL SEY	502	SEDJENANE DELEG.	806
GUERMANEZ	724	SIDI SALEM	651
EL GUETMA	888	TABARKA	1062
MATEUR	544	TAMERA	1063
MICHAUD	530	TINOJA MER	612
SEDJENANE COMP.	881		
OUED BAGRAT	875		

1.1.4.3. Précipitations annuelles . (cf. Fig n°1.1.7.et1.1.8)

Les résultats précédents permettent d'estimer la valeur de la pluie moyenne interannuelle sur les bassins du NORD à 800 mm à  $\pm$  50 mm près.

Le poste pluviométrique de SEDJENANE, deversoir qui a une même précipitation annuelle que celle du site d'étude, n'a pas pu être retenu en raison de sa trop courte période d'observation (10 années).

Parcontre, l'association des postes

- SEDJENANE Gare (1917-1918 / 1936-1937)
- SEDJENANE T.P. (1953-1954 / 1965-1966)
- SEDJENANE Délégation (1967-1968 / 1976-1977)

permet de fournir une station fictive longue durée (40 années) dite "SEDJENANE COMPOSITE" de moyenne interannuelle de 887 mm qui sera utilisée comme station de référence pour le bassin.

L'ajustement statistique de la distribution des valeurs annuelles peut se faire indifféremment avec des lois de GOODRICH, GUMBEL, GALTON, PEARSON III et V, WRC-USA avec des écarts sur les valeurs millénares faibles. ( $\pm$  5%)

Selon les lois, le coefficient d'assymétrie vaut environ 0,9. On peut retenir les valeurs de fréquence remarquable suivantes :

Distribution des Précipitations annuelles au poste de  
SEDJENANE COMPOSITE  
( ajustement à une loi de GALTON )

ANNEE	SECHE					MED	HUMIDE				
Période Retour	1000	100	20	10	5	2	5	10	20	100	1000
Valeur	500	559	625	660	722	808	1016	1121	1218	1430	1726

Relations Intensités - Durée :

Une étude effectuée par A. de MONTMARIN en 1946, à partir de l'exploitation de 42 années d'enregistrements pluviométriques à TUNIS est à l'origine de l'adoption en TUNISIE de relations intensités-durée du type  $I = \frac{a}{b+t}$  couramment utilisée en TUNISIE.

Nous reproduisons sur le graphique suivant le document de base résultant de cette étude. (cf. Fig n° 1.1.13.)

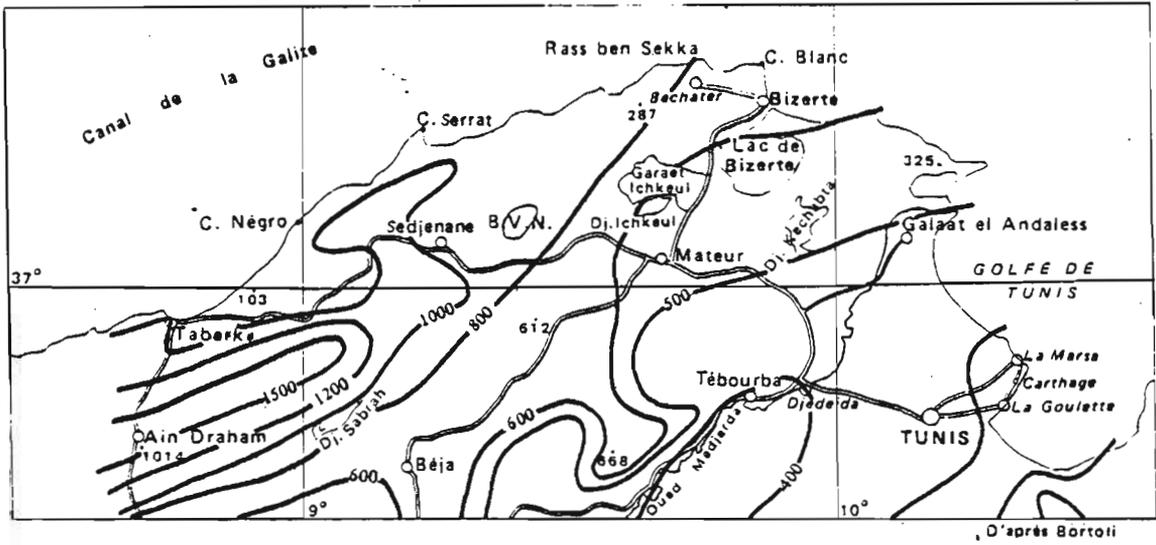
L'auteur fait remarquer dans sa note que les courbes Intensité durée à TUNIS restent inférieures à celles obtenues par les mêmes méthodes à PARIS-MONTSOURIS (GRISOLLET).

---

\* Intensité et durée des averses enregistrées à TUNIS (A.DE MONTMARIN).

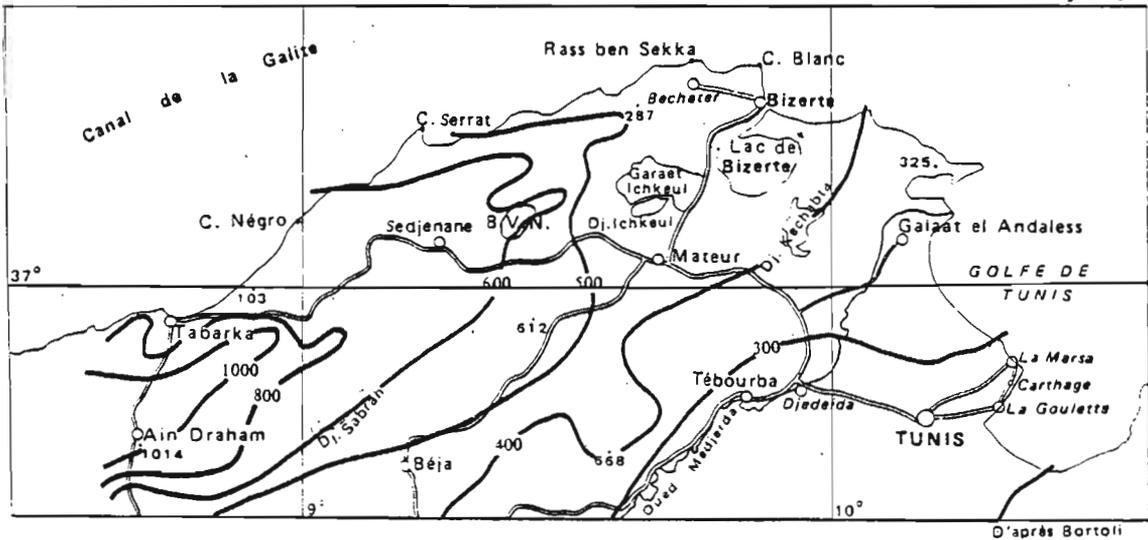
PLUIES ANNUELLES MOYENNES

Fig. 1-1-7



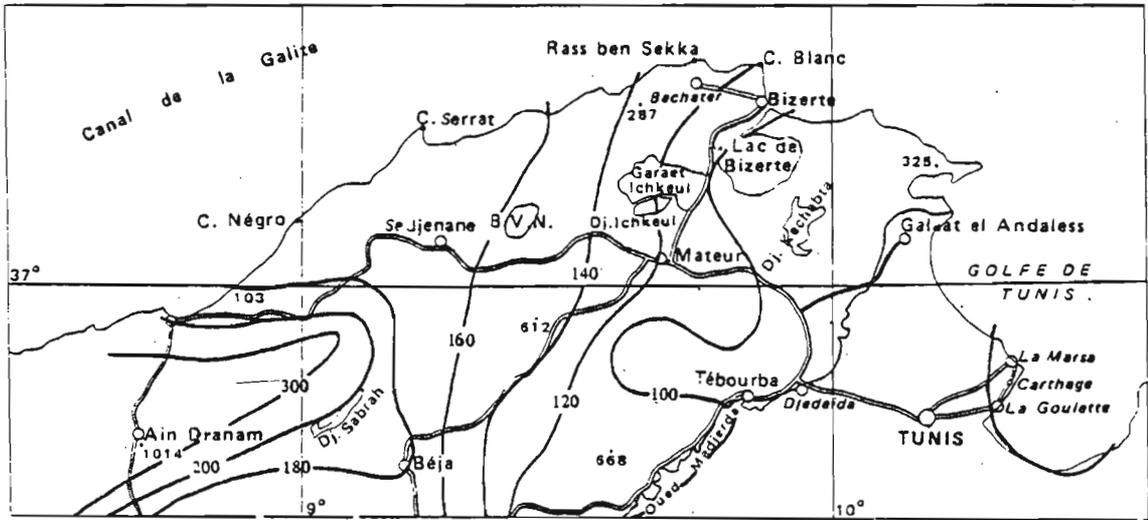
PLUIES ANNUELLES ATTEINTES DÉPASSÉES 9 ANNEES SUR 10.

Fig. 1-1-8



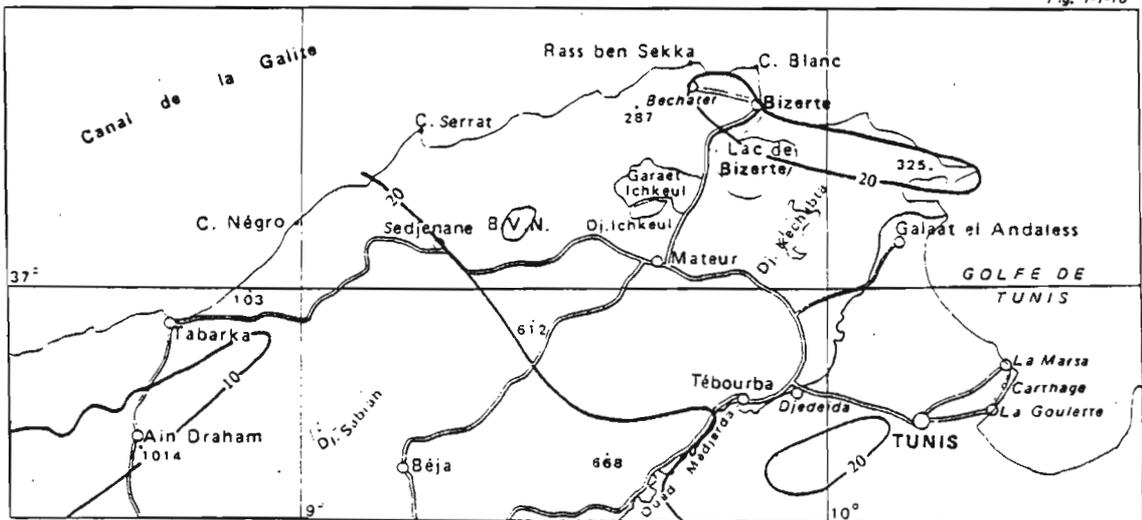
PLUIES DU TRIMESTRE PRINTANIER

Fig. 1-1-9



PLUIES DU TRIMESTRE ESTIVAL

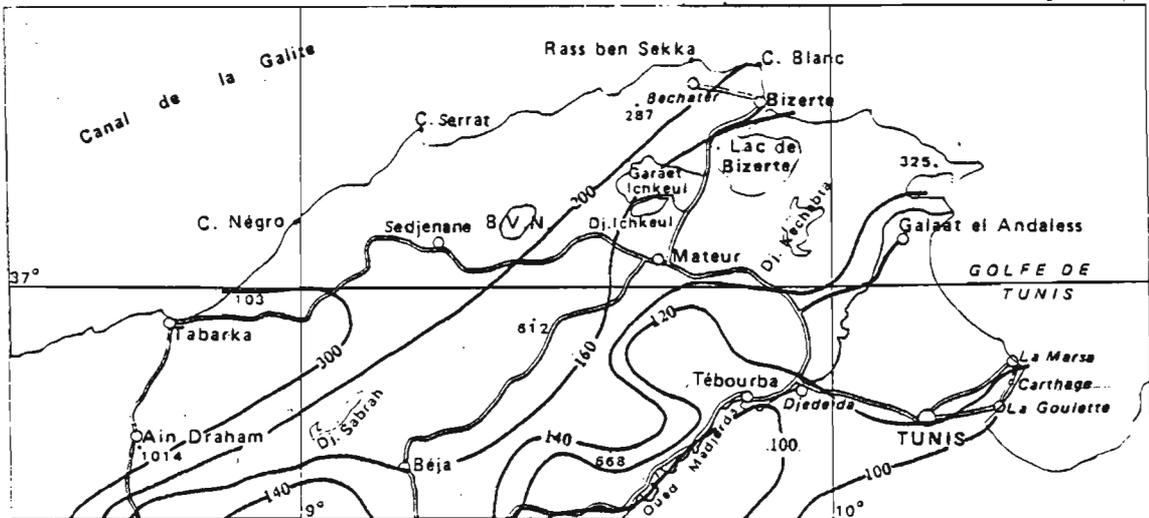
Fig. 1-1-10



D'après BORTOLI

PLUIES DU TRIMESTRE AUTOMNAL

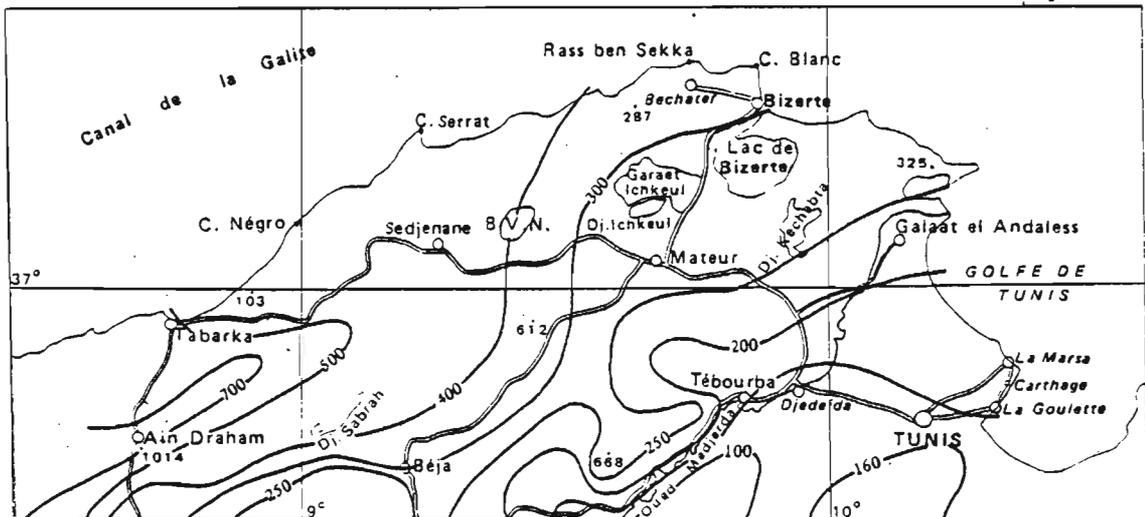
Fig. 1-1-11



D'après BORTOLI

PLUIES DU TRIMESTRE HIVERNAL

Fig. 1-1-12



D'après BORTOLI

L'extrapolation à l'ensemble de la TUNISIE de ces formules présente sans doute certains risques si elle est faite sans discernement.

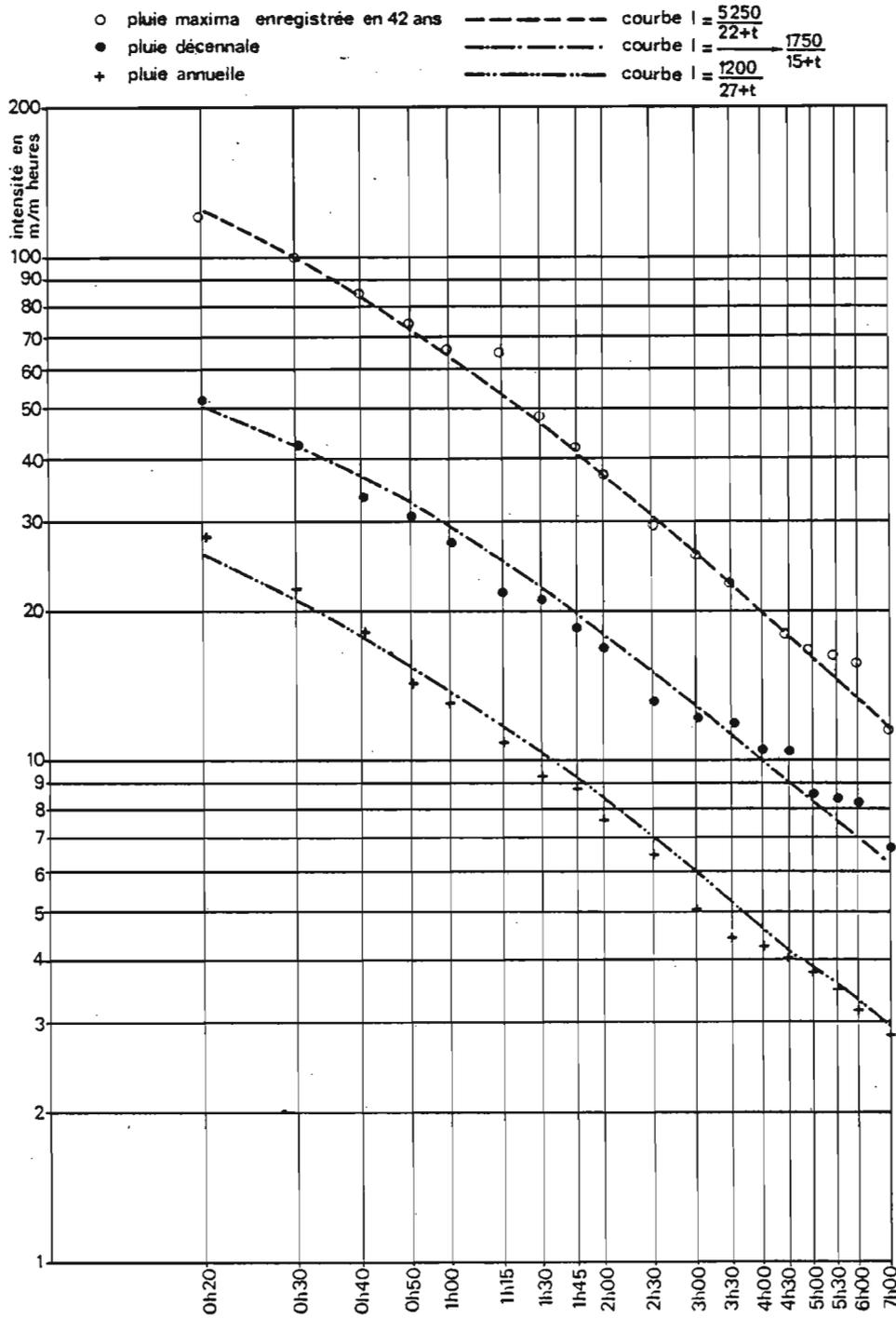
En Tunisie Septentrionale, les orages de pré-saison des pluies ou les phénomènes de fronts orageux combinés aux premières dépressions atmosphériques de type océanique, générateurs de précipitations de fortes intensités, semblent plus rares et moins intenses qu'à TUNIS. C'est ce qui résulte en tous cas des observations effectuées sur les bassins NORD entre 1973 et 1978.

Ces mesures qui ne portent que sur six années, sont actuellement insuffisantes pour permettre l'établissement de courbes intensités-durée représentatives de la TUNISIE Septentrionale. Elles pourraient par contre apporter une contribution non négligeable, à une étude régionale englobant d'autres postes et en particulier celui de SEDJENANE.

# STATION DE TUNIS - MANOUBIA

Fig.1-13

Intensités de la pluie  
Maxima , décennale et annuelle  
D'après A de MONTMARIN (1956)



1000 41400

## 1.2 - LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET PHYSIOGRAPHIQUES DES BASSINS :

Nous nous bornons à rappeler dans ce paragraphe les principales caractéristiques physiques des bassins étudiés. Elles ont été développées par ailleurs dans des documents publiés ou en cours de publication. Nous n'avons retenu ici que les aspects susceptibles de nous aider dans la compréhension du comportement hydrique des bassins.

1.2.1. DESCRIPTION DES BASSINS : (cf procès verbal d'installation des bassins versants de G.GIRARD et GUISCAFRE).

La carte 1.2.A. représente l'essentiel du dispositif hydrométrique de mesures du bassin. quatre bassins sont étudiés dans le cadre de cette étude. Le bassin "AVAL", contrôlé par l'exutoire principal, a une superficie de 13,9km<sup>2</sup>, le bassin "AMONT" une superficie de 3,2km<sup>2</sup>. Les deux bassins de petites superficies ont pour fonction essentielle de contrôler l'aspect particulier de certains types de comportement des sols. Ce sont le bassin des "Argiles calcaires", situé sur le flan EST du bassin principal, d'une superficie de 0,425km<sup>2</sup> et le bassin dit "Eucalyptus" d'une superficie de 0,311km<sup>2</sup> qui se différencie non seulement par le fait de son couvert forestier mais également par ce qu'il a fait l'objet d'aménagements antiérosifs en tabias. Ces tabias, qui étaient, à l'origine de l'étude, dans un état de plus ou moins bonne conservation ont évolué dans le sens d'une dégradation progressive.

Ce dispositif hydrométrique est complété par une station climatologique d'évaporation.

Rappelons qu'un dispositif de mesures sur parcelles a été installé dans le même temps dans le but d'étudier le comportement de certains types de sols sous différents couverts végétaux. Ces études fines font l'objet d'un rapport séparé.

## 1.2.2. CARTOGRAPHIE, HYPSONOMETRIE :

Les principales caractéristiques morphologiques, topométriques et hypsométriques de chacun de ces quatre bassins sont regroupées dans le tableau 1.2.A., 1.2.B. et 1.2.C. Elles ont été calculées sur un orthophotoplan au 1/10 000, dressé à partir de la couverture I.G.N.

Les grands bassins sont de forme plutôt arrondie, avec un coefficient de compacité faible.

Le petit bassin "ARGILES CALCAIRES" est plus allongé et son paramètre de forme est également plus élevé. Le bassin des "EUCALYPTUS" ne correspond pas à un bassin naturel et sa forme insolite est sanctionnée par un coefficient de gravelius également plus élevé.

TABLEAU 1.2.A. BASSINS NORD - CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES

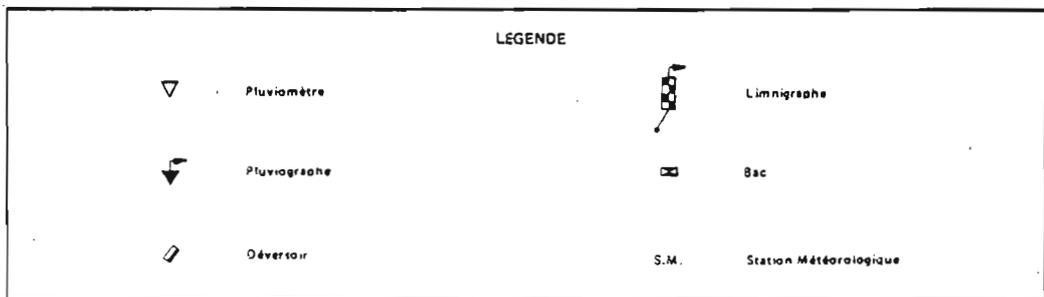
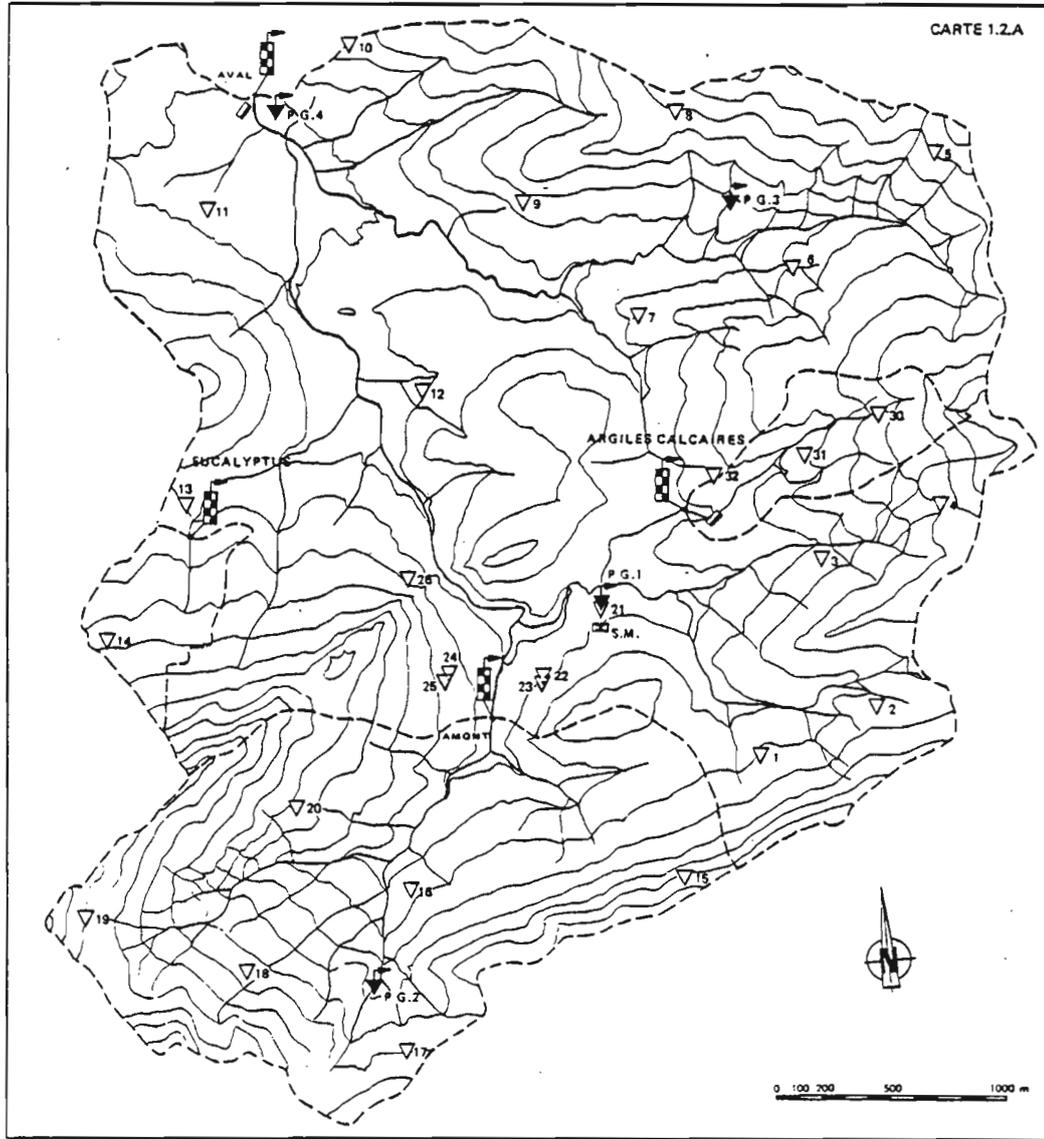
BASSINS	AVAL	AMONT	ARG. CALC.	EUCALYPTUS
CODE	48359021	48359022	48359023	48359024
COORDONNEES STATIONS Degrés	37°07'02"N 7°03'25"E	37°05'36"N 7°05'00"E	37°06'00"N 7°04'35"E	37°06'01"N 7°03'10"E
SURFACE (km <sup>2</sup> )	13,9	3,24	0,425	0,311
PERIMETRE (km)	17	7,4	3,1	2,7
GRAVELIUS Kc	1,28	1,16	1,33	1,35
RECTANGLE EQUIVALENT (km)	6,36	2,16	1,19	1,05
DENSITES DRAINAGE Dd (km <sup>-1</sup> )	4,60	6,23	3,96	-
RAPPORT DE CONFLUENCE	3,954	4,037	3,594	-

TABLEAU 1.2.C. CARACTERISTIQUES HYSOMETRIQUES.

BASSINS	AVAL	AMONT	ARG. CALC.	EUCALYPTUS
ALTITUDE MOYENNE B.V. (m)	234	307	265	232
DENIVELEE UTILE D (m)	247	213	145	90
INDICE PENTE GLOBAL IC = Q/L (m/km)	39	99	120	88
INDICE PENTE ROCHE IP	0,224	0,350	0,364	0,333

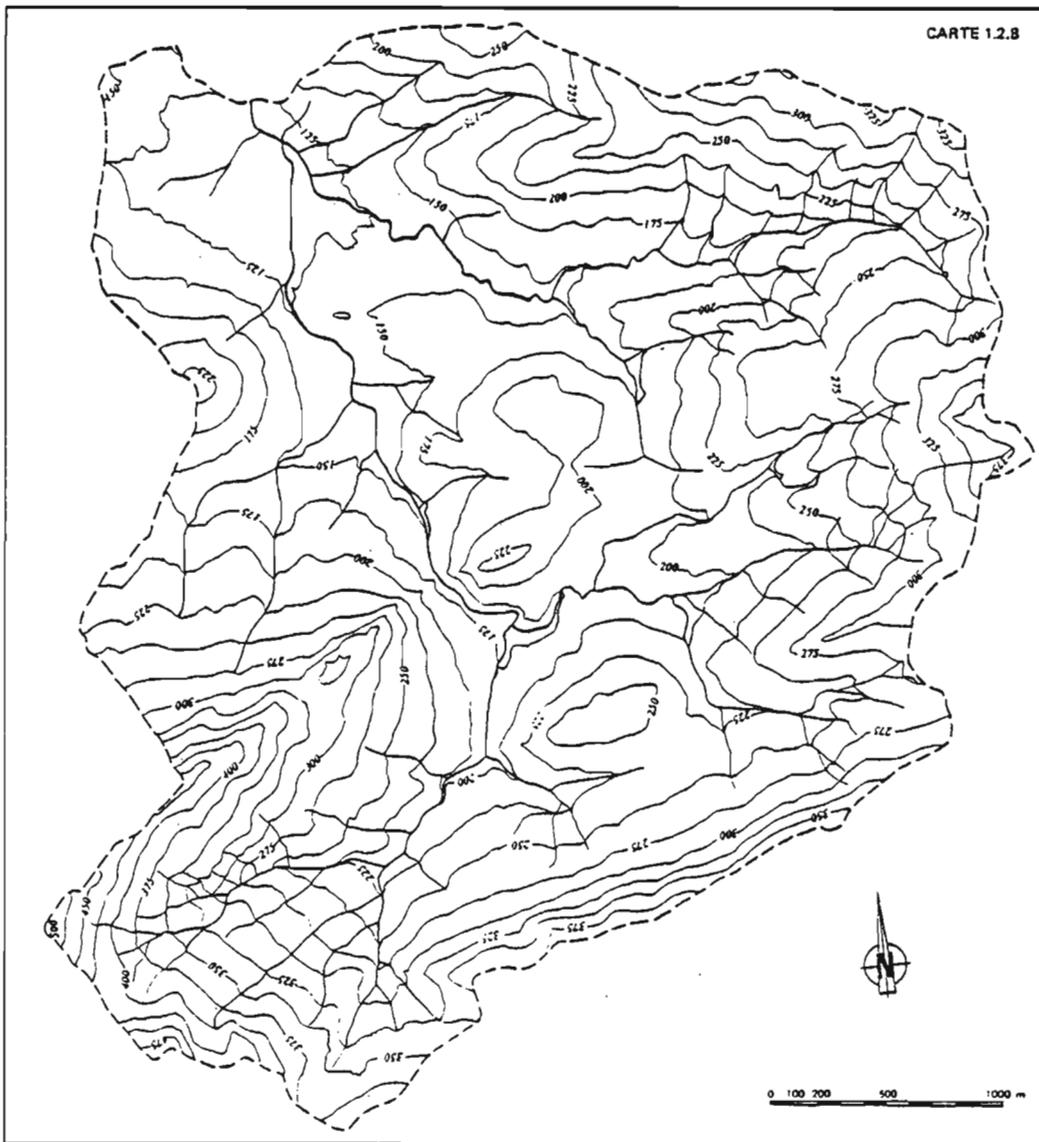
BASSIN VERSANT DE L'OUED SIDI BEN NACEUR

CARTE D'ÉQUIPEMENT



BASSIN VERSANT DE L'OUED SIDI BEN NACEUR

CARTE HYPSONÉTRIQUE



Les pentes sont fortes . L'indice de pente de Roche varie de 0,224 sur le bassin AVAL à 0,36 pour les trois autres bassins.

Les pentes transversales sont de l'ordre de 30 à 50 % en tête de bassin et se maintiennent aux environs de 20 % sur les versants après rupture de pente.

Dans l'ensemble, le relief sur ces bassins est suffisamment accusé pour qu'on puisse penser que le réseau hydrographique est en mesure de drainer tous les stockages peu profonds du type nappe phréatique ou nappe perchée et que les stations contrôlent tous les excédents hydriques des bassins à l'exception toutefois d'une éventuelle percolation profonde.

#### 1.2.3. DENSITE DE DRAINAGE, RAPPORTS DE CONFLUENCE :

Les densités de drainage ont été calculées à partir de la carte 1/10 000 d'une façon homogène, en stylisant le tracé des rivières par des tronçons de droite pour éliminer les sinuosités non-significatives. Les différents éléments résultants de l'étude du réseau hydrographique sont regroupés au tableau 1.2.3. Les densités de drainage sont en relation directe avec les indices de pente de Roche Ip. La valeur RC du rapport de convergence est à peu près constante et serait plus ou moins liée au paramètre de forme.

#### 1.2.4. APERCU GEOLOGIQUE : (d'après la carte géologique de H. RIAUCOURT).

On se trouve ici en présence de formations typiques du FLYSCH. De puissantes série d'Argiles affleurent verticalement, alternant avec de minces niveaux de grès.

Les structures, résultant d'un plissement serré, sont globalement orientées NORD-EST-EST avec un pendage vers le NORD d'environ 60°.

Mis à part la possibilité d'infiltration profonde préférentielle, le long des barres de grès qui doit être cependant très limitée, ces bassins peuvent être considérés comme relativement étanches, à priori, en raison de l'imperméabilité des argiles et en dépit de la disposition peu favorable des structures géologiques qui constituent le substratum.

#### 1.2.5. PEDOLOGIE : (Nous renvoyons à la carte pédologique dressée par MM. BARBERY, DELHUMEAU et LOYER.)

Du fait de la constitution géologique du bassin les sols se répartissent en deux grandes catégories :

TABLEAU 1.2.B. BASSINS NORD - HYPSONOMETRIE .

BASSINS	AVAL		AMONT		ARG. CALC.		EUCALYPTUS	
ALTITUDE	SUP. %	alt. max min	SUP. %	alt. max min	SUP. %	alt. max min	SUP. %	alt. max min
508		508		508				
450	0,5		2,1					
400	2,1		7,9					
350	5,9		22,2		1,3	383		
300	9,9		18,7		13,2		1,3	325
250	19,3		23,3		43,0		20,3	
200	26,2		24,0		40,9		60,0	
150	23,5		1,8	177	1,6	193	18,4	185
	12,5	108						

TABLEAU 1.2.D. CALCUL DES DENSITES DE DRAINAGE.

ORDRE	B. V. AMONT			B. V. ARG. CALCAIRE			B. V. AVAL		
	Hb	Lx	$\bar{I}x$	Nb	Lx	$\bar{I}x$	Nb	Lx	$\bar{I}x$
1	44	9650	219,3	11	1100	100	145	29500	203
2	12	2500	208,3	3	500	167	39	10150	260
3	3	1800	600	1	1050	1050	10	7500	750
4	1	950	950	0	0	0	3	4950	1650
5	0	0	0	0	0	0	1	3000	3000
LD	14,9 km			2,65 km			55,1 km		
Dd	4,60 km <sup>-1</sup>			6,23 km <sup>-1</sup>			3,96 km <sup>-1</sup>		

#### 1.2.5.1 - Les Vertisols :

Lorsque les bancs d'argiles sont suffisamment larges ou éloignés des bancs gréseux pour ne pas avoir été recouverts par des colluvions gréseuses, ils ont évolué en sols vertiques à argiles gonflantes calcaires qui en périodes d'assèchement donnent lieu à d'importantes fentes de retrait.

Leur porosité globale est forte (50 %) mais très fine, d'où une faible perméabilité lorsqu'elles sont réhumectées.

#### 1.2.5.2 - Les sols lessivés hydromorphes :

Partout ailleurs, les bancs argileux ont été recouverts par un manteau colluvial correspondant à un mélange de grès et d'argile en proportion variable dont l'épaisseur est comprise entre 30cm et 120cm, on a alors des sols à fort contraste textural, les colluvions sableuses à sablo-argileuses perméables reposant sur les argiles sous-jacentes imperméables.

Les circulations d'eau dans la partie supérieure du sol sont donc importantes et rapides alors qu'en profondeur, elles sont lentes mais peuvent néanmoins représenter des quantités importantes.

Au niveau et à proximité des bancs de grès, on peut avoir des sols dont les horizons de surface, résultant de l'altération des grès, sont très sableux et susceptibles de permettre des écoulements par ressuyage importants.

#### 1.2.6. VEGETATION :

La carte 1.2C\* est une réduction de la carte du volume végétal, établie par AMANDIER et reprise par JOFFRE. (1/50 000).

Elle a été établie à partir d'un indice IB du biovolume végétal qui vaut d'une façon schématique 100 fois le volume végétal en mètres cubes par mètre carré, ou si l'on préfère la hauteur moyenne de la végétation en centimètres.

Les valeurs et l'indice IB ont été regroupées selon un code allant de 0 à 5 et on a utilisé la classe 6 pour délimiter la partie replantée en Eucalyptus.

Nous reproduisons ci-dessous la grille de classification de la notice de la carte :

---

\* Planche hors texte.

Code	Valeur de l'indice IB
0	$0 < IB \leq 10$
1	$10 < IB \leq 20$
2	$20 < IB \leq 40$
3	$40 < IB \leq 80$
4	$80 < IB \leq 160$
5	$160 < IB \leq 320$
6	$> 320$

Pratiquement la correspondance entre les différents codes et le type de végétation est à peu près la suivante :

- 6 - Eucalyptus
- 5 - maquis bien conservé (lentisques)
- 4 - classe intermédiaire entre 3 et 5
- 3 - maquis dégradé
- 2 - maquis défriché pour charbonnage  
- prairies naturelles sur argiles calcaires
- 1 - barres de grès
- 0 - labours.

Les valeurs entre parenthèses représentent des situations provisoires. Ainsi les labours notés (0) doivent évoluer en classe 2, à court terme, et les maquis défrichés notés (2) doivent évoluer en classe 3, à moyen terme.

BASSIN VERSANT DE L'OUED SIDI BEN NACEUR  
 CARTE DES INDICES DU BIOVOLUME VÉGÉTAL  
 (R. JOFFRE - L. AMANDIER)

LÉGENDE

MODE DE CALCUL DE L'INDICE DE BIOVOLUME I<sub>B</sub>

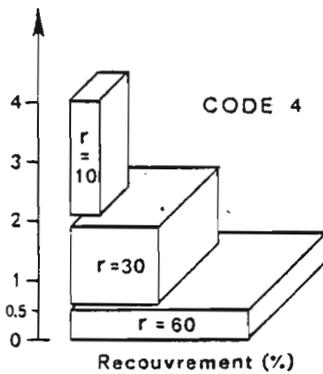
— Dans chaque unité, le recouvrement de la végétation (r), a été noté en clair(%), strate par strate.

— L'indice de biovolume I est alors défini comme suit:

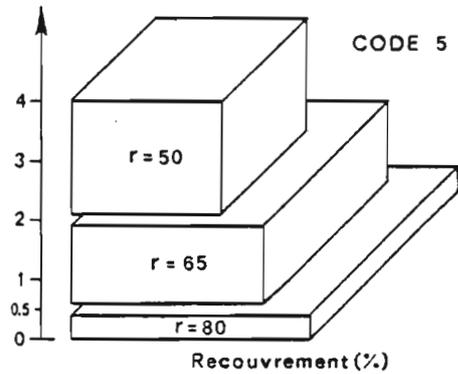
$$I_B = \sum_{i=0}^{i=n} r_i \times h_i$$

n = nombre de strates  
 r<sub>i</sub> = recouvrement de la strate  
 h<sub>i</sub> = hauteur de la strate

EXEMPLES:



$$I_B = 60 \times 0.5 + 30 \times 1.5 + 10 \times 2 = 95$$



$$I_B = 80 \times 0.5 + 65 \times 1.5 + 50 \times 2 = 237.5$$

CODIFICATION DE L'INDICE I<sub>B</sub>

— Les valeurs de l'indice ont été regroupées en six classes, codées de 0 à 5.

Code	Valeur de l'indice I <sub>B</sub>
0	0 ≤ I <sub>B</sub> < 10
1	10 ≤ I <sub>B</sub> < 20
2	20 ≤ I <sub>B</sub> < 40
3	40 ≤ I <sub>B</sub> < 80
4	80 ≤ I <sub>B</sub> < 160
5	160 ≤ I <sub>B</sub> < 320
6	> 320



### 1.3 - ZONES HOMOGENES - REPRESENTATIVITE DES BASSINS :

On désigne par ce mot des espaces qui sont susceptibles d'avoir un comportement homogène du point de vue du cycle de l'eau.

Cela supposerait, en toute rigueur, une identité de toutes les variables qui interviennent dans le cycle; précipitations, climat géologie, sols, végétation, pente éventuellement, etc... Cette liste n'est évidemment pas exhaustive.

On se contentera, pratiquement, d'essayer de définir des zones pour lesquelles les variables précédentes sont assez proches et de dégager des faciès, moyen type sur des surfaces d'assez grande dimension. On peut penser, en effet que les différences locales n'apparaissent plus à l'échelles de ces zones dites homogènes.

#### 1.3.1. SCHEMATISATION DE LA CARTE GEOLOGIQUE :

L'examen de la carte Pédologique et Géologique, nous a permis de considérer, à priori, que le substratum géologique de ces bassins pouvait être globalement homogène du point de vue des infiltrations.

Les sols se différencient grossièrement en deux types :

- Les argiles calcaires (vertisols) à larges fentes de retrait
- Les argiles de colluvions enrichies en surface, dans des proportions variables, de sables provenant de la dégradation des Grès.

La carte lithographique 1.3.1. est une représentation schématique de la pédologie du bassin. Elle fait apparaître principalement ces deux classes de sols. Les dépôts alluviaux observés dans la partie aval peuvent être, en effet, grossièrement assimilés aux sols de colluvions.

Cette conception peut paraître très sommaire à des observateurs plus minutieux (cf: carte pédologique). Elle constitue une simplification suffisante pour l'interprétation hydrologique.

#### 1.3.2. CARTE SIMPLIFIEE DE LA VEGETATION :

L'esquisse de carte 1.3.2. est le résultat d'un essai de simplification de la carte de la végétation 1.2.6.

Les simplifications sont les suivantes :

- On a procédé à un "remembrement" des parcelles de base de la carte principale dans le but de constituer des zones homo;

gènes plus vastes, en essayant de respecter à peu près les superficies respectives de chaque classe de végétation. Cette contrainte, selon nous primordiale, a été obtenue en faisant jouer les limites de chaque classe. Les nouvelles limites sont donc approximatives.

- Les classes de végétation de la carte originale ont par contre été conservées telles quelles, sauf pour les cas particuliers suivants :

a) on a réintégré dans leur classes d'origine, les parcelles dont le classement figure entre parenthèses sur la carte. Elles correspon-  
daient à des états provisoires, consécutifs à des labourages ou à des défrichements, lorsque la carte a été dressée en 1971.  
\* les sols labourés classe (0) sont reclassés en (2)  
\* les parcelles de maquis défriché notées (2) ont été réintégréées en classe (4) ou (3) suivant le contexte.

b) les champs d'oliviers situés en aval des bassins ont été reclassés en classe (4), en raison d'une anomalie évidente dans la carte de base. C'est le seul facies végétal, qui s'éloigne des descriptions-type de la légende.

### 1.3.3. INFLUENCE SUR LA VEGETATION DES AGENTS EXTERIEURS :

1.3.3.1 - L'action humaine joue vraisemblablement un rôle essentiel dans le modelé de la végétation. Elle se manifeste par différents types d'interventions :

- les fonds des vallées sont cultivés en céréales. Cette action nous paraît avoir une répercussion assez faible sur le comportement hydrique des bassins.

- les eucalyptus sont exploités rationnellement par une entreprise de fabrication de charbon de bois, suivant le principe des coupes intégrales effectuées de "proche en proche".

- les maquis sont exploités dans le même but, par les cultivateurs et cette action est sans doute la plus importante et la cause de leur dégradation progressive.

### 1.3.3.2 - Influence des sols :

La comparaison des deux cartes permet de mettre en évidence une différenciation assez nette suivant les types de sols, malgré la dégradation.

a) Argiles de colluvions : Elles sont recouvertes dans l'ensemble d'une végétation relativement plus dense et plus ligneuse.

- Les maquis bien conservés de classe "5" et les maquis de classe "4" sont presque exclusivement installés sur les argiles de colluvions.

- Les Eucalyptus ont également été plantés sur ce type de sols.

- On y trouve aussi du maquis dégradé classe "3" mais la végétation est rarement très dégradée.

b) Argiles calcaire :

La végétation la plus caractéristique de ce type de sol est une végétation de type "prairie", non ligneuse basse (classe 2).

Les cultures céréalières sont le plus souvent effectuées sur ce type de sol.

On y trouve aussi, dans les secteurs les plus éloignés, du maquis dégradé ou chétif.

1.3.4. ZONES HOMOGENES :

On distinguera deux zones homogènes typiques :

- Argiles calcaires à faibles couverture végétale ; végétation non ligneuse basse (classe 2) avec présence de maquis dégradé sur les parties périphériques du bassin.

- Argiles de colluvions à couverture végétale dense. Végétation-type : ligneux bas ou ligneux hauts à forte densité de recouvrement, pouvant se dégrader jusqu'au niveau de la classe "3".

Les Eucalyptus, bien qu'implantés sur des argiles de colluvion doivent être classés dans un sous groupe à part, de cette entité. L'implantation et la profondeur de leurs racines entraînent une activation des transferts hydriques sol-air.



1.4 - REPRESENTATIVITE DES BASSINS :

1.4.1. LE BASSIN DES ARGILES CALCAIRES (S = 0,425 km<sup>2</sup>)

Il a été soigneusement choisi sur le terrain pour être représentatif de la zone type "argiles calcaires".

1.4.2. LE BASSIN DES EUCALYPTUS (S = 0,311 km<sup>2</sup>)

Il est entièrement recouvert d'Eucalyptus pendant la durée des mesures. La carte de la végétation ne le fait pas apparaître car elle décrit la situation au moment de la mise à jour de la carte en 1978.

Au cours de la période d'étude des coupes ont été effectuées sur les Eucalyptus à l'intérieur des limites de ce bassin. Ces coupes furent partielles en 1975 et concernèrent la totalité du bassin en 1977.

Ce bassin est également aménagé en banquettes anti-érosion.

1.4.3. LE BASSIN AMONT

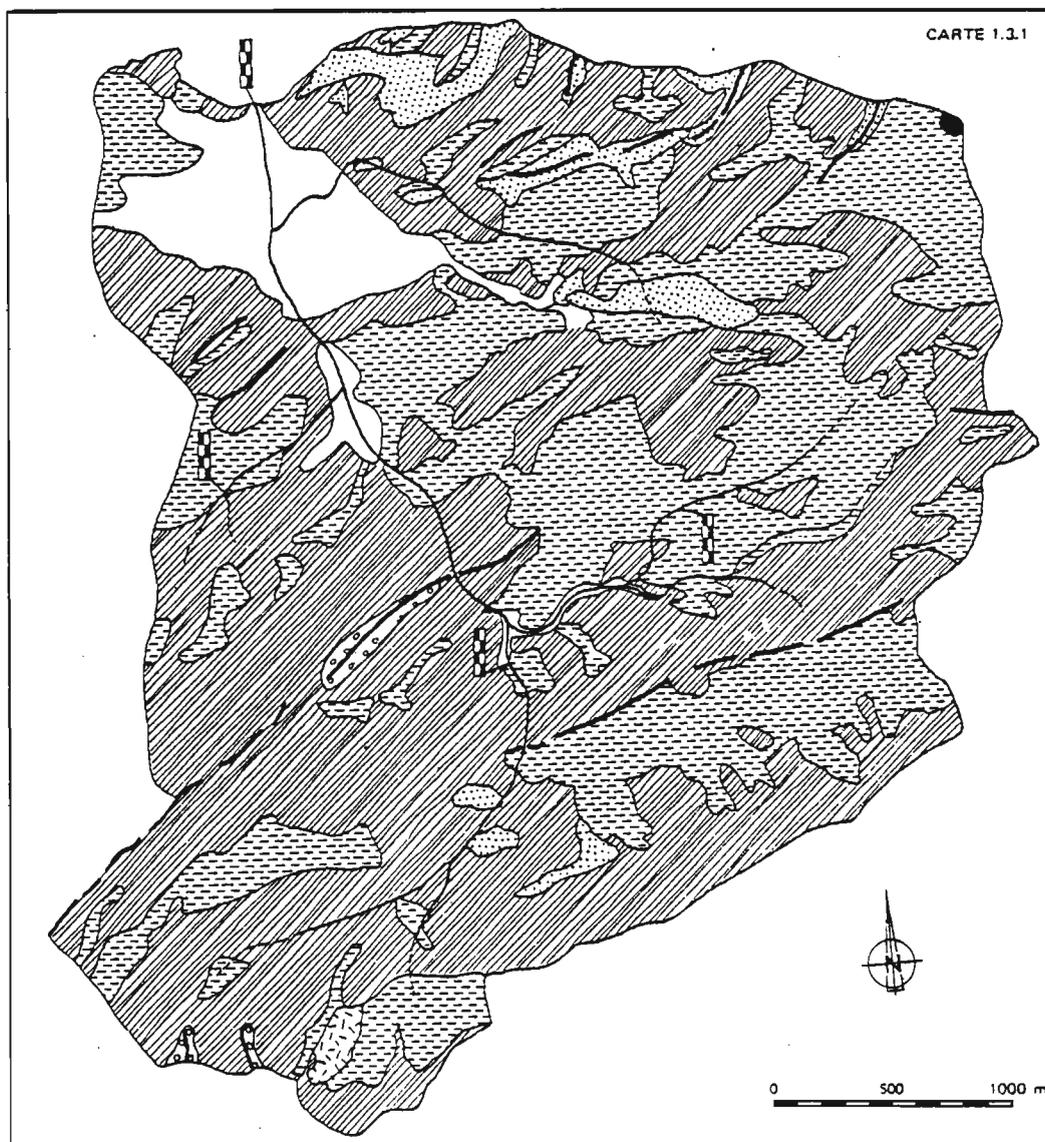
Le bassin Amont est dans l'ensemble assez typique des Argiles de colluvions car elles y sont fortement représentées.

1.4.4. LE BASSIN AVAL (S = 13,9 km<sup>2</sup>)

Le bassin Aval apparaît assez hétérogène aussi bien par sa pédologie que par sa végétation.

BASSIN VERSANT DE L'OUED SIDI BEN NACEUR

CARTE LITHOLOGIQUE



LÉGENDE	
	Pointement basaltique.
	Ensemble dolomitique.
	Grès peu altérés
	Barres de grès en relief ou affleurements bordées de failles.
	Colluvions gréseuses ou altérations de grès parfois rubéfiés
	Alluvions anciennes ou récentes, hétérogènes
	Argiles calcaires affleurantes ou recouvertes de colluvions complexes de faible épaisseur
	Colluvions argilo-gréseuses acides, reposant sur des argiles géologiques - structure complexe : Texture et épaisseur variables

BASSIN VERSANT DE L'OUED SIDI BEN NACEUR

CARTE DU BIOVOLUME VÉGÉTAL  
(ESQUISSE SIMPLIFIÉE)



SYMBOLES	HAUTEUR MOYENNE	DESCRIPTIONS
	$H > 3.20 \text{ m}$	Eucalyptus
	$1.80 \text{ m} < H > 3.20 \text{ m}$	Maquis bien conservés
	$0.90 \text{ m} < H > 1.80 \text{ m}$	Maquis
	$0.40 \text{ m} < H > 0.80 \text{ m}$	Maquis dégradé épineux
	$0.20 \text{ m} < H > 0.40 \text{ m}$	Prairies, cultures
	$H < 0.20 \text{ m}$	Sols nus



CHAPITRE II

EQUIPEMENT, OBSERVATIONS

ET MESURES.



L'équipement des bassins NORD a été décrit, en détail, dans la note "protocole d'installation du bassin versant oued Sidi Ben Nasseur" (GIRARD-GUISCAFRE) à laquelle nous nous référons.

Nous renvoyons également à la carte d'équipement 1.2.A.

### 2.1 - LA DUREE DE L'ETUDE :

Elle a débuté en 1973 et couvre une période de sept années hydrologiques complètes : 1973-74, 74-75, 75-76, 76-77, 77-78, 78-79 et 79-80.

La consistance et la qualité des mesures ne sont cependant pas les mêmes pour toutes les années :

- Les mesures sur les petits bassins "ARGILES CALCAIRES" et "EUCALYPTUS" ont commencé au début de la saison 1974-1975.

- Les campagnes de mesures 1978-1979 et 1979-1980 ont été poursuivies avec un dispositif restreint. Le réseau de pluviomètres a été limité pendant ces deux campagnes à quelques postes. Ces deux dernières campagnes étaient surtout destinées à prolonger les séries d'observations dans certains domaines particuliers (étude des intensités et station climatologique), et à permettre l'observation éventuelle d'évènements rares qui n'ont pas eu lieu.

La campagne véritablement opérationnelle, sur laquelle s'appuiera l'interprétation a duré cinq ans, de 1973-1974 à 1977-1978 pour les bassins AMONT et AVAL.

Elle est limitée à quatre ans pour les petits bassins.

### 2.2 - DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES-PHOTOPLAN.

Une série de photographies aériennes au 1/12500, datant de 1962 ont été agrandies au 1/10000.

Ces documents ont servi de support de base à l'établissement d'un ortho-photoplan au 1/10000 et d'un autre au 1/5000, qui sont les documents cartographiques de base pour cette étude. Les divers appareils de mesures relatifs à cette étude ont été positionnés exactement sur cet ortho-photoplan. La carte topographique au 1/50000 de SEDJENANE a permis le rattachement de ce plan aux coordonnées régionales.

### 2.3 - HYDROMETRIE :

#### 2.3.1. DESCRIPTION ET ETALONNAGE DES STATIONS :

Les informations concernant l'équipement, l'historique et

les courbes d'étalonnage de chacune des quatre stations étudiées sont résumées en Annexe 2.3.1.

### 2.3.2. INVENTAIRE DES MESURES LIMNIGRAPHIQUES :

Chaque station est équipée d'un limnigraphe à flotteur. Le tableau ci-dessous fait l'inventaire des enregistrements obtenus. La qualité d'ensemble est satisfaisante de 1973 à 1979. Les deux petits bassins n'ont été mis en service qu'en Octobre 1974.

STATIONS	AVAL	AMONT	ARG. CALC.	EUCALYP.
S (km <sup>2</sup> )	13,9	3,24	0,425	0,311
CODE	48359021	48359022	48359023	48359024
1973-1974	X	X	-	-
1974-1975	X	X	X	X
1975-1976	X	X	X	X
1976-1977	X	X	X	X
1977-1978	X	X	X	X
1978-1979	X	X	X	X
1979-1980	(x)	(X)	(X)	-

### INVENTAIRE DES RELEVÉS LIMNIGRAPHIQUES.

X = fonctionnement satisfaisant  
- = lacune  
( ) = douteux ou lacunes nombreuses

### 2.3.3. RESULTATS HYDROMETRIQUES :

Les informations résultant des enregistrements limnigraphiques ont été saisies mécanographiquement sous forme de "R.L.I." (Relevés Limnigraphiques Intégraux.)

Au vu des résultats obtenus et des critiques effectuées, certaines informations ont été corrigées afin d'obtenir des R.L.I. jugés corrects.

Le traitement informatique de ces données nous fournit :

- les débits instantanés
- les débits moyens journaliers
- les principales caractéristiques des crues sélectionnées au moment de la saisie des données.

Les débits moyens journaliers des années calendaires sont consignés dans les tableaux Annexe 2.3.3. et les caractéristiques des crues dans les tableaux Annexe 2.3.4.

## 2.4. - PLUVIOMETRIE :

### 2.4.1. MESURES DES INTENSITES :

#### 2.4.1.1 - Fonctionnement des pluviographes :

Les pluviographes utilisés sont des appareils du type "PRECIS MECANIQUE" à augets basculeurs. Les quatre pluviographes PG1, PG2, PG3, PG4, qui permettent le contrôle des intensités du bassin ont été mis en service respectivement le 2.11.73, le 17.1.74 et les 28 et 29.11.73.

Les deux appareils PG2 et PG4 ont été arrêtés en juillet et octobre 1978.

L'appareil PG2 qui était le plus souvent bouché, a dans l'ensemble mal fonctionné et n'a pas permis de mesurer les fortes intensités génératrices de crues. On peut le regretter car ce pluviographe était très représentatif du bassin AMONT et c'est lui qui recueillait les plus fortes précipitations.

Le maintien en état de fonctionnement de ces appareils a nécessité des efforts particuliers.

Malgré la gaine de protection extérieure, de nombreuses dégradations ont eu lieu : gaine cassée, colerette réceptrice brisée, porte défoncée, sable jeté dans l'entonnoir, etc...

#### 2.4.1.2 - Qualité des enregistrements :

Les appareils n'étant relevés que tous les huit jours pendant la période sèche de mai à octobre, le calage dans le temps des enregistrements a posé quelques problèmes.

L'examen global des données permet d'indiquer cependant que les écarts de temps observés sont, dans l'ensemble, inférieurs à 10 minutes.

En ce qui concerne les hauteurs de pluie, les résultats sont satisfaisants, les écarts constatés entre les hauteurs enregistrées et les valeurs observées étant généralement faibles.

#### 2.4.1.3 - Exploitation des données :

D'octobre 1973 à août 1974, les dépouillements des diagrammes ont été effectués manuellement selon la méthode dite "des R.P.I." et mis sur rapport informatique.

Depuis septembre 1974, les dépouillements de diagrammes sont réalisés selon la méthode mise au point par J. GUISCAFRE, et mis sur rapport informatique. Cette méthode présente l'avantage de permettre après saisie, de modifier le dépouillement original en connaissance de cause.

#### 2.4.2. MESURES DES PRECIPITATIONS JOURNALIERES :

##### 2.4.2.1 - Dispositif de mesures :

Le réseau d'observations comprend, au maximum, un ensemble de 31 pluviomètres numérotés de 1 à 32, le numéro 29 n'existant pas.

Les pluviomètres 19, 27 et 28 ont été supprimés pour des raisons diverses : accès difficile, vol systématique, coupe de la plantation d'Eucalyptus.

Les coordonnées géographiques sont données dans le tableau 2.4.2.1 ainsi que la date de mise en service. (Annexe)

Les lacunes sont en définitive peu nombreuses jusqu'en juillet 1978.

A partir de cette date, la plupart des pluviomètres d'altitude, qui mesuraient les plus fortes précipitations, ont été démontés.

Seuls les pluviomètres P6, P7, P11, P13, P16, P21, P30 et P32, ont été relevés. Ils sont groupés, pour la plupart, aux environs du bassin des Argiles Calcaires.

Pour la campagne 1978-1979, le seul pluviomètre maintenu était le P21.

INVENTAIRE DES LACUNES D'OBSERVATIONS.

PERIODES	Postes n'ayant pas fonctionné
du 20.10.1973 au 01.11.74	30,31,32
du 01.11.1974 au 11.01.75	19,27,28
du 11.01.1975 au 30.04.75	NEANT
du 30.04.1975 au 10.10.75	27,28
du 10.10.1975 au DEC. 78	19,27,28
de DEC 1978 à MAI 1979	1,2.3.4.5.8.9.10.12.14.15.17. 18.19.20.22.23.24.25.26.27.28. et 31.

2.4.2.2 - Examen critique des mesures :

Les pluviomètres sont relevés une fois par jour à une heure variable d'un poste à l'autre en fonction des possibilités de déplacement des observateurs. Ces décalages peuvent être gênants en période pluvieuse, les mesures sur chaque poste correspondant alors à des périodes d'observations qui se chevauchent d'un poste à l'autre. Certaines corrections ont été effectuées à partir des relevés pluviographiques, dans l'optique de ramener la séquence d'observation de 24 heures à une journée allant de 8h à 8h, le lendemain. Ces corrections n'ont pas été systématiques, mais cet inconvénient ne représente pas en définitive, à notre sens, une cause majeure de dispersion.

Pour le reste, les mesures peuvent être considérées comme satisfaisantes. Les lacunes sont assez peu nombreuses et elles ont été complétées par les postes voisins. Seul le poste n° 19 n'a pas fonctionné pendant un certain temps.

2.4.2.3 - Résultats obtenus par poste :

Les totaux mensuels et annuels des postes du bassin sont consignés dans l'Annexe 2.4.2.3.

Tableau 2.5 STATION CLIMATOLOGIQUE.

TABLEAU DES VALEURS MENSUELLES.

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
TEMPERATURES MOYENNES													
1973-74	-	-	-	12,0	12,3	11,5	13,3	13,6	18,6	22,9	25,1	25,7	
1974-75	23,7	16,3	14,5	11,6	11,7	10,3	12,1	14,1	18,2	21,8	26,3	25,9	
1975-76	24,6	18,0	14,1	12,1	10,8	10,7	11,5	13,9	17,6	22,2	25,0	25,8	
1976-77	22,8	18,4	13,0	12,8	12,3	13,3	14,7	15,9	19,2	22,0	26,0	25,8	
1977-78	21,7	20,7	15,7	12,5	10,0	13,0	13,0	14,3	18,0	22,9	26,1	26,3	
MOYENNE MENSUELLE DES MINIMA JOURNALIERS													
1973-74	-	-	-	7,8	9,0	7,4	9,3	9,9	13,6	16,5	18,2	19,6	
1974-75	18,3	13,1	10,9	8,9	8,4	7,2	8,1	9,1	13,2	15,7	18,8	20,0	
1975-76	19,1	14,3	11,0	8,6	6,1	7,3	7,9	9,9	12,9	15,1	19,3	20,1	
1976-77	17,5	14,1	10,0	8,9	8,8	10,0	10,7	13,2	14,1	19,5	17,9	16,3	
1977-78	15,5	12,1	9,0		9,0	9,2	9,5	11,8	15,2	18,6	19,6	17,7	
MOYENNE MENSUELLE DES MAXIMA JOURNALIERS													
1973-74	-	-	-	15,1	14,6	14,6	17,8	17,1	23,9	27,7	30,2	31,2	
1974-75	(30)	20,3	17,9	14,1	14,3	13,0	16,0	18,5	22,5	26,2	31,4	30,9	
1975-76	30,5	22,3	17,6	15,5	13,6	14,0	15,1	17,9	21,2	26,2	29,1	30,8	
1976-77	27,8	22,0	15,7	15,8	15,4	16,8	19,2	19,7	23,5	26,3	31,3	31,1	
1977-78	26,2	26,9	19,3	16,1	13,2	16,3	16,2	17,9	21,8	27,2	31,9	32,0	
MOYENNE MENSUELLE DES HUMIDITES RELATIVES JOURNALIERES													
1973-74	-	-	-	76,9	78,5	75,3	77,7	80,9	74,4	65,2	62,4	64,2	
1974-75	70,1	89,1	83,8	86,8	85,2	93,3	93,8	94,6	94,9	87,7	77,1	86,7	
1975-76	78,5	89,1	91,6	92,9	93,0	90,8	92,7	89,0	82,6	72,4	81,4	78,2	
1976-77	84,9	82,6	85,8	77,9	80,3	86,1	87,8	73,6	71,9	69,1	71,3	71,2	
1977-78	78,0	65,2	72,5	71,4	68,9	75,9	67,4	70,3	70,9	61,4	58,5	62,0	
EVAPORATION SUR BAC ORSTOM													
Années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	T. ANNUEL
73-74	(170)	(90)	(70)	(47)	52	(60)	107	110	186	242	280	290	1704
74-75	194	102	63	47	(50)	50	84	124	151	216	282	250	1613
75-76	185	92	52	42	(57)	(57)	70	111	134	212	240	215	1467
76-77	179	96	74	62	48	(45)	120	136	184	(220)	(280)	267	1711
77-78	162	156	65	48	57	64	84	98	145	238	303	244	1664
MOYENNE	178	107	65	49	53	55	93	116	160	226	277	253	1631

#### 2.4.2.4 - Coefficients de THIESSEN :

Les valeurs des coefficients pour chaque poste sont regroupées dans le tableau Annexe 2.4.2.4. Ils ont été calculés par la méthode habituelle des aires de pondération.

#### 2.4.2.5 - Calcul des précipitations moyennes par bassin :

Les tableaux annuels des précipitations moyennes journalières par bassin sont présentés dans l'ordre année-bassin dans l'Annexe 2.4.2.5. en années calendaires.

### 2.5 - LA STATION CLIMATOLOGIQUE : (cf. chapitre VII)

Elle est constituée d'un abri météorologique classique permettant les mesures des températures sèches et humides, maximales et minimales, et d'un évaporomètre Piche. Les relevés sont fait trois fois par jour à 7h, 13h et 19h.

Un bac de mesure d'évaporation type COLORADO est installé au centre d'une parcelle tondue mais non-irriguée. La mesure d'évaporation est relevée une fois par jour. La température de l'eau du bac est également mesurée.

Le dispositif est complété par deux pluviomètres, l'un à 1,50m et l'autre au sol.

Les mesures ont commencé en décembre 1973 et ont été poursuivies jusqu'en juillet 1980.

Pendant les deux dernières années 1978-1979 et 1979-1980, l'observateur a été rarement contrôlé et les mesures doivent être considérées, à priori, comme suspectes.

Les valeurs mensuelles des principales variables climatologiques calculées à partir des relevés journaliers ou plurijournaliers, sont consignés dans le tableau 2.5.

#### 2.5.1. TEMPERATURES :

Les moyennes mensuelles des températures sèches, sont à peu près constantes pour les mois secs d'une année sur l'autre. Ce résultat est normal puisque l'insolation de ces trois mois secs de juin juillet et août vaut à peu près l'insolation théorique.

2.5.2. EVAPORATION :

Les mesures pendant les jours pluvieux (P 5mm) généralement erronées, ont fait l'objet d'une correction préalable. Les relevés obtenus sont dans l'ensemble satisfaisants de 1973 à 1978.

2.6 - CHARGEMENT SUR BANDES DES DONNEES :

Les mesures obtenues aux pluviographes et celles de météorologie ont été chargées sur bandes grâce aux programmes de chargement de G. GUISCAFRE.

Les relevés des limnigraphes le seront prochainement.

CHAPITRE III

LES PRECIPITATIONS,

EFFET DE DISTORSION DES MESURES,

ANALYSE DES AVERSES.



L'examen des Isohyètes interannuelles sur la période d'observations fait apparaître une distorsion des mesures des précipitations dû à l'effet combiné du relief et du vent, déjà remarqué sur d'autres bassins (Ambatomainty, MADAGASCAR). L'étude de cet effet qui entraîne une sous-estimation des précipitations moyennes par bassin a été largement développée ici,

Les précipitations se présentent, par ailleurs, sous une forme relativement étalée dans le temps et nous avons tenté, au paragraphe 3.5 de caractériser le régime des Intensités en 24 heures.

### 3.1 - PRECIPITATIONS MOYENNES PAR BASSIN : VALEURS MENSUELLES ET ANNUELLES.

Elles sont regroupées dans le tableau 3.1.

### 3.2 - ISOHYETES INTERANNUELLES :

La carte 3.2. a été tracée à partir des moyennes annuelles calculées sur chaque poste, pendant la période d'observation. On peut y ajouter les remarques suivantes :

- L'écart entre les plus fortes valeurs et les plus faibles, est d'environ 200mm soit 25 % environ par rapport à la moyenne. Cet écart est très fort en regard de la dénivellée spécifique du bassin qui est de 250 mètres environ.

- On distingue l'influence d'un double gradient pluviométrique. Le premier décroissant de l'amont vers l'aval semble être lié à l'altitude et représenter l'effet orographique propre.

Le deuxième gradient différencie nettement les versants selon la direction des vents dominants.

La direction des vents dominants étant de secteur Nord-Ouest, les versants exposés au vent apparaissent nettement déficitaires par rapport aux versants abrités, contrairement à ce qu'on pourrait attendre. Il s'agit là d'une anomalie qui est liée, à notre sens, à une distorsion des mesures sous l'effet conjugué des pentes du bassin et du vent. Cette distorsion présente des caractères différents de ceux produits par l'effet orographique.

Ce dernier effet résulte d'une différenciation réelle des précipitations selon le relief, et on observe, généralement, dans les régions à relief fortement accentué une accumulation des précipitations sur les versants au vent.

### 3.3 - EFFET DE DISTORSION SOUS L'ACTION COMBINÉE DU RELIEF ET DU VENT :

Cet effet se limite peut-être aux bassins de petites dimensions

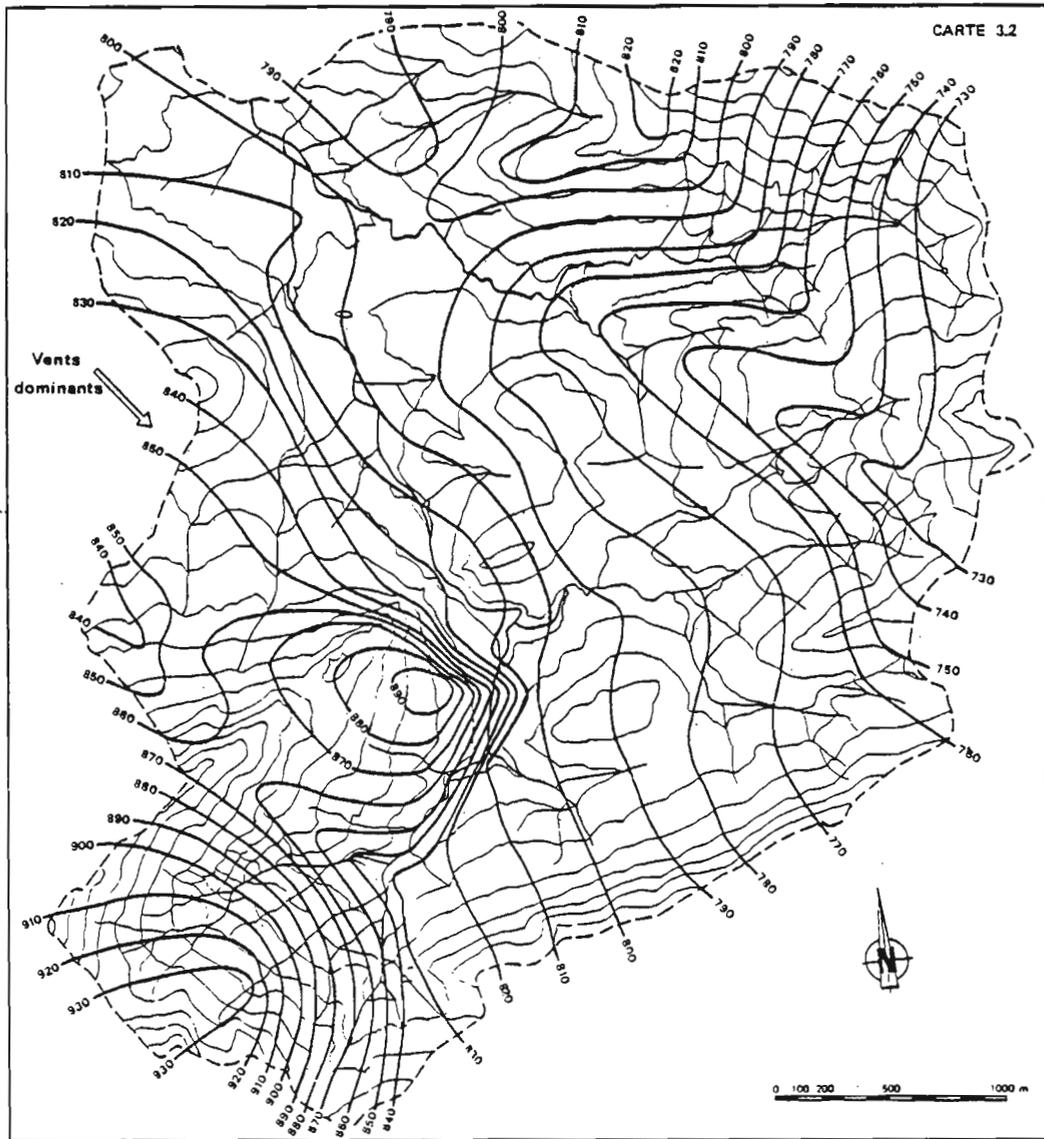
BASSINS VERSANTS OUED SIDI BEN HACEUR

TABLEAU 3.1.

PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES

ANNEES	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	T. ANUEL.
BASSIN AVAL													
1973-1974	(30)	(159)	56	77	43	189	80	92	22	4	1	0	(753)
1974-1975	27	175	120	70	61	175	97	19	54	1	0	49	848
1975-1976	5	110	311	66	99	95	82	54	60	30	32	20	964
1976-1977	32	224	200	92	76	36	24	60	25	17	0	19	805
1977-1978	7	16	136	29	133	104	90	110	37	2	1	14	679
BASSIN AMONT													
1973-1974	(45)	199	28	77	45	175	72	95	22	6	2	0	(766)
1974-1975	34	190	139	75	56	172	107	20	60	1	0	49	903
1975-1976	8	120	342	69	93	96	90	53	61	33	35	21	1021
1976-1977	26	244	210	85	80	41	27	66	24	13	0	19	835
1977-1978	6	14	145	25	151	115	103	125	38	1	0	29	752
BASSIN ARGILE-CALCAIPE													
1973-1974	(30)	(150)	22	80	47	206	96	105	22	4	1	0	(763)
1974-1975	28	178	87	62	61	167	80	19	55	1	0	41	779
1975-1976	4	98	274	59	99	84	76	49	61	22	29	21	876
1976-1977	34	195	186	85	80	34	21	57	26	16	0	17	751
1977-1978	7	14	130	29	127	90	72	100	31	1	1	2	604
BASSIN EUCALYPTUS													
1973-1974	(40)	(180)	30	81	36	200	68	92	24	2	1	0	(754)
1974-1975	23	182	142	80	24	182	104	18	51	1	0	47	854
1975-1976	6	103	333	70	104	104	90	57	70	37	29	18	1021
1976-1977	30	250	218	88	68	30	23	61	22	15	0	20	825
1977-1978	8	20	143	30	140	107	102	108	39	2	0	34	733

BASSIN VERSANT DE L'OUED SIDI BEN NACEUR  
ANNÉES 1974-1980  
ISOHYETES INTERANNUELLES



sous l'action combinée de la pente et du vent.

### 3.3.1. RAPPEL DES EFFETS OBTENUS A MADAGASCAR :

Nous avons eu l'occasion de mettre ce phénomène nettement en évidence à MADAGASCAR (BV d'Ambatoni). Sur ces bassins de 30 ha environ, l'effet orographique devrait être nul, les dénivellées totales ne dépassant pas 40 mètres environ. On observe cependant que les hauteurs d'eau mesurées, sur les versants exposés, apparaissent nettement déficitaires par rapport aux mesures faites sur versants abrités, la différence sur le total annuel pouvant atteindre 20 %. Il apparaît que les mesures dans un pluviomètre horizontal donnent une représentation erronée des précipitations réellement interceptées par les versants. La répétition de ce phénomène sur les bassins Nord, nous incite à en souligner les effets avec vigueur.

### 3.3.2. APPROCHE THEORIQUE : (cf. fig. 3.3.2.)

Cette figure représente le cas d'un versant abrité.

. Si on se donne les notations suivantes :

v = angle arithmétique aigu de la normale avec les trajectoires des gouttes d'eau sous l'effet du vent

p = angle arithmétique aigu de la pente du sol dans le plan contenant la direction du vent

D = diamètre sous le plan vertical contenant le vent de la base du cylindre s'appuyant sur le pluviomètre

DPLUV = diamètre du pluviomètre

DSOL = diamètre, dans le plan vertical contenant le vent, de la surface interceptée sur le sol par le même cylindre

Dcart = projection de DSOL sur la carte (c'est à dire sur une surface horizontale)

on admettra que les diamètres perpendiculaires au plan du vent de ces différentes sections sont égaux à DPLUV et que le rapport de leur surface à celle du pluviomètre est proportionnelle au rapport de leur diamètre dans le sens du vent.

La condition de représentativité du pluviomètre devrait être :  $DPLUV = Dcart$

### B.V.N DISTORSION DES MESURES DE PLUIE

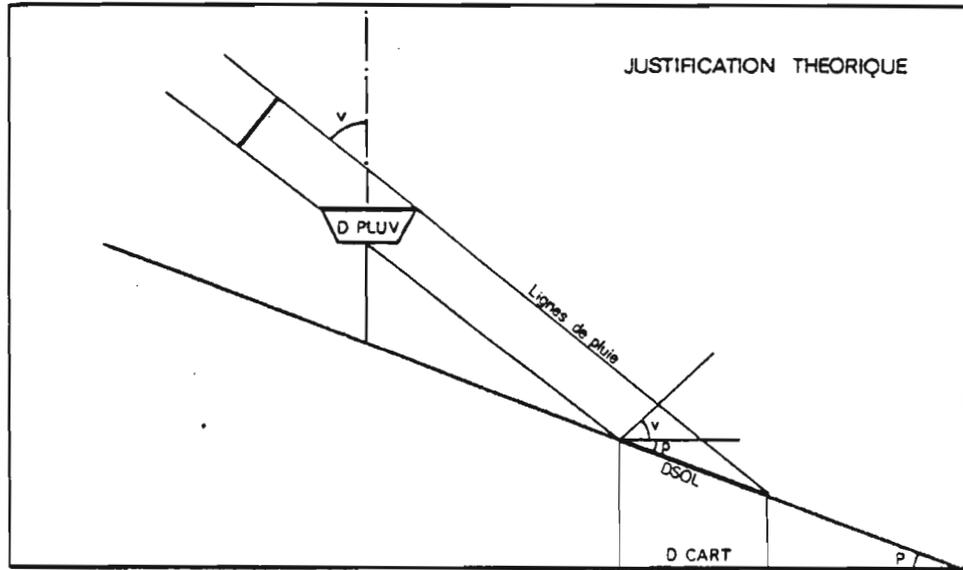


Fig.3.3.2

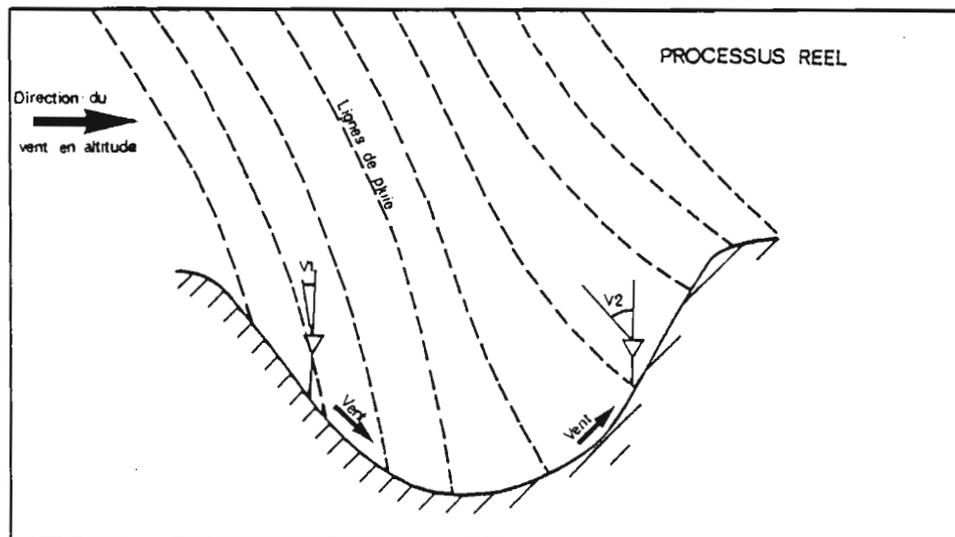


Fig.3.3.3

VERSANTS ABRITES

$$\frac{D}{DPLUV} = \cos V$$

$$\frac{D}{DSOL} = \cos (V+P)$$

$$\frac{DCart}{DSOL} = \cos P$$

On en tire :

$$Dcart = \frac{DPLUV \times \cos P \cos V}{\cos (V+P)}$$

$$Dcart = DPLUV \left( \frac{1}{1 - \text{tg}P \cdot \text{tg}V} \right)$$

On en déduit :

a) cas général :

Dans le cas général, la mesure de la pluie devrait être surestimée sur le versant abrité et sousestimée sur le versant exposé.

b) cas particulier :

Si  $V=0$  ou  $P=0$ , on a bien  $Dcart = DPLUV$

Ce phénomène de distorsion ne peut apparaître que sous l'action combinée d'un relief accentué et en présence de vents importants pendant les pluies.

3.3.3. PROCESSUS REEL : (cf. graph.3.3.3.)

Dans le raisonnement précédent, nous avons admis que l'angle des lignes de pluie  $V$  est constant sur tout le bassin. La réalité est différente. En effet :

a) versants abrités :

Sur les versants abrités, il y a deux possibilités :

-le vent descend le long de la pente dans le Thalweg et l'angle qu'il fait avec la normale est un angle aigu. Il en résulte que les lignes de pluie se rapprochent de la normale et l'angle  $V$  diminue.

-il y a décollement par rapport au sol de la veine ventilée et dans ce cas le versant abrité est réellement à l'abri du vent et  $V = 0$

Dans les deux cas, la pluie mesurée sur versant abrité se rapproche des précipitations vraies.

VERSANTS EXPOSES

$$\frac{D}{DPLUV} = \cos V$$

$$\frac{D}{DSOL} = \cos (v-P)$$

$$\frac{DCart}{DSOL} = \cos P$$

$$Dcart = \frac{DPLUV \times \cos P \cos V}{\cos (V-P)}$$

$$Dcart = DPLUV \left( \frac{1}{1 + \text{tg}P \cdot \text{tg}V} \right)$$

b) versants exposés :

Le vent remonte la pente et l'angle qu'il fait avec la verticale est obtu. Dans ce cas, les lignes de pluie s'écartent davantage de la normale. Il en résulte que la pluie mesurée sur les versants exposés est très sous-estimée par rapport aux précipitations réelles.

3.3.4. CONCLUSION POUR LA DETERMINATION DE LA PLUIE MOYENNE SUR UN BASSIN :

La pluie moyenne sur les bassins à forte pente et avec vent dominant important est généralement sous-estimée.

En période de crachin ou de pluie de faibles intensités, les valeurs mesurées des précipitations dans les pluviomètres ordinaires peuvent être de 50 % inférieures aux valeurs réelles.

Ces distorsions dans la mesure des pluies n'empêchent pas d'établir des corrélations hydropluviométriques. Elles peuvent par contre être gênantes pour déterminer des bilans.

3.3.5. APPRECIATION DE L'IMPORTANCE DU PHENOMENE :

Ce phénomène de distorsion des mesures apparaît dans les conditions suivantes :

- vent assez fort pendant les précipitations
- pentes importantes . pentes supérieures à 30 %  
    . on rencontre généralement de telles pentes en tête de bassins ou sur les petits bassins représentatifs qui sont en fait des têtes de bassins. Il est possible que sur un bassin d'assez grande dimension, cet effet ne constitue qu'un "effet de bordure" qui influe peu sur la moyenne spatiale des précipitations par bassins.
- pluie fine : plus la pluie est fine (faible vitesse de chute des gouttes d'eau), et plus l'effet est spectaculaire. En effet, lorsque la pluie est fine et de faible intensité, les lignes de pluie sont presque parallèles aux lignes de vent et l'effet est amplifié.

En période de crachin, nous avons vu des lignes de pluies remonter les pentes.

En conclusion, ce phénomène est limité aux régions où le relief est fortement accentué, dans le cas de précipitations fines ou de faibles intensités accompagnées d'une forte ventilation.

Toutes les conditions sont réunies dans le cas des bassins étudiés ici pour que cet effet de distorsion soit très ample.



3.4 - CONCLUSION POUR LA REPRESENTATIVITE DES PLUIES MOYENNES SUR LES BASSINS NORD :

Dans le cas du bassin Nord, il faut bien admettre l'une des deux hypothèses suivantes :

- les mesures des précipitations sont représentatives et dans ce cas, il faut conclure que les précipitations sur versants exposés sont nettement déficitaires et cela est contraire à toute logique et à ce qu'on a l'habitude d'observer généralement.

- les mesures effectuées ne sont pas très représentatives des précipitations réelles, en raison du phénomène de distorsion signalé plus haut, et dans ces conditions, il conviendra d'utiliser les résultats des moyennes par bassin avec une certaine réserve.

Le bassin Amont nous paraît bien protégé et il semble que la pluie moyenne calculée par les coefficients de Thiessen soit représentative des précipitations vraies. Il en est de même pour le bassin des Eucalyptus bien exposé.

La pluie moyenne sur le bassin Aval risque, à notre sens, d'être légèrement sous-estimée.

La pluie moyenne du bassin Arg. Calcaires, qui se trouve en plein dans la dépression pluviométrique mise en évidence par les isohyètes, risque d'être fortement sous-estimée.

3.5 - ANALYSE DES AVERSES :

3.5.1. LES INTENSITES MAXIMALES MESUREES :

Voici les intensités maximales observées au cours des cinq années d'observations sur le bassin de SIDI BEN NACEUR :

- 97,2 mm/h en 5' le 2 novembre 1975 à partir de 18h29 à pG4
- 62,4 mm/h en 10' le 2 novembre 1975 à partir de 18h21 à pG1
- 56,2 mm/h en 15' le 31 mars 1974 à partir de 11h30 à pG3
- 38,0 mm/h en 30' le 5 octobre 1976 à partir de 13h14 à pG3
- 30,0 mm/h en 45' le 13 octobre 1976 à partir de 19h48 à pG1
- 27,6 mm/h en 60' le 13 octobre 1976 à partir de 19h48 à pG1
- 20,8 mm/h en 90' le 21 décembre 1976 à partir de 23h55 à pG3
- 17,6 mm/h en 120' le 21 décembre 1976 à partir de 23h55 à pG3.

### 3.5.2. LES INTENSITES SUPERIEURES A UN SEUIL DONNE :

Pour étudier la répartition des précipitations dans la journée, on s'est intéressé aux séquences pluvieuses dont l'intensité dépasse un seuil donné.

L'étude a été effectuée au pluviographe PG1.

Cet appareil a bien fonctionné mais les mesures obtenues sont dans l'ensemble assez faibles, par rapport aux précipitations moyennes sur les bassins, cet effet résultant, peut-être, d'une mauvaise exposition.

L'appareil PG2 était plus représentatif mais a dû être écarté, en raison de la mauvaise qualité globale des mesures, cet appareil ayant été trop souvent bouché.

L'étude porte sur quatre années hydrologiques complètes, de fin 1974 à fin 1978.

### 3.5.3. CORPS D'AVERSE, PLUIE UTILE... DEFINITIONS :

Cette technique permet de mettre en évidence certaines grandeurs dont nous rappelons ici les définitions :

- CORPS D'AVERSE : c'est une séquence pluvieuse dont tous les intervalles élémentaires adjacents ont des intensités supérieures à la valeur du Seuil.  
Le corps d'averse est défini par sa hauteur d'eau et par sa durée.
- PLUIE UTILE EN 24 HEURES : c'est la somme des hauteurs d'eau des différents corps d'averse en 24 heures.
- TEMPS DE LA PLUIE UTILE EN 24 HEURES : c'est la somme des temps des différents corps d'averse en 24 heures.
- NOMBRE DE CORPS D'AVERSE EN 24 HEURES : il est une donnée intéressante pour définir le régime des précipitations.

### 3.5.4. CHOIX DE LA VALEUR DU SEUIL : 3mm/h

La valeur de 3 mm/h a été retenue comme valeur du seuil parce qu'elle correspond approximativement, au seuil inférieur d'infiltration lorsque les sols ont atteint l'état de saturation, sur le bassin Amont. Elle est estimée par divers recoupements.

On remarquera, en outre, que cette valeur du seuil choisi

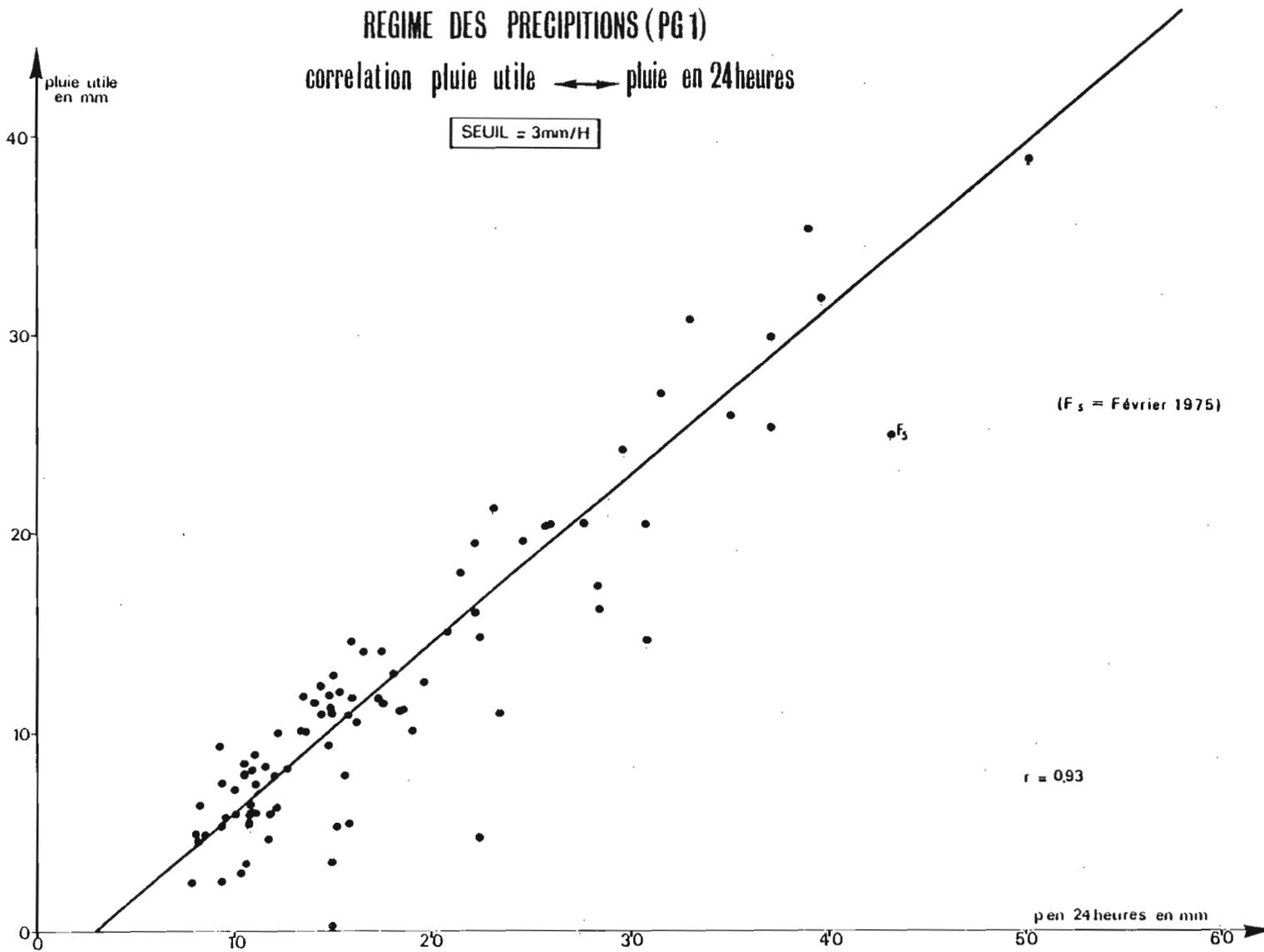


Fig.-3-5-6

est proche de la valeur habituellement utilisée dans le programme POH126 comme critère de séparation des averses de 2,5 mm/h. On peut en conclure que les différents corps d'averse sélectionnés dans cette étude correspondent, en fait, à des averses individualisées au sens où on l'entend dans ce programme. Les intervalles de temps qui séparent deux corps d'averse consécutifs sont d'ailleurs couramment compris entre 50 et 250 minutes.

### 3.5.5. LES TABLEAUX 3.5.

Ces tableaux permettent de comparer, pour chaque journée pluvieuse, ces différentes grandeurs à la pluie en 24 heures à ce pluviographe. A titre indicatif, on y a également ajouté, en dernière colonne, le rapport de la pluie moyenne journalière calculée sur le bassin Amont à la pluie en 24 heures à PG1.

Les précipitations inférieures à 10 millimètres par jour et n'ayant pas provoqué d'écoulements n'ont pas été étudiées.

### 3.5.6. CORRELATIONS ENTRE LA PLUIE UTILE ET LA PLUIE EN 24 HEURES : (graph. 3.5.6)

Cette corrélation est assez serrée. On voit que la pluie utile a une valeur assez proche, dans l'ensemble, de la pluie totale.

L'équation de la droite de corrélation est :

$$P_u = 0,848 (P_t - 3)$$

Cette corrélation permet de rattacher la pluie utile au ruissellement à la pluie totale.

Le coefficient de corrélation est de :  $r = 0,93$

### 3.5.7. CORRELATION : DUREE DE LA PLUIE UTILE - LA PLUIE EN 24 HEURES (graph. 3.5.7)

Cette corrélation est plus floue que la précédente avec un coefficient de corrélation de 0,84. La durée de la pluie utile apparaît à peu près proportionnelle à la hauteur d'eau en 24 heures avec, peut-être, une tendance à se stabiliser progressivement vers les fortes valeurs de la pluie totale.

Cette corrélation, qui est interne au processus des précipitations, est très intéressante car elle pourrait être à l'origine d'une certaine harmonie entre les différents types d'écoulements. Si on admet en effet que la percolation dans le sol se produit essentiellement lorsque celui-ci est saturé, elle serait alors proportionnelle, grossièrement, à la durée de la pluie utile. La valeur journalière de la quantité d'eau percolée pourrait être rattachée ainsi à la

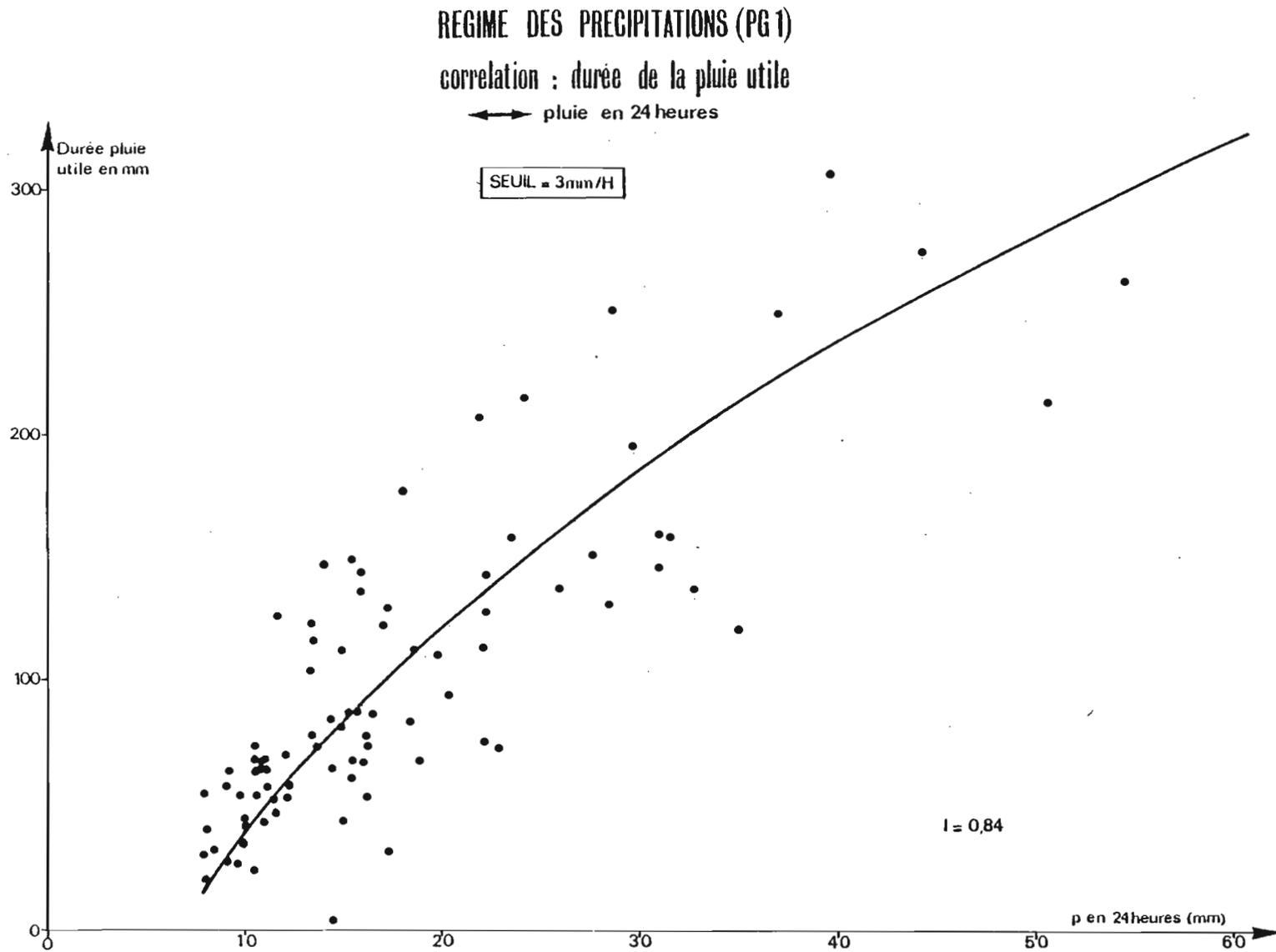


Fig. 3-5-7

REGIME DES PRECIPITATIONS  
 correlation nombres de corps d'averse ← p en 24 heures

NS (20)

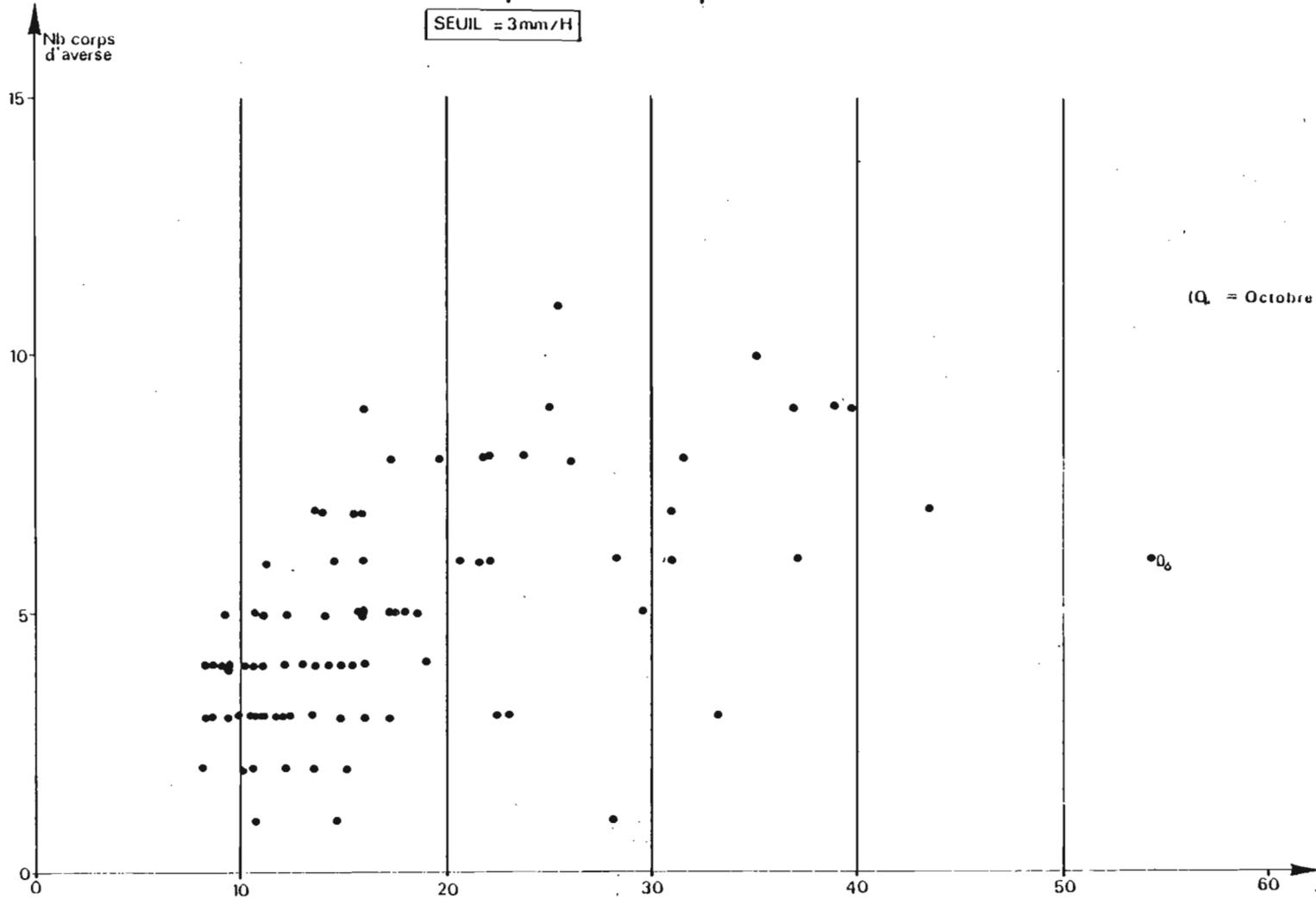


Fig. 3-5-8

hauteur de la précipitation journalière. C'est ce que l'on admet implicitement dans les fonctions de production d'écoulement au pas de temps journalier.

### 3.5.8. NOMBRE DE CORPS D'averse EN 24 HEURES : (graph. 3.5.8)

Le graphique 3.5.8. fait apparaître une liaison assez nette entre le nombre de corps d'averse dans la journée et la hauteur de pluie précipitée en 24 heures, bien que la corrélation soit cependant assez lâche

Le nombre de corps d'averse a tendance à croître avec la hauteur de pluie en 24 heures.

Cette propriété est intéressante puisqu'elle pourrait servir de point de départ à une étude statistique de la forme des précipitations exceptionnelles ou de fréquence rare, par leur hauteur d'eau en 24 heures (réurrence décennale, centennale...)

### 3.5.9. DISTRIBUTION DU NOMBRE DE CORPS D'averse PAR CLASSES DE HAUTEURS DE PLUIE EN 24 HEURES :

On a étudié la distribution du nombre de Corps d'averse en 24 heures pour différentes classes de pluie en 24 heures : hauteurs de pluie comprises entre 10 et 20 mm, 20 et 30mm, 30 et 40mm, et supérieures à 50mm.

Le tableau 3.5. donne, pour chaque classe de pluie, le nombre de jours de pluie pour lesquels le nombre de corps d'averse en 24 heures est inférieur ou égal à un nombre donné allant de 1 à 15.

Le nombre de journées pluvieuses pendant la période observée est de :

- 52 individus pour la classe de précipitations de 10 à 20 mm
- 14 individus pour la classe comprise entre 20 à 30 mm
- 9 pour la classe de pluie de 30 à 50 mm
- 3 individus dont la hauteur de pluie dépasse 50mm (Nombre de corps : 20,15,6)

On a reporté sur le graphique 3.5.9. les diagrammes de distribution du nombre de corps d'averse des échantillons observés, pour chaque classe de hauteurs journalières, en fonction de la fréquence au dépassement.

a) Le diagramme correspondant à la classe de 10 à 20 mm est assez représentatif de la population vraie puisqu'elle repose sur un échantillon assez fourni. On peut dessiner, sans trop de difficultés un diagramme de distribution de la population mère approximatif, par lissage du diagramme de l'échantillon réel.

b) Pour les classes de pluies supérieures, de 20 à 30 et de 30 à 50 mm, le nombre d'individus observés est insuffisant pour déterminer, avec précision la distribution de la population mère. On s'est, cependant, hasardé à tracer grossièrement ces diagrammes, en s'appuyant, d'une part, sur le diagramme de la distribution observée, et d'autre part, en le déduisant plus ou moins par translation du diagramme de base correspondant à la classe de 10 à 20mm.

c) Le diagramme de distribution du nombre de corps d'averse qui correspondrait aux journées de pluies supérieures à 50 mm a été mis en place à titre purement indicatif, les trois individus observés dans cette classe ne permettant pas de donner des informations très significatives.

d) Exploitation des résultats :

Les résultats obtenus, bien qu'approximatifs, sont néanmoins intéressants et très évocateurs du régime des précipitations régionales. On constate, en effet, que le nombre de corps d'averse en 24 heures, dont la répartition des précipitations est "moyenne", c'est à dire pour une fréquence au dépassement de 0,5 est de :

- 4,5 environ pour les journées pluvieuses dont la hauteur d'eau en 24 heures est comprise entre 10 et 20mm

- 6,8 environ pour les jours dont la pluie en 24 heures appartient à la deuxième classe

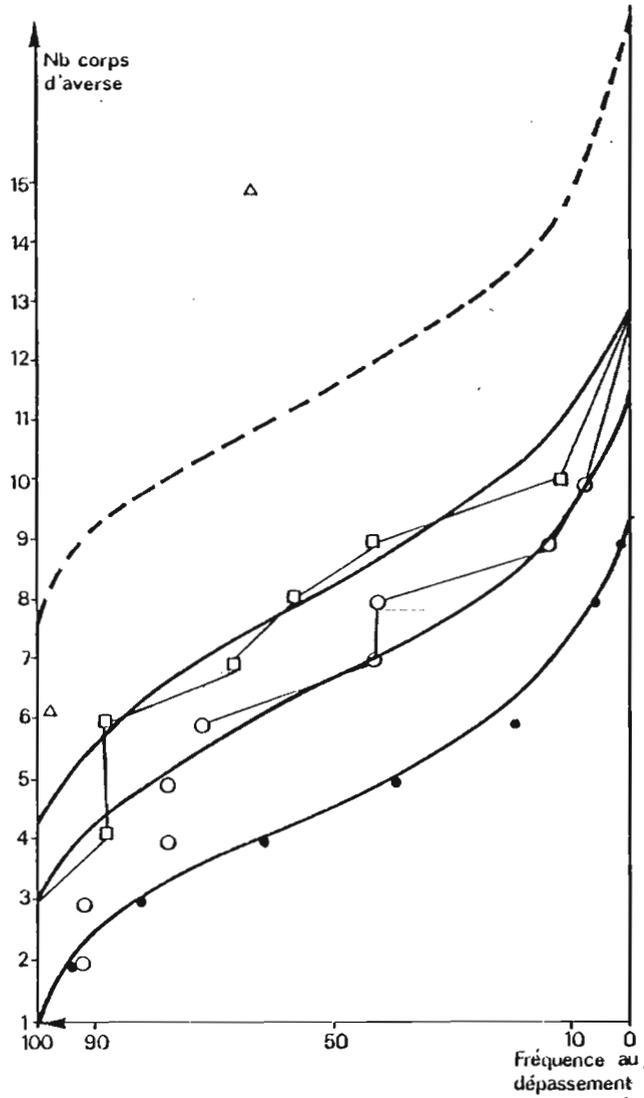
- 8,5 à peu près, pour les pluies en 24 heures comprises entre 30 à 50 mm

- Ce nombre pourrait être estimé à 12 environ pour les précipitations dont la hauteur d'eau journalière dépasse 50mm.

### 3.6 - CONCLUSION :

Le régime des précipitations dans le NORD de la TUNISIE peut être assimilé, du point de vue de la répartition dans le temps des intensités à un régime de type tempéré, les précipitations étant liées à des dépressions atmosphériques venues de l'Atlantique Nord. Ces précipitations sont alors soutenues tout au long de la journée mais ne donnent que rarement lieu à des séquences de fortes intensités.

Les orages de pré-saison, plus localisés, (Septembre, Octobre) semblent assez rares dans cette région.



**NB de CORPS D'VERSE**  
 diagramme de distribution suivant les classes  
 de précipitations  
 (en 24 h)

- classe 10-20 (mm) 52 valeurs
- classe 20-30 (mm) 14 valeurs
- classe 30-50 (mm) 9 valeurs
- △ classe > 50 (mm) 3 valeurs

TABLEAU 3.5.

DISTRIBUTION DU NOMBRE DE CORPS D'AVERSE PAR  
CLASSES DE HAUTEURS D'EAU EN 24 HEURES.

CLASSES D'AVERSE	10 à 20 mm		20 à 30 mm		30 à 50 mm		sup à 50 mm	
	Rang	Fréq.	Rang	Fréq.	Rang	Fréq.	Rang	Fréq.
inf. ou égal 15	0	0,000	0	0,000	0	0,000	2	0,666
" " 10	0	0,000	1	0,071	1	0,111	2	0,666
" " 9	1	0,019	2	0,142	4	0,444	2	0,666
" " 8	3	0,057	6	0,428	5	0,556	2	0,666
" " 7	7	0,135	6	0,428	6	0,667	3	1,000
" " 6	10	0,192	10	0,714	8	0,889		
" " 5	20	0,384	11	0,785	8	0,889		
" " 4	32	0,615	11	0,785	8	0,889		
" " 3	43	0,942	13	0,928	9	1,000		
" " 2	49	0,942	13	0,928				
" " 1	52	1,000	14	1,000				

CHAPITRE IV

ETUDE DES DEBITS.

Le tableau des caractéristiques des crues montre que les crues sont, le plus souvent, complexes et les liaisons entre des fractions des précipitations à forte intensité et les ruissellements sont faibles.

L'analyse des débits instantanés met d'autre part, en évidence l'existence d'écoulement retardé important pour des bassins à sols argileux peu perméables.

L'étude des débits et la détermination des paramètres hydrologiques de chaque bassin a été abordée en tenant compte de ces remarques préalables. Elle a été effectuée pour chaque bassin selon le même plan et se présente de la façon suivante :

- Présentation des débits moyens mensuels et annuels et des lames ruisselées. Ces résultats sont tirés des tableaux du chapitre II.
- Etude sommaire du ressuyage apparent.
- Analyse statistique des crues.
- Détermination de l'hydrogramme type.

a) RESSUYAGE APPARENT (ÉCOULEMENT RETARDE OU DRAINAGE OBLIQUE)

L'analyse des débits instantanés des plus fortes crues en coordonnées logarithmiques fait apparaître dans les écoulements une ou deux phases de ressuyage apparent selon un déterminisme plus ou moins précis.

La première phase se poursuit pendant 10 à 15 heures environ après la crue. La deuxième, beaucoup plus lente, concernant des écoulements plus faibles, se prolonge pendant trois ou quatre jours pour rejoindre les écoulements de base.

Le débit "charnière" de fin de crue et de début du ressuyage apparent semble, par ailleurs se stabiliser pour les fortes crues autour d'une valeur constante différente pour chaque bassin qui pourrait représenter un paramètre spécifique du bassin.

Le tarissement des débits de base, n'a pas été étudié en raison de leur faible importance.

b) ANALYSE STATISTIQUE SOMMAIRE DES CRUES

La détermination des valeurs de fréquence remarquable des débits maximaux  $Q_{max}$  et des lames ruisselées LR résultent d'un ajustement statistique graphique de l'ensemble des crues observées dont la lame ruisselée dépassait 1 mm. Les crues inférieures à 1 mm n'ont pas été retenues car les écoulements produits n'étaient sans doute pas représentatifs de l'écoulement du bassin.

Cette méthode d'analyse de la population globale des crues pendant une période donnée, n'est pas très sûre et les valeurs décennales déterminées de la sorte doivent être considérées comme très approximatives. On fera toutefois, les précisions suivantes :

- Toutes les crues observées produisant un couple d'individus ( $Q_{Max}$ , LR) sont indépendantes entre elles, ce qui entraîne une indépen-

dance statistique des différents individus des populations de débit  $Q_{Max}$  et de lames LR.

- Les valeurs de fréquence remarquable sont essentiellement utilisées pour comparer les bassins entre eux et cette méthode s'avère commode dans cette optique. Les quatre crues produites sur les différents bassins par un même évènement pluvieux sont, en effet, fortement liées entre elles.

L'interprétation du chapitre V n'utilise ces valeurs qu'à titre indicatif et les conclusions n'en tiennent pas compte. (cf. chap. V).

### c) CRUE TYPE

La crue type est la réponse spécifique du bassin à une impulsion de pluie. Parmi les crues observées, les crues type sont celles qui satisfont aux conditions suivantes :

- Pluie homogène dans l'espace et localisée dans le temps c'est à dire dont la pluie utile est suffisamment courte pour être considérée comme une impulsion. On considère en pratique, que la durée de la pluie utile doit être inférieure à la moitié du temps de montée de la crue.

- La crue doit être suffisamment forte pour que la réponse du bassin soit représentative des fortes averses. En effet, la réponse aux faibles averses est généralement différente. On ne s'intéressera, en pratique qu'aux crues dont la lame ruisselée est supérieure à 5 mm.

Dans le type de climat du Nord de la TUNISIE, il est pratiquement impossible de trouver une averse répondant aux normes de l'averse unitaire et suffisamment isolée pour que la réponse du bassin soit une réponse de crue simple.

On est obligé de "décomposer" des crues complexes pour aboutir aux crues simples se rapprochant de l'hydrogramme type. Ce travail est délicat et subjectif. La forme de la crue résultante ne peut être qu'approximative.



4.1 - STATION AVAL : ( $S = 13,9 \text{ km}^2$ )

4.1.1. DEBITS MENSUELS ET ANNUELS :

en m<sup>3</sup>/s

ANNEES	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	ANNUEL
1973-74	,000	,108	,001	,028	,012	,498	,104	,070	,003	,000	,000	,000	,066
1974-75	,000	,005	,215	,072	,051	,525	,149	,011	,002	,000	,000	,000	,082
1975-76	,000	,006	,633	,151	,207	,231	,172	,014	,016	,004	,000	,000	,118
1976-77	,000	,067	,553	,254	,172	,020	,002	,005	,000	,000	,000	,000	,089
1977-78	,000	,000	,002	,001	,089	,263	,032	,225	,002	,000	,000	,000	,049
MOYENNES	,000	,037	,256	,101	,106	,307	,092	,065	,004	,001	,001	,000	,081

4.1.2. RESSUYAGE APPARENT :

Le "débit charnière" se stabilise pour les plus fortes crues aux alentours de 3 m<sup>3</sup>/s.

La première phase de ressuyage suit une loi exponentielle telle que le débit diminue dans le rapport de 10 à 1 en 8 heures environ pendant la saison des pluies. Cette valeur semble augmenter en début de saison des pluies et atteint alors une durée de 9 à 12 heures.

4.1.3. ANALYSE STATISTIQUE DES CRUES :

L'ajustement graphique porte sur les 87 crues quelconques observées pendant la période 73-78 de cinq années hydrologiques, et dont la lame ruisselée est supérieure à 1 mm.

Les périodes de retour des crues de fréquence remarquable sont déterminées, en passant de la fréquence d'occurrence à la fréquence de récurrence par la formule :

$$\text{Frec} = f \text{ oc } x \frac{N}{n_a}$$

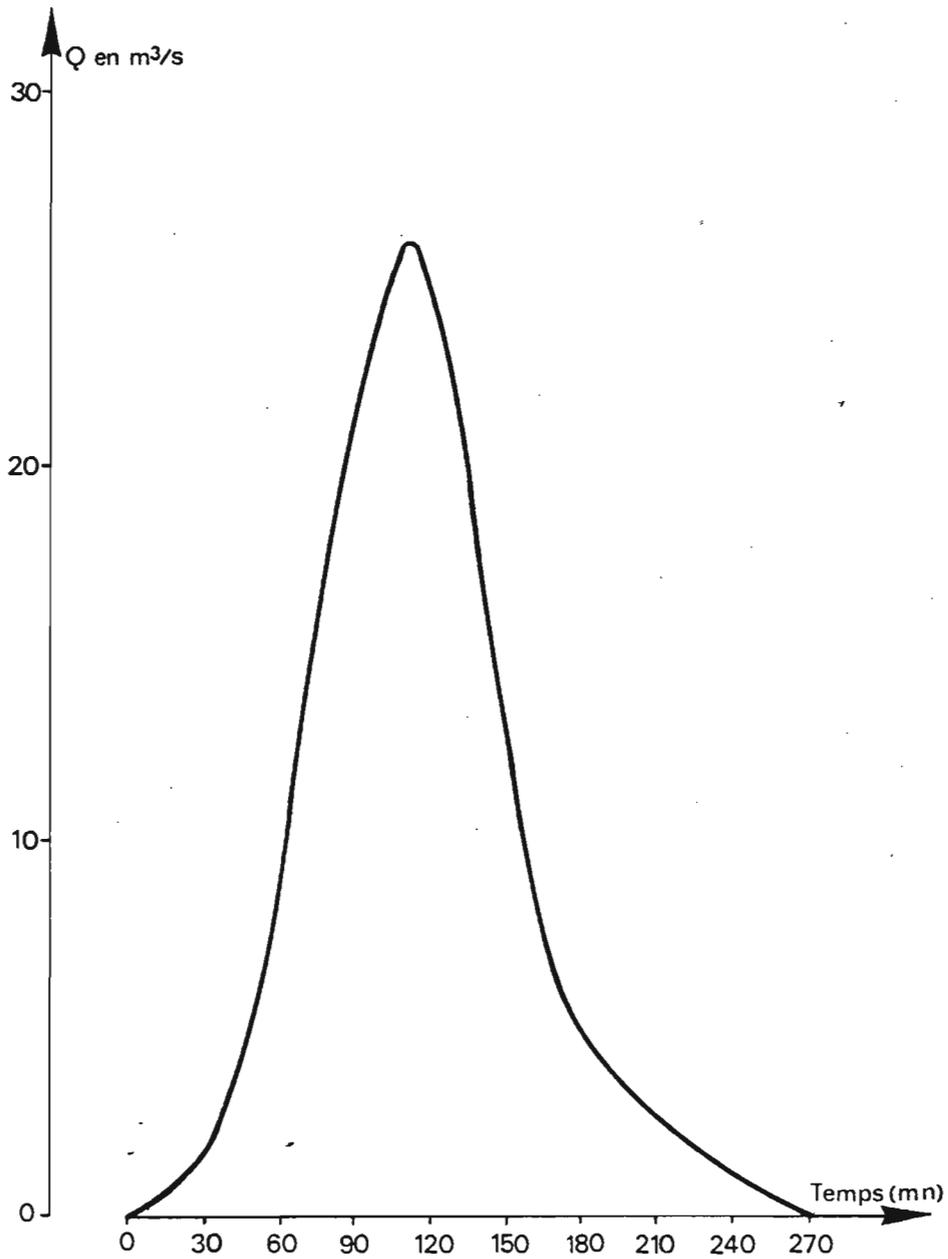
N = taille de l'échantillon (87)

n<sub>a</sub> = nombre d'années observées.

# B.V.N AVAL

## Hydrogramme type

LR = 10 mm



BASSIN AVAL, VALEURS DE FREQUENCES REMARQUABLES :

(Ajustement graphique)

PERIODE DE RETOUR	10crues/an	1crue/an	1crue/2ans	1crue/5ans	1crue/10ans
LAME RUISSELEE LR (mm)	2,5	13,5	19	27	37
DEBIT SPECIFIQUE DE POINTE qs (m3/km2)	0,24	0,95	1,3	1,9	2,4

4.1.4. HYDROGRAMME TYPE :

Les crues du 16/02/76 et celle du 21/11/75 se rapprochent assez bien de la crue type dont les caractéristiques sont les suivantes :

Pour une lame LR = 10 mm

temps de montée	tm	= 1h40
temps de base	TB	= 4h30
débit maximal	Q max	= 26 m3/s
débit spécifique maximal	Qs max	= 1,87 m3/s/km2
coefficient de forme de la crue	K	= 3,03

Le coefficient de forme est défini par  $K = \frac{Q_{max}}{Q_{moy}}$

$$Q_{moy} = \frac{\text{Volume ruisselé}}{\text{temps de base}}$$

4.2 - BASSIN AMONT : (S = 3,24 km2)

4.2.1. DEBITS MOYENS MENSUELS ET ANNUELS : en m3/s

ANNÉES	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	ANNUEL
1973/74	,000	,027	,001	,009	,007	,123	,031	,020	,002	,000	,000	,000	0,0176
1974/75	,000	,004	,073	,023	,012	,138	,050	,010	,005	,000	,000	,000	0,0253
1975/76	,000	,002	,172	,042	,054	,069	,050	,007	,009	,002	,000	,000	0,0336
1976/77	,000	,017	,147	,057	,050	,012	,003	,005	,000	,000	,000	,000	0,0242
1977/78	,000	,000	,002	,002	,023	,080	,019	,086	,003	,000	,000	,000	0,0173

#### 4.2.2. RESSUYAGE APPARENT :

Le "débit charnière" pour les crues importantes se stabilise autour d'une valeur de 1000 l/s.

Au cours de la première phase de ressuyage, le débit décroît dans des proportions de 10 à 1 en 12 heures pendant la saison des pluies et en 14 heures au début de la saison.

#### 4.2.3. ANALYSE STATISTIQUE DES CRUES :

Les ajustements graphiques portent sur les 71 crues dont la lame LR dépasse 1mm observées pendant les cinq années hydrologiques 73 à 78.

Ils fournissent les résultats suivants :

#### B.V. AMONT. Valeurs de fréquences remarquables :

PERIODE DE RETOUR	10crues/an	1crue/an	1crue/2ans	1crue/5ans	1crue/10ans
LAME RUISSELEE LR	2,3	14	22	32	40
DEBIT SPECIFIQUE $Q_s$ ( $m^3/s/km^2$ )	0,23	1,4	2,1	3,1	4,1

#### TEMPS DE BASE .

Pour les besoins de l'interprétation faite au paragraphe (5.1.3.4.), on a étudié, sur le bassin AMONT, la distribution statistique des temps de base des plus fortes crues observées pour que cette distribution soit autant que possible représentative de ce type de crues.

On a sélectionné 31 crues de la façon suivante :

- on a pris toutes les crues dont la lame ruisselée est supérieure à 4mm,

- on a retenu, parmi les crues dont LR est inférieure à 4mm, les crues "pointues" dont le débit était le plus fort. Comme le débit spécifique d'une crue de 4mm "moyenne" est d'environ 0,4  $m^3/s/km^2$ , on a retenu le critère de sélection adimensionnel suivant :

$$LR + Q_s \geq 4,4$$

valable uniquement pour les bassins AMONT et AVAL.

Les valeurs suivantes de fréquences remarquables sont approximatives, la détermination de la valeur des temps de base étant assez grossière.

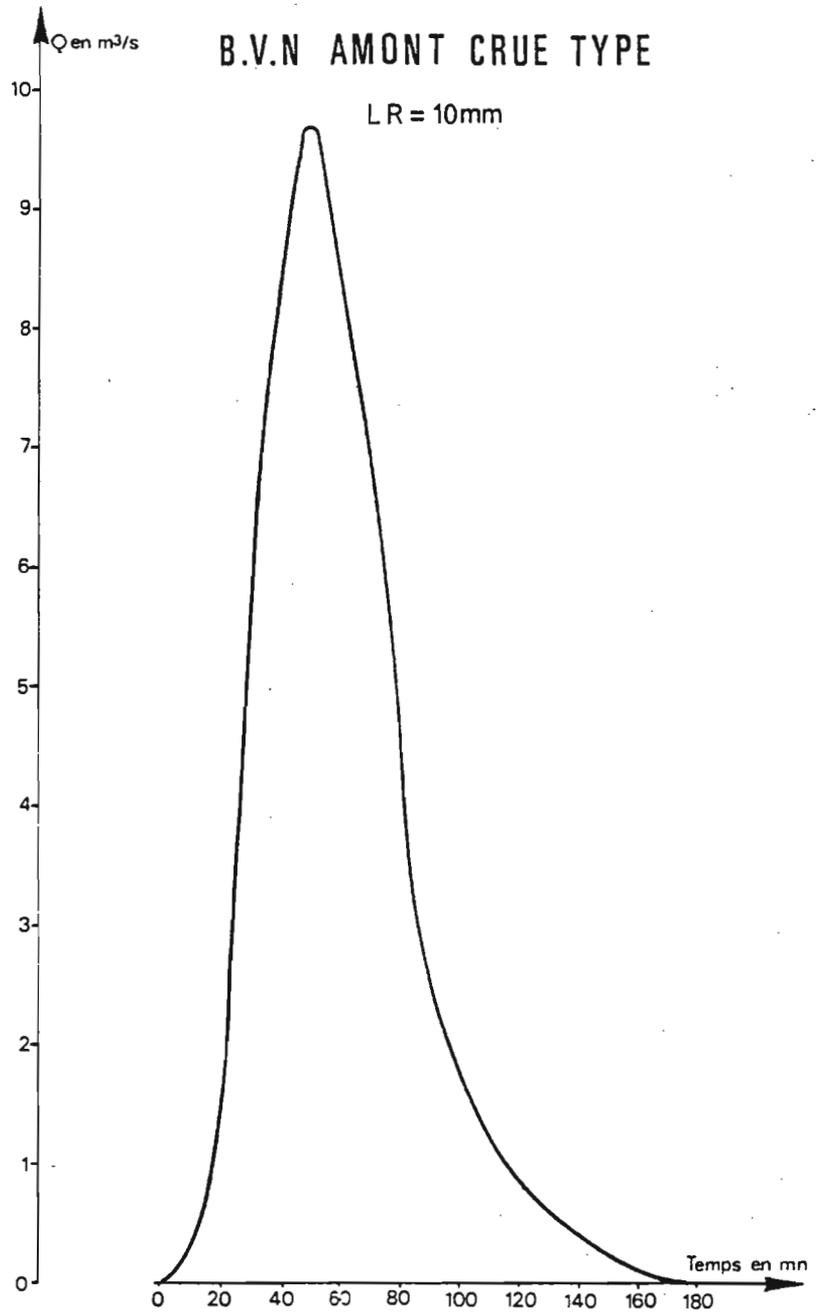


Fig- 4 - 2

B.V. AMONT. AJUSTEMENT DES TEMPS DE BASE.

FREQUENCE	0,1	0,2	0,5	0,8	0,9
TEMPS DE BASE (mn)	550	650	960	1720	2230

4.2.4. HYDROGRAMME TYPE :

Parmi les crues sélectionnées, nous avons retenu, par éliminations successives, la crue du 21/11/1975 dont on a pu extraire une crue type "probable".

temps de montée	tm	= 50mn
temps de base	TB	= 180mn
débit maximal	Qmax	= 9,7 m <sup>3</sup> /s
débit spécifique maximal	Qs max	= 2,99 m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>
coefficient de forme	K	= 3,23

Le coefficient de forme se définit par le rapport :

$$K = Q_{\max}/Q_{\text{moy}} \quad \text{dont} \quad Q_{\text{moy}} = \frac{\text{Volume ruisselé}}{\text{temps de base}}$$

4.3 - BASSIN ARGILES CALCAIRES : (S = 0,425 km<sup>2</sup>)

4.3.1. DEBITS MOYENS MENSUELS ET ANNUELS : en l/s

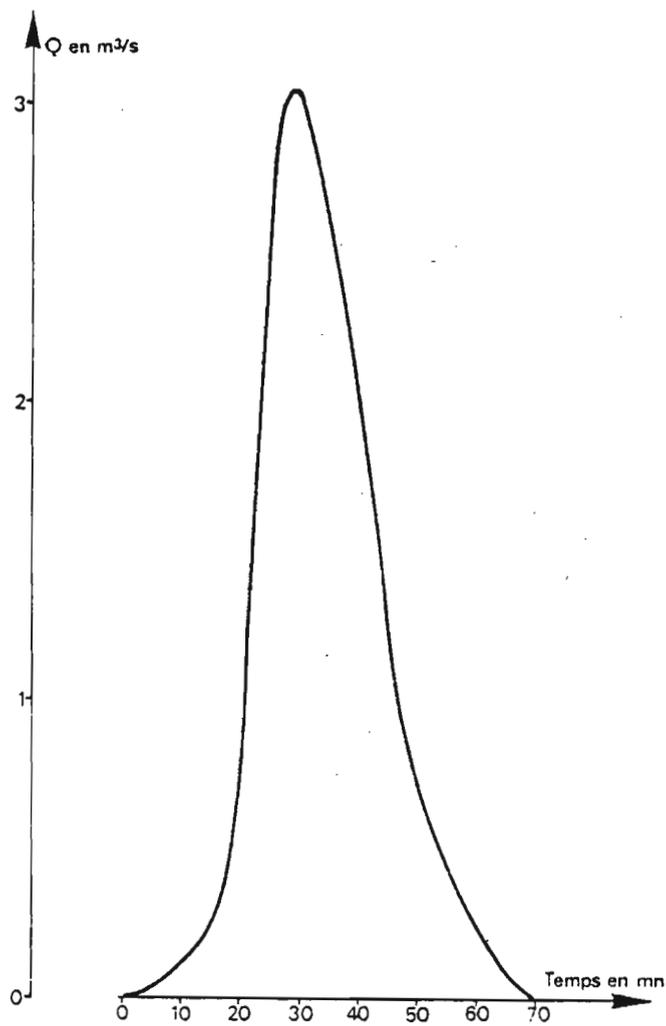
ANNEES	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	ANNUEL
1974/75	,000	,030	3,50	1,90	2,65	23,5	4,37	,144	,052	,000	,000	,000	2,84
1975/76	,000	,050	24,6	5,66	9,00	8,54	3,88	,188	,002	,000	,000	,000	4,27
1976/77	,000	,642	17,4	11,5	6,32	1,16	,123	,282	,007	,000	,000	,000	3,08
1977/78	,000	,000	,105	,100	1,24	6,75	,483	7,64	,144	,000	,000	,000	1,31

Fig\_4-3

B.V.N ARGILES CALCAIRES

Hydrogramme type

LR = 10mm



4.3.2. RESSUYAGE APPARENT :

Le "débit charnière" est plus variable sur ce bassin que sur les "grands bassins". Il se situe habituellement, aux alentours de 200 litres/seconde mais peut varier de 150 à 300 l/s.

Les coefficients de ressuyage du début de la phase de ressuyage sont également variables sur ce bassin et semblent diminuer au fur et à mesure que la saison des pluies progresse.

La variation de débit dans les proportions de 10 à 1 correspond à un temps de ressuyage variant entre 3h30 et 6h.

4.3.3. ANALYSE STATISTIQUE DES CRUES :

Le même travail que pour les bassins précédents a été effectué sur 64 crues sur la période de 4 années hydrologiques d'observations de 1974 à 1978.

Les valeurs de fréquence remarquables obtenues sont les suivantes :

PERIODE DE RETOUR	10 crues/an.	1 crue/an.	1 crue/2ans.	1 crue/5ans.	1 crue/10ans.
LAME RUISSELEE LR.	2,1	15	22	35	45
DEBIT SPECIFIQUE Qs (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	0,60	3,6	5,0	6,5	8,4

4.3.4. HYDROGRAMME TYPE :

Les crues du 21/11/75 et du 28/11/75 ont permis d'extraire la crue type.

Pour une lame de 10mm :

temps de montée	tm	=	30mm
temps de base	TB	=	65mm
débit maximal	Qmax	=	3000 l/s
débit maximal spécifique	Qs	=	7 m <sup>2</sup> /s/km <sup>2</sup>
coefficient de forme	K	=	2,75

4.4 - BASSIN EUCALYPTUS : ( $S = 0,311 \text{ km}^2$ )

4.4.1. DEBITS MOYENS MENSUELS ET ANNUELS : en l/s.

ANNEES	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	ANNUEL
1974/75	(0)	,000	,969	,007	,017	5,90	1,43	,104	,000	,000	,000	,000	0,702
1975/76	,000	,007	10,3	1,34	2,15	4,94	4,32	2,17	1,98	,407	,000	,000	2,3
1976/77	,000	2,06	13,5	4,00	3,16	,520	,006	,000	,000	,000	,000	,000	1,94
1977/78	,000	,000	,000	,000	,114	2,84	,673	4,27	,020	,000	,000	,000	0,660
MOYENNES	,000	,517	6,20	1,34	1,36	3,6	1,61	1,64	,500	,101	,000	,000	1,40

4.4.2. ANALYSE DES CRUES :

Sur la période observée de 1974 à 1978 (4 années hydrologiques), on a dénombré 29 crues dont la lame est supérieure à 1 mm.

Les valeurs de fréquences remarquables obtenues sont très approximatives :

PERIODE DE RETOUR	10 crues/an	1 crue/an	1 crue/2 ans	1 crue/5 ans	1 crue/10 ans
LAME REUISSELEE (mm)	0	9	13	20	28
DEBIT SPECIFIQUE $Q_s \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$	0	0,8	1,2	1,8	2,5

4.4.3. RESSUYAGE APPARENT :

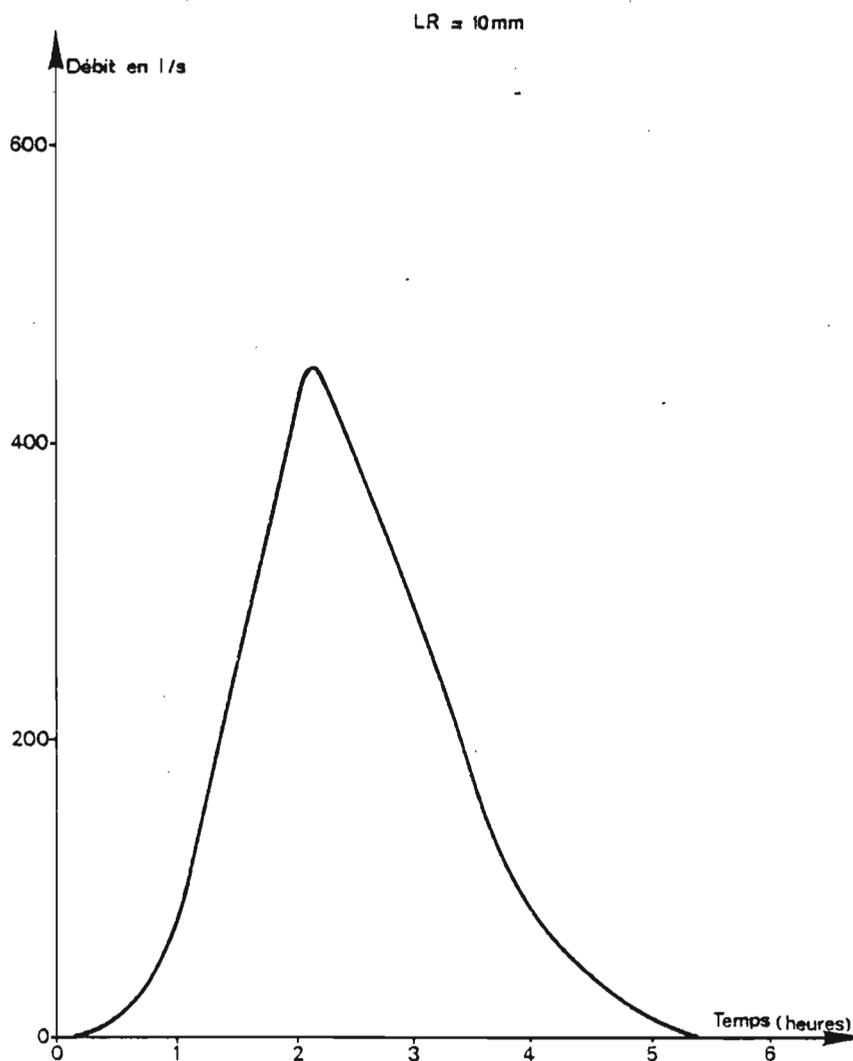
L'identification de chaque phase d'écoulement est assez subjective sur ce bassin entièrement artificiel, par ses limites et par les aménagements en banquettes dont il fait l'objet.

Il semble qu'on puisse discerner, cependant, après la vidange assez lente des capacités de stockage superficielles, une phase de ressuyage permettant au débit de diminuer dans des proportions de 1 à 0,1 en 14 heures environ. La crue du 21/11/75 a une forme nettement plus éfilée. Elle correspond peut être à un comportement des bassins très particulier (rupture des tabias?).

Fig\_4-4

### B.V.N B. DES EUCALYPTUS

### Hydrogramme type



#### 4.4.4. HYDROGRAMME TYPE :

La décomposition de crues complexes en crues élémentaires est particulièrement délicat sur ce bassin en raison de la lenteur de sa réponse aux précipitations.

Celle du 22/11/76 peut être retenue comme assez représentative de l'hydrogramme type.

Pour une lame de 10mm :

temps de montée	$t_m$	= 1h30
temps de base	TB	= 5h30
débit maximal	$Q_{max}$	= 450 l/s.

#### 4.5 - COMPARAISON DES DEBITS MAXIMAUX DES CRUES - TYPE

##### 4.5.1. EFFET DU REBOISEMENT ET DES BANQUETTES

La comparaison des débits de pointe des crues-type sur le bassin des EUCALYPTUS et sur celui des ARGILES-CALCAIRES, bassin de superficie voisine permet de montrer l'effet du reboisement et des aménagements en banquettes (TABIAS).

On obtient un débit de 450 l/s sur les EUCALYPTUS contre 3 m<sup>3</sup>/s sur les ARGILES-CALCAIRES pour une même lame ruissellée de 10 mm.

Cet effet d'aménagement produit une réduction des débits de pointes dans des proportions de 5 à 1 après correction par les surfaces. On verra au chapitre suivant que ce laminage des crues s'accompagne d'une diminution de la production d'écoulement de 40 % en moyenne sur la période observée.

##### 4.5.2. INFLUENCE DE LA SURFACE DES BASSINS SUR LES DEBITS DE POINTE

Les débits maximaux des crues types, pour les trois bassins en état naturel, et toujours pour une lame ruissellée de 10 mm, sont respectivement de 3 m<sup>3</sup>/s, 9,7 m<sup>3</sup>/s et 26 m<sup>3</sup>/s, pour les bassins des ARGILES CALCAIRES (0,425 km<sup>2</sup>), B.V. Amont (3,2 km<sup>2</sup>) et B.V. Aval (13,9 km<sup>2</sup>).

Sur ces bassins, fortement différenciés par la superficie mais par ailleurs assez homogènes, les débits de pointe apparaissent fortement liés à la surface des bassins et cette forte liaison masque, à priori, l'effet des autres paramètres susceptibles d'intervenir et de les influencer.

a) Relation entre débits maximaux et surface :

On obtient une relation de type "fonction-puissance" (cf tab. 4.5.2)

$$Q_{\max \text{ type}} = K_s S^{0,6}$$

$K_s$  étant une constante par rapport à  $S$  et pouvant être déterminée pour un bassin de référence de la série, puisque la courbe passe par l'origine

$$K_s = Q_0 \max / S_0^{0,6}$$

Cette relation est intéressante.

b) Utilisation du débit spécifique :

Les débits spécifiques des crues-types sont, pour les mêmes bassins ; classés dans l'ordre de superficies croissantes, de 7 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, 2,99 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> et 1,87 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>. On voit, et cela est particulièrement visible sur ces bassins de petites dimensions, que l'introduction de la notion de débit spécifiques ne permet pas d'éliminer le paramètre de surface puisque ceux-ci varient encore dans des proportions de 3 à 1 environ pour les bassins étudiés et c'est encore beaucoup trop pour pouvoir appréhender l'influence des paramètres secondaires, (effet de la pente, forme de bassin, nature du couvert végétal, etc...).

En reprenant la formule précédente, on obtient :

$$q_s \text{ type} = Q/S = q_{s0} (S/s_0)^{-0,4}$$

Cette formule ne présente pas un grand intérêt puisque la courbe ne passe pas par l'origine et que le terme constant n'est pas simple à déterminer a priori.

On voit que la notion de débit maximal spécifique n'est pas très intéressante dans le cadre de l'étude des débits instantanés de pointe.

c) Utilisation de la longueur de drainage :

La densité de drainage  $D_d = \frac{L_d}{S}$  se définit par le rapport de la longueur de drainage  $L_d$  à la superficie.

La longueur de drainage  $L_d$  est une grandeur assez précise à calculer sur ces bassins dont le réseau hydrographique présente les caractéristiques suivantes :

- réseau bien drainant sous l'effet d'un relief accusé,
- réseau bien fixé : la végétation qui est relativement dense contribue vraisemblablement à fixer le réseau de drainage par son effet de protection à l'érosion.

Pour ces bassins, le calcul de cette grandeur a été effectué en simplifiant le réseau hydrographique par des tronçons de droite.

La relation entre débits maximaux et longueur de drainage est du type "fonction puissance".

$$Q_{\max} \text{ type} = KL (LD)^{0,7}$$

KL pouvant également être déterminé par un bassin de référence

$$KL = Q_{\max 0} / L D_0^{0,7}$$

La longueur de drainage nous paraît être une grandeur intéressante à introduire dans ce contexte.

En effet :

- La longueur de drainage semble devoir, avantageusement, remplacer la surface. Le rapport  $Q_{\max}/LD$  est plus stable que le rapport  $Q_{\max}/s$  ou débit spécifique.

- La longueur de drainage est susceptible d'être, en outre influencée par d'autres paramètres tels que pente du bassin, effet du couvert végétal qui interviennent également, dans le même sens dans les variations du Débit Maximum.

Dans une étude \* générale effectuée sur 240 bassins DUBREUIL avait établi l'absence de corrélation entre la densité de drainage et la superficie.

Cela revient à dire que la longueur de drainage  $L_d$  est une grandeur fortement liée à la superficie.

- Cette étude avait établi que la densité de drainage pouvait être, dans certaines conditions de végétation et de géologie, fortement liée à l'indice de pente  $I_p$ .

Ainsi, la longueur de drainage, à la fois influencée par la superficie et la pente, pourrait intégrer des paramètres intervenant directement dans la détermination du débit.

La comparaison entre les débits maximaux et les longueurs de drainage pourrait être fructueuse dans des régions de ce type.

---

\* DUBREUIL - MORELL - SECHET - "Comportement et interaction des paramètres physiques de petits bassins versants semi-arides et intertropicaux." (cahier ORSTOM Vol. XII n° 1 1975).

### COMPARAISON DES DEBITS MAXIMAUX

Fig-4-5-2

Crue type

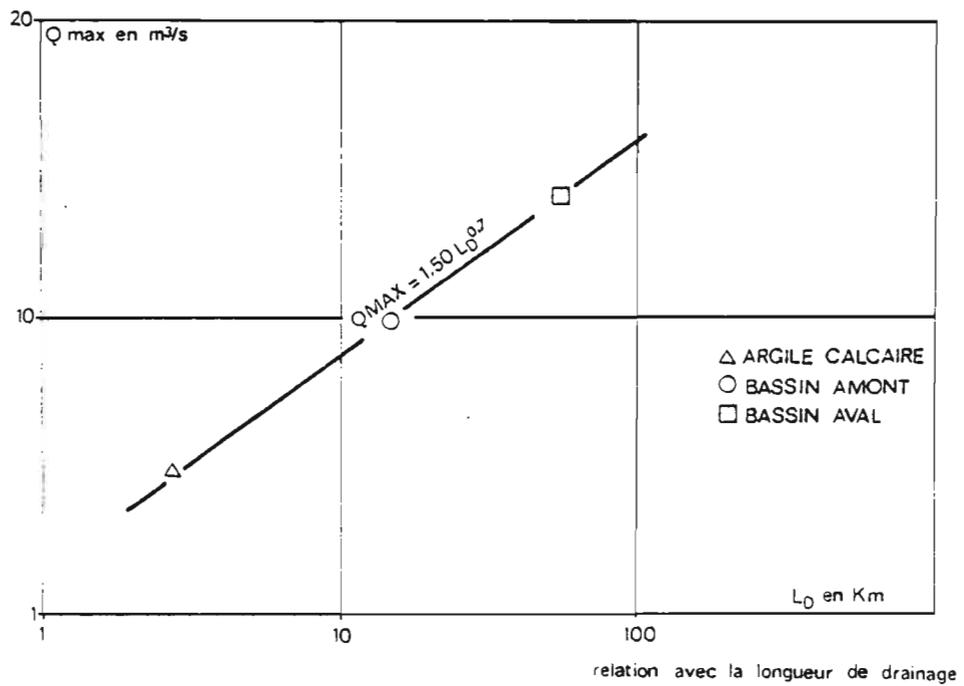
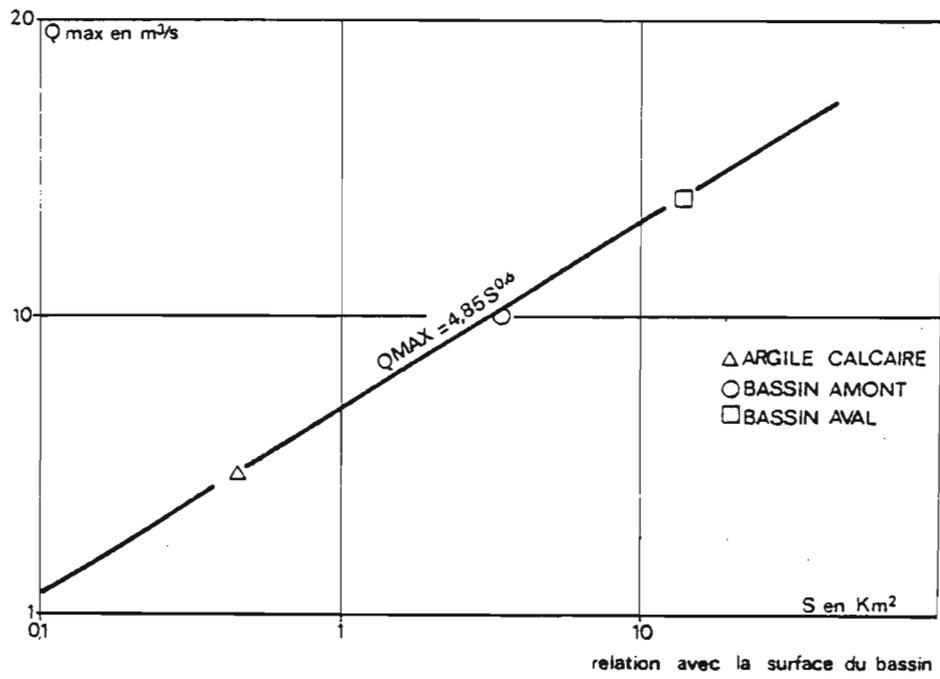


TABLEAU 4.5.2. COMPARAISON DES DEBITS DES HYDROGRAMMES TYPE AVEC LA SURFACE ET LD :

BASSINS	Qmax m3/s	Ln Qmax	S (km2)	Ln (S)	Ld (km)	Ln (Ld)	QS	Q/LD
ARG.CALC.	3	1,098	0,425	-0,855	2,65	0,974	7	1,13
B.V. AMONT	9,7	2,772	3,24	1,175	14,9	2,701	3	,651
B.V. AVAL	26	3,258	13,9	2,631	55,1	4,009	1,8	,474

Notation : Ln = Logarithme Népérien.

4.5.3. EXAMEN DES COEFFICIENTS DE FORME DES CRUES TYPES :

Les coefficients de forme des crues types des bassins étudiés sont assez voisins l'un de l'autre, et compris entre 2,5 et 3 (cf tableau 4.5.3.b).

Il semble que la valeur de ce coefficient de forme soit assez indépendante de la surface.

D'après le tableau suivant qui permet de comparer le coefficient de forme à l'indice de pente d'une part, et l'indice de capacité de Gravelius, d'autre part, il semblerait, sous réserve que l'extrapolation des courbes d'étalonnages soit acceptable, que la forme du bassin ait une influence assez sensible sur la forme de la crue.

BASSINS	AVAL	AMONT	ARG.CAL.	EUCALYPTUS
Ip ROCHE	0,224	0,350	0 0,364	0,333
Kc (grav)	1,28	1,16	1,33	1,35
K forme de crue	3,03	3,23	2,75	2,86

4.6 - COMPARAISON DES DEBITS DES CRUES TYPE ET DES CRUES DECENNALES

On a reporté, dans le tableau suivant, pour les trois bassins non aménagés les valeurs des débits des crues type, pour une lame ruissellée de 10 mm, les valeurs des débits et des lames décennales déduites de l'analyse statistique sommaire.

BASSINS	ÀVAL	AMONT	ARGILES CALCAIRES
CRUE TYPE (10 mm)	26	9,7	30
DEBIT DECENNAL	33	13,3	3,8 *
LAME DECENNALE	37	40	50 *

\* Valeur obtenue après homogénéisation sur la période commune de 5 années d'observations.

Le rapport de la crue type à la crue décennale est constant pour les trois bassins et vaut 0,78. Cette valeur est sans doute liée à un paramètre climatique, mais aussi dans une certaine mesure, à la perméabilité des sols.

Cette remarque permet de déduire la valeur des débits de pointe de fréquence classée d'un de ces trois bassins à partir de l'évaluation des débits de l'in d'entre eux, par une formule de passage du type

$$Q = Q_0 S^{0,6}$$

Les valeurs obtenues dans le tableau précédent, résultant d'un ajustement statistique sommaire sont peut-être surestimées parce que la période observée est plutôt déficitaire. L'approche analytique effectuée au chapitre X, selon un principe de bilan hydrique, permet une meilleure estimation de ces débits classés.

#### 4.7 - CORRELATION ENTRE DEBITS DE POINTE ET LAMES RUISSELEES

On voit que les crues type ont une forme particulièrement aigue par rapport à l'ensemble des crues puisque les débits de ces crues types ramenées à une lame de 10 mm valent à peu près 0,2 fois le débit décennal tandis que la lame ruissellée de 10 mm correspond à une fréquence inférieure à la lame annuelle.

Cet aspect des crues résulte de l'étalement des précipitations dans la journée.

Pour illustrer notre propos, nous avons reporté sur le graphique 5.1.3 les couples de points (qs, LR), pour le bassin AMONT, qui représentent les 31 crues les plus fortes sélectionnées au paragraphe 42 où :

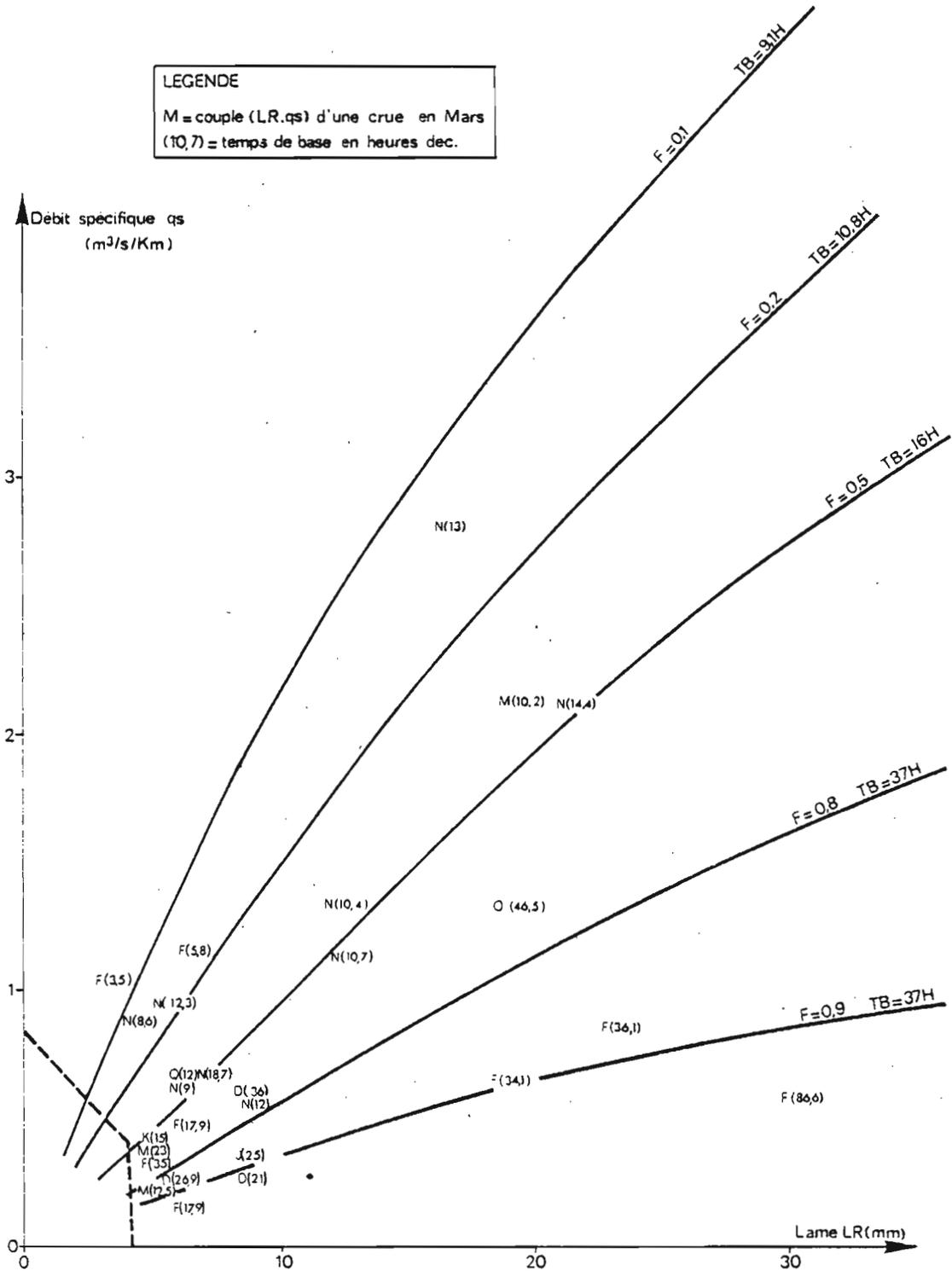
- qs est le débit spécifique maximum pour chaque crue,
- LR la lame ruissellée totale pour chaque crue.

Les grandeurs qui sont consignées dans le tableau caractéristiques des crues, sont fournies par le programme de traitement.

B.V.N AMONT

Fig\_4-6

Correspondance entre les débits maximaux et les lames ruisselées



a) Observations : On constate qu'il n'y a, pour ainsi dire, aucune corrélation entre les lames ruisselées de ces crues et leur débit maximal, et cela semble d'autant plus vrai que les lames ruisselées sont fortes.

b) Introduction du temps de base comme paramètre représentatif d'un certain type de crue :

En regard de ces couples de points, nous avons reporté la valeur des temps de base de chacune des crues, TB étant également tiré du programme de traitement inspiré d'une loi de probabilité composée.

Cette valeur est assez grossière car elle est calculée à partir de la détermination empirique, au moment de la saisie des données, du point de début et du point de fin de crue.

Elle est cependant assez représentative d'un certain type de forme de crue.

Le tracé approximatif, sur ce même graphique des courbes de même temps de base, correspondant aux valeurs remarquables tiré de l'étude statistique des paragraphes 4.2.5.2., permet de classer ces crues en fonction d'une fréquence d'occurrence d'un certain "type de crue" d'après la valeur du temps de base les crues des couples (LR, qs) sont d'autant plus aigues que l'on s'élève dans le tableau et que la fréquence d'occurrence décroît.

#### 4.8 - CONCLUSION

La correspondance entre lames ruisselées et débits de pointe des crues reste confuse parce que les crues sont presque toujours complexes.

Les averses sont le plus souvent trop rapprochées pour donner lieu à des crues simples et cela est encore plus vrai pour des bassins étendus.

Les lames totales qui se rapportent à des périodes de précipitations de durée variable qui dépassent parfois la journée n'ont guère de signification physique et il semble préférable d'étudier directement les débits sans passer par l'intermédiaire des lames ruisselées. On examinera ce problème au chapitre X.

CHAPITRE V.

ETUDE DES ECOULEMENTS

COMPARAISON DES BASSINS



Dans les paragraphes qui suivent et dans les chapitres suivants, les écoulements ont été étudiés à l'échelle des séquences pluvieuses parce qu'il était relativement simple d'isoler les écoulements produits par chaque séquence pluvieuse.

## 5.1 - SEPARATION DES ECOULEMENTS

### 5.1.1. DEFINITION DES SEQUENCES PLUVIEUSES :

Elles sont constituées de jours pluvieux consécutifs, correspondant à des dépressions atmosphériques, alternant avec des séquences de jours sans pluie ou presque.

Ce phénomène est nettement visible lorsqu'on se reporte aux tableaux des précipitations journalières.

Quelques séquences, cependant, se présentent sous une forme légèrement plus complexe et leur définition est une question d'appréciation.

La première colonne du tableau 5.2. donne la date et le nombre de jours qui ont été pris en considération pour définir la séquence pluvieuse.

Les précipitations pour chaque séquence pluvieuse ont été calculées en faisant la somme de ces jours pluvieux.

### 5.1.2. DEFINITION ET SEPARATION PRATIQUE DU RUISSELLEMENT, DU RESSUYAGE APPARENT - ECOULEMENTS RAPIDES - DEBIT DE BASE :

Nous allons utiliser dans la suite, toutes ces notions qui sont claires pour l'hydrologue ou qui ont été simplifiées dans le service et normalisées (DUBREUIL) pour permettre une homogénéité dans l'interprétation des écoulements.

Nous rappellerons, ici, quelques éléments pour les lecteurs moins familiarisés avec ces notions, et pour leur permettre de confronter ces définitions avec les leurs.

a) Le Ruissellement Pur, produit par des averses ou séquences à précipitations plus intenses, engendre des crues. Sur les petits bassins la crue est une réponse très rapide à l'averse. La montée en crue commence généralement, au cours de l'averse.

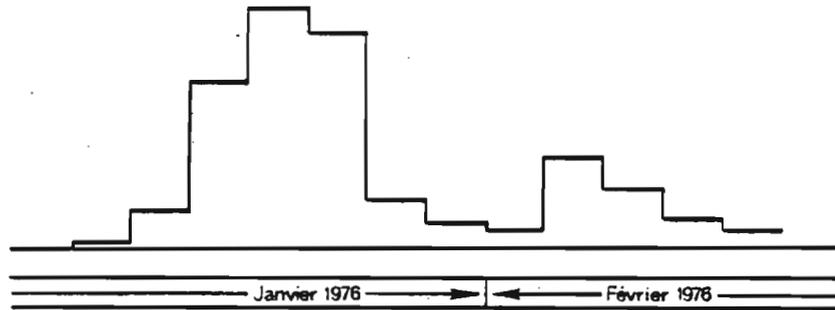
Lorsque l'averse est unitaire, les crues ressemblent aux crues type étudiées au chapitre 4, et leur durée est de quelques heures. Le débit de la rivière augmente considérablement et l'eau se trouble dès le début de la crue et s'éclaircit en fin de crue.

b) Le Réssuyage Apparent, Des écoulements plus faibles persistent après la crue et diminuent progressivement au cours d'une période d'une

B.V. AMONT SEPARATION DES EGOULEMENTS RAPIDES

Fig. 5-2-0

Exemple, séquences 26.27.28/01/1976  
et 01.02/02/1976



JOURS	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6
Q.moy	0,010	0,064	0,280	0,403	0,362	0,084	0,042	0,030	0,154	0,100	0,050	0,033	0,025
q <sub>b</sub>	0,010	0,012 x 7 = 0,084						0,02 x 4 = 0,08				0,025	

code	séquence pluvieuse (Jours de pluie)		report ress.	somme Q moy	report ress.	somme des débits de base	lame écoulée x 86,4 / 3,24
	MOIS	JOURS	-ΔQ	ΣQ <sub>i</sub>	+ΔQ	-Σa	L <sub>F</sub>
J6	1	26.27.28	0	1,265	0,025	0,084	32
F6	2	1.2	0,025	0,337	0	0,085	6

journée à quelques jours. Ces écoulements appelés aussi écoulements hypodermiques résultent vraisemblablement du drainage oblique, permettant le ressuyage jusqu'à l'état de rétention des horizons superficiels du sol (cf chap.8).

Ces écoulements n'existent pas ou existent peu, en zone sahélienne, pour des raisons examinées au chapitre 8 (absence de pente, absence de végétation).

Sur ces bassins Nord, ils correspondent à deux phases, l'une qui dure de 10 à 16 heures après la crue (cf chap. 4), l'autre qui peut durer 3 ou 4 jours.

c) Débit de Base, c'est le débit de ressuyage des nappes ou plus généralement des zones saturées à faible capacité de ressuyage.

Elles concernent, dans l'ensemble, les horizons plus profonds des sols. L'écoulement de base est moins variable dans le temps. Il a tendance à augmenter en début de saison des pluies. Il se prolonge sur ces bassins environ deux mois après les dernières crues, les stockages souterrains étant faibles, ici.

d) Identification et Séparation Pratique des Ecoulements. Le tracé de l'hydrogramme sur papier semi-logarithmique permet d'identifier toutes ces phases d'écoulement.

On distingue, à partir du maximum de la crue, une première droite de décrue, une ou deux droites de ressuyage apparent, de pente bien plus faible, et qui se prolongent par une droite de tarissement des débits de base.

Le point de fin de crue est obtenu par l'intersection de la droite de décrue et de la droite de la première phase de ressuyage.

e) Séparation et Estimation du Ruissellement Pur. On admet pour simplifier que, pendant la crue, le débit ne provenant pas du ruissellement pur, augmente linéairement entre le débit du début de la crue et le débit de fin de crue. Ces points sont déterminés a priori sur le limnigramme, mais cette dernière approximation n'affecte pas sensiblement l'estimation de la lame ruisselée, qui est calculée automatiquement par le programme de traitement.

La lame ruisselée au cours d'une séquence pluvieuse est donc la somme des lames ruisselées, calculées par le programme, correspondant aux différentes crues séparées. Sur les bassins Nord, nous avons pu constater que toutes les crues avaient été séparées au cours du traitement, sans omission notable.

f) Définition et Estimation des Ecoulements Rapides. L'écoulement rapide est la somme du ruissellement pur et du ressuyage apparent. La séparation de cet écoulement avec le débit de base, se fait suivant le même principe que la séparation des volumes ruisselés, mais au pas de temps journalier :

- A partir du tableau des débits journaliers, on fait la somme

des débits de la période correspondant à la séquence pluvieuse,

- On retranche, pendant cette séquence, le débit de base calculé suivant le même principe qu'en (e), en faisant, sur la période, une moyenne arithmétique pondérée entre le débit de base précédent la séquence et le débit de base au lendemain de la séquence.

- Lorsque deux séquences d'écoulement rapide, correspondant à deux séquences pluvieuses rapprochées, se chevauchent :

1- On ajoute à la première séquence, un ressuyage "type" déterminé d'après un premier examen des débits journaliers en coordonnées semi-logarithmiques.

2- On retranche cette même valeur à la deuxième séquence.

Il convient de signaler que la première correction visant à retrancher les débits de base est infime pour les écoulements importants sur ces bassins.

La deuxième correction, qui n'a lieu qu'assez rarement, est également faible et n'intervient que d'une façon secondaire dans la détermination de l'écoulement rapide.

Nous avons préféré, dans l'ensemble, pour ne pas abuser de ce dernier procédé "bloquer" ensemble deux séquences pluvieuses trop rapprochées lorsque la séparation des écoulements s'avérait délicate.

g) Tableau Récapitulatif des Ecoulements. Les tableaux 5.2 confrontent, pour chaque bassin, les écoulements rapides LE, et les ruissellements pur LR, par épisodes pluvieux.

## 5.2 - COMPARAISON DES ECOULEMENTS PENDANT LES SEQUENCES PLUVIEUSES

### 5.2.1. COMPARAISON DES ECOULEMENTS RAPIDES ET DES RUISSELLEMENTS :

#### 5.2.1.1. Bassin AVAL :

La corrélation du graphique 5.2.1.1 est satisfaisante. La dispersion des points est liée à la répartition des averses au cours de l'épisode pluvieux. Les ruissellements sont relativement plus forts, par exemple, lorsque la pluie est concentrée sur une journée.

Les ruissellements de début de saison des pluies, en novembre, sont peut-être plus faibles que la moyenne.

Dans l'ensemble, on a : LR = 0,55 LE

#### 5.2.1.2. Bassin AMONT : (graph. 5.2.1.2.)

Les résultats obtenus sont très comparables à ceux obtenus sur le bassin AVAL.

LR = 0,50 LE

COMPARAISON LAMES RUISSELEES ET ECOULEES PENDANT LES EPISODES PLUVIEUX.

TABLEAU 5.2.

JOURS DE PLUIE	MOIS	BASSIN AMONT			BASSIN AVAL			PAM PAV	ARG.CALC.		EUCALYPTUS		
		Σ PJ	LE	LR	Σ PJ	LE	LR		LE	LR	LE	LR	
<u>ANNEE 1973</u>													
24.25.26.27	10	157,8	21,1	20,0	159,0	21,2	12,6						O3
2.3.	12	27,4	1,1	0,5	28,0	0,0	0,0						D3
12.13.14	12	28,4	3,7	2,1	27,1	3,8	2,7						D3
<u>ANNEE 1974</u>													
1	1	16,0	1,2	0,4	14,0	0,9	0,6						J4
7.8.9.10	1	16,1	1,0	0,3	14,7	0,0	0,0						J4
3.4.5.6.	2	28,2	1,8	0,7	20,1	2,6	1,5						F4
13.14	2	53,4	22,3	18,4	48,9	21,0	9,1	1,09					F4
16.17	2	13,1	5,5	2,0	15,5	6,0	2,3						F4
22.23.24.25.26	2	78,8	57,0	30,0	92,9	56,0	25,4	0,84					F4
3.4.5.6.7.8.	3	40,8	15,0	6,0	39,8	14,5	5,0						M4
3.4.5.	4	23,4	2,0	1,5	21,2	2,5	1,0						A4
16.17.18	4	26,2	5,6	2,0	21,9	4,1	2,0						A4
20.21	10	42,9	0,0	0,1	38,3	0,0	0,0						O4
26.27.28.29.30	10	80,9	2,5	1,4	76,1	1,3	1,0		0,0	0,0	0,0	0,0	O4
31	11	131,7	55,3	24,5	111,5	39,6	23,9	1,18	20,0	8,0	8,0	2,5	N4
5.6.7.8	12	51,9	16,6	9,3	47,8	13,2	7,2		11,0	7,0	0,0	0,0	D4
<u>ANNEE 1975</u>													
19.20.21	1	48,9	7,0	3,9	54,1	9,3	7,2	0,90	16,3	15,0	0,0	0,0	J5
3.4.5	2	62,3	35,0	29,7	64,1	34,9	24,5		45,2	37,4	5,8	3,2	F5
12.13.14	2	33,6	16,0	9,6	29,6	12,2	7,6		11,5	9,6	4,7	2,8	F5
15.16.17	2	55,6	42,0	22,7	60,8	42,0	32,0	0,91	68,0	47,0	33,5	17,1	F5
7.8.9	3	26,8	6,0	1,3	23,1	3,8	2,7		2,4	0,0	1,0	0,0	M5
13.14.15	3	20,4	5,0	0,3	20,6	3,7	1,0		0,7	0,0	1,0	0,0	M5
31.1	4	19,3	2,0	1,0	18,2	2,7	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	A5
11.12.13	5	34,5	0,0	0,0	21,9	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	M5
16.17.18.19.20	10	102,9	1,0	0,0	94,8	1,0	0,5		0,0	0,0	0,0	0,0	O5

TABLEAU 5.2. suite

## COMPARAISON LAMES ECOULEES ET RUISSELEES PENDANT LES EPISODES PLUVIEUX.

JOURS DE PLUIE	MOIS	BASSIN AMONT			BASSIN AVAL			PAM PAV	ARG.CALC.		EUCALYPTUS		
		Σ PJ	LE	LR	Σ PJ	LE	LR		LE	LR	LE	LR	
<u>ANNEE 1975 suite</u>													
2.3.4.5.	11	112,0	12,5	7,4	107,2	(14,0)	13,6		5,8	2,0	5,8	1,6	N5
19.20.21.22.	11	162,0	93,0	46,0	141,0	77,0	44,8	1,14	87,0	35,0	59,9	32,8	N5
27.28	11	55,0	33,0	14,5	50,0	33,0	15,8	1,1	54,0	15,0	18,8	7,8	N5
1	12	29,1	17,5	4,9	28,1	(23,0)	1,5		32	11,0	10,8	0,7	D5
20	12	10,2	1,0	0,0	8,2	1,0	0,1		0,0	0,0	0,3	0,0	D5
26	12	8,2	2,6	0,3	10,1	2,0	0,6		0,0	0,0	1,6	0,0	D5
<u>ANNEE 1976</u>													
7.8	1	12,9	0,5	0,0	13,8	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	J6
17.18.19.20	1	20,3	4,0	1,1	22,4	5,8	3,7	0,90	12,5	7,0	0,8	0,0	J6
26.27.28.	1	56,0	32,0	16,0	57,7	33,0	14,0	0,97	40,0	31,0	16,5	2,5	J6
1.2	2	18,0	7,0	2,0	18,1	9,0	5,0		(1,0)	0,5	4,8	0,0	F6
11.12.13.14.	2	22,2	8,5	1,5	19,0	7,0	3,5		7,5	1,9	2,5	0,0	F6
15.16.	2	31,0	20,0	7,0	28,7	15,0	5,7	1,08	26,0	12,0	18,0	5,6	F6
23.24.25.26.	2	16,5	2,5	0,2	16,7	4,0	1,0		1,6	0,0	3,9	0,0	F6
13.14.	3	38,5	12,7	5,5	32,0	11,3	5,7		6,5	1,5	9,4	1	M6
16.17.	3	28,4	17,1	7,6	26,1	17,1	5,3		15,0	3,5	16,1	4,4	M6
23.24.25.	3	14,0	2,6	0,2	11,0	2,0	0,8		0,6	0,0	3,9	0,0	M6
11.12	4	19,5	1,3	0,0	19,5	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	A6
19.20	4	18,5	0,0	0,1	17,6	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	A6
14.15.16	5	43,0	3;4	0,7	35,0	2,0	1,0		0,0	0,0	11,4	1,0	M6
16.17.18	10	49,7	2,2	1,0	45,6	2,6	0,5		0,9	0,0	0,0	0,0	O6
20.21	10	43,0	7,5	6,2	34,2	6,2	4,7		1,9	1,0	11,4	5,0	O6
25.26	10	26,0	2,1	1,1	24,0	2,4	1,5		0,6	0,0	3,1	0,0	O6
4.5	11	22,0	3,1	0,4	24,0	5,3	3,2		0,9	0,0	2,5	0,0	N6
13.14	11	30,0	6,5	4,0	20,0	4,0	2,6		2,0	0,7	8,1	1,1	N6
16.17.18.19	11	71,0	68,0	19,3	73,8	} 89,6	25,0	} 1,03	} 94,0	} 40,0	69,0	} 27,2	N6
20.21.22	11	60,0	30,0	21,9	53,0		22,0				28,4		N6
29.30	11	13,0	3,0	1,0	11,0	4,1	2,4		2,0	0,0	2,8	0,0	N6
2.3.4.5.	12	22,0	14,0	5,0	22,0	13,0	5,5		13,0	6,0	8,8	1,6	D6
21.22.23	12	33,0	16,0	8,8	41,8	25,0	15,5	0,79	41,0	26,0	13,6	4,2	D6
25.26	12	13,0	5,0	1,3	13,3	8,0	1,8		10,0	4,0	5,2	2,0	D6

TABLEAU 5.2. Fin

## COMPARAISON DES LAMES ECOULEES ET RUISSELEES PENDANT LES EPISODES PLUVIEUX

JOURS DE PLUIE	MOIS	BASSIN AMONT			BASSIN AVAL			PAM PAV	ARG.CALC.		EUCALYPTUS		
		$\Sigma$ PJ	LE	LR	$\Sigma$ PJ	LE	LR		LE	LR	LE	LR	
<u>ANNEE 1977</u>													
6.7.8.9.	1	37,2	16,2	10,4	34,6	13,5	4,7		20,0	4,5	8,9	1,5	J7
12.13	1	25,5	13,5	9,8	23,8	14,4	7,4		14,0	4,0	12,4	3,6	J7
1.2.3.4.	2	13,7	0,0	0,0	10,4	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	F7
12.13.14.15.	2	27,6	3,0	0,5	25,9	4,0	0,0		5,2	2,5	2,5	0,0	F7
22.23.24.25. 26.27	11	58,0	0,0	0,0	57,7	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	N7
<u>ANNEE 1978</u>													
18.19.20 21.22.23 '1.2.3.4.	1	80,9	5,0	1,8	72,4	5,5	3,6		0,0	0,0	0,0	0,0	J8
6.7.8	2	22,2	7,8	2,0	23,3	8,3	2,1		5,7	1,7	3,0	0,0	F8
12.13.14.15	2	56,4	29,0	6,0	44,9	20,5	8,1	1,25	16,4	7,8	15,9	4,4	F8
1	3	30,2	4,7	2,4	24,3	2,0	1,0		0,0	0,0	0,0	0,0	M8
5.6.7.8.9	3	25,7	3,0	0,0	23,7	2,0	0,5		0,0	0,0	0,0	0,0	M8
30.31.1.2.3	4	118,0	56,0	25,0	97,8	38,0	17,3	1,21	38,5	24,8	28,6	14,0	A8
5.6.7.8.9	4	19,2	7,5	0,0	19,5	5,0	1,2		3,6	1,2	0,0	0,0	A8

### ÉCOULEMENT PENDANT LES SEQUENCES PLUVIEUSES

B.V.N. AVAL

Corrélation lame écoulée ↔ lame ruisselée

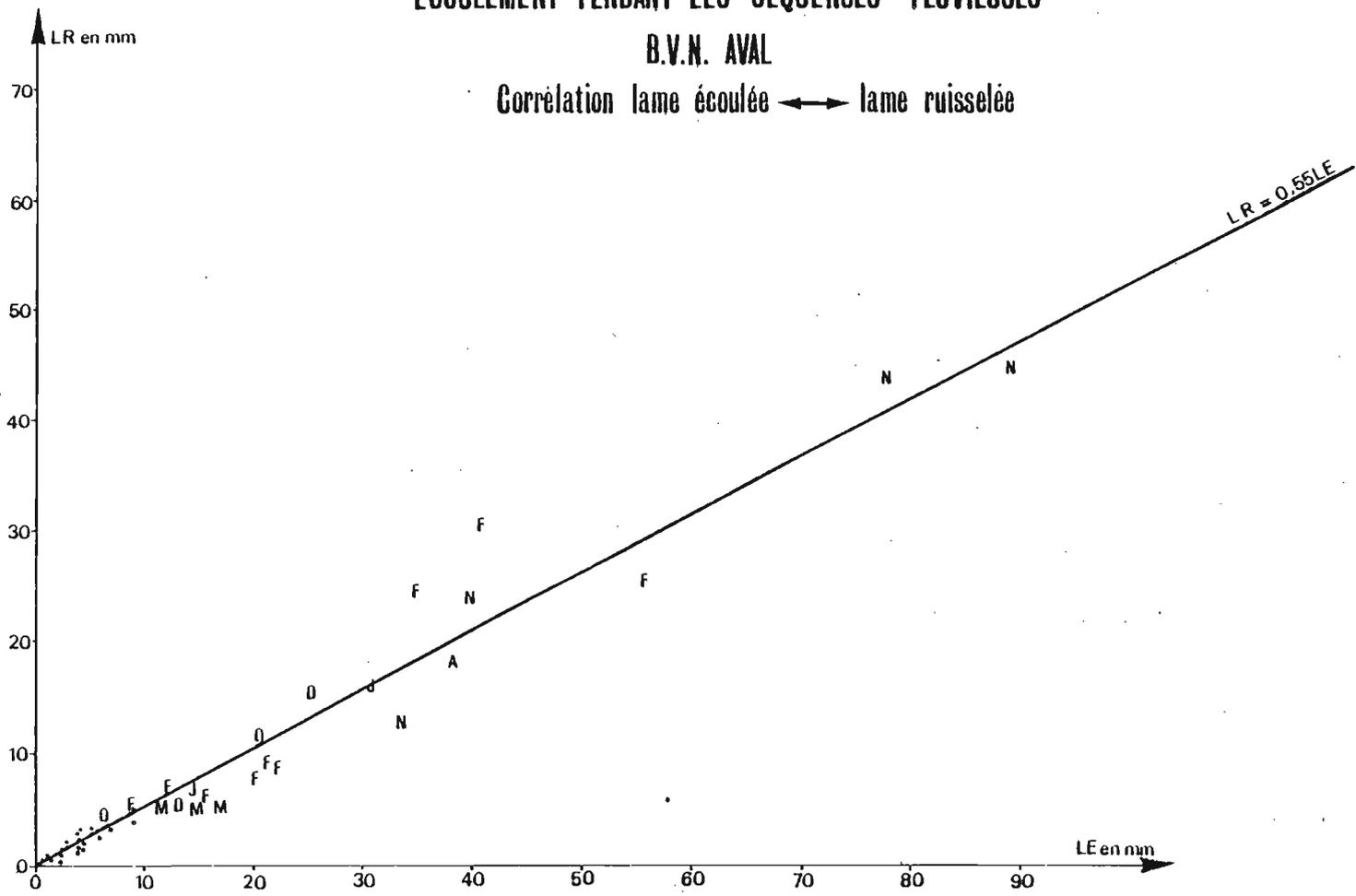


Fig. 5-2-1-1

B.V.N. AMONT

Corrélation lame écoulee → lame ruissee

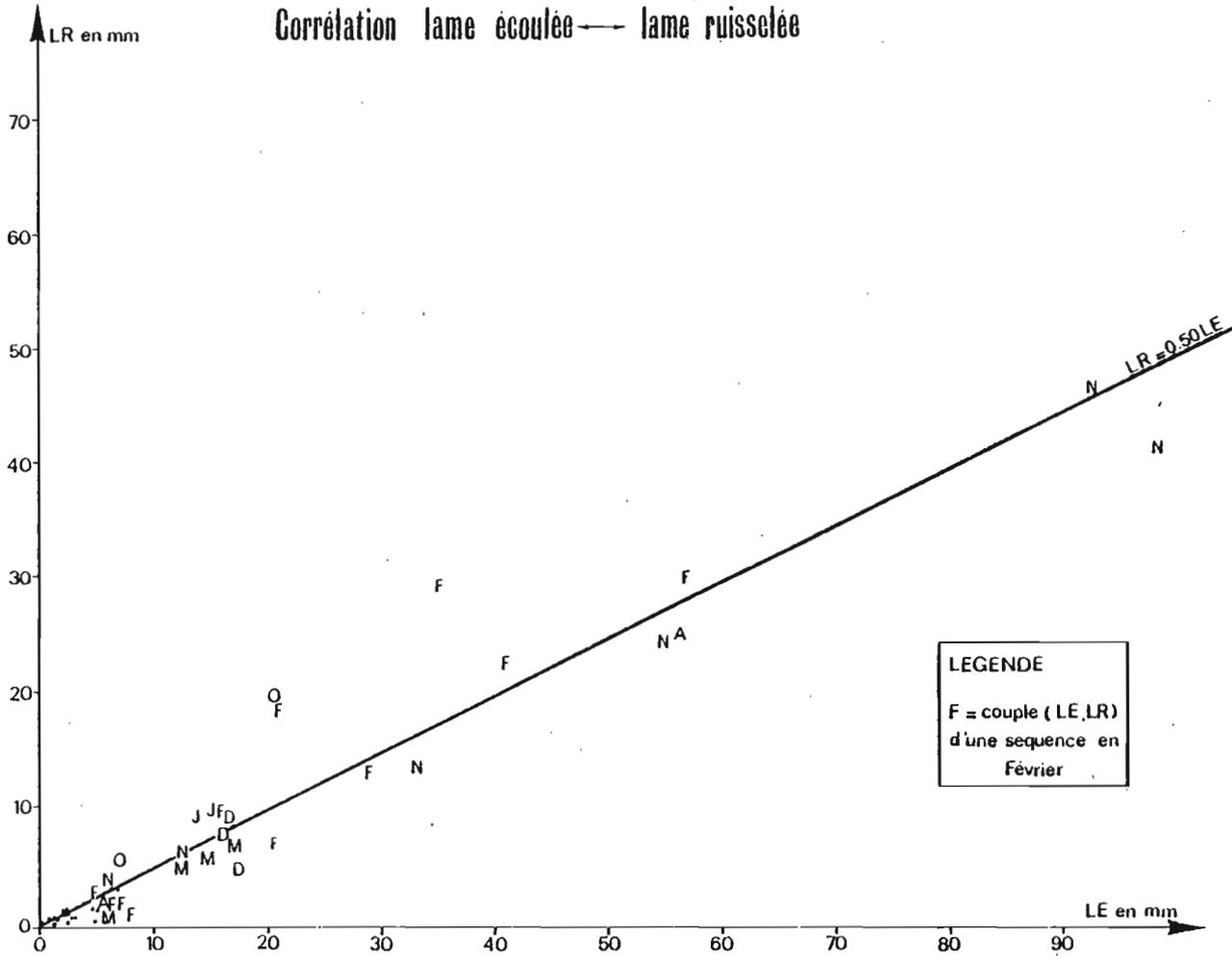


Fig. 5-2-1-2



### B.V.N. ETUDE DES ECOULEMENTS Correlation Bassin Aval - Bassin Amont

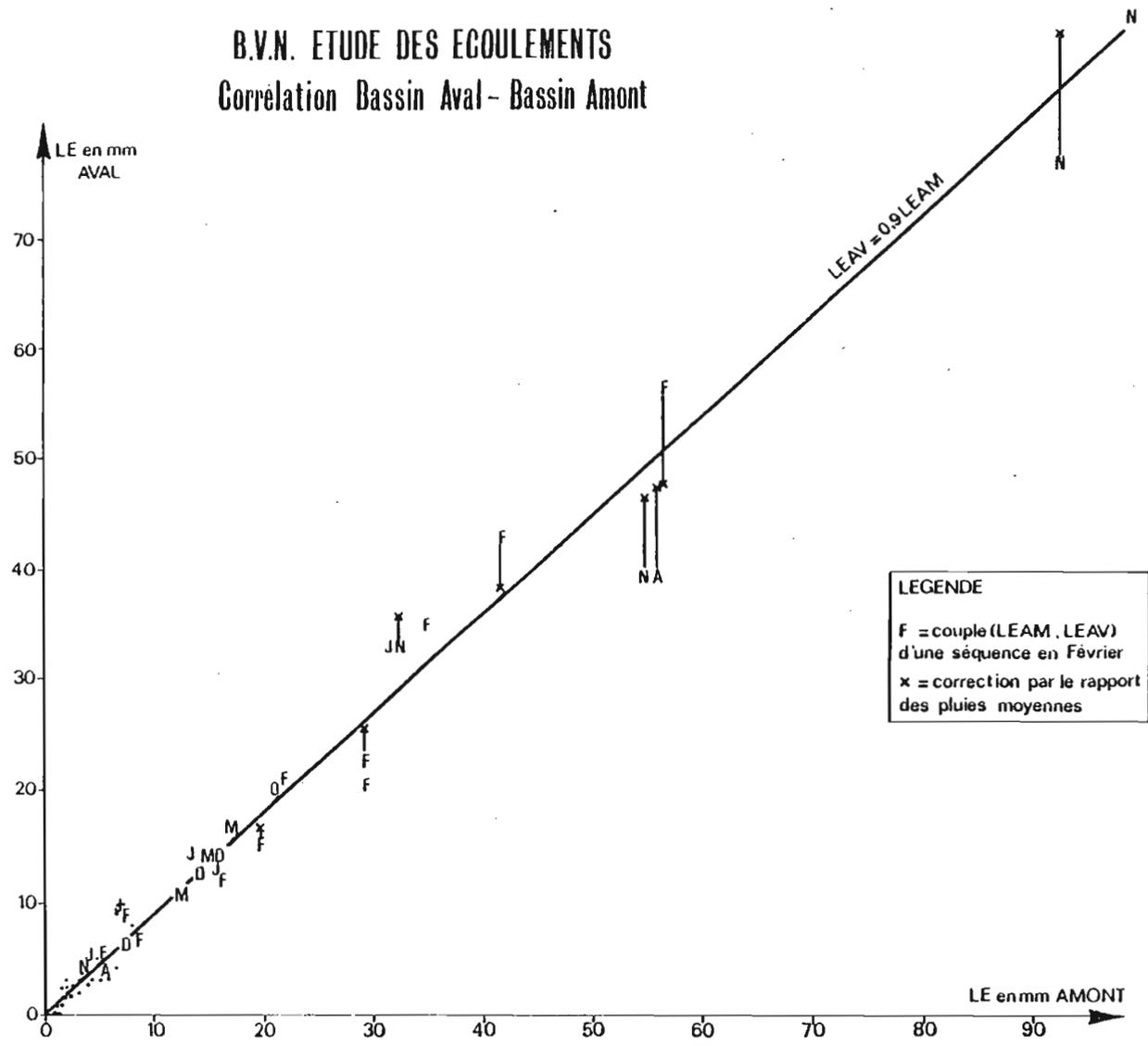


Fig-5-2-2-1

5.2.1.3. Argiles Calcaires : (graph.5.2.1.3.)

Pour les Argiles Calcaires, les ruissellements de début de saison des pluies, sont nettement inférieurs à ceux de la saison des pluies, par rapport aux écoulements.

Pendant la saison des pluies, on a à peu près :

$$LR = 0,65 LE$$

En début de saison des pluies, on a plutôt :

$$LR = 0,65 LE - 20$$

5.2.1.4. Eucalyptus :

Les ruissellements sont très faibles par rapport aux écoulements, et on a, à peu près :

$$LR = 0,30 LE$$

5.2.2. COMPARAISON DES ECOULEMENTS RAPIDES DES BASSINS :

En prenant le bassin AMONT, pour bassin de référence, on a étudié graphiquement, successivement, les corrélations entre les écoulements du bassin AMONT et des trois autres bassins.

5.2.2.1. Bassin AVAL : (graph 5.2.2.1)

Les écarts à la courbe de corrélation sont significatifs et ont été corrigés par le rapport des pluies moyennes par bassin.

Après correction, la corrélation obtenue est satisfaisante. On a :

$$LE AVAL = 0,9 LE AMONT$$

Ce résultat est particulièrement intéressant.

Au cours des cinq années d'étude, le rapport des écoulements de ces deux bassins, produit par chaque séquence pluvieuse, est pratiquement invariant et voisin de 1.

On en tire les conclusions suivantes :

- Les deux bassins ont des comportements très voisins bien que le bassin AVAL soit nettement hétérogène.
- Les comportements sont stables tout au long de la période observée, bien que l'action humaine sur la végétation soit active, entraînant des modifications locales profondes (coupe des Eucalyptus, défrichement et

cultures). Celles-ci doivent se compenser sur une plus grande échelle par l'effet de pondération des moyennes.

#### 5.2.2.2. Argiles-Calcaires :

La corrélation des écoulements avec ceux du bassin AMONT est moins significative. La comparaison de ces bassins est développée dans le paragraphe suivant.

#### 5.2.2.3. Eucalyptus : (graph.5.2.2.3.)

La corrélation n'est pas non plus très significative. Les écoulements apparaissent très faibles au cours des années sèches et tendent à n'être presque pas déficitaires au cours des années pluvieuses. Il y a une différence de comportement liée sans doute au fonctionnement complexe des stocks de surface dans les Eucalyptus.

Nous préciserons ces notions au chapitre 8.

### 5.3 - ZONES HOMOGENES :

Nous avons défini, au paragraphe 1.3, deux zones homogènes typiques, fortement représentées sur ces bassins, comme étant des entités sol-végétation, ce sont :

- Le complexe "Argiles-Calcaires" recouvert dans l'ensemble d'une végétation non ligneuse basse (prairies, cultures) dont les sols donnent lieu à d'importantes fentes de retrait en période d'assèchement.
- Le complexe "Argiles de Colluvions" recouverts d'une végétation assez dense et dont l'horizon de surface est enrichi en sables dans des proportions variables.

Le bassin des Argiles Calcaires est assez représentatif du complexe du premier groupe alors que le bassin Amont est plutôt représentatif du second.

Une comparaison plus fine des écoulements sur ces deux bassins paraît intéressante afin de dégager des différences de comportement de ces deux bassins.

#### 5.3.1. COMPARAISON DES ECOULEMENTS DES BASSINS "ARGILES CALCAIRES" ET "AMONT". (ARGILES DE COLLUVIONS)

Le tableau 5.2 permet de comparer les écoulements de ces deux bassins au cours des séquences pluvieuses. Ils sont, dans l'ensemble, plus faibles sur les Argiles Calcaires en début de saison des

pluies, plus forts, au cours de la saison des pluies, et de nouveau plus faibles en fin de saison des pluies.

On a regroupé, au tableau 5.3., les écoulements en trois périodes chronologiques :

- Début de saison des pluies : qui dure tant que les écoulements observés sur A.C sont inférieurs à ceux du B.V.Amont.

- Milieu de saison des pluies : pour laquelle les écoulements sur les A.C sont, dans l'ensemble, supérieurs.

- Fin de saison des pluies : la tendance précédente est de nouveau renversée.

### 5.3.2. RESULTATS ET INTERPRETATION :

- Début de saison et Fin de saison des pluies :

Les fentes de retrait des Argiles Calcaires constituent une capacité de rétention des eaux importantes en début de saison des pluies.

La durée de cette période de gonflement des Argiles, jusqu'à la fermeture complète, est variable suivant les années et l'importance des précipitations du début de la saison.

Pour les années 75-76, et 76-77, elle s'achève vers le 20 novembre, environ. En 74-75, elle va jusqu'au 20 décembre, et en 1977-78, année très sèche, les fentes de retrait ne semblent s'être jamais refermées entièrement, et les écoulements sur B.V. Argiles Calcaires apparaissent comme relativement très déficitaires, cette année-là.

Les déficits observés en début de saison des pluies, sont d'environ 40mm en 74-75, 14mm en 75-76 et 19mm en 76-77.

En fin de saison, les écoulements sur B.V. Argiles Calcaires, sont également déficitaires.

- Milieu de saison des pluies :

Une fois les fentes de retrait refermées, ce bassin a une forte production d'écoulement, ce qui peut s'expliquer par la faible perméabilité des Argiles Calcaires et également par la pauvreté du couvert végétal.

Pour les trois années où cette phase d'écoulement existe, le rapport des écoulements du B.V. Argiles Calcaires à ceux du B.V.Amont est invariant et vaut environ 1,4.

Le ruissellement pur est également plus fort sur ce bassin (0,65 de l'écoulement rapide au lieu de 0,5). Le ruissellement produit est donc, à surface égale, environ deux fois plus important que sur le bassin Amont  $(\frac{1,4 \times 0,65}{0,5} = 1,8)$

TABLEAU 5.3. ZONES HOMOGENES - REGROUPEMENT DES ECOULEMENTS  
PAR PERIODES

B.V. des Argiles-Calcaires et B.V. Amont.

ANNEE	PERIODE	DUREE	ECOULEMENTS (mm)	
			ARG. CALC.	B.V. AMONT
74.75	Début Saison	jusqu'au 15.12	31	74
	Milieu	du 15.12 au 5.3	141	100
	Fin	du 5.3. au 12.5	3	13
	Total	Année	175	187
75.76	Début Saison	jusqu'au 22.11	93	107
	Milieu	du 22.11 au 16.2	172	125
	Fin	du 16.2 au 16.5	24	40
	Total	Année	289	272
76.77	Début Saison	jusqu'au 21.11	100	119
	Milieu	du 21.11 au 15.2	105	71
	Fin	Néant	0	0
	Total	Année	205	190
77.78	Début Saison	Année	83	142
	Milieu	Néant	0	0
	Fin	Néant	0	0
	Total	Année	83	142



### 5.3.3. CONCLUSION SUR LES DIFFERENCES DE COMPORTEMENT A L'ECOULEMENT :

#### 5.3.3.1. Effet des fentes de retrait : rétention

L'effet de rétention provoque sur le bassin des Argiles Calcaires, un retard d'écoulement d'environ 20 mm par rapport au B.V. Amont. On verra que la capacité de rétention sur ce dernier bassin est de 170 mm (chap. VIII).

On remarque cependant que le "Déficit" de cette capacité de stockage superficielle liée aux fentes de retrait augmente plus rapidement lorsque les sols s'assèchent. Un déficit relatif des écoulements apparaît en effet de nouveau en fin de saison des pluies sur les Argiles Calcaires dès le mois de Mars.

Il semblerait que les fentes de retrait jouent le rôle d'une capacité de rétention de surface, analogue à celle que produit un couvert végétal dense, mais qu'elles sont la cause, en outre, d'une suractivation de l'évaporation.

#### 5.3.3.2. Comportement au ruissellement :

Les Argiles Calcaires ruissellent deux fois plus que les Argiles de colluvions parce qu'elles sont plus imperméables en surface et que la végétation y est appauvrie.

On remarque, qu'à l'inverse, le drainage est meilleur sur les sols de colluvions et cette caractéristique est peut être favorable au développement d'une végétation abondante.

Sur les Argiles Calcaires, l'équilibre économique est peut être plus instable, la végétation ayant du mal à s'y maintenir (drainage insuffisant). L'appauvrissement de la végétation est une cause d'augmentation du ruissellement qui contribue à son tour à sa raréfaction.

### 5.4. - ETUDE DES ECOULEMENTS ANNUELS :

Le tableau 5.4 regroupe pour chaque bassin et à l'échelle annuelle les écoulements rapides et les ruissellements. On a calculé, pour chaque type d'écoulement, les coefficients d'écoulements par rapport à la valeur des précipitations.

#### 5.4.1. ECOULEMENTS TOTAUX :

Les écoulements totaux varient pour les années observées de 22 % à 32 % sur le bassin Amont.

Le rapport du coefficient des écoulements totaux du bassin Aval au bassin Amont, dans l'ensemble, compris entre 0,89 et 0,95, sauf pour l'année 1977 - 1978 où il est de 0,73.

TABLEAU 5.4. TABLEAU RECAPITULATIF DES PRECIPITATIONS  
ECOULEMENTS ANNUELS

BASSINS		AVAL		AMONT		ARG. CALC.		EUCALYPTUS	
		Lame mm	Coef %	Lame mm	Coef %	Lame mm	Coef %	Lame mm	Coef %
1973.1974	PLUIE	(753)	100	(766)	100	-	-	-	-
	ECOUL.TOTAL	149	20	172	22	-	-	-	-
	ECOUL.RAPIDE	133	18	137	18	-	-	-	-
	RUISSELLEMENT	77	10	83	11	-	-	-	-
1974.1975	PLUIE	848	100	903	100	779	100	854	100
	ECOUL.TOTAL	187	22	246	27	211	27	67	8
	ECOUL.RAPIDE	161	19	187	20	175	22	54	6
	RUISSELLEMENT	110	13	103	11	109	14	25	3
1975.1976	PLUIE	964	100	1021	100	876	100	1020	100
	ECOUL.TOTAL	270	28	327	32	318	36	232	22
	ECOUL.RAPIDE	247	25	272	27	289	33	184	18
	RUISSELLEMENT	123	13	121	12	126	14	59	6
1976.1977	PLUIE	805	100	835	100	751	100	825	100
	ECOUL.TOTAL	204	25	234	28	229	30	196	23
	ECOUL.RAPIDE	192	24	190	23	205	27	177	21
	RUISSELLEMENT	97	12	90	11	190	12	48	6
1977.1978	PLUIE	679	100	752	100	604	100	733	100
	ECOUL.TOTAL	112	16	167	22	97	16	64	8
	ECOUL.RAPIDE	103	15	142	19	83	14	49	7
	RUISSELLEMENT	43	6	50	7	43	7	19	3

Le coefficient d'écoulement des Eucalyptus varie de 25 % en année humide et descend jusqu'à 7 % en année sèche contre 16 % sur le bassin Aval (année 77-78).

#### 5.4.2. ÉCOULEMENTS RAPIDES, RUISSELLEMENT :

Les résultats sont très homogènes sur l'ensemble des bassins et confirment les résultats acquis dans les paragraphes précédents. Les écoulements de base (éc. tot. - éc. rapides) varient de 3 à 5 % sur le bassin Amont, en raison de l'existence d'une petite nappe perchée dans la partie amont du bassin. Ils sont de l'ordre de 2 à 3 % sur le bassin Aval. Les écoulements de base peuvent être de 6 % en année humide sur les Argiles Calcaires. Ces écoulements restent de toutes façons très faibles et ce résultat est très représentatif de cette région de la TUNISIE, en raison des faibles réserves souterraines.

Les ruissellements valent à peu près la moitié des écoulements rapides sauf sur le bassin des Eucalyptus où ils sont plutôt de l'ordre du tiers.

Il est particulièrement intéressant de constater que le rapport du ruissellement à l'écoulement total reste invariant pour chaque bassin que l'année soit sèche ou humide.

#### 5.4.3. CORRELATION ENTRE LES ÉCOULEMENTS TOTAUX ET LES PRÉCIPITATIONS :

Le graphique 5.3.3. représente ces corrélations.

##### 5.4.3.1. Bassin Amont, bassin Aval :

Les corrélations peuvent être considérées comme linéaires, avec une faible dispersion des points. La droite de régression du bassin Aval se déduit de celle du bassin Amont par une translation en diminution de 25mm environ.

Cette différence traduit une augmentation de stockage de surface ou (et) une différence d'évaporation.

##### 5.4.3.2. Argiles Calcaires, Eucalyptus :

La droite de régression des Argiles Calcaires accuse une pente bien plus forte que celle des deux grands bassins et cette singularité s'explique mal physiquement.

On remarque que les écoulements produits par ce bassin sont de même ordre de grandeur que ceux du bassin Amont, mais que ce sont les précipitations qui apparaissent nettement déficitaires. Ce bassin se trouve, en effet, situé dans la zone de dépression pluviométrique (cf carte 3 ) que nous avons expliquée comme étant l'effet d'une distorsion des mesures des précipitations (cf chap. 3). Cette dépression ne s'explique pas, non plus, physiquement, puisque ce versant exposé devrait vraisemblablement recevoir plus de pluie que le versant abrité.

On ne peut conclure sur ce bassin à un comportement spécifique, par comparaison des écoulements avec les précipitations.

Nous pensons que les précipitations sur ce bassin sont sous-estimées d'environ 10 % par rapport aux résultats des autres bassins et il nous paraît nécessaire d'observer la plus grande prudence quant à l'interprétation des mesures qu'y ont été faites.

Sur le bassin des Eucalyptus, les coupes (pluie, ECT) accusent une grande dispersion. L'année 1976-1977 donne, en particulier, des écoulements très forts, essentiellement produits par le mois de novembre 1976 (112mm d'écoulement contre 103 sur le B.V.Amont). Les coupes d'Eucalyptus et la dégradation peuvent expliquer en partie cette abondance d'écoulement occasionnelle sur ce bassin. Ces écoulements restent, cependant, faibles en moyenne et valent 60 % de ceux produits par le B.V.Amont sur les années communes.

#### 5.5 - CONCLUSION :

L'analyse effectuée jusqu'à présent essentiellement basée sur les résultats hydrométriques, nous a permis de définir les comportements de ces bassins et de bien montrer leurs différences.

a) Débits de pointes: Le rapport de débit de pointe de l'hydrogramme unitaire à un débit de pointe classé est constant sur les trois bassins observés en état naturel. Ce résultat indépendant de l'extrapolation des courbes de tarages nous a permis d'ébaucher une méthode d'estimation des débits de pointes exceptionnels, purement hydrométrique par analyse statistique du coefficient de forme des crues, lié au régime des précipitations.

b) L'étude des écoulements fait apparaître des éléments d'invariance entre les différents types d'écoulement que l'on retrouve au niveau de chaque épisode pluvieux mais également à l'échelle annuelle.

- Invariance du rapport ; ruissellement pur / écoulement rapide.

Ce rapport LR/LE qui vaut 0,65 sur "Argiles-Calcaires", 0,50 et 0,55 pour les bassins Amont et Aval, 0,30 pour le bassin des Eucalyptus montre l'effet de rétention de la végétation sur le ruissellement.

\* B.V.AMONT - B.V.ARGILES-CALCAIRES : (zones homogènes)

Les écoulements rapides en saison des pluies sur ARG.CALC."

valent 1,4 fois celui de B.V. AMONT.

En début de saison, les fentes de retrait présentes sur ce bassin sont responsables d'un retard à l'écoulement d'environ 30mm. Cet effet de rétention accru réapparaît en fin de saison des pluies lors de la réouverture des fentes.

\* B.V.AMONT - EUCALYPTUS : (effet de la reforestation)

Les modifications de ce bassin en cours d'étude : dégradation des tabias, coupes du couvert végétal, expliquent, en partie, la dispersion des mesures obtenues.

Les écoulements globaux, pendant toute la période observée, restent cependant inférieurs de 60 % à ceux obtenus sur le bassin Amont pour des précipitations voisines.

\* B.V.AMONT - B.V. AVAL :

Ces deux bassins ont des comportements très proches : rapport LR/LE (0,50 et 55) presque identiques, rapport des écoulements rapides très proche de 1. Ce résultat intéressant n'était pas attendu. A l'inverse du bassin Amont, dominé par un faciès du type "Argile de Colluvions", le bassin Aval est très hétérogène aussi bien par la nature de ses sols que par son couvert végétal.

Ces résultats partiels seront utilisés au chapitre VIII qui aborde l'étude des processus des sols.

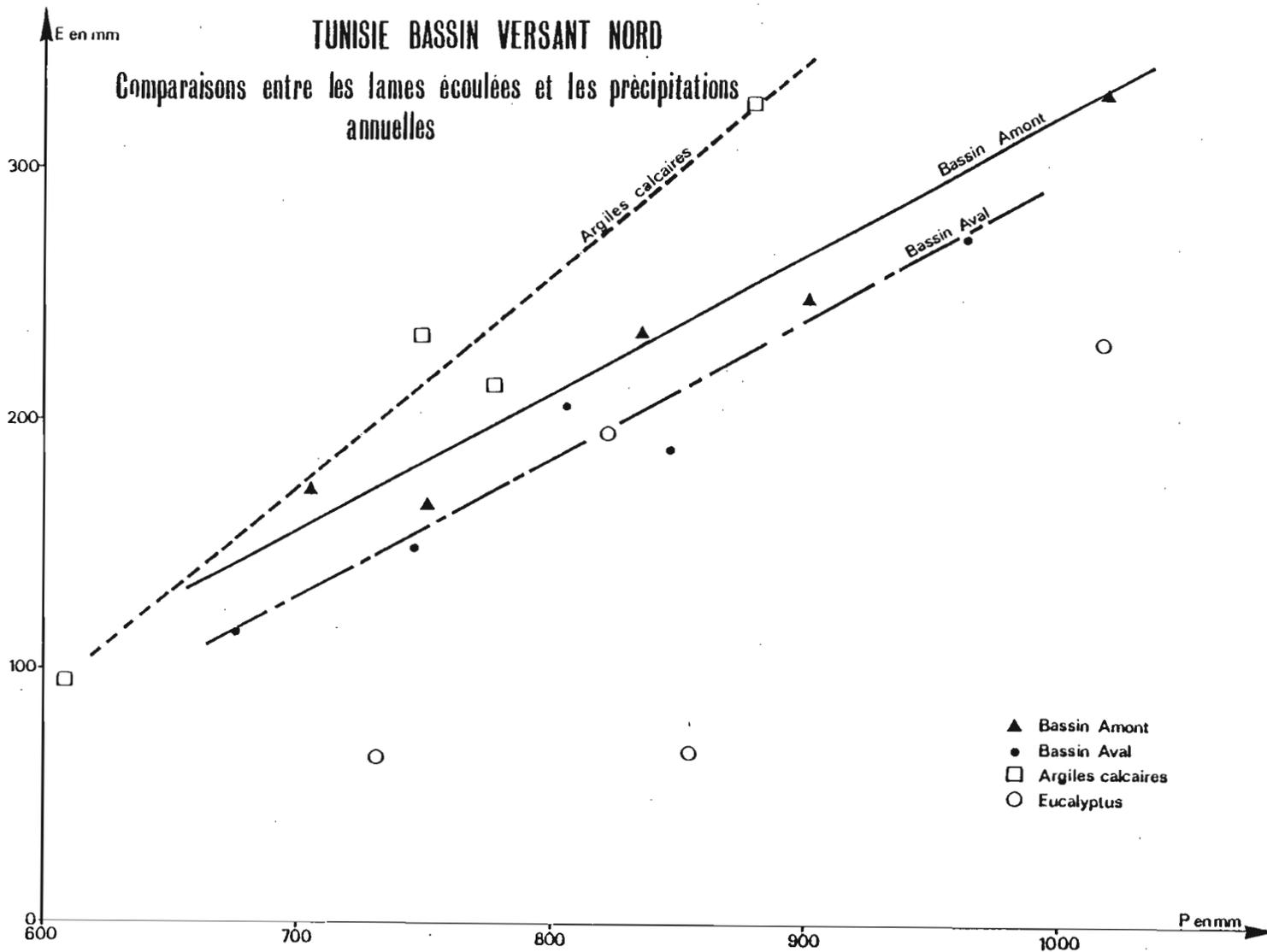


Fig. 5-3-3

CHAPITRE VI.

CORRELATIONS HYDRO-PLUVIOMETRIQUES



Deux modes d'approche semi empiriques de relations Pluie-écoulement sont proposés dans ce chapitre avant d'aborder l'étude des mécanismes :

- La première, suit un schéma de bilan hydrique suffisamment simplifié pour permettre un traitement manuel.

- La deuxième, dérivée d'une méthode de Stepwise de corrélations multiples a un caractère de traitement systématique.

## 6.1 - REGRESSIONS MULTIPLES SUIVANT LE PRINCIPE DU BILAN HYDRIQUE :

### 6.1.1. PRINCIPE DU BILAN HYDRIQUE :

Appelons  $D_i$  le déficit d'écoulement correspondant à chaque épisode pluvieux :

$$D_i = P_i - LE_i$$

avec

- $P_i$  : Pluie tombée au cours de l'épisode d'indice  $i$
- $LE_i$  : Lane écoulée lors de cet épisode.

On admet que ce déficit représente la somme des termes suivants :

$$D_i = P_i + E_i + DEF_i$$

avec

- $D_i$  : Infiltration profonde pendant la séquence
- $E_i$  : Evaporation correspondante
- $DEF_i$  : Quantité d'eau interceptée par l'horizon de surface des sols et liée au déficit hydrique de ceux-ci.

### 6.1.2. REGRESSIONS MULTIPLES :

#### 6.1.2.1. 1ère Régression : Corrélation entre lame écoulée et précipitations :

Sur les figures 6.1.a (bassin Aval) et 6.1.b (bassin Amont) sont reportés pour chaque séquence pluvieuse  $i$ , la lame écoulée ( $LE_i$ ) en fonction de la pluie ( $P_i$ ).

On a tracé les droites enveloppes des couples ( $LE_i, P_i$ ). Celles-ci ont pour équation, respectivement pour les bassins Aval et Amont :

$$LE = 0,64 P \quad (3)$$

$$LE = 0,73 P \quad (4)$$

Les couples ( $P_i, PE_i$ ) qui se trouvent sur ces droites correspondent à des séquences pluvieuses au cours desquelles on peut penser que les sols des bassins versants sont dans un état

**BASSIN VERSANT AVAL**  
 Relation entre pluie et lame écoulée  
 Echelle de la séquence pluvieuse

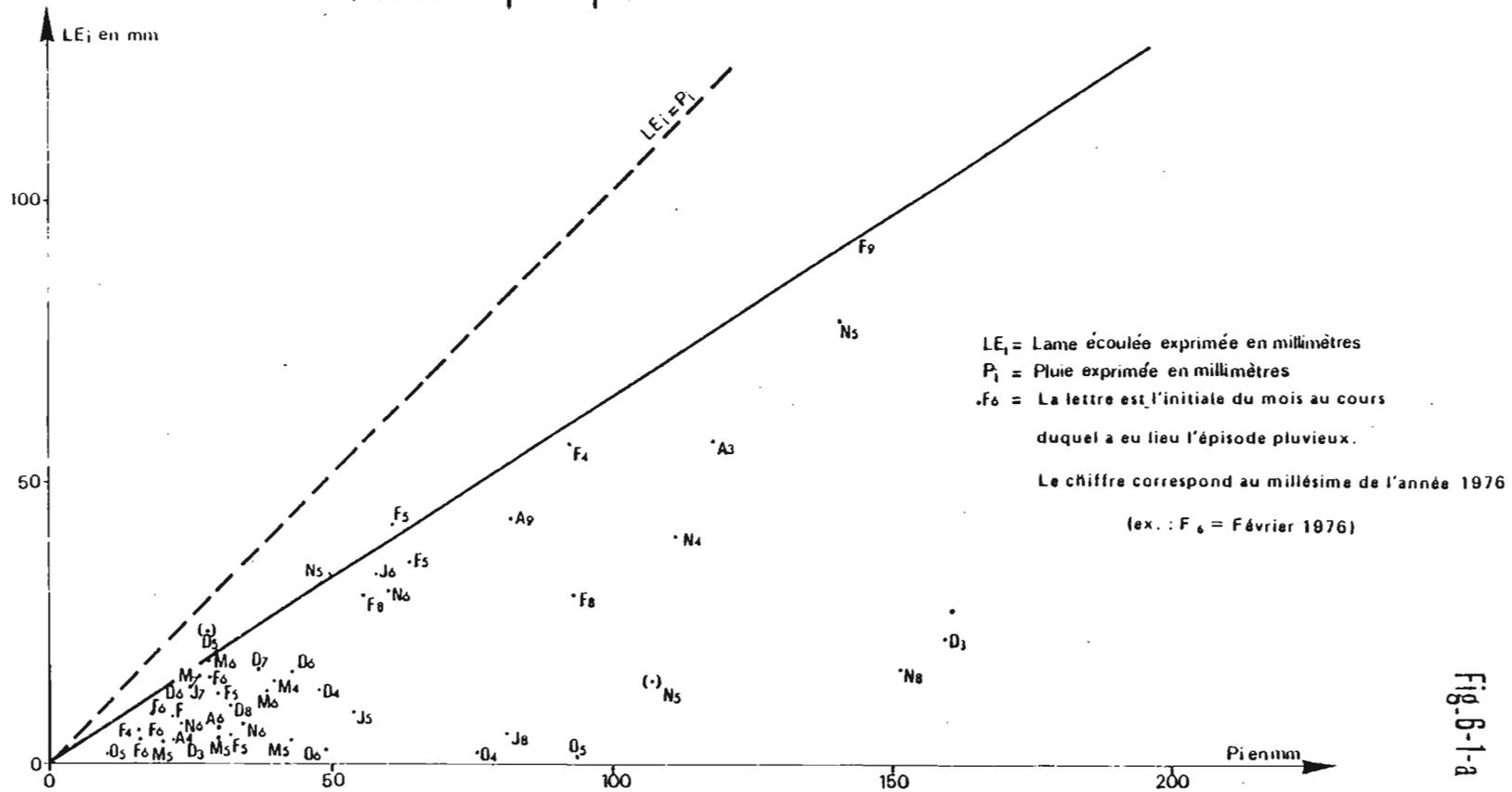


Fig. B-1-a

### BASSIN AMONT

Relation entre pluie et lame écoulée  
Echelle de la sequence pluvieuse

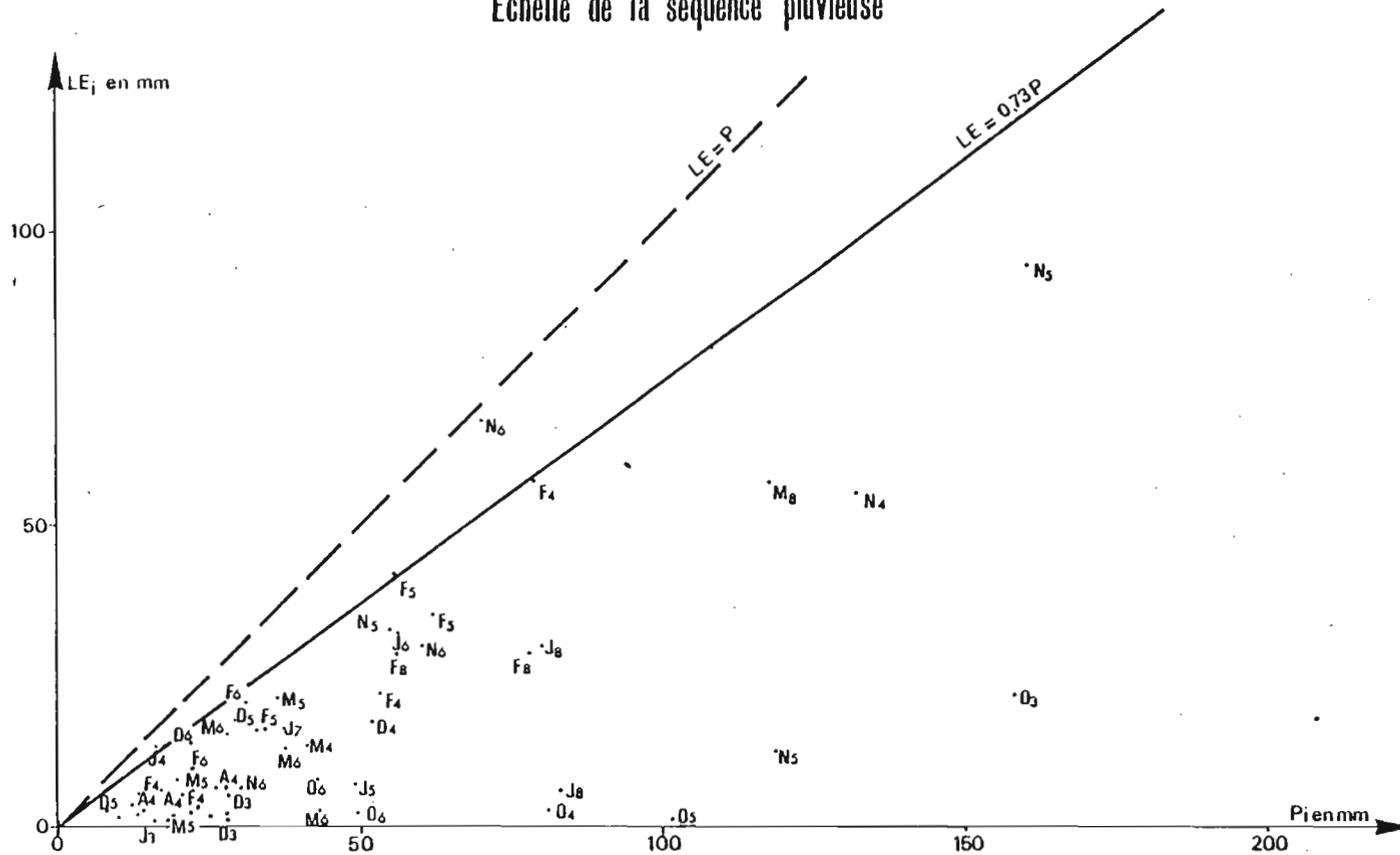


Fig. 6-1-b

proche de la saturation. En effet ces épisodes pluvieux ont lieu en pleine saison des pluies et succèdent à d'autres épisodes pluvieux.

On peut définir, pour chacun des couples  $(P_i, LE_i)$ , l'écart  $(D_i)$  par rapport à la ligne droite de régression, droite enveloppe des couples  $(P_i, LE_i)$ , de la façon suivante :

$$D_i = a P_i - LE_i \quad (5)$$

avec  $a$  : coefficient angulaire de la droite enveloppe des couples  $(P_i, LE_i)$ .

$D_i$  peut s'explicitier selon la méthode des déviations résiduelles par la somme de deux fonctions strictement indépendantes sur le plan statistique :

- l'une  $D_1$  pourrait être liée à l'important déficit hydrique initial des sols (existant en début de saison des pluies)

- l'autre  $D_2$  pourrait être liée au déficit hydrique créé par évaporation de la quantité d'eau retenue dans le sol pendant la période sèche antérieure à la séquence pluvieuse.

#### 6.1.2.2. 2ème Régression : Régression linéaire entre l'écart $D_i$ et la pluie antérieure $Pa_i$ .

On a choisi la variable  $(Pa_i)$ , pluie cumulée antérieure à la séquence pluvieuse (i) depuis le 1er octobre, comme étant susceptible de représenter l'état initial de stocks d'eau retenus dans les sols.

Sur les figures 6.2a et 6.2b respectivement pour les bassins Aval et Amont,  $D_i$  est reportée en fonction de  $Pa_i$ . On peut observer que les valeurs de  $D_i$  sont particulièrement grandes pour les séquences pluvieuses de début de saison des pluies ( $Pa_i < 300\text{mm}$ ).

Cette correction n'affecte que les couples de points de début de saison des pluies soit :

- 15 couples pour le bassin Amont
- 11 couples pour le bassin Aval.

Elle concerne les couples dont la pluie antérieure est inférieure à 300mm environ, valeur approximative moyenne.

#### 6.1.2.3. 3ème Régression : Régression linéaire entre l'écart $(D_{2i})$ et la durée de la période sèche $(D_{si})$ :

On a choisi la variable  $(D_{si})$ , durée de la période

### BASSIN VERSANT AVAL

#### 2<sup>ème</sup> Régression : Régression entre $D_i$ et la pluie cumulée antérieure $P_{ai}$

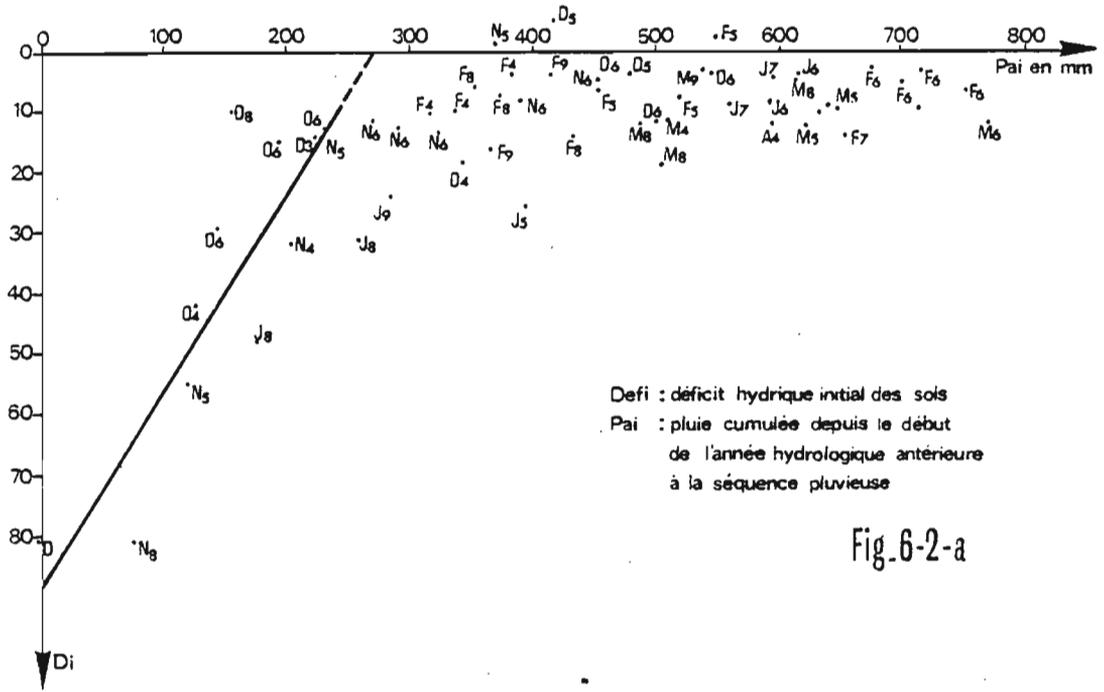


Fig.6-2-a

#### 3<sup>ème</sup> Régression : Régression entre $D_{2j}$ et la durée de la période sèche $D_{sj}$

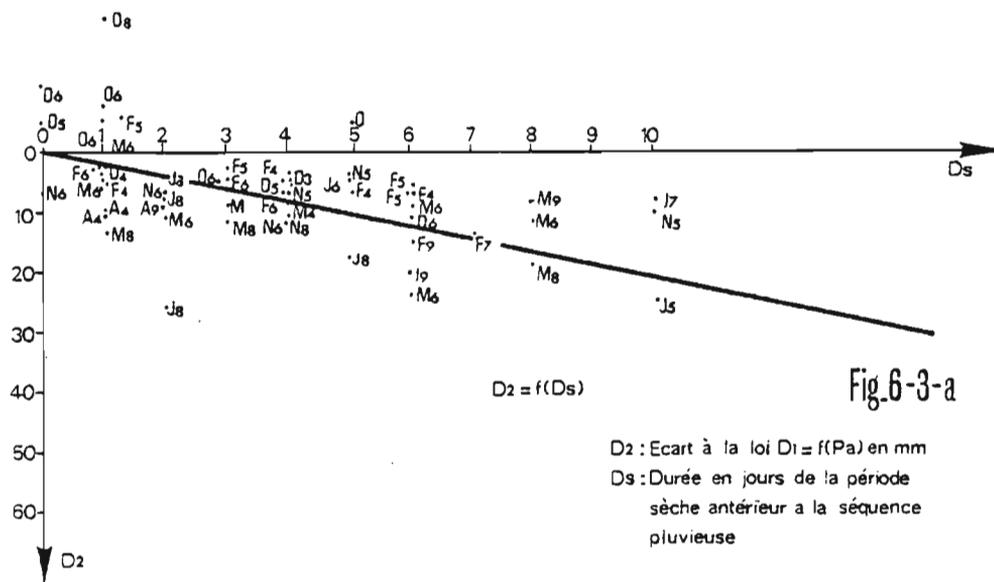


Fig.6-3-a

BASSIN VERSANT AMONT

2<sup>ème</sup> Régression : Régression entre  $D_i$  et la pluie cumulée antérieure  $P_{ai}$

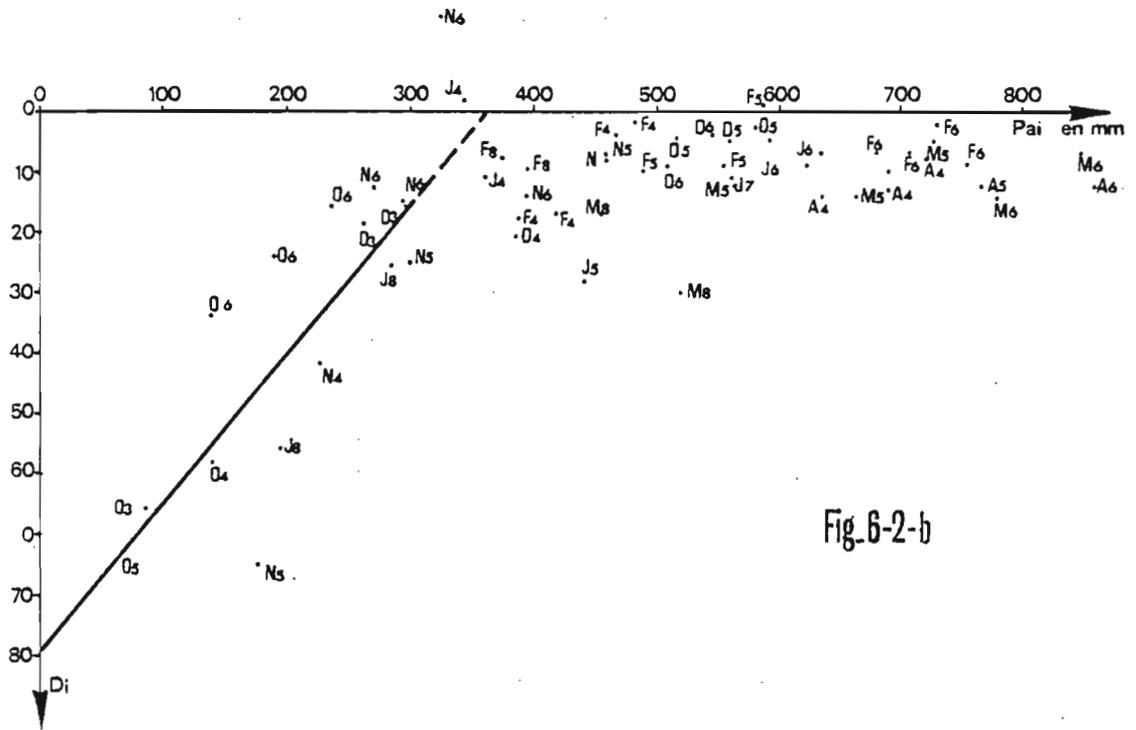


Fig. 6-2-b

3<sup>ème</sup> Régression : Régression entre  $D_{2j}$  et la durée de la période sèche  $D_{sj}$

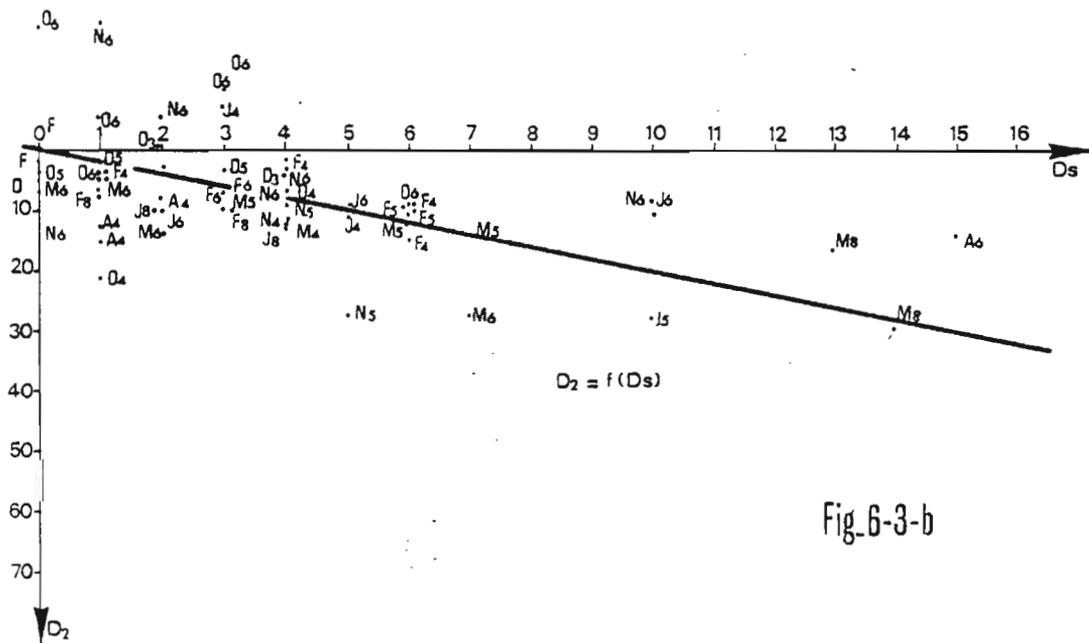


Fig. 6-3-b

sèche immédiatement antérieure à la séquence pluvieuse (i), comme étant susceptible de représenter le déficit hydrique créée par évaporation de l'eau retenue dans le sol, entre deux séquences pluvieuses.

Sur les figures 6.3a (bassin Aval) et 6.3b (bassin Amont) sont reportées pour chaque épisode pluvieux (i), les valeurs de ( $D_{2i}$ ) en fonction de ( $D_{si}$ ). Les couples ( $D_{si}$ ,  $D_{2i}$ ) ont été ajustés manuellement aux droites  $D_{2i} = D_2(D_{si})$  d'équations :

$$D_{2i} = 2 \cdot D_s \quad (10)$$

Notons, dès à présent, que la pente de la droite  $D_{2i} = 2 \cdot D_s$  a pour dimension des millimètres par jour et est donc homogène à un évaporation.

#### 6.1.2.4. Ajustement final - régression entre $P_i$ et ( $LE_i + D_{1i} + D_{2i}$ ) :

Les corrélations finales après réduction des écarts liés aux variables secondaires sont linéaires et les liaisons entre écoulements et pluies peuvent s'écrire sous la forme :

$$\begin{aligned} LE + D_1 + D_2 &= 0,64 P && \text{Bassin Aval} \\ LE + D_1 + D_2 &= 0,73 P && \text{Bassin Amont} \end{aligned}$$

Les valeurs des pentes des droites  $LE = aP$  n'ont pas une signification physique précise car l'évaporation pendant les épisodes pluvieux a été négligée dans cette méthode de bilans simplifiés.

### 6.1.3. EXAMEN DES RESULTATS - INTERPRETATION :

#### 6.1.3.1. Précision des corrélations :

Les coefficients de corrélation calculés lors de chaque régression linéaire nous donne, compte tenu des nombres de couples utilisés pour faire l'ajustement, une bonne idée de la précision des corrélations.

Les coefficients de corrélation ne sont jamais inférieurs à (0,90) ce qui semble tout à fait acceptable pour la présente étude.

#### 6.1.3.2. Grandeurs physiques mises en évidence :

##### 6.1.3.2.1. Le déficit hydrique initial des sols :

La régression linéaire entre le déficit d'écoulement ( $D_i$ ) et la pluie cumulée antérieure à la séquence plu-

### BASSIN VERSANT AVAL

Relation entre pluie et lame écoulée corrigée du déficit hydrique du sol

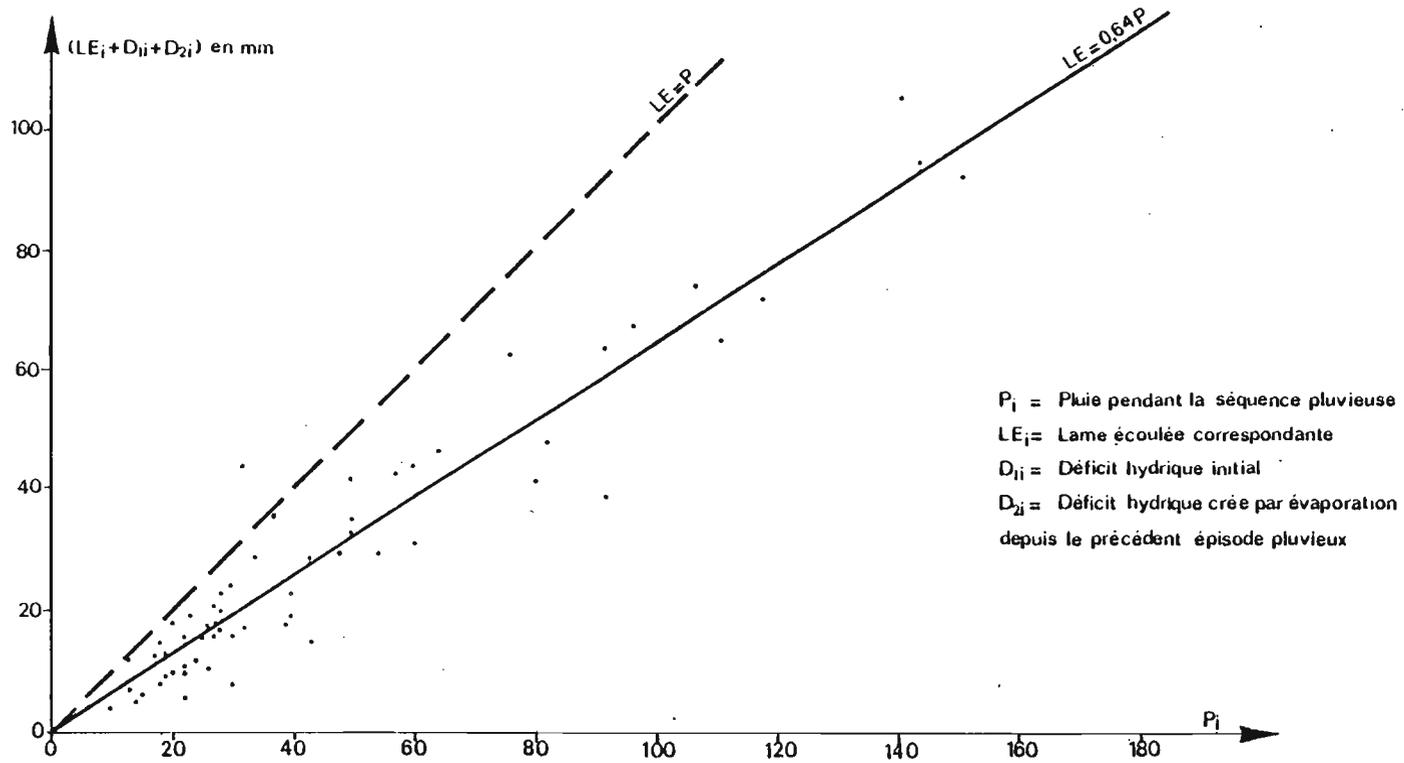


Fig. 6-8-3-a

### BASSIN AMONT

Relation entre pluie et lame écoulée corrigée du déficit hydrique du sol

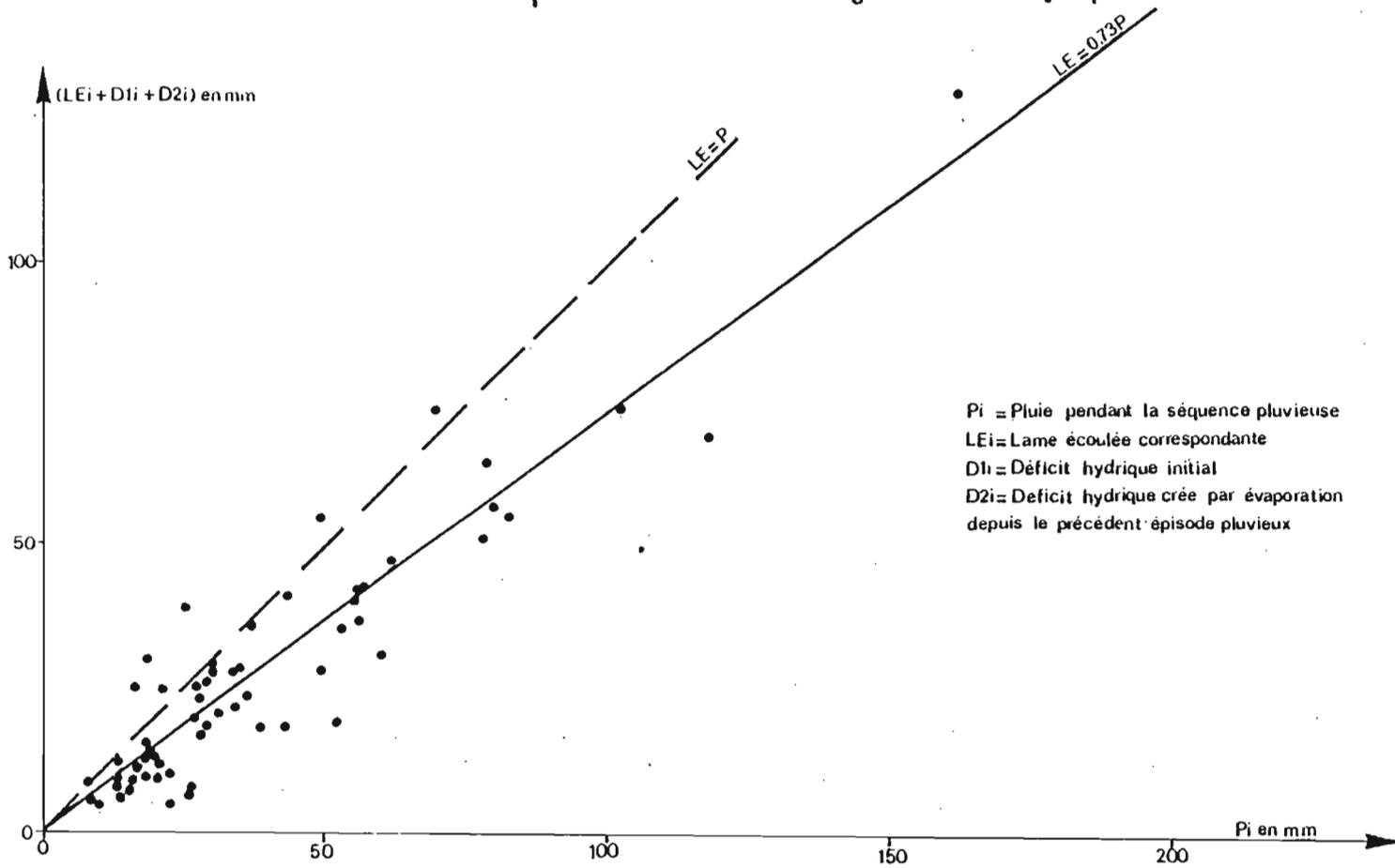


Fig. 6-9-3-b

6.1.3.2a TABLEAU DES DEFICITS HYDRIQUES INITIAUX DES SOLS.

BASSIN AVAL

Séquence pluvieuse i *	Pluie antérieure $Pa_i$	Déficit $P_i - LE_i$	$DEF_i = Pa_i + D_i$
0 <sub>3</sub>	79,4	81	160,4
0 <sub>4</sub>	125,7	42	167,7
N <sub>5</sub>	115,5	55	170,5
0 <sub>6</sub>	140,4	29	169,4
J <sub>8</sub>	172	47	219
N <sub>8</sub>	78,4	81	159,4

6.1.3.2b TABLEAU DES DEFICITS HYDRIQUES INITIAUX DES SOLS.

BASSIN AMONT

Séquence pluvieuse *	$Pa_i$	$D_i$	$DEF_i = Pa_i + D_i$
0 <sub>3</sub>	79,4	66	145,4
0 <sub>4</sub>	143	58	201
0 <sub>5</sub>	66	73	139
0 <sub>6</sub>	141	34	175
J <sub>8</sub>	198	56	256

\* 0<sub>3</sub> : La lettre est l'initial du mois au cours duquel s'est produit l'épisode pluvieux i.  
En ajoutant un 197 devant le chiffre indiqué, on obtient l'année au cours de laquelle s'est produit l'épisode pluvieux.

vieuse  $i$ , ( $Pa_i$ ) nous indique que les déficits d'écoulement des séquences pluvieuses de début de saison sont généralement beaucoup plus importants que les déficits d'écoulement de milieu et de fin de saison des pluies (Fig.32 et 36). Cette observation nous conduit à supposer l'existence en début de saison des pluies d'un fort déficit hydrique initial.

Le déficit initial des sols peut être estimé à partir des premiers épisodes pluvieux de chaque année ayant produit des écoulements significatifs, à partir de la formule approchée :

$$DEI = Pa_i + P_i - LE_i$$

valable lorsque la période de réhumidification est suffisamment courte pour pouvoir négliger l'évaporation.

Le calcul du déficit hydrique initial des sols a été effectué, sur les bassins Aval et Amont, et les résultats sont présentés dans les tableaux 6.1.3.2a et 6.1.3.2b.

Les valeurs du déficit hydrique initial, calculées sont pour chaque bassin relativement proches les unes des autres. Toutefois lors de l'année hydrologique 1977-1978, les premiers écoulements ne se sont produits qu'en janvier, et donc le terme d'évaporation que l'on peut négliger pour les autres années hydrologiques devient important et les valeurs du déficit hydrique calculées sont largement surestimées.

On calculera la valeur moyenne annuelle du déficit hydrique initial des sols en début de saison (DEF) en faisant abstraction de l'année hydrologique 1977-1978. On a :

$$(DEF) = 165,5\text{mm pour le bassin Aval}$$

$$DEF = 165,1\text{mm pour le bassin Amont.}$$

Ces résultats seront confirmés au chapitre VIII.

#### 6.1.3.2.2. Evapotranspiration moyenne journalière pendant la saison des pluies :

La pente de la droite de corrélation entre ( $D_{s_i}$ ) durée de la période sèche antérieure à la séquence ayant produit un écoulement et l'écart  $D_{2i}$  nous donne une valeur moyenne de 2mm par jour d'évapotranspiration journalière pendant la saison des pluies.

Le fait que l'on ait choisi comme variable susceptible de représenter l'évaporation la durée de la période sèche antérieure induit des erreurs :

- ainsi en début de saison des pluies (octobre) et fin de saison (avril-mai), cette valeur de 2mm par jour est trop faible.

- en janvier, cette valeur est trop forte (cf II 2.3).

Remarquons sur les tableaux 6.3.5. et 6.3.6. que la majorité des écoulements (en Novembre), de même que les écoulements les plus importants en volume n'ont pas lieu pendant les mois d'Octobre, Avril et Mai.

6.2 - CORRELATIONS MULTIPLES :

La méthode proposée, utilise un programme de calcul des liaisons simples et multiples entre plusieurs variables, selon la méthode de STEPWISE. La variable LE est étudiée en fonction des variables d'incidence de différents ordres  $P_j$ ,  $P_{j_5}^1$ ,  $P_{j_{10}}^5$ ,  $P_{j_{10}}^{15}$ , calculées pour chaque épisode pluvieux et pour chaque bassin.

- LE : lame écoulee (écoulements rapides) pour un épisode pluvieux.
- $P_j$  : Pluie cumulée de l'épisode correspondant, variable d'ordre 1.
- $P_{j_5}^1$  : Pluie cumulée des cinq jours antérieurs à l'épisode.
- $P_{j_{10}}^5$  : Pluie cumulée antérieure sur les 6 à 10 jours précédents.
- $P_{j_{15}}^{10}$  : " " " " " 11 à 15 " "
- $P_{j_{30}}^{15}$  : " " " " " 15 à 30 " "

Toutes ces variables relatives aux précipitations correspondent à des périodes disjointes.

Etude par régression multiple entre lame écoulee et les facteurs :

Les coefficients de corrélation simple entre les diverses variables LE -  $P_j$  -  $P_{j_5}^1$  -  $P_{j_{10}}^5$  -  $P_{j_{15}}^{10}$  -  $P_{j_{30}}^{15}$  sont obtenus à partir des éléments de chaque bassin.

BASSIN AMONT

	$P_j$	$P_{j \ 5}^1$	$P_{j \ 10}^5$	$P_{j \ 15}^{10}$	$P_{j \ 30}^{15}$	LE
$P_j$	1,0					
$P_{j \ 5}^1$	- 0,08	1,0				
$P_{j \ 10}^5$	- 0,03	0,17	1,0			
$P_{j \ 15}^{10}$	0,15	0,19	0,05	1,0		
$P_{j \ 30}^{15}$	0,00	0,03	0,19	0,08	1,0	
LE	0,74	0,11	0,11	0,16	0,22	1,0

BASSIN AVAL

	$P_j$	$P_{j \ 5}^1$	$P_{j \ 10}^5$	$P_{j \ 15}^{10}$	$P_{j \ 30}^{15}$	LE
$P_j$	1,0					
$P_{j \ 5}^1$	- 0,28	1,0				
$P_{j \ 10}^5$	- 0,15	0,08	1,0			
$P_{j \ 15}^{10}$	0,09	0,11	- 0,01	1,0		
$P_{j \ 30}^{15}$	0,04	- 0,12	0,11	0,19	1,0	
LE	0,77	- 0,07	- 0,07	0,14	0,23	1,0

BASSIN ARGILES-CALCAIRES

$P_j$	1,0					
$P_j \frac{1}{5}$	- 0,2	1,0				
$P_j \frac{5}{10}$	- 0,18	0,01	1,0			
$P_j \frac{10}{15}$	0,22	0,01	- 0,07	1,0		
$P_j \frac{15}{30}$	0,12	0,05	0,07	0,21	1,0	
LE	0,66	- 0,08	- 0,14	0,20	0,38	1,0

BASSIN VERSANT DES EUCALYPTUS

	$P_j$	$P_j \frac{1}{5}$	$P_j \frac{5}{10}$	$P_j \frac{10}{15}$	$P_j \frac{15}{30}$	LE
$P_j$	1,0					
$P_j \frac{1}{5}$	- 0,08	1,0				
$P_j \frac{5}{10}$	- 0,19	0,37	1,0			
$P_j \frac{10}{15}$	0,16	- 0,01	0,20	1,0		
$P_j \frac{15}{30}$	- 0,12	- 0,06	0,08	- 0,07	1,0	
LE	0,59	0,09	- 0,21	0,05	0,20	1,0

6.2.1. LIAISON ENTRE PRECIPITATION ( $P_j$ ,  $P_{j5}^1$ ,  $P_{j10}^5$ ,  $P_{j15}^{10}$ ,  $P_{j30}^{15}$ )

Pour chacun des bassins versants, la précipitation moyenne de l'épisode ne semble pas liée aux précipitations des jours antérieurs de façon très nette.

	AMONT	AVAL	ARG.CALC.	EUCALYPTUS	MAXI.	MINI.
$P_j$ à $P_j^1$	- 0,08	- 0,28	- 0,25	- 0,08	- 0,08	- 0,28
$P_j$ à $P_j^5$	- 0,03	- 0,15	- 0,18	- 0,19	- 0,03	- 0,18
$P_j$ à $P_j^{10}$	0,15	0,09	0,22	0,16	0,22	0,09
$P_j$ à $P_j^{15}$	0,00	0,04	0,12	- 0,12	- 0,12	- 0,12

6.2.2. LIAISON ENTRE ECOULEMENT ET PRECIPITATIONS ( $P_j$  à  $P_j^{15}$ )

Si la corrélation entre la lame écoulee et la précipitation de l'épisode pluvieux est nette (0,59 P 0,77), il est étonnant de constater que la lame écoulee soit généralement en corrélation négative avec les précipitations immédiatement antérieures  $P_j^1$  et  $P_j^5$ . La corrélation positive entre la lame écoulee et les pluies très antérieures à l'épisode  $P_j^{10}$  et  $P_j^{15}$ , bien faible nous semble être indicatrice de l'effet retardataire de l'écoulement de l'eau profondément infiltrée.

	B.V. AMONT	B.V. AVAL	B.V. ARG.CALC.	B.V. EUCALYPTUS
LE $P_j$	0,74	0,77	0,66	0,59
LE $P_j^1$	0,11	- 0,07	- 0,08	0,09
LE $P_j^5$	0,11	- 0,07	- 0,14	- 0,21
LE $P_j^{10}$	0,16	0,14	0,21	0,05
LE $P_j^{15}$	0,22	0,23	0,20	0,20

6.2.3. CORRELATIONS MULTIPLES :

6.2.3.1. Bassin versant Amont :

Les variables explicatives de la lame écoulee sont par ordre :

- la précipitation de l'épisode C.C.R. = 0,739
- la précipitation antérieure  $P_j^{15}$  C.C.R. = 0,773
- la précipitation antérieure  $P_j^1$  C.C.R. = 0,791

(C.C.R. : coefficient de corrélations multiples).

Les équations successives d'évaluation de la lame écoulee restent valables dans le domaine d'élaboration seulement :

$$LE_{mm} = 0,412 P_{jmm} - 3,7$$

$$LE_{mm} = 0,412 P_{jmm} + 0,087 P_j^{15} - 7,73$$

$$LE_{mm} = 0,420 P_{jmm} + 0,139 P_j^{15} + 0,085 P_j^1 - 10,3$$

6.2.3.2. Bassin versant Aval :

Les variables explicatives sont exactement dans le même ordre que celles pour le bassin versant Amont :

- Précipitation de l'épisode C.C.R. = 0,769
- Précipitation antérieure  $P_j^{15}$  C.C.R. = 0,794
- Précipitation antérieure  $P_j^1$  C.C.R. = 0,813

et les équations deviennent :

$$LE = 0,421 P_{jmm} - 1,9$$

$$LE = 0,417 P_{jmm} + 0,082 P_j^{15} - 5,8$$

$$LE = 0,445 P_{jmm} + 0,120 P_j^{15} + 0,090 P_j^1 - 9,7$$

6.2.3.3. Bassin versant des Argiles Calcaires :

Seules deux variables explicatives sont retenues :

- Pluie de l'épisode C.C.R. = 0,657
- Pluie antérieure  $P_j$   $\begin{matrix} 15 \\ 30 \end{matrix}$  C.C.R. = 0,725

Les équations d'évaluation de la lame ruisselée sont :

$$LE_{mm} = 0,558 P_{j_{mm}} + 0,05$$

$$LE_{mm} = 0,527 P_{j_{mm}} + 0,202 - P_{j_{mm}}^{15} - 7,9$$

6.2.3.4. Bassin versant des Eucalyptus :

Seules deux variables sont retenues pour ce bassin :

- Pluie de l'épisode C.C.R. = 0,594
- Pluie antérieure  $P_j$   $\begin{matrix} 15 \\ 30 \end{matrix}$  C.C.R. = 0,653

avec les équations suivantes :

$$LE_{mm} = 0,242 P_j + 1,08$$

$$LE_{mm} = 0,255 P_j + 0,067 P_j^{15} - 3,7$$

Cette dernière méthode présente l'avantage d'un traitement systématique mais il faut bien admettre que les résultats ne sont dans l'ensemble pas très satisfaisants. Les coefficients de corrélation obtenus ont des valeurs trop faibles pour que les corrélations obtenues aient une signification physique.

6.3 - RECAPITULATIF

On peut résumer ce chapitre en donnant les équations des relations établies dans la première partie :

BASSIN AVAL :

- pluie cumulée  $P_{a i}$  280 mm  
 $LE = 0,64 P - 2 D_S - 0,31 (P_{a i} - 280)$
- $P_{a i}$  280 mm  
 $LE = 0,64 P - 2 D_S$

BASSIN AMONT :

- pluie cumulée P a i 350 mm

$$LE = 0,73 P - 2 D_S - 0,22 (P a i - 350)$$

- P a i 350 mm

$$LE = 0,73 P - 2 D_S$$

P a i : pluie antérieure cumulée depuis le début de l'année

P : pluie pendant le séquence pluvieuse

D<sub>S</sub> : Durée de la séquence sèche précédant la séquence pluvieuse.

Ces relations qui correspondent à un schéma très simplifié dans lequel on a éludé l'évaporation ont une représentativité physique faible.

Une approche phénoménologique plus fine sera développée dans les chapitres suivants, permettant une meilleure transparence.

CHAPITRE VII

DETERMINATION D'UNE VALEUR VRAISEMBLABLE

DE L'E.T.P. DU MILIEU.



7.1 - EVAPORATION BAC :

Les évaporations mensuelles mesurées sur bac sont réportées dans le tableau 7.1, en regard des quantités de précipitations. Pour simplifier et par souci d'une plus grande représentativité régionale, on a repris les valeurs des précipitations moyennes du bassin Amont.

EVAPORATION BAC ET PRECIPITATIONS (en mm).

ANNEES		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	T.ANNUEL
73/74	P	(45)	199	28	77	45	175	72	95	22	6	2	0	766
	Eb	170	90	70	47	52	60	107	110	186	242	280	290.	1704
74/75	P	34	190	139	75	56	172	107	20	60	1	0	49	903
	Eb	194	102	63	47	50	50	84	124	151	216	282	250	1613
75/76	P	8	120	342	69	93	96	90	53	61	33	35	21	1021
	Eb	185	92	52	42	57	57	70	111	134	212	240	215	1467
76/77	P	26	244	210	85	80	41	27	66	24	13	0	19	835
	Eb	179	96	74	62	48	45	120	136	184	(220)	(280)	267	1711
77/78	P	6	14	145	25	151	115	103	125	38	1	0	29	752
	Eb	162	156	65	48	57	64	84	98	145	238	303	244	1664

Les mesures d'évaporation sur bac, non entouré d'un anneau de garde humide, semblent nettement excessives en été, en raison de la sécheresse du milieu environnant.

On a essayé de déterminer une valeur plus vraisemblable de l'ETP à partir de ces mesures, par simples corrélations avec les précipitations.

7.2 - AMBIGUITE DE LA NOTION D'ETP EN MILIEU MEDITERRANEEN :

L'évaporation potentielle définie comme étant l'évaporation maximale de plantes en pleine croissance n'a de signification physique, en régime d'apport hydrique naturel, que lorsque les conditions climatiques environnantes permettent des conditions d'évaporation voisines de l'ETP et, en particulier, lorsque les plantes voisines ont un apport d'eau suffisant pour assurer le fonctionnement maximal de leur processus évaporatoire :

- pluies suffisantes et rapprochées
- réserves hydriques dans le sol suffisantes.

Ces conditions, lorsqu'elles sont réalisées à une échelle régionale, entraînent des conditions d'humidité de l'atmosphère voisines de la saturation;

Elles sont satisfaites dans le Nord de la TUNISIE en hiver. En été, au contraire, en l'absence de pluie ou d'irrigation et lorsque les réserves hydriques du sol s'épuisent, l'évaporation des plantes non-irriguées, reste très inférieure à l'E.T.P. et tend à devenir nulle.

### 7.3 - EFFET D'OASIS :

Les petites nappes d'eau fraîche non limitées en ressources d'eau et insérées dans un contexte de sécheresse, évaporent beaucoup plus que dans les conditions naturelles d'E.T.P. et le phénomène s'accroît d'autant plus que la nappe est restreinte.

Cet "Effet d'oasis" est particulièrement important en régime méditerranéen où la saison sèche, située en été, coïncide avec un apport maximum d'énergie solaire.

Le flux d'évaporation issu d'un bac isolé est divergent et les conditions d'évaporation s'éloignent des conditions naturelles théoriques de l'E.T.P. qui supposent le flux évaporatoire cylindrique, ou si l'on préfère, que le milieu ambiant évapore dans les mêmes conditions.

### 7.4 - DEFINITION CONVENTIONNELLE DE L'E.T.P. :

Les agronomes sont amenés, de ce fait, à définir l'E.T.P. comme le résultat de la mesure normalisée de l'évaporation d'une parcelle de gazon entourée d'un anneau de garde. Cette définition convient moins à l'hydrologie qui étudie les phénomènes en régime d'alimentation naturelle. (précipitations)

### 7.5 - CORRELATION AVEC LA PLUIE MENSUELLE : (graphique 7.3)

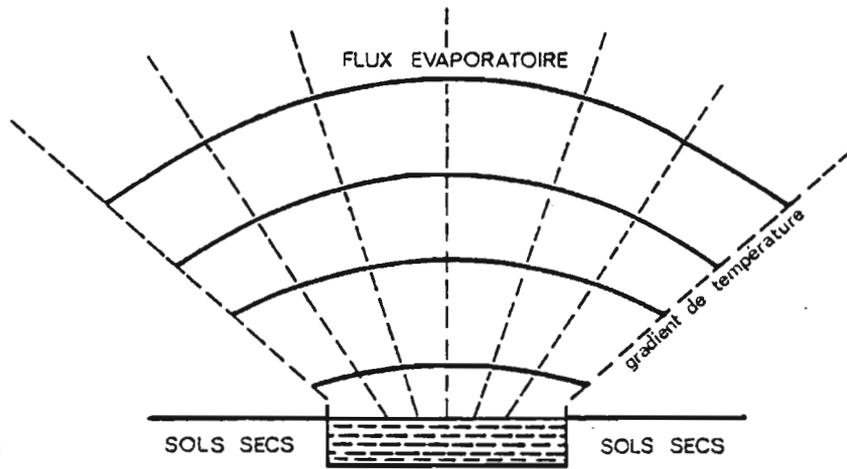
On aurait pu rechercher des corrélations avec les différents éléments climatologiques auxquels est liée l'évaporation. Ce travail a déjà été fait pour la TUNISIE (RIOU, INAT). En nous plaçant dès à présent dans l'esprit du bilan hydrique, on a préféré étudier les corrélations entre la pluie et l'évaporation.

Ces corrélations font intervenir les réactions sur le climat du milieu végétal environnant. En effet, en période de déficit, la pluie tombée est susceptible de modifier le climat ambiant parce qu'elle est rapidement restituée à l'atmosphère par évapotranspiration du milieu, modifiant ainsi l'humidité ambiante.

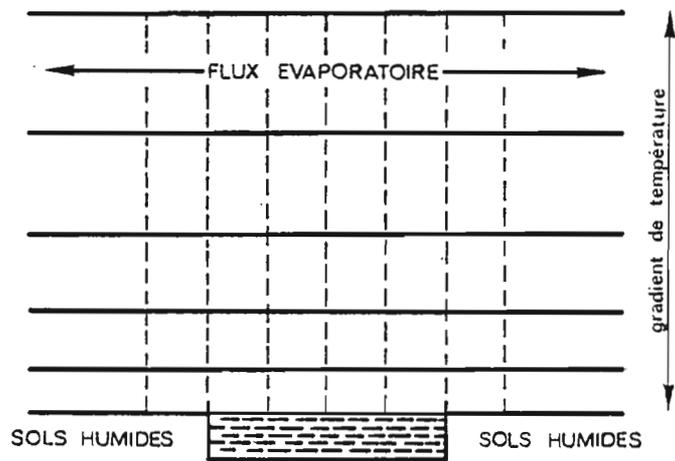
Les couples des points (PM, EBac) où PM est la valeur moyenne sur le bassin Amont, choisie pour être plus représentative du climat à l'échelle du bassin, font apparaître, mois par mois, un faisceau de courbes de corrélations.

Fig\_7-1

### AMBIGUITE DE LA NOTION D'ETP EN REGIME DE SECHERESSE



1 EFFET D'OASIS



2 SCHEMA THEORIQUE (PENMAN)

#### 7.5.1. EXAMEN DES RESULTATS :

On peut diviser le plan en deux secteurs séparés par la première bissectrice :

- Secteur I = Dans ce secteur, la pluie est inférieure à l'évaporation et l'on se trouve dans une période de déficit hydrique.
- Secteur II = La pluie est supérieure à l'évaporation et on se trouve dans des périodes excédentaires du point de vue du bilan hydrique.

On observe les résultats suivants :

a) Secteur II : Pour les mois pluvieux (octobre, novembre, décembre, janvier) les mois excédentaires sont nombreux et on peut constater que l'évaporation pour chaque mois semble se stabiliser suivant un palier indépendant de la quantité de pluie tombée dans le mois.

Pour les mois secs; les points dans ce secteur sont rares et les paliers ont été tracés approximativement, par analogie avec les mois pluvieux, et en extrapolant les amorces de courbes obtenues dans le secteur I.

Ces paliers correspondent à des valeurs qui sont certainement voisines de l'E.T.P. du milieu végétal environnant puisque se trouvant en période d'excédent hydrique. On peut penser que l'évapotranspiration du milieu atteint l'E.T.P.

Dans ce secteur, le bac fonctionne en effet en bonne corrélation avec le milieu ambiant et l'évaporation sur bac est liée à l'évaporation du milieu ambiant par le climat.

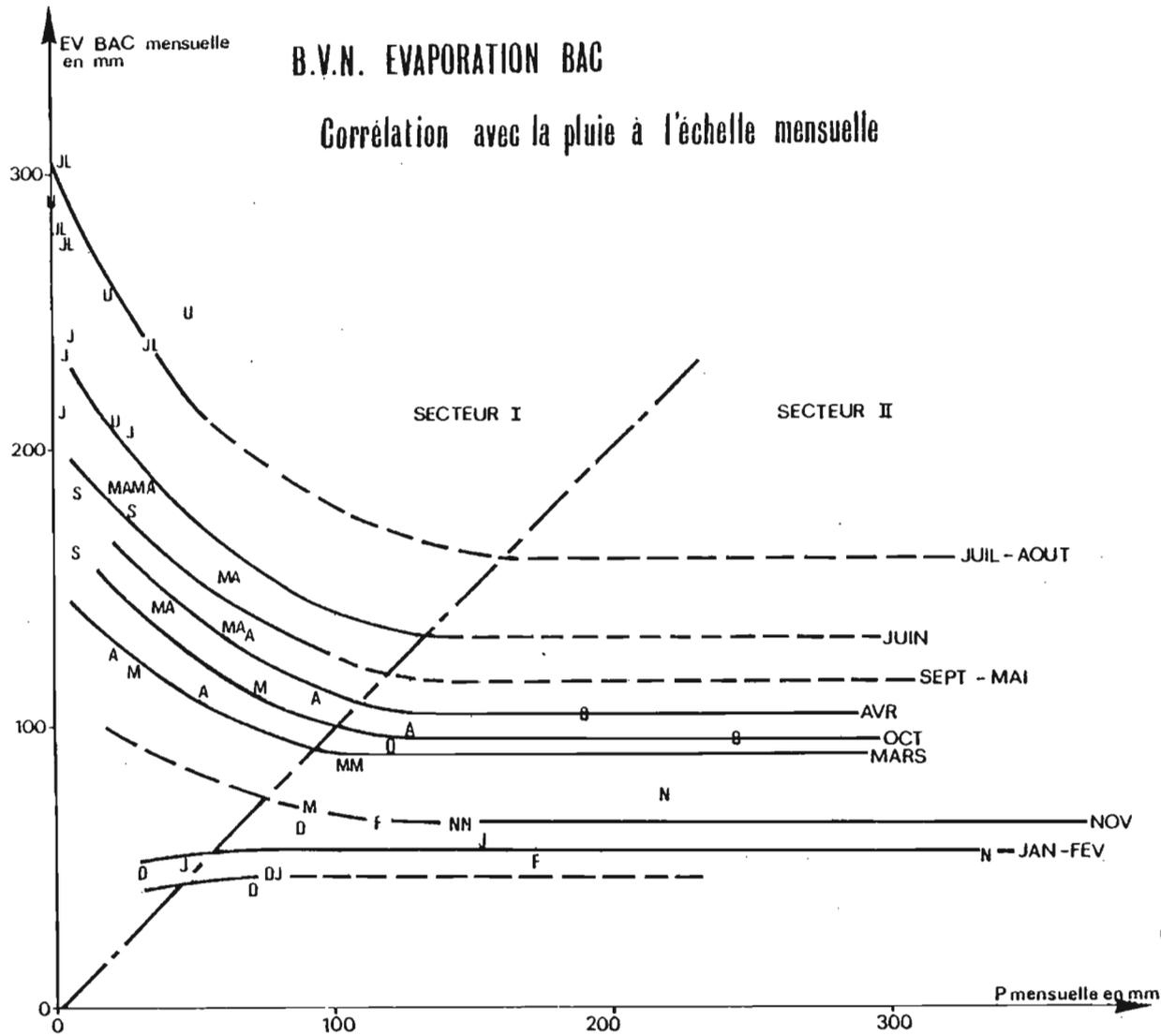
b) Secteur I : Dans ce secteur, on observe que l'évaporation sur bac croît rapidement lorsque le déficit hydrique augmente. On obtient des évaporations considérables pour les mois chauds, plus particulièrement si la pluie du mois est nulle ou très faible. On atteint en effet jusqu'à 300mm d'évaporation mensuelle pour les mois de juillet et d'août soit 1cm par jour.

Signalons enfin que la dispersion des points dans ce secteur, et en particulier ceux du mois de septembre, est liée au vent.

On peut déplorer l'absence d'anémomètre sur le bassin. On a pu, cependant, expliciter assez nettement cette dispersion en fonction d'un indice de vent établi à partir des mesures effectuées à la station synoptique de Bizerte.

#### 7.5.2. INTERPRETATION :

Ces résultats s'expliquent parfaitement. Ces accroissements d'évaporation sur bac sont liés à la baisse du taux d'humidité de l'air mais ils ne sont pas représentatifs de l'avapotranspiration du milieu



NOTATIONS  
 MA = MAI  
 JL = JUILLET  
 U = AOÛT

Fig. 7-3

En effet, en période de déficit hydrique, l'évapotranspiration ne peut être alors qu'inférieure à l'ETP. Si les paliers sont bien représentatifs de l'ETP du milieu, les fortes valeurs d'évaporations obtenues sur bac en période de déficit sont purement artificielles parce que le fonctionnement du bac, non limité en eau, n'est plus en accord avec le fonctionnement du milieu environnant.

On peut même dire que les accroissements anormaux d'évaporation du bac traduisent en fait une diminution de l'évapotranspiration du milieu végétal environnant qui est alors réduite selon les disponibilités en eau des stockages superficiels du sol.

7.6 - DETERMINATION D'UNE VALEUR VRAISEMBLABLE DE L'ETP DU MILIEU EN REGIME D'ALIMENTATION NATURELLES (Précipitations) :

Ces résultats sont intéressants. Ils nous permettent d'établir des valeurs approximatives de l'ETP du milieu végétal environnant. Elles correspondent aux différents paliers mis en évidence sur le graphique.

Les valeurs des mois secs sont estimées mais cela n'est pas très grave pour ce qui concerne l'hydrologie car on renonce à faire des bilans hydriques pendant les mois secs.

Valeurs mensuelles de l'ETP en régime d'alimentation naturelle :

S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	T.ANNUEL
115.	96	65	50	53	55	90	105	115	130	160	160	1194

On peut se contenter d'une valeur inter-annuelle. En effet, la dispersion annuelle des mesures observées sur les mois secs est essentiellement liée au vent. On peut penser que cette dispersion est artificielle dans la mesure où l'on sait que le vent influence peu l'évaporation dans des conditions climatologiques permettant l'ETP c'est à dire dans des conditions de fortes humidités.

Il convient de signaler que les grandeurs que nous avons définies ne correspondent pas exactement à la notion d'ETP couramment utilisée en agriculture. Il s'agit, pour les mois secs, d'une valeur virtuelle qui serait proche de l'ETP dans des conditions de climat différentes permettant une humidité voisine de la saturation (à la différence près entre une nappe d'eau et un couvert végétal), ces grandeurs ne peuvent être utilisées qu'en alimentation naturelle lorsque la masse évaporante est suffisante pour modifier le climat environnant. Nous pensons que ces valeurs pourraient être significatives pour un lac de barrage d'assez grandes dimensions, pour peu que l'effet de bordure soit négligeable. Ces valeurs doivent être sous-estimées en été pour les besoins d'irrigation, les surfaces irriguées étant trop petites pour modifier sensiblement le climat environnant.

On peut rapprocher ces valeurs de l'ETP calculée à SEDJENANE\*, par la formule de PENMAN.

---

\* J. BEN ZARTI - Bilan hydrique du bassin versant du Lac Ichkeul.

S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	TOTAL
110	78	57	37	38	49	67	92	125	150	165	146	1194

Les valeurs calculées pour l'ETP sont plus faibles en hiver, ce qui est en partie justifié par le facteur de réduction à appliquer à un plan d'eau pour traduire l'ETP (0,8 à 0,9). En été, les valeurs se rapprochent.



CHAPITRE VIII

LES ECOULEMENTS ET LE BILAN HYDRIQUE



### 8.1 - BUT RECHERCHE :

L'analyse des mesures hydrométriques a permis de montrer la bonne homogénéité d'ensemble des comportements hydriques des différents bassins. Les singularités, observées sur les petits bassins par rapport au processus général, semblent essentiellement provoquées par un couvert végétal spécifique. Ces résultats nous encouragent à aborder l'étude de bilans hydriques d'un point de vue global et à rechercher des grandeurs moyennes à l'échelle de chaque bassin versant, considéré comme une entité homogène.

Notre objectif est triple et essentiellement orienté par les problèmes de variation d'échelle :

- Dans l'optique d'une éventuelle discrétisation spatiale nous cherchons à définir sur ces bassins des grandeurs biophysiques invariantes typiques pour améliorer nos connaissances dans le domaine de la "production des écoulements".
- Nous souhaitons pouvoir rattacher ces grandeurs moyennes à des mesures ponctuelles effectuées soit sur des parcelles, soit au moyen d'infiltrations (paragraphe 8.3).
- Nous nous proposons d'étendre à des bassins plus vastes cette approche globale du bilan hydrique par des méthodes appropriées en particulier par le choix d'un pas de temps judicieux (chap. IX).

Pour notre investigation, nous rappellerons un processus d'infiltration schématique plus ou moins admis à l'heure actuelle.

### 8.2 - PROCESSUS D'INFILTRATION SCHEMA SIMPLIFIE : (milieu naturel)

L'interprétation des profils neutroniques effectués par l'ORSTOM en Côte d'Ivoire, à MADAGASCAR et en TUNISIE, permettent une esquisse de l'hydrodynamique des sols.

Les graphiques 8.2.1, inspirés de mesures réelles permettront d'illustrer une description schématique des principaux transferts hydriques qui s'effectuent dans les sols, plus ou moins admise à l'heure actuelle. Ces éléments théoriques semblent pratiquement validés par les différentes équipes de chercheurs qui étudient ces phénomènes par des approches différentes.

Nous présentons ici quelques traits essentiels.

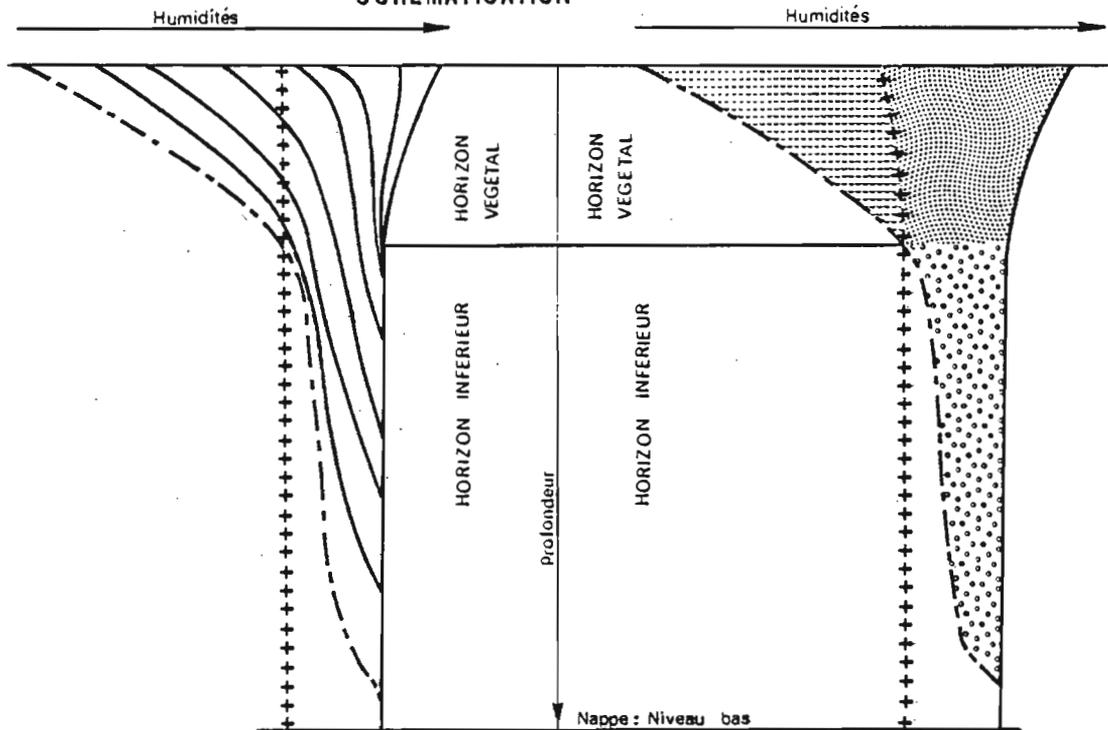
Nous renvoyons à une ébauche théorique plus complète que nous avons reléguée pour l'instant en annexe.

#### 8.2.1. ZONE D'APPLICATION : SOLS A RECOUVREMENT VEGETAL IMPORTANT.

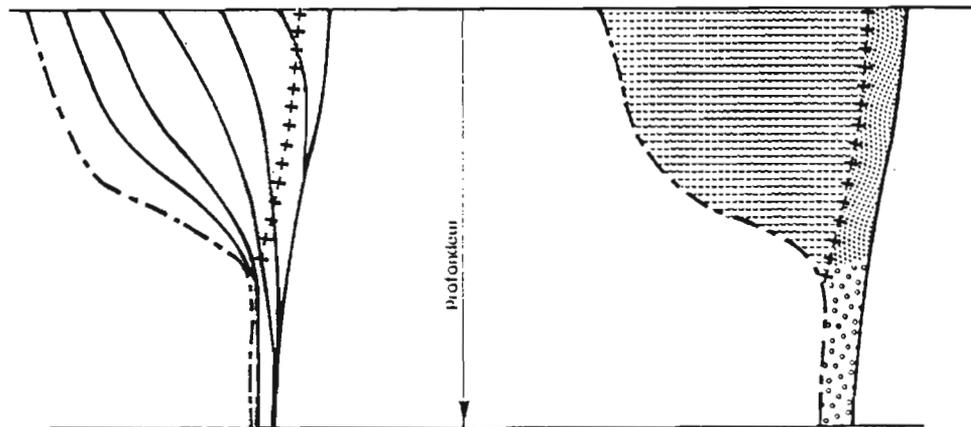
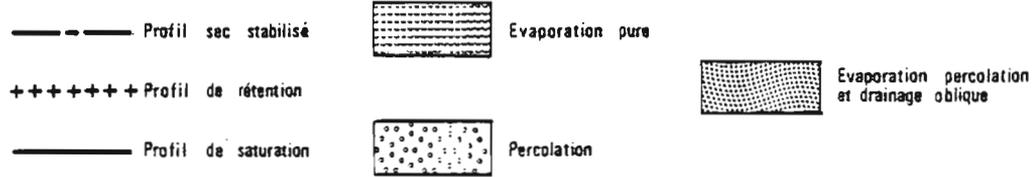
Nous regroupons sous ce vocable tous les types de végétation dont la densité de recouvrement au sol est importante, (disons pour

SOLS A RECOUVREMENT VEGETAL IMPORTANT  
 PROFILS HYDRIQUES HYDRODYNAMIQUES STOCKAGE  
 SCHEMATISATION

Fig-8-2-1



a) SOLS PERMEABLES (d'après Ambatomaity)



b) SOLS IMPERMEABLES (BVN)

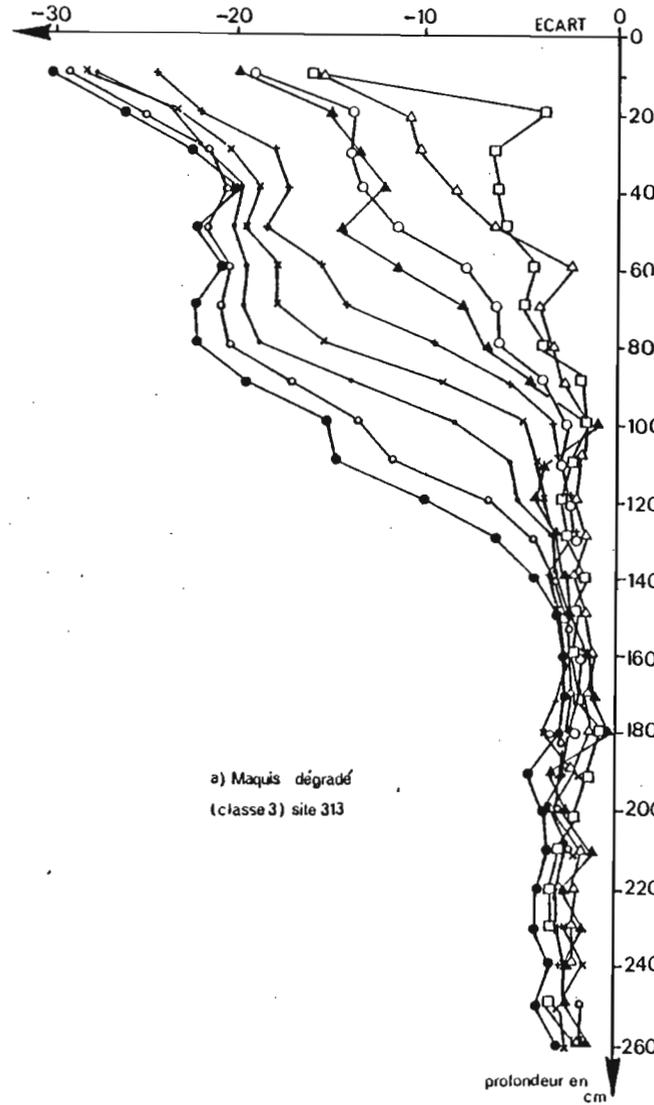
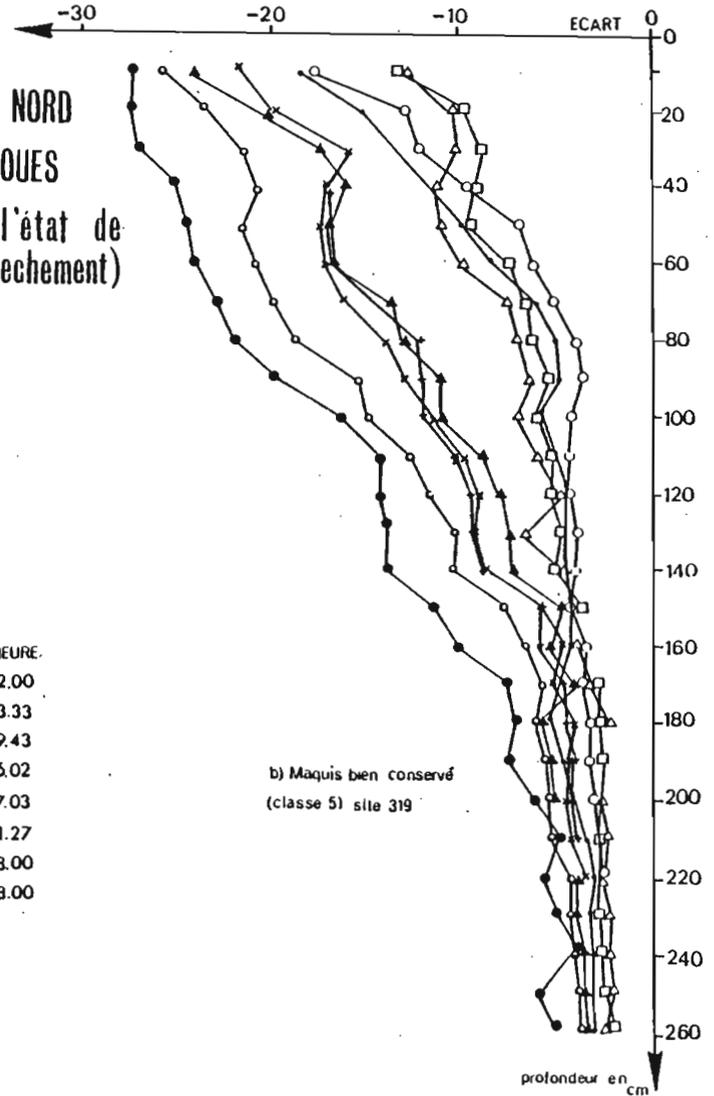


Fig-8-2-3

BASSIN VERSANT DU NORD  
 PROFILS NEUTRONIQUES  
 Déficits par rapport à l'état de saturation (phase d'assechement)

	JOUR	HEURE:
△	31.03.1977	12.00
□	26.04.1977	13.33
○	21.05.1977	9.43
▲	17.06.1977	6.02
+	19.06.1977	7.03
×	02.07.1977	11.27
◊	05.08.1977	8.00
●	30.08.1977	8.00



fixer les idées, supérieure à 70 %), dont le volume végétal est relativement peu variable tout au long de l'année et dont la fonction des racines reste active au moins dix mois par an ce qui nous permet de penser qu'elle est peu évolutive.

Les couverts végétaux ainsi définis, sont susceptibles d'avoir une action de surface importante sur les propriétés physiques intrinsèques des sols dont elle en modifie le comportement. A l'intérieur de l'horizon végétal, le complexe sol-végétation doit être étudié globalement sur sols en place, sans en dissocier les deux composantes.

Les techniques d'utilisation récente, de mesures de l'infiltration par simulation des pluies, qui ne désorganisent pas la structure de surface, sont susceptibles, dans un avenir très proche, de nous fournir les mesures qui nous manquent pour confirmer les quelques éléments théoriques qui nous serviront de schéma directeur de base.

### 8.2.2. EFFET DE LA VEGETATION SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES SOLS DANS L'HORIZON VEGETAL :

La végétation est susceptible de modifier, en surface, les caractéristiques physiques des sols par la combinaison d'effets, tendant à un accroissement important de la perméabilité en surface :

- Effet de protection du sol par dissipation de l'énergie cinétique de la pluie, évitant le compactage.

- Maintien par l'infiltration des racines d'une structure aérée des sols, effets de macroperméabilité et d'infiltration préférentielle due aux racines et à l'activité biologique qui est liée à la végétation.

Cette perméabilité pourrait décroître dans l'horizon végétal de la surface vers le fond avec l'action végétale pour tendre, en dehors de cet horizon vers les propriétés intrinsèques des sols conditionnant la percolation en profondeur.

### 8.2.3. HYDRODYNAMIQUE ET STOCKAGE :

L'horizon végétal joue un rôle spécifique dans la distribution des différents types d'écoulement et pour l'essentiel des échanges et des transferts hydriques.

#### 8.2.3.1. Capacités de stockage dans l'horizon végétal :

Le prélèvement d'eau dans cet horizon au-dessous de l'état de rétention ne peut être effectué que par l'apport d'une certaine énergie sous l'action des racines (succion) ou directement, par énergie solaire dans l'horizon de surface. Cette fonction permet de rendre disponible, dans l'horizon végétal, une première capacité de stockage qui

ne peut produire que de l'évapotranspiration ou de l'évaporation.

En reprenant les notations utilisées en agronomie, on peut distinguer :

- Capacité de stockage à l'état de rétention  $W_R$  c'est toute l'eau contenue dans cet horizon à l'état de rétention.

- Capacité de stockage résiduelle (point de flétrissement  $W_f$ ), quantité d'eau résiduelle qui ne peut être extraite par la végétation. Pour peu que la saison sèche soit bien accentuée, cet état est atteint le plus souvent en fin de saison sèche et représente un état initial invariant de début de saison des pluies, lorsque la saison sèche précédente est fortement accusée.

- Capacité de stockage utile :  $W_u$

$$W_u = W_R - W_f$$

#### 8.2.3.2. Fonctions de l'horizon végétal :

On peut distinguer différentes phases de fonctionnement de cet horizon :

- Phase de réhumidification : les premières pluies comblent le déficit hydrique dans le sol jusqu'à l'état de rétention. Au cours de cette phase, les écoulements de toutes natures peuvent être considérés comme nuls ou très faibles en raison de la forte perméabilité des sols secs.

- Phase d'écoulement : lorsque l'état de rétention est dépassé sur tout l'horizon, tous les types d'écoulement apparaissent au cours des averses, plus ou moins simultanément.

a) Ruissellement : le ruissellement ne peut apparaître que lorsque l'horizon de surface a atteint l'état de saturation. Dans l'hypothèse d'une perméabilité décroissante de la surface vers le fond, cet état peut avoir été plus ou moins atteint sur toute la profondeur de l'horizon végétal.

b) Drainage oblique : (ou écoulement hypodermique ou ressuyage apparent) c'est un écoulement souterrain tangentiel qui ne peut apparaître de façon systématique que dans l'hypothèse d'un gradient de perméabilité décroissant. L'écoulement oblique peut être important sur sols bien drainés à recouvrement végétal important. C'est le cas de ces bassins (50 % de l'écoulement de surface). La modification des sols en surface qui peut en résulter, à la longue, par lessivage oblique des particules fines peut accentuer le phénomène.

c) La percolation est un écoulement vertical vers les horizons profonds des sols et éventuellement vers la nappe. Elle ne peut apparaître que lorsque tout l'horizon de surface a dépassé l'état de rétention.

- Phase de ressuyage : Après une averse qui a provoqué des écoulements, le profil hydrique dans l'horizon végétal qui a le plus souvent atteint l'état de saturation, tend à revenir naturellement vers l'état de rétention par ressuyage sous l'effet combiné de la percolation et du drainage oblique.

- Phase d'assèchement : C'est la phase inverse de la phase de réhumidification. Le déficit qui se crée dans le sol au dessous de l'état de rétention pendant cette phase résulte d'une restitution à l'atmosphère par évaporation.

#### 8.2.3.3. Horizons inférieurs :

Les variations d'humidité dans cet horizon semblent traduire un ressuyage par percolation. Les variations de stockage de cet horizon pourraient être rattachées au complexe "nappe". Les remontées par capillarité dans l'horizon végétal nous paraissent en effet peu probables.

#### 8.2.4. RECAPITULATIF :

Le schéma de fonctionnement des sols à fort recouvrement végétal nous paraît bien représenté par un fonctionnement "à réservoir" du type utilisé dans le modèle "Canadien" à discrétisation spatiale depuis 1972.

On admet que les écoulements ne peuvent apparaître que lorsque le réservoir de surface est rempli. Ce réservoir représente la capacité de stockage  $W_u$  et peut être considéré comme initialement vide en début de saison des pluies si la saison sèche est suffisamment accusée.

#### 8.2.5. ETP-ETR :

En TUNISIE, il semble parfois excessif d'admettre l'ETP pour valeur approchée de l'ETR, même en pleine saison des pluies, en raison de la longueur de certaines périodes d'assèchement.

On distingue deux processus selon qu'on se trouve en phase d'assèchement ou de réhumidification.

### 8.2.5.1. Phase d'assèchement :

8.2.5.1.1. Observation des profils hydriques BVN  
(cf. étude DELHUMEAU)

Les graphiques 8.2.3. extraits de l'étude de DELHUMEAU sur parcelles, représentent les déficits d'humidité par rapport à l'état de saturation à deux sites représentatifs, l'un sur parcelle à maquis bien conservé, l'autre sur parcelle à maquis dégradé. Ces profils représentent la phase d'assèchement.

On observe que l'évolution des profils d'assèchement se poursuit jusqu'au 30 août ce qui laisse supposer que les plantes continuent à évapotranspirer jusqu'à cette période.

Les différents profils d'assèchement constituent un faisceau de droites ayant en commun un point invariant que l'on peut identifier comme le fond de l'horizon végétal. Ce faisceau s'élargit, vers la surface.

Quelque soit l'explication théorique, énergétique, (les racines fonctionnent comme une pompe dont le rendement diminue lorsque l'énergie d'extraction augmente) ou biochimique (cycle court accéléré dans l'horizon de surface), on constate que les plus fortes variations de stock s'effectuent toujours en surface.

Le prélèvement par évaporation des plantes est bien plus intense en surface. Les mesures de profils neutroniques sur le BVN mettent clairement ce phénomène en évidence. Ce schéma est généralement observé sur tous les sols à recouvrement végétal important et dans tous les climats.

L'évaporation directe du sol intervient également. Son rôle pourrait être mineur sous couvert végétal.

### 8.2.5.1.2. Loi approchée de l'ETR :

On peut considérer que l'ETR est proportionnelle à l'ETP du moment mais également proportionnelle au stock utile actuel dans l'horizon végétal.

$$ETR = ETP (W - W_f) / W_u = ETP \times \frac{W - W_f}{W_r - W_f}$$

Cette formule est couramment admise. Elle traduit une variation exponentielle de l'ETR en fonction de l'ETP lorsque le déficit dans le sol augmente.

En effet, l'équation de continuité, en l'absence de précipitation permet d'écrire :

$$dW/dT = ETR = - kW$$

$$\frac{dW}{W} = - k dT$$

Pour une ETP constante le stock dans le sol, en phase d'assèchement a une évolution exponentielle ainsi que l'ETR.

Nous préférons en pratique remplacer dans la formule  $W_u$  par  $W_R$  pour obtenir un épuisement du stock en un temps fini. Cette formule devient alors :

$$ETR = ETP (W - W_f) / W_R \quad (2)$$

W étant borné inférieurement par  $W_f$ .

#### 8.2.5.2. Phase de réhumidification :

Pendant la phase de réhumidification, les précipitations sont "perchées" c'est-à-dire qu'elles commencent à réhumidifier les parties du sol en contact avec la surface. Ces pluies peuvent être considérées comme entièrement disponibles pour l'évaporation et on peut considérer pendant cette période que :

$$ETR = ETP$$

### 8.3 - BILAN HYDRIQUE SUR LES SEQUENCES PLUVIEUSES - BVN AMONT :

#### 8.3.1. BUT RECHERCHE :

A partir de ces notions théoriques et en s'appuyant sur les écoulements obtenus, on va procéder au "montage" d'une fonction de production, au pas de temps des séquences pluvieuses, qui s'adapte le mieux aux bassins étudiés.

#### 8.3.2. METHODE UTILISEE :

On progresse en deux étapes successives :

- Détermination d'une fonction D E F de déficit initial, en liaison avec le déficit du sol, qui intervient sur les écoulements par interception d'une fraction de la pluie (pluie d'inhibition).

- Recherche graphique d'une relation  $EC = f(p)$   
où p est la fraction excédentaire de la pluie

$$p = P - D E F - E V$$

EC : Ecoulement rapide produit par la séquence pluvieuse.

P : Pluie de la séquence pluvieuse.

D E F : Partie du déficit initial du sol qui influence l'écoulement.

E V : Evaporation pendant la séquence pluvieuse.

8.3.3. LES ELEMENTS DU BILAN HYDRIQUE :

8.3.3.1. L'évaporation :

Par raison de simplification, l'ETP journalière est la moyenne journalière de l'ETP pour le mois considéré.

ETP régionale en mm/j (cf. Chapitre VII)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP	1,8	2,0	2,9	3,5	3,7	4,2	4,8	4,8	3,5	3,1	2,2	1,7

8.3.3.2. Précipitations :

Les valeurs utilisées sont les précipitations moyennes sur le bassin Amont. Les dates inscrites dans la colonne 2 du tableau 8.3.5 correspondent aux jours de pluie de la séquence.

8.3.3.3. Les lames écoulées ont été calculées comme au chapitre 5 à partir des volumes écoulés journaliers en retranchant les débits de base et éventuellement le ressuyage rapide de l'épisode précédent.

8.3.4. METHODE DE CALCUL DU DEFICIT INITIAL DEF :

Nous avons testé de nombreuses méthodes pour aboutir, par éliminations successives, à une méthode relativement simple.

Le calcul du déficit est effectué chaque jour par un programme et cette valeur DEF est utilisée dans le bilan général.

8.3.4.1. Première approche :

Le déficit dans l'horizon végétal est calculé jour par jour par la formule :

$$DEF_j = DEF_{j-1} - P_{j-1} + ETP_{j-1}$$

La valeur de DEF est initialisée au début de chaque année par la valeur DEFO ou capacité utile du Réservoir. DEF est borné par zéro ou DEFO (Réservoir plein ou vide).

Les déficits ainsi calculés sont en assez mauvaise corrélation avec les autres termes du bilan au cours des épisodes pluvieux. Les valeurs du déficit s'avèrent trop fortes après les épisodes d'assèchement prolongés. Ceci nécessite une légère amélioration.

#### 8.3.4.2. Méthode retenue : (cf. Fig n° 8.3.2.)

On utilise une capacité de stockage DEFO invariante chaque année, assimilée à la capacité de stockage utile  $W_u$  du Réservoir de surface. On distingue deux phases :

##### 8.3.4.2.1. Phase de réhumidification :

On prend  $ETR = ETP$  comme dans la première approche. La valeur de DEFO est calée sur les écoulements des premières crues.

Au cours de cette période l'ETR vaut ETP lorsqu'il reste assez d'eau et zéro lorsque le réservoir est vide.

##### 8.3.4.2.2. Phase d'assèchement :

Lorsque la valeur de DEF devient nulle on suppose que seul un horizon de surface, identifié par sa capacité de stockage  $DEF_1 < DEFO$  intervient dans la production des écoulements.

On utilise alors pour calculer le déficit dans cette tranche un loi d'ETR du type de celle examinée au paragraphe 8.2.5.1 formule (2)

$$ETR = ETP (DEFO_1 - DEF) / DEFO_1$$

Cette méthode très approchée revient à évaluer la contribution de l'horizon de surface  $DEF_1$  à l'ETP, le reliquat d'évaporation pouvant être prélevé dans les autres tranches de l'horizon végétal.

#### 8.3.4.3. Paramètres de calage :

- DEFO capacité de stockage  $W_u$  de l'horizon végétal.

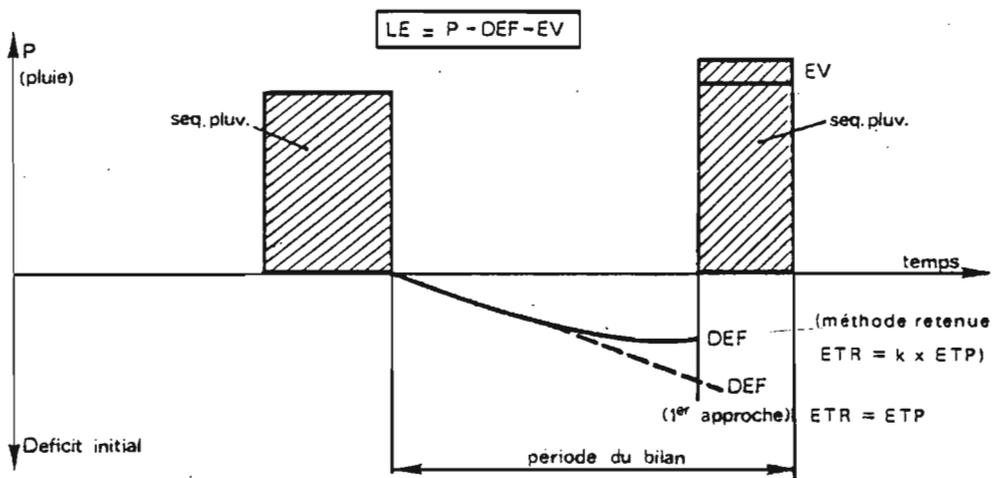
Cette valeur est essentiellement calée à partir des premières crues de chaque année, et ne concerne que la phase de réhumidification. Elle intervient dans l'interception de la pluie en période de réhumidification.

- COEF coefficient de passage de l'ETP régionale au bassin. Ce paramètre est pratiquement fixé puisqu'on doit pouvoir le faire évoluer de 0,85 à 1,05 suivant le type de végétation qui recouvre le bassin, la valeur la plus courante est 0,90. Un calage à 5 % près est suffisant.

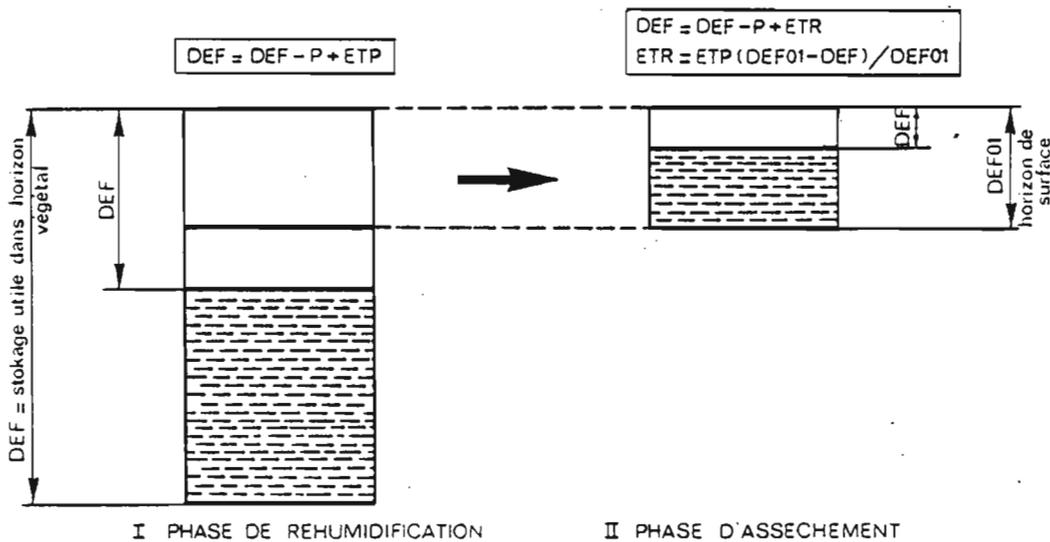
Fig.8-3-2

## BILAN HYDRIQUE SUR LES SEQUENCES PLUVIEUSES

### principe de la methode



### CALCUL DU DEFICIT INITIAL



- DEF1 : capacité de stockage de cet horizon de surface perché qui entre en compte après la période de réhumidification.

Cette valeur qui correspond plutôt à un artifice de calcul lorsque les sols sont réhumidifiés pourrait être considérée comme invariante pour tous les sols et valant à peu près 40 à 60 mm.

#### 8.3.4.4. Calage sur le bassin Nord Amont :

DEFO = 170 mm

COEF = 0,95 mais on aurait pu prendre 0,90 sans grands changements

DEFO<sub>1</sub> = 60 mm on aurait pu prendre 40 mm.

Le tableau 8.3.4 donne l'allure des variations de DEF. En période excédentaire de production d'écoulement, la valeur de DEF est nulle. Comme la méthode de calcul est assez grossière et qu'elle risque d'entraîner des erreurs systématiques, l'erreur absolue faite sur la valeur de DEF est plus ou moins proportionnelle à cette valeur et par conséquent à la durée de la période sèche qui sépare deux séquences pluvieuses.

TABEAU 8.3.4. B.V.N. AMONT CALCUL DU DEFICIT DES SOLS (DEF)

ESSAI = COEF : 0,95 DEFO : 170mm DEFO<sub>1</sub> : 60mm

CALCUL DE DEF.

ANNEE 1974-75

S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
170.0	163.0	53.2	31.5	27.1	15.4	5.3	0.1	61.2	82.0	123.5	147.8
170.0	165.9	55.2	32.8	28.0	17.3	7.9	3.2	63.3	83.9	124.6	148.3
170.0	168.3	57.2	34.4	27.5	5.7	10.5	6.3	65.3	85.7	125.7	148.8
170.0	168.3	59.2	36.0	29.1	.	12.7	9.4	63.9	87.5	126.8	149.3
170.0	166.0	47.2	37.6	30.0	.	15.3	12.5	61.3	89.2	127.8	149.8
170.0	156.2	.	38.7	30.8	1.7	17.9	14.8	63.7	90.9	128.8	150.3
170.0	159.1	.	37.5	31.6	3.6	17.5	16.9	61.1	92.6	129.8	150.7
170.0	162.0	.	30.3	30.1	5.5	15.8	18.9	64.4	94.2	130.8	151.1
170.0	164.9	1.6	30.1	31.8	7.4	.	20.8	65.3	95.8	131.7	151.5
170.0	167.8	3.6	31.7	33.1	9.3	2.6	22.2	68.6	96.4	132.6	151.9
170.0	166.2	5.6	23.7	33.8	11.2	5.2	24.3	60.5	99.0	133.5	152.3
170.0	160.1	7.6	9.7	34.5	.	7.8	25.8	52.7	100.5	134.4	152.7
170.0	150.0	9.6	.	35.2	.	0.7	27.3	42.6	102.0	135.3	153.1
170.0	131.0	11.6	1.6	35.9	1.3	.	29.9	45.9	103.4	136.1	153.5
170.0	132.8	13.6	3.2	36.5	.	.	32.4	49.2	104.8	136.9	153.9
170.0	130.4	15.6	4.8	37.1	.	1.5	34.9	52.5	106.2	137.7	154.3
170.0	133.3	17.6	6.4	37.7	.	4.1	37.3	55.8	107.5	138.5	154.6
170.0	136.2	19.6	8.0	38.3	1.4	5.5	39.7	58.2	108.8	139.2	154.9
169.5	139.1	21.6	9.6	9.4	3.3	7.1	42.0	60.3	110.1	139.9	155.2
162.5	132.3	23.6	11.2	4.6	5.2	.	44.3	62.4	111.4	140.6	155.5
165.8	102.0	25.6	12.8	.	7.1	2.6	46.5	59.0	112.6	141.3	155.8
169.1	104.9	27.6	14.4	1.7	5.0	.	41.9	62.3	113.8	142.0	156.1
170.0	107.8	29.6	16.0	2.2	5.6	..	42.9	65.6	115.0	142.7	141.1
157.4	110.7	31.6	17.6	3.6	2.5	.	46.0	67.6	116.1	143.3	124.1
159.3	113.6	33.3	17.5	5.3	.	2.0	48.8	68.0	117.2	143.9	128.4
162.3	105.1	33.2	19.1	7.0	.	4.6	51.0	71.3	118.3	144.5	124.8
165.6	103.6	35.2	20.7	7.3	1.8	7.2	53.1	73.2	119.4	145.1	127.4
168.3	88.9	37.1	22.1	8.6	3.7	9.8	55.2	75.0	120.5	145.7	131.7
156.4	71.4	37.9	23.7	10.3	.	12.4	57.2	76.7	121.5	146.3	132.8
159.7	71.8	36.8	25.1	12.0	.	15.0	59.2	78.6	122.5	146.8	136.9
	50.3		25.7	13.7	.	8.0		80.3		147.3	137.7
26.8	76.2	57.0	46.1	43.6	50.4	79.5	70.4	80.8	42.5	24.3	40.1

### 8.3.5. RESULTATS OBTENUS SUR LE BASSIN AMONT : RELATION $EC = f(P)$

Les tableaux 8.3.5 donnent pour chaque épisode pluvieux les valeurs des différents paramètres du bilan LE, P, DEF, et EV.

Sur les graphiques 8.3.5, on a reporté (graphique a) les couples de points (LE,P); (LE, P-DEF) et (LE, P-DEF-EV) afin de montrer l'amélioration de la corrélation par l'introduction progressive des différents termes du bilan. Le graphique b représente la corrélation définitive.

#### 8.3.5.1. Observations des résultats :

La corrélation établie nous paraît très satisfaisante compte tenu de l'énorme dispersion des couples de base (LE,P).

- Les points les plus éloignés de la courbe correspondent le plus souvent aux premières crues de l'année.

- Pour les faibles valeurs de LE le bilan est généralement négatif. Cela ne nous surprend pas. Nous avons pris l'habitude, dans l'étude du ruissellement de ne pas prendre en considération les crues dont les lames ruisselées sont inférieures à 1mm, car ces ruissellements sont localisés sur quelques zones imperméables et ne sont pas représentatives du comportement du bassin.

De la même façon, on peut considérer comme non représentatif tous les écoulements inférieurs à 2mm. On a vu, en effet, au chapitre 5, que le ruissellement vaut à peu près la moitié des écoulements.

#### 8.3.5.2. Liaison entre les productions d'écoulements et les déficits initiaux des sols :

La liaison est directe et indiscutable puisque les déficits d'écoulements valent à peu près les déficits de stockage des sols.

Ce résultat est particulièrement important puisqu'on vient de prouver que les sols dans l'horizon de surface ont une perméabilité globale très forte, surtout lorsqu'ils sont secs.

A peu de chose près, la production d'écoulement est déterminée par l'état initial du sol. Elle est indépendante des Intensités des précipitations.

Ces résultats sont d'autant plus significatifs qu'on les observe sur des argiles dont la perméabilité est très faible lorsqu'elles sont réhumidifiées (environ 1mm/h).

La production d'écoulement peut être considérée comme pratiquement indépendante des intensités des précipitations,

TABLEAU 8.3.5

B.V.N. AMONT - BILAN HYDRIQUE

N°CODE	Nb de jours de pluie	Mois	LE	P	DEF	P-DEF	EV	P-DEF -EV
<u>ANNEE 1973/1974</u>								
O3	24.25.26.27	10	21,1	158,6	140,8	17,8	12,4	5,4
D3	2.3	12	1,1	27,4	46,4	-19,0	3,4	-22,0
D3	12.13.14	12	3,7	28,4	31,8	- 3,0	5,1	- 8,0
J4	1	1	13,0	16,0	16,0	0,0	1,8	- 1,8
J4	7.8.9.10	1	1,0	16,0	10,1	6,0	5,4	1
F4	3.4.5.6	2	1,8	28,2	21,5	7,0	8,0	- 1,0
F4	13.14	2	22,3	53,4	10,1	44,1	4,0	40,0
F4	16.17	2	5,5	13,1	1,9	11,0	4,0	-7,0
F4	22.23.24.25.26	2	57,0	78,8	7,6	71,2	10,0	61,2
M4	3.4.5.6.7.8.	3	13,0	40,8	8,4	32,4	17,4	15,0
M4	29.30.31	3	0,0	22,9	2,7	-10,0	8,7	-18,7
A4	3.4.5	4	2,0	23,4	20,4	3,0	10,5	-13,0
A4	16.17.18	4	5,6	26,2	15,3	11,0	10,5	0
A4	24	4	1,9	13,6	13,3	0,0		
<u>ANNEE 1974/1975</u>								
O4	20.21	10	0,0	42,9	139	-96,0		
O4	26.27.28.29.30.31	10	2,5	80,9	113,0	-32,1	18,6	-50,7
N4	5.6.7.8	11	55,3	131,7	59,2	72,5	8,8	63,7
D4	11.12.13	12	16,6	51,9	31,7	20,2	5,1	15,1
J5	19.20.21	1	7,0	48,9	38,4	10,0	5,4	5,0
F5	3.4.5	2	35,0	62,3	17,3	45,0	6,0	39,0
F5	12.13.14	2	16,0	33,6	11,2	22,4	6,0	16,4
F5	15.16.17	2	42,0	55,6	1,3	54,0	6,0	48,0
M5	7.8.9	3	6,0	26,8	18,7	8,0	8,7	0,0
M5	13.14.15	3	5,0	20,4	8,1	12,3	8,7	3,6
M5	22.23.24	3	21,1	35,9	2,7	33,2	8,7	24,5
A5	31.1	4	2,0	19,3	15,6	3,7	7,0	- 3,0
M5	11.12.13	5	0,0	34,5	50,0	-15,0	11,0	-26,0

TABLEAU 8.3.5

B.V.N. AMONT - BILAN HYDRIQUE SUR LES SEQUENCES PLUVIEUSES.

N° CODE	Nb de Jours/pluie	MOIS	LE	P	DEF	P-DEF	EV	P-DEF -EV
<u>ANNEE 1975/1976</u>								
O5	16.17.18.19.20	10	1,0	102,9	169,2	- 66,0	15,0	- 81,0
N5	2.3.4.5.6.7	11	12,5	119,0	86,0	33,0	13,2	19,8
N5	19.20.21.22.	11	92,8	161,7	19,5	142,0	8,8	130,0
N5	27.28	11	33,0	55,3	7,8	47,5	4,4	43,0
D5	1	12	17,5	29,1	1,8	27,3	1,7	25,6
D5	20	12	1,4	10,2	15,5	- 5,0	1,7	- 6,7
D5	26	12	2,6	8,2	7,2	1,0	1,7	0,7
J6	7.8	1	0,5	12,9	16,6	- 4,0	3,0	- 7,0
J6	17.18.19.20	1	4,2	20,3	17,1	3,2	7,2	- 10,0
J6	26.27.28	1	32,0	56,0	10,6	45,0	5,4	39,6
F6	1.2	2	6,9	17,9	5,1	12,8	5,8	7,0
F6	11.12.13.14	2	8,5	22,2	7,2	15,0	8,0	7,0
F6	15.16	2	20,3	30,9	0,4	30,4	4,0	26,0
F6	23.24.25.26	2	2,5	16,5	10,6	6,0	8,0	- 2,0
M6	13.14	3	12,7	38,5	28,5	10,0	5,0	5,0
M6	16.17	3	15,1	28,4	2,7	25,7	5,8	20,0
M6	23.24.25	3	2,6	14,0	9,5	4,5	8,7	- 4,5
A6	11.12	4	1,3	18,3	22,5	-	-	-
A6	19.20	4	0,0	18,2				
M6	14.15.16	5	3,4	43,0	45,0	-		
<u>ANNEE 1976/1977</u>								
O6	16.17.18	10	2,2	49,7	70,8	-	-	-
O6	20.21	10	7,5	43,0	47,0	- 4,0	6,0	- 10,0
O6	25.26	10	2,1	25,9	18,3	7,6	6,0	1,0
N6	4.5.	11	3,1	21,9	9,4	12,5	4,0	8,0
N6	13.14	11	6,5	19,5	4,9	25,0	4,4	21,0
N6	16.17.18.19	11	68,0	70,5	2,0	128,0	5,4	112,6
N6	20.21.22	11	30,0	59,7				
N6	29.30	11	3,4	12,8	8,1	4,7	4,4	+0,3
D6	2.3.4.5	12	13,7	22,0	2,0	20,0	6,8	13,2
D6	21.22.23	12	16,0	33,0	8,7	24,3	5,1	19,2
D6	25.26	12	5,5	13,2	1,6	11,6	3,4	8,2
J7	6.7.8.9	1	16,2	37,2	15,9	21,3	7,2	14,1
J7	12.13	1	13,5	25,5	3,4	22,1	3,6	18,5
F7	1.2.3.4	2	0,0	13,7				
F7	12.13.14.15	2	2,9	27,6				
<u>ANNEE 1977/1978</u>								
N7.	22.23.24.25.26.27	11	0	58,0				
J8	18.19.20.21.22.23	1	5	82,9		0,1		
F8	28.29.30.31	2	29,0	78,2	27,7	50,2	19,7	30,8
F8	1.2.3.4	2	7,8	22,2	1,9	20,3	6	14,3
F8	12.13.14.15	2	29,0	56,4	5,7	50,7	8	42,7
M8	1	3	4,7	30,2	23,0	7,2	2,9	14,3
M8	5.6.7.8.9	3	3,0	25,7	8,1	17,6	14,5	3,1
A8	30.31.1.2.3	4	57,5	118,0	31,2	86,8	16,3	70,5
A8	5.6.7.8.9	4	7,5	19,2	3,3	15,9	17,5	1,6

# BILAN HYDRIQUE SUR LES SEQUENCES PLUVIEUSES DU BASSIN VERSANT AMONT

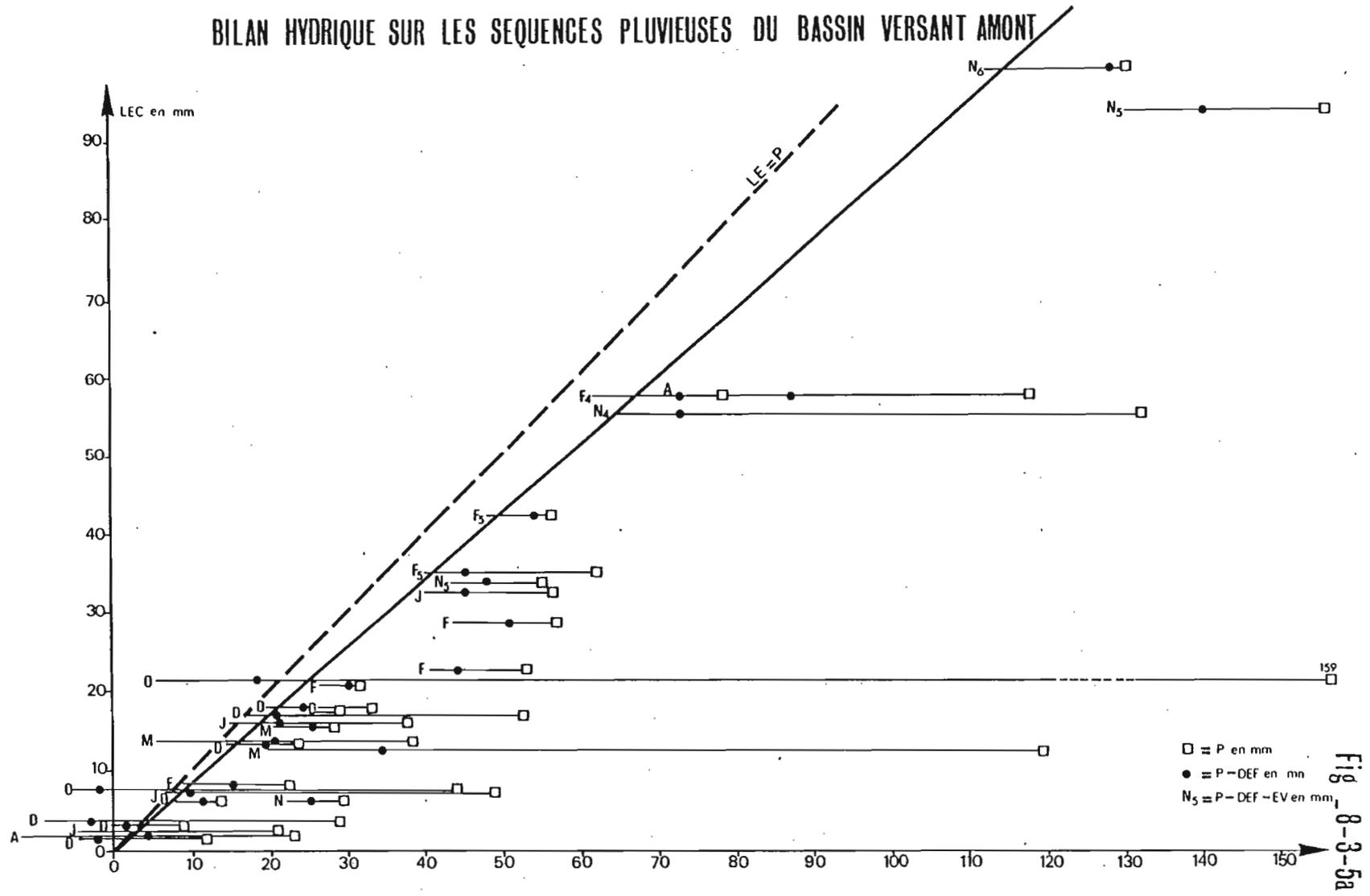


Fig. 8-3-5a

### B.V. AMONT. BILAN HYDRIQUE SUR LES SEQUENCES PLUVIEUSES

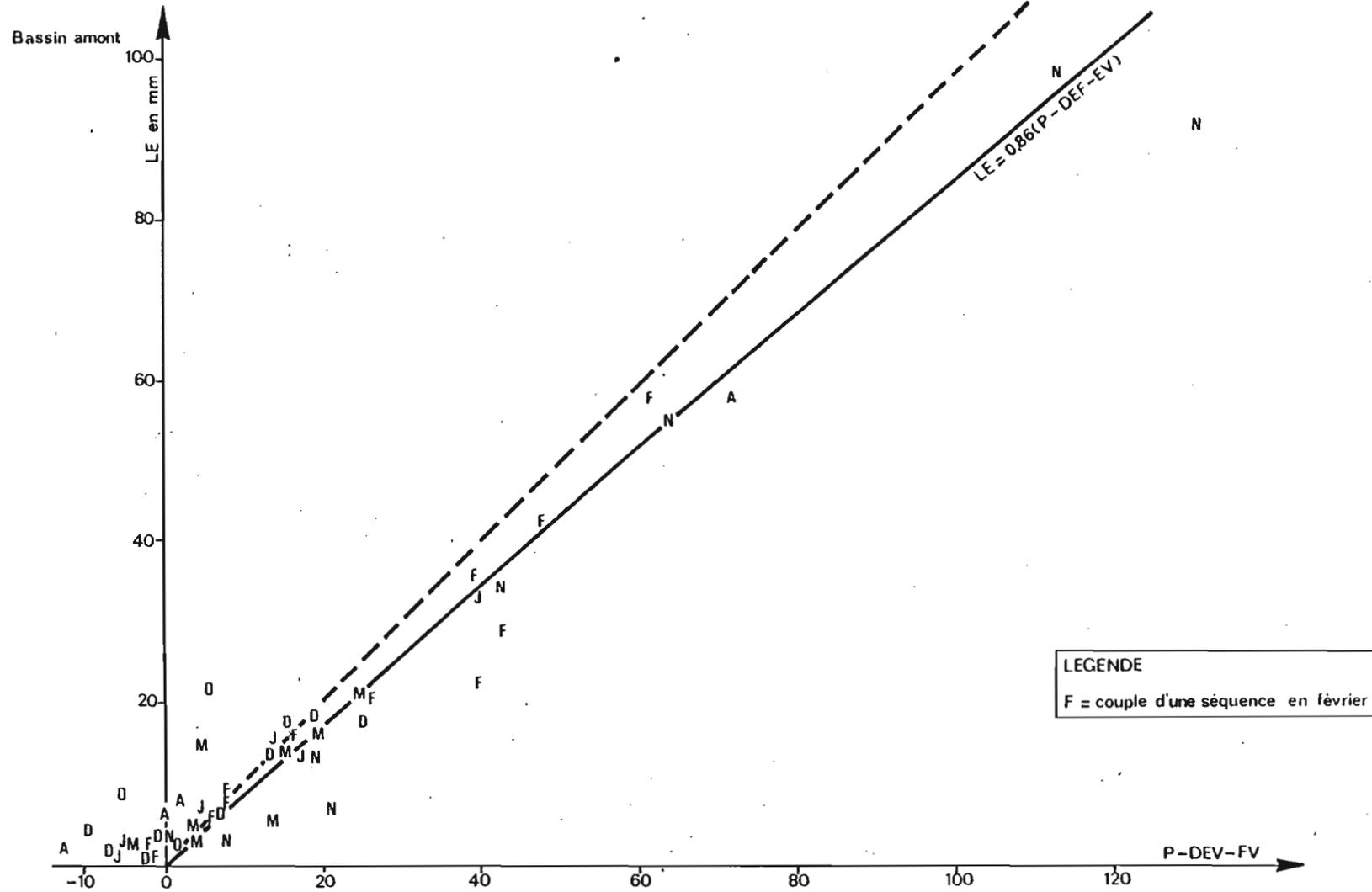


Fig. 8-3-5b

pendant les séquences pluvieuses.

Il convient de signaler toutefois que ces intensités sont particulièrement faibles dans le Nord Tunisien, et que cette caractéristique du climat entre, sans doute, pour une bonne part dans l'explication du processus.

Nous avons souligné à plusieurs reprises que le régime des précipitations du Nord, du type "dépressions cycloniques", peut être considéré comme "tempéré" du point de vue de la répartition des précipitations ou des intensités pluviométriques.

Le schéma de fonctionnement du sol peut être assimilé à un réservoir qui ne peut produire des écoulements que lorsqu'il est plein.

#### 8.3.5.3. Invariance de la capacité de stockage de l'horizon végétal DEFO

Cette hypothèse est pratiquement vérifiée sur ce bassin avec une capacité utile de 170mm invariante d'une année à l'autre. Ce résultat peut être généralisé, semble-t-il, dès que la saison sèche précédente est suffisamment accusée pour que le profil initial puisse être considéré comme le profil le plus sec, c'est le cas en TUNISIE. En d'autres termes, on peut considérer le réservoir de surface vide au début de chaque saison des pluies.

#### 8.3.5.4. Percolation :

Le bilan n'est pas bouclé. La lame écoulée réelle peut se définir par la relation :

$$LE = 0,86 (P - DEF - EV)$$

Pendant la saison d'assèchement, on se limite à un horizon de surface de 60mm. On a utilisé, pour cet horizon, une loi restreinte de l'évaporation que nous avons interprétée comme la contribution de cet horizon à l'ETP, l'évaporation complémentaire pouvant être prélevée sur le reste de l'horizon végétal.

La quantité d'eau qui manque pour boucler le bilan; équivalent à  $0,14 \times (P - DEF - EV)$ , peut reconstituer des réserves plus profondes de l'horizon végétal ou produire de la percolation. Elle est susceptible :

- de remplacer le reliquat d'évaporation par rapport à l'ETP dans les horizons plus profonds

- de remplir certaines capacités de stockage supplémentaire dans la partie inférieure de l'horizon végétal (nappes perchées).

- de produire une percolation en profondeur en partie récupérée par le bassin sous forme d'écoulement de base.

8.3.5.5. Comparaison avec les résultats de mesure neutronique de DELHUMEAU :

Les résultats obtenus par bilan hydrique sont incompatibles avec les mesures directes de variations de stockage effectuées par DELHUMEAU sur les parcelles témoins.

- Ces mesures confirment, dans un premier temps, l'invariance de la quantité d'eau résiduelle contenue dans le sol en début de saison des pluies, quantité qui ne peut plus être extraite par les plantes.

L'hypothèse du réservoir utile,  $W_u$  ou DEFO, toujours initialement vide en début de saison des pluies nous paraît fondée.

Sur la parcelle du maquis dégradé, la plus représentative des caractéristiques du bassin Amont : la variation annuelle totale de stockage déduite des profils neutroniques est de 210mm environ sur la tranche des 120 premiers centimètres, qui correspond à peu près à la dimension de l'horizon végétal (cf fig.8.2.3).

La capacité de stockage DEFO que nous avons identifiée, d'une valeur de 170mm, correspond à une capacité en relation directe avec les précipitations, et restituée sous forme d'évapotranspiration. Ce réservoir est plein vers le début du mois de novembre.

Les mesures de DELHUMEAU mettent en évidence une seconde capacité de stockage qui se remplit lorsque le premier réservoir DEFO est plein et qui correspond à un mouvement lent pouvant se prolonger jusqu'en janvier et même jusqu'en mars pour les années déficitaires.

Ce mouvement lent, sans relation directe avec les précipitations, constaté dans les tranches inférieures de l'horizon végétal, ressemble à une mise en charge progressive d'une nappe. Il n'est pas impossible qu'il s'agisse très exactement d'une mise en charge d'une nappe perchée susceptible de se ressuyer.:

- par percolation profonde,
- par écoulement, en provoquant ce que nous avons identifié dans les mesures hydrométriques comme du débit de base et dont le tarissement peut durer un mois environ après l'arrêt des précipitations,
- L'alimentation de cette "nappe" peut être assurée par l'eau que nous perdons dans notre schéma lorsqu'on se restreint à l'horizon de surface DEFO<sub>1</sub>.

L'analogie entre les deux systèmes d'approche du fonctionnement du sol nous paraît assez bonne, et il n'est pas impossible qu'une analyse plus fine des mesures de sonde à neutrons permettent une plus grande identification des deux méthodes d'approche différentes.

### B.V. AVAL - BILAN HYDRIQUE SUR LES SEQUENCES PLUVIEUSES

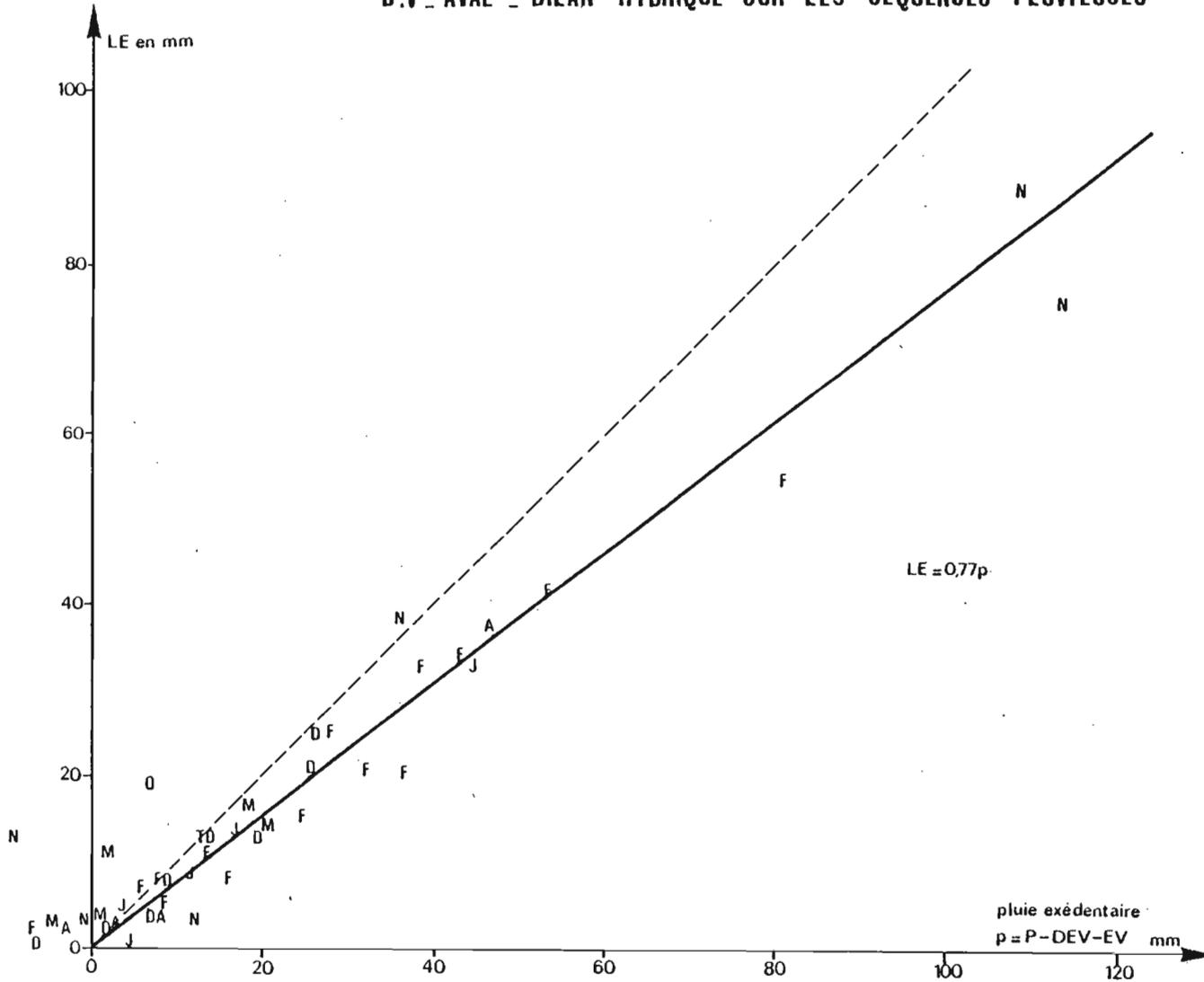


Fig. 9-3-6

Cette analyse pourrait nous permettre de définir un éventuel "coefficient de passage" entre des mesures directes ponctuelles d'une part, et une approche théorique globale sur un bassin entier.

#### 8.3.6. BASSIN AVAL :

Le même travail a été refait sur le bassin Aval et les résultats finaux sont illustrés par le graphique 8.3.6. Les paramètres caractéristiques du comportement hydrique du bassin, mis en évidence par la méthode sont :

- DEFO : déficit initial du sol : 170mm
- Coef : coefficient de passage de l'ETP régionale à l'ETP du bassin/ COEF = 0,90
- RELATION  $EC = f(p)$  où  $p$  est la pluie excédentaire  $p = P - DEF - EV$   
EC # 0,77p

#### 8.4 - COMPARAISON A DES FONCTIONS CLASSIQUES : MODELE CANADIEN.

Le processus précédent qui a été établi analytiquement sur deux bassins versants, assez différents (Amont, Aval), dont l'un est assez hétérogène, présente une certaine garantie de représentativité régionale.

La comparaison de ce processus avec des modèles classiques tels que le Modèle Canadien (GIRARD ORSTOM 72) va permettre :

- de bien fonder la méthode de simulation des écoulements par le principe du bilan hydrique en TUNISIE Septentrionale,
- de mieux comprendre à la lumière des résultats obtenus, le fonctionnement de ce processus et d'en limiter les zones d'application.

#### 8.4.1. INTERPRETATION DE LA FONCTION DE PRODUCTION CANADIENNE COMME ANALOGIE MECANIQUE D'UN PHENOMENE STATISTIQUE :

##### 8.4.1.1. Rappel du fonctionnement :

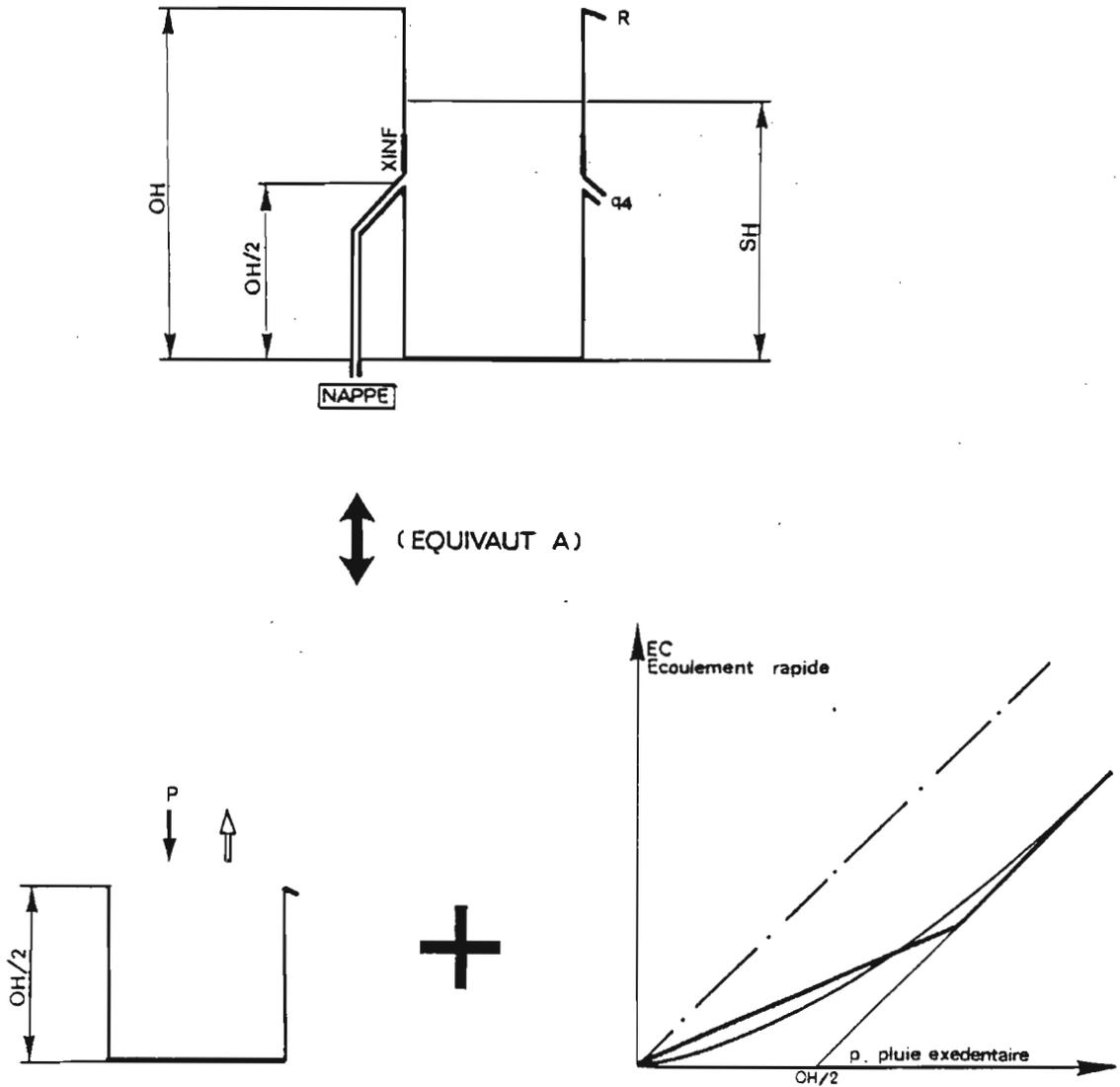
La figure 9.1.1. rappelle le fonctionnement de la fonction de production du Modèle Canadien (ORSTOM 72), légèrement simplifié, en terrain émergé.

Ce modèle à réservoir représente la superposition de trois fonctions correspondant à trois phases d'écoulement bien distinctes.

- 1) STOCKAGE DANS LE SOL (phase de réhumidification). Le réservoir

# FONCTION DE PRODUCTION CANADIENNE décomposition en fonctions élémentaires

Fig\_8-4



AU PAS DE TEMPS DE LA SEQUENCE PLUVIEUSE

du bas est une analogie mécanique très schématique de la capacité de stockage utile ( $W_u$ ) de l'horizon végétal. Cette capacité de stockage vaut  $OH/2$ , selon les notations du dessin.

Pendant la période où le niveau SH est inférieur à  $OH/2$ , il ne se produit aucun écoulement. (phase d'assèchement ou de réhumidification)

- l'évaporation est prise égale à l'ETP du milieu (ETP régionale pondérée par un coefficient voisin de 1) tant que le niveau dans le vase est supérieur à  $OH/4$  c'est à dire tant que la réserve d'eau utile dans le sol dépasse la moitié de la capacité utile ( $W_u$ ).

- elle est proportionnelle au stock restant lorsque les réserves utiles sont inférieures à  $OH/4$

Ce processus d'évaporation est couramment admis en agronomie. Il est un compromis entre deux théories simplifiées.

## 2) FONCTION DE REPARTITION DES ECOULEMENTS (phase excédentaire)

Lorsque le niveau médian est dépassé, on se trouve en phase excédentaire avec écoulements. Les orifices R, qui fonctionne au débordement et  $q_4$ , qui fonctionne suivant une loi d'écoulement en milieu poreux ( $EC = q_4 \times (SH - OH/2)$ ), produisent des écoulements de surface (écoulement rapide).

L'orifice  $q_8$  produit un écoulement vers la nappe qui est le reliquat de la pluie excédentaire après prélèvements des écoulements rapides et de l'évaporation.

## 3) FONCTION DE RESSUYAGE

Ce qui reste dans le réservoir supérieur est évacué sous forme d'infiltration vers la nappe par l'orifice  $q_8$ , proportionnellement à la charge au dessus de l'orifice  $SH - OH/2$  (écoulement milieu poreux) jusqu'à concurrence d'une valeur  $XINF$ , si la charge est supérieure à  $XINF$ .

Cette grandeur représente, si l'on veut, la capacité de stockage de l'horizon de surface entre l'état de rétention et l'état de saturation qui peut être assimilé à une charge.

Au pas de temps d'une séquence pluvieuse, sur les bassins Nord, le sol s'est entièrement ressuyé et la valeur de  $XINF = 0$ .

### 8.4.1.2. Interprétation statistique de la fonction de répartition des écoulements :

Il ne faut pas voir à notre avis, dans le fonctionnement de la partie supérieure du réservoir un déterminisme précis. Il ne semble pas, en particulier, que les orifices R et  $q_4$  aient une spécificité particulière dans la nature des écoulements, où R représenterait le ruissellement pur et  $q_4$  serait le lessivage oblique.

Cette partie supérieure du réservoir est, selon

nous, une analogie mécanique d'une corrélation globale entre les écoulements rapides et la pluie excédentaire.

Le graphique 8.4 représente cette corrélation qui se décompose en deux droites :

- Pour les petits écoulements

$$EC = q^4 \times p$$

si p désigne la pluie excédentaire.

- Pour les forts écoulements

$$EC = p - OH/2$$

Abcisse du point d'intersection :

$$p = OH/2(1+q^4)$$

Il s'agit là d'une représentation simplifiée d'une courbe de corrélation passant par l'origine et tendant asymptotiquement vers la première bissectrice. Ce schéma est classique en matière de corrélation hydro-pluviométrique.

On admet, en effet, que les excédents hydriques au-delà d'une certaine quantité de pluie sont intégralement restitués sous forme d'écoulement rapide.

#### 8.4.2. COMPARAISON DES SCHEMAS UTILISES SUR LES B.V.N. AVEC LA FONCTION CANADIENNE :

Les schémas proposés pour l'étude des B.V.N sont très proches de la fonction de production Canadienne (ORSTOM 1972).

L'assimilation des deux processus est effectuée en examinant les différentes fonctions élémentaires.

##### a) FONCTION DE STOCKAGE :

Le principe de fonctionnement est exactement le même : c'est celui d'un récipient qui se remplit avec la pluie et se vide par évapotranspiration tant que ce réservoir ne déborde pas.

Le processus évaporatoire est légèrement différent. Il a été affiné sur le bassin Nord pour mieux restituer les déficits qui se produisent dans le sol après une longue période sèche au cours de la saison des pluies. Ce dernier processus nous semble plus proche du processus réel du type de végétation rencontré sur ce bassin et plus généralement des types de couverts végétaux à enracinement profond.

##### b) FONCTION DE REPARTITION DES ECOULEMENTS :

Dans le schéma de bilan hydrique utilisé sur les B.V.N on a rajouté après coup, l'évaporation pendant la séquence pluvieuse pour mieux montrer l'influence respective des différents facteurs qui interviennent dans le bilan.

Cette évaporation est retirée chaque jour dans la fonction Canadienne.

La corrélation mise en évidence entre les écoulements rapides et la pluie excédentaire se limite à une simple droite :

$$EC = 0,86 p$$

La deuxième droite de corrélation du schéma Canadien, parallèle à la première bissectrice, n'apparaît pas ici.

#### 8.4.3. DETERMINATION DES PARAMETRES DE LA FONCTION CANADIENNE SUR LE BASSIN NORD AMONT :

Elle résulte de l'identification des fonctions des deux schémas faite au paragraphe précédent. On obtient immédiatement :

OH/2 = DEFO = 170mm	B.V.Amont-Aval
q4 = 0,86	B.V.Amont
q4 = 0,77	B.V.Aval

#### 8.4.4. REFLEXION SUR LA FONCTION CANADIENNE A LA LUMIERE DES RESULTATS OBTENUS :

Comme on le voit, le schéma de fonctionnement étudié dans le paragraphe 8.3 qui procède d'une démarche très analytique, n'est, à peu de chose près, qu'une représentation "éclatée" de la fonction de production Canadienne, dans laquelle on décompose nettement les différentes fonctions élémentaires.

Les résultats obtenus vont nous permettre de mieux analyser cette fonction.

##### a) FONCTION DE STOCKAGE :

Les résultats obtenus sur les B.V.N amènent les remarques suivantes :

- L'utilisation d'une fonction de stockage moyenne et constante, fonctionnant au débordement, est acceptable pour de très petites superficies. Cette conception est un peu sommaire pour représenter un bassin d'assez grande superficie, surtout si ce bassin est très hétérogène. La dimension de l'horizon végétal est, en effet, variable dans l'espace. Le graphique 8.3.5.a, montre que les petits écoulements qui correspondent à des écoulements localisés, ne sont pas bien restitués. On observe ces écoulements avant que la capacité de stockage ne soit entièrement remplie.

Nous n'insisterons pas davantage sur ce problème auquel on a remédié dans des fonctions de productions plus récentes. (GIRARD-ORSTOM 1974)

- Le principe du bilan hydrique qui considère schématiquement

qu'aucun écoulement n'est possible tant que le réservoir de surface n'est pas rempli, c'est à dire tant que le sol n'a pas atteint l'état de rétention, suppose que la capacité d'infiltration, en surface, est suffisamment élevée pour qu'elle ne constitue pas un facteur limitant de l'infiltration et que le remplissage du réservoir de stockage puisse s'effectuer normalement.

Il est vraisemblable qu'un climat où les précipitations ont des intensités assez faibles, dans le cas le plus fréquent, favorise un tel type de fonctionnement.

Mais il semblerait, surtout, que la végétation, dans les régions où le recouvrement est assez dense, entraîne, par toute une série d'actions évoquées au chapitre 8.1, une perméabilisation de l'horizon de surface qui favorise la pénétration de l'eau dans le sol.

#### b) FONCTION DE DISTRIBUTION DES ECOULEMENTS :

Elle est assurée par une corrélation du type de celle du graphique 9.1 liant les écoulements rapides à la pluie excédentaire, au pas de temps journalier, ce pas de temps étant imposé par les données disponibles.

Pour que la corrélation soit satisfaisante, il faut que la quantité d'eau qui percole et qui est représentée sur le graphique 9.1, par la différence entre la première bissectrice et la courbe  $EC=f(p)$  puisse être reliée à la hauteur d'eau journalière précipitée totale.

Si on suppose, par exemple, que la percolation, dans l'état de saturation du sol est à peu près constante, la quantité d'eau susceptible de percoler pourrait être grossièrement proportionnelle à la durée de la pluie utile (dont les intensités dépassent le seuil d'infiltration) Cette durée est reliée à la pluie totale journalière, dans le climat étudié, par les corrélations que nous avons établies au paragraphe 3.7 et en particulier à celle du graphique 3.7.5 : liaison

Durée de l'averse utile - Hauteur précipitée journalière

#### 8.5 - CONCLUSION POUR L'UTILISATION DES FONCTIONS DE PRODUCTION FONCTIONNANT SUIVANT LE PRINCIPE DU BILAN HYDRIQUE :

On a pu constater que des schémas déterministes de simulation des écoulements utilisant le principe du bilan hydrique comme la fonction Canadienne, donnent des résultats satisfaisants sur les bassins étudiés, et très vraisemblablement pour la TUNISIE du Nord. Ce résultat, intéressant parce qu'on se trouve à 200km du SAHEL, est rendu possible pour les raisons suivantes :

a) Une couverture végétale à recouvrement suffisant semble garantir une perméabilité suffisante de la surface du sol, alors qu'à l'inverse, les sols nus ont tendance à se compacter et se colmater en surface sous l'effet énergétique de l'impact de la pluie sur le sol, effets combinés avec d'autres phénomènes secondaires tels que "pellicule de batance...etc. Tous ces effets tendraient à une imperméabilisation progressive de l'horizon de surface, rendant plus apparentes les différences

localisées des caractéristiques des sols.

Les zones à recouvrement végétal important semblent pouvoir se comporter d'une façon plus homogène. Le processus de fonctionnement de la végétation, par évapotranspiration, semble faciliter et régulariser les transferts hydriques.

La végétation, qui semble a priori être un élément de complexité supplémentaire dans le processus de liaison PLUIE-ÉCOULEMENT, nous paraît être, en définitive, un facteur de régularisation et d'homogénéisation de ce processus.

Sur les bassins Nord, le résultat le plus important, à nos yeux, est l'étonnante similitude de fonctionnement entre le bassin Amont et le bassin Aval, en dépit de différences importantes du couvert végétal et de la pédologie :

- capacité de stockage de 170mm sur les deux bassins
- quasi identité du rapport des écoulements; invariance du rapport ruissellement/écoulement.

b) Les corrélations hydro-pluviométriques qui sont implicitement admises dans la fonction de production supposent que le processus de distribution des intensités précipitées soit assez régulier et permette des corrélations internes entre les différentes variables qui définissent le régime des précipitations.

En résumé, la fonction Canadienne semble devoir bien fonctionner sur sols à couvert végétal dense et en régime de précipitations assez régulières.

#### 8.6 - CONTRIBUTION AUX PROBLEMES D'EXTENSION D'ECHELLE :

La fonction de production utilisée, avec un réservoir de surface supposé constant sur tout l'espace étudié est plus spécialement adaptée à de très petites parcelles.

On a pu vérifier que ce schéma fonctionne de façon assez satisfaisante sur les bassins Nord dont le plus grand mesure 13,9 km<sup>2</sup>, en dépit d'une différenciation assez nette des espaces qui le composent, avec cependant quelques restrictions prévisibles pour les petits écoulements.

On peut se demander si l'hétérogénéité de la végétation, tant que la condition de base d'un recouvrement important est satisfaite, joue un rôle important dans le processus d'écoulement dès qu'on travaille sur des superficies conséquentes.

L'excellente similitude de fonctionnement entre les bassins Aval et Amont, semble confirmer, qu'à de telles échelles, on a franchi le cap des hétérogénéités de surface localisées (végétation-sol) et que le deuxième niveau d'hétérogénéité, lié aux variations géologiques du substratum devient alors l'élément prépondérant.

Sur les bassins versants Nord, le comportement hydrique du substratum géologique peut être considéré comme très homogène et cela contribue très vraisemblablement à la convergence d'ensemble des comportements des bassins étudiés.

8.7 - RECAPITULATIF :

On a regroupé dans ce paragraphe les principaux résultats descriptifs et quantitatifs des comportements hydriques des bassins Amont et Aval, décrits aux chapîtres V et VIII.

Les relations moyennes définissant les différents types d'écoulement en fonction de la pluie s'écrivent :

$$LE = a(P-DEF-EV) = ap$$

et	Bassin Amont	Bassin Aval
	LE : = 0,86 p	LE = 0,77 p
	LR = 0,50 LE	LR = 0,55 LE
	DEFO = 170mm	DEFO = 170mm

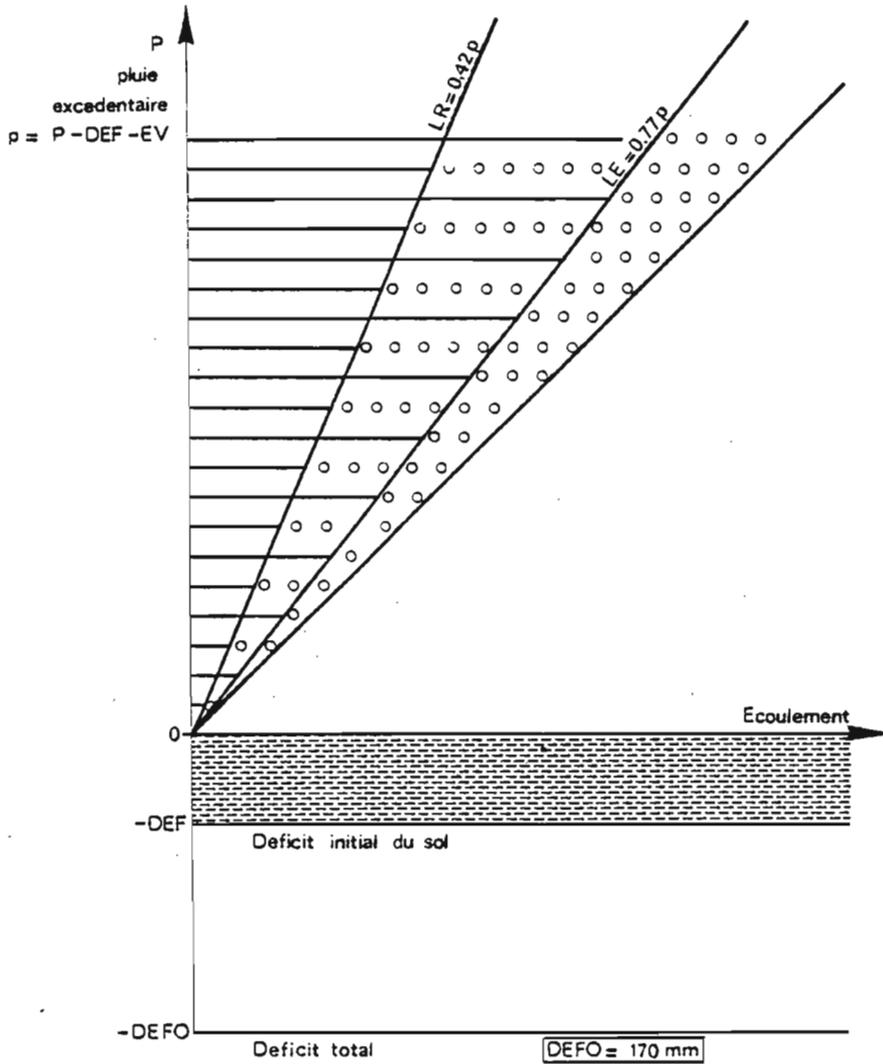
Ces résultats sont illustrés sur les graphiques 8.7.a et 8.7.b

Les différences par rapport à ces comportements moyens observés sur les petits bassins Argilés-Calcaires et Eucalyptus sont précisées au chapitre V.

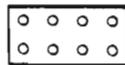
### B.V. AVAL RECAPITULATIF

#### Production des écoulements au pas de temps des séquences pluvieuses

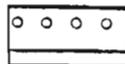
Fig-8-7-a



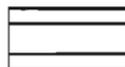
LEGENDE



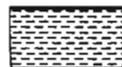
percolation : transfert partiel en débit de base



drainage oblique → écoulement retardé



ruissellement pur

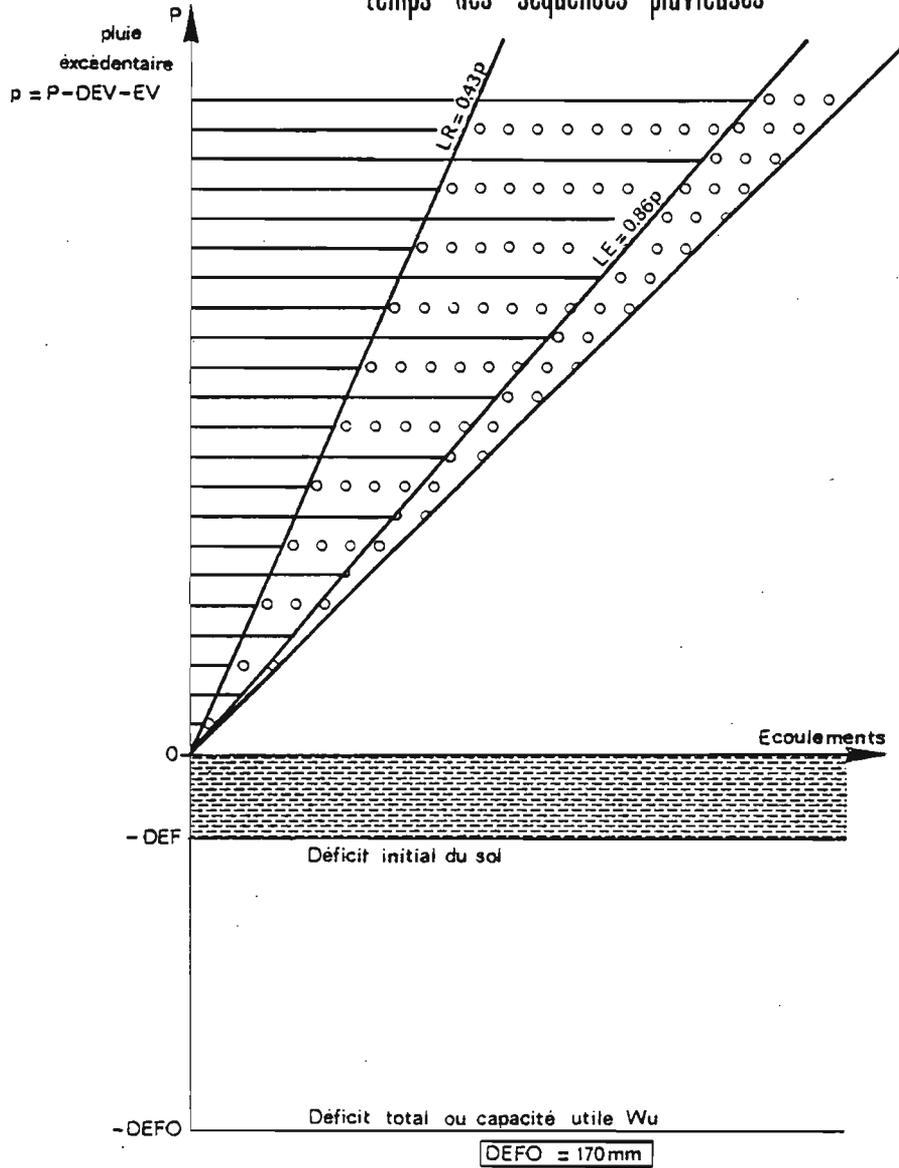


déficit initial du sol: transfert en évaporation

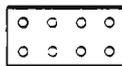
B.V. AMONT RECAPITULATIF

Fig-8-7-b

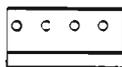
Production des écoulements au pas de temps des séquences pluvieuses



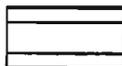
LEGENDE



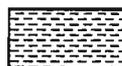
percolation : transfert partiel en débit de base



drainage oblique → écoulement retardé



ruissellement pur



déficit initial du sol : transfert en évaporation



CHAPITRE IX

BILAN HYDRIQUE :

CALCUL DES LAMES ECOULEES MENSUELLES



Le chapitre précédent a permis de valider le principe du calcul des écoulements par bilans hydriques en TUNISIE SEPTENTRIONALE. On en tire un premier programme de calcul des écoulements mensuels, à partir des précipitations et de l'évaporation mensuelle (IE).

### 9.1 - LIMITES D'UTILISATION DU PROGRAMME

L'application de ce programme est limitée pour l'Afrique du NORD, aux zones septentrionales, où les précipitations dépassent 750 mm en valeur moyenne et où la végétation présente un bon indice de recouvrement (supérieur à 70 %).

### 9.2 - ELEMENTS DU BILAN HYDRIQUE

$$P = E R + E C + I N F$$

ER : Evapotranspiration réelle liée à l'ETP (IE) par un coefficient de réduction qui dépend de l'état du déficit du sol.

EC : Ecoulement rapide produit par les eaux de ruissellement et les ressuyages des réserves de surface.

INF : Infiltration qui fait varier l'état des réserves souterraines. Les réserves restituent à la rivière des écoulements retardés venant s'ajouter à EC

En pratique on mesure les écoulements totaux ECT :

$$ECT = EC + \text{écoulement retardé}$$

On explicite la différence  $P - ECT$  comme étant le résultat de l'évaporation, des variations des réserves souterraines et d'une infiltration profonde éventuelle qui échappe au contrôle hydrométrique. Dans le cas des bassins tunisiens la valeur de ces infiltrations peut être considérée comme négligeable.

#### 9.2.1. VARIATION DES RESERVES SOUTERRAINES

##### 9.2.1.1. Horizon végétal

Cet horizon joue un rôle multiple mais les variations de réserves qui ont lieu pendant l'averse, correspondant à l'interception de la végétation, à la mise en charge provisoire de cet horizon (saturation, ressuyage) ne sont pas prises en compte au pas de temps mensuel car elles sont faibles et surtout rapides.

L'horizon végétal est donc réduit au schéma d'un réservoir "aveugle" repéré par :

- Sa capacité utile DEFMAX, paramètre du programme.  $DEFMAX = W_R - W_f$ .

- Son niveau en début de mois repéré par le Déficit (DEFC) par rapport à l'état de rétention  $W_R$ .

$$DEFC = W_R - W \text{ (début de mois)}$$

#### 9.2.1.2. Réserves - Nappes

Les variations des réserves nappes sont représentées par celles du niveau moyen (HNAP) de l'eau dans un réservoir qui se vide par un orifice d'ouverture AL.

Tous ces mouvements s'effectuent à l'intérieur des limites du bassin. Les infiltrations sont faibles sur les sols argileux observés et ce schéma de représentation de la nappe est simpliste, mais suffisant.

#### 9.2.2. INFILTRATIONS PROFONDES

Il s'agirait de quantités d'eau qui ont un exutoire extérieur au bassin versant (alimentation d'une nappe profonde, etc...) et qui échappent au contrôle hydrométrique. Elles sont définies par le pourcentage d'infiltration profonde PARTI. Dans ce contexte géologique ce type d'infiltration est le plus souvent négligeable et PARTI = 0 dans le cas le plus fréquent.

### 9.3 - SEPARATION DES ECOULEMENTS

Reprenons l'équation du bilan hydrologique :

$$P = ER + EC + INF$$

#### 9.3.1. ECOULEMENTS RAPIDES (EC)

##### 9.3.1.1. Définition :

C'est la somme des écoulements suivants :

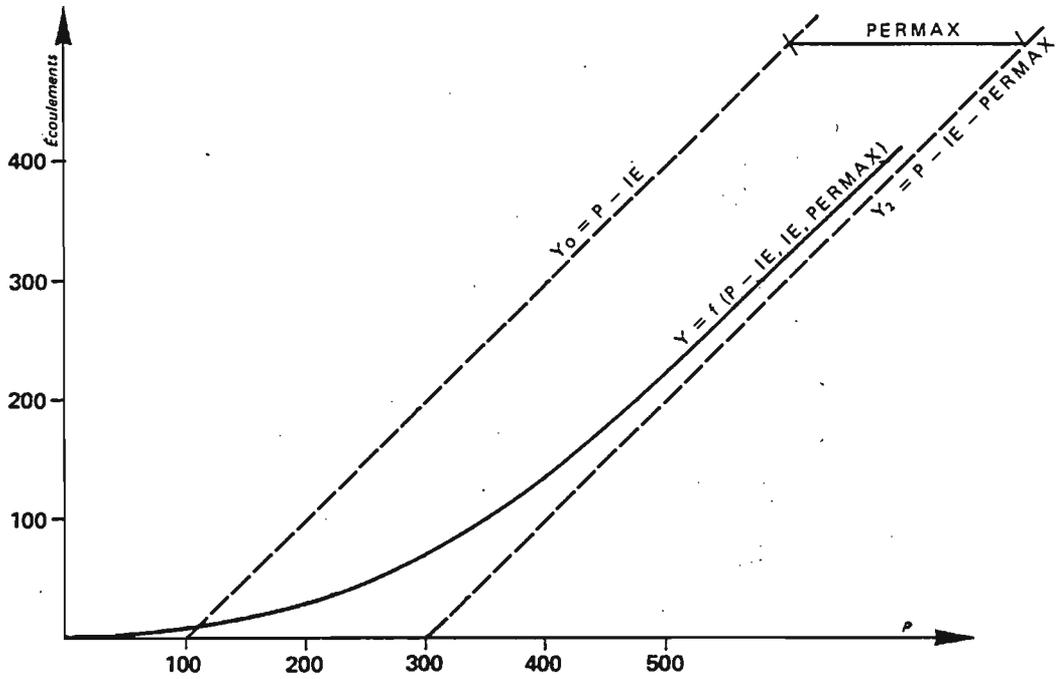
- Le ruissellement pur qui se propage rapidement à l'exutoire sous forme de crues.

- Le ressuyage des rétentions de surface qui se poursuivent pendant quelques jours.

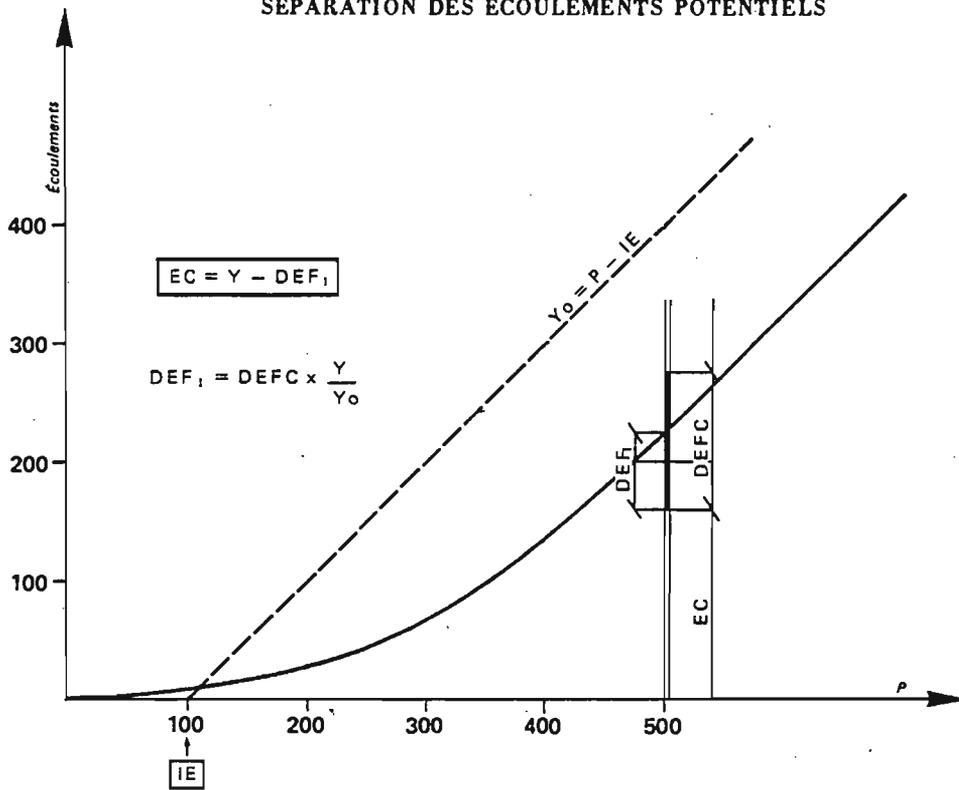
##### 9.3.1.2. Report sur les mois suivants des écoulements rapides

Le report de ces écoulements sur les mois suivants

Fig. 9-3b



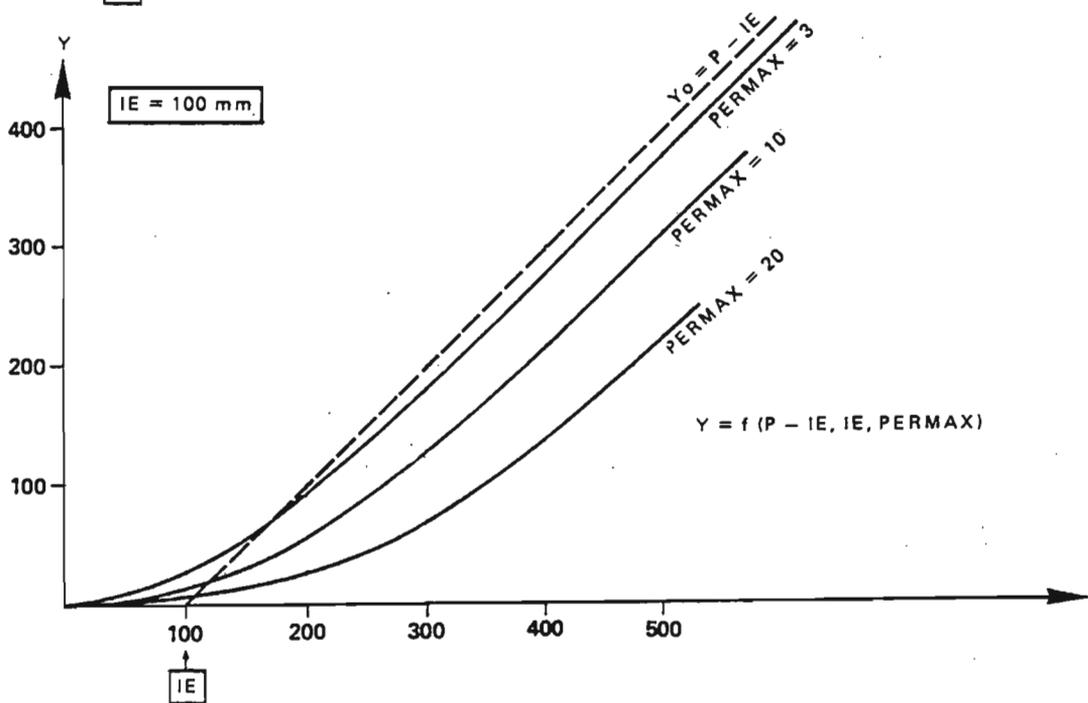
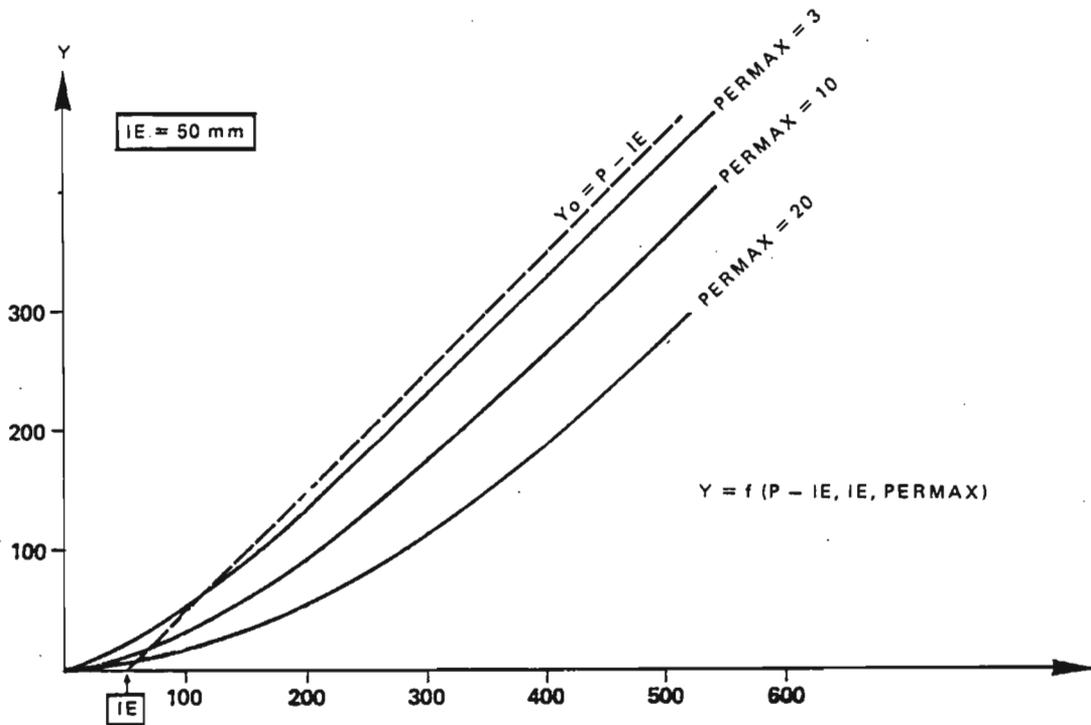
SEPARATION DES ECOULEMENTS POTENTIELS



SEPARATION DES ECOULEMENTS RAPIDES (EC)

ÉCOULEMENT POTENTIEL Y

Fig.9-3a



OPÉRATEUR DE SEPARATION DES ÉCOULEMENTS

Courbes  $Y = f(P - IE, IE, PERMAX)$

est possible et il est aléatoire au pas de temps mensuel. L'importance de ces reports est variable en fonction de la répartition des précipitations dans le mois. On pourra obtenir, par exemple, un report important si la pluie du dernier jour du mois est importante.

Ces reports aléatoires ne modifient pas le calage des paramètres mais ils font perdre, le cas échéant, de la précision aux volumes calculés. Ils restent, en moyenne, faibles et on admet un report moyen d'écoulements de ce type égal à 5 % de EC.

$$EC_1 = 0,95 \times EC$$

Report sur le mois suivant : 0,05 EC

### 9.3.2. ÉCOULEMENTS RETARDES

L'infiltration INF reconstitue en priorité les réserves de l'horizon végétal et l'excédent percole vers la nappe. La nappe produit, à son tour, des écoulements différés selon sa propre loi de vidange. Si HNAPF est la hauteur d'eau dans la nappe en fin de mois, l'écoulement reporté sur le mois suivant (TAR), par transit de la nappe, vaut :

$$TAR = HNAPF \times (1 - \exp(-AL \times 30))$$

### 9.3.3. OPÉRATEUR DE SÉPARATION DES ÉCOULEMENTS

En période excédentaire, lorsque les réserves, sont reconstituées (DEFC = 0), les excédents hydriques sont représentés par la droite :

$$Y_0 = P - IE$$

IE = ETP du bassin

Les écoulements rapides potentiels sont donnés par la courbe de la figure 5, qui a l'aspect d'une corrélation hydro-pluviométrique. On lui a donné la forme d'une hyperbole qui passe par l'origine.

- La première asymptote à pour équation :

$$Y_2 = P - IE - PERMAX = Y_0 - PERMAX$$

La valeur de PERMAX, paramètre du modèle est liée à la perméabilité du bassin.

L'infiltration (INF) est représentée par :

$$INF = Y_0 - Y$$

Cette valeur tend, dans ce cas de figure, vers PERMAX, pour les fortes valeurs des précipitations. On peut penser, en effet, que l'infiltration, qui est limitée par la capacité d'absorption du sol, ne peut croître indéfiniment avec les précipitations. La valeur de

PERMAX représente, chaque mois ; la capacité d'infiltration maximale.

- La deuxième asymptote a pour équation :

$$Y_1 = - A/IE$$

La valeur de A permet de régler l'aplatissement sur les asymptotes de la courbe

✕ Quand  $A = 0$ , l'hyperbole se réduit à la droite  $Y_2$  et à l'axe des abscisses.

✕ On a pris  $A = 2000$  pour donner aux courbes une allure vraisemblable. Cette valeur a pu être conservée sur tous les bassins étudiés.

L'équation de l'hyperbole s'écrit :

$$(Y + A/IE) (Y - P + IE + PERMAX) = A/IE \times (IE + PERMAX)$$

L'écoulement potentiel  $Y_i$  est donné, pour chaque mois d'indice  $(P_i, IE_i)$  par l'équation :

$$Y_i^2 - Y_i (P_i - IE_i - PERMAX - A/IE_i) - P_i \times A/IE_i = 0$$

C'est une famille de courbes à un paramètre et qui fait intervenir, pour chaque mois, la valeur de la pluie et de IE

$$Y_i = f (P_i - IE_i, IE, PERMAX)$$

La figure 7 donne l'allure de ces courbes pour différentes valeurs de PERMAX et de IE.

#### 9.4 - FONCTIONNEMENT DU PROGRAMME

##### 9.4.1. VARIABLES ET PARAMETRES

Les variables d'entrées sont les suivantes :

P	Précipitation mensuelle moyenne sur le bassin.
IE	Evapotranspiration potentielle mensuelle sur le bassin.
DEFC	Déficit de l'horizon végétal au début du mois.

$$0 < DEFC \leq DEFC_{MAX}$$

Le déficit au début du mois est limité par les valeurs 0 (état de rétention) et  $DEFC_{MAX}$  (déficit maximal de l'horizon végétal) correspondant à la capacité  $W_u$  du réservoir de surface.

HNAPC                    Hauteur de la nappe dans le réservoir profond au début du mois.

*Les variables produites* sont les suivantes :

Y                        Ecoulement potentiel du mois.

EC                      Ecoulement réel du mois dont une partie (RES) est transférée sur le mois suivant (dernières précipitations du mois).

$RES = 0,5 \times EC$  et  $EC_1 = 0,95 EC$

ER                      Evapotranspiration réelle du mois ( $ER \leq IE$ )

PERC                    Percolation après réhumidification de l'horizon végétal

PERC<sub>2</sub>                  Partie qui percole vers la nappe

$PERC_2 = PERC \times (1 - PARTI)$

$HNAPF = HNAPC - TAR = PERC_2$

TAR                     Débit transféré par la nappe (débit de base) sur le mois suivant :

$TAR = HNAPF (1 - EXP(-30 \times AL))$

DEFT                    Déficit de l'horizon végétal à la fin du mois :  $DEFT = DEFC_i + 1$

HNAPF                  Hauteur de la nappe à la fin du mois =

$HNAPF = HNAPC_{i+1}$

*Les paramètres* sont les suivants :

a) Paramètres de volume

COEF                    Coefficient d'affinité permettant de passer de l'évapotranspiration potentielle régionale à l'évapotranspiration potentielle du bassin (COEF varie avec l'altitude moyenne du bassin).

DEFMAX                 Dimension du réservoir de surface (horizon végétal).

PARTI                    Coefficient de répartition de la percolation entre la nappe (débit de base) et l'infiltration profonde.

PARTI = 0 dans la plupart des cas

b) Paramètres d'étalement

PERMAX                 Perméabilité moyenne du bassin.

AL                        Coefficient de tarissement de la nappe en jour -1.

#### 9.4.2. DEROULEMENT DU CALCUL

Les calculs sont effectués en trois étapes :

- Détermination de l'écoulement rapide (EC) à partir de l'écoulement potentiel (Y), par soustraction d'une fraction du déficit DEFC : Calcul de l'écoulement rapide produit dans le mois :  $EC_1 = 0,95EC$
- Bilan de l'horizon végétal : Calcul de ER et de DEFT à partir des valeurs de IE et de DEFC.
- Solde du bilan : Calcul de PERC,  $PERC_2$ , HNAPP et TAR.

9.4.2.1. Écoulements rapides sur les écoulements potentiels, on prélève, le cas échéant, une partie du déficit, en proportion du rapport de l'écoulement (Y) aux excédents hydriques  $Y_0 = P - IE$

$$EC = Y - DEF_1 \quad (DEF_1 = DEFC \times Y/Y_0)$$

(cf figure 6).

$$EC_1 = 0,95 EC$$

#### 9.4.2.2. Evapotranspiration réelle

a) Formule utilisée

1.2.2.3 Elle s'inspire de la formule (3) du paragraphe

$$ER = K \times IE \quad (0 \leq K \leq 1)$$

k est fonction du déficit moyen  $DEFM = 1/2 (DEFC + DEFT)$  et d'un indice de pluie IP

$$K = (1 - DEFM/DEFMAX) + 1/2 IP/DEFMAX$$

C'est un algorithme statistique destiné à rendre au mieux l'évaporation en début de saison des pluies

$$* IP = P \text{ si } P \leq DEFM$$

$$* IP = DEFM \text{ si } P > DEFM$$

La deuxième équation est celle du bilan dans l'horizon végétal

$$DEFT = DEFC - P + EC + ER$$

$$\text{avec } 0 \leq DEFT \leq DEFMAX$$

b) Mode de calcul

Les deux valeurs d'entrée sont IE et DEFC. On veut obtenir en fin de calcul, les deux valeurs ER et DEFT. On procède par itérations successives au cours d'une boucle qui s'écrit :

(expression FORTRAN)

```
" DEFT = 0.  
" DO 20 I=1,10  
" DEFCI = DEFT  
" DEFM = .5 * (DEFC + DEFT)  
" IP = MIN1 (P,DEFM)  
" ER = IE * (DEFMAX + .5 * IP - DEFM)/DEFMAX  
" DEFT = DEFC - P + EC + ER  
" DEFT = AMIN1 (AMAX1 (DEFC,0.), DEFMAX)  
" IF (DEFCI - DEFT. GT. 2.) GO TO 20  
" IF (DEFCI - DEFT. GE. - 2.) GO TO (sortie)  
20 " CONTINUE
```

#### 9.4.2.3. Solde du bilan

Le solde  $INF = P - ER - EC$  est ensuite calculé :

- Si  $INF \leq 0$  : Le bilan est négatif ; On se trouve en période d'assèchement. Il n'y a pas de percolation. L'évapotranspiration réelle est réduite et le déficit dans l'horizon végétal s'accroît jusqu'à ce que le déficit maximal soit atteint, le cas échéant.

- Si  $INF > 0$  (période d'excédent hydrique), l'excédent dégagé est utilisé, en priorité, à la réhumidification de l'horizon végétal. Le reste percole (PERC). La partie PERC2 du résidu PERC alimente la nappe :

$$PERC2 = (1. - PARTI) \times PERC$$

En général,  $PARTI = 0$  et  $PERC = PERC2$

Le report du débit de base du mois précédent, qui entre dans l'écoulement total du mois d'indice  $i$ , vaut :

$$TAR_i = HNAP_i (1 - \exp(-30 AL))$$

En fin de mois, le niveau de la nappe est :

$$HNAP_{i+1} = HNAP_i - TAR_i + PERC2_i$$

#### 9.4.2.4. Écoulement total du mois

L'écoulement total du mois est la somme de  $EC_1 = 0,95 EC$ , du report des écoulements rapides du mois précédent :  $0,05 EC_{i-1}$  et du report du débit de base du mois précédent  $TAR_i$

$$ECT_i = 0,95 EC_i + 0,05 EC_{i-1} = TAR_i$$



## 9.5 - RESULTATS OBTENUS SUR LES BASSINS NORD

Les tableaux annuels et mensuels 9.5.a et 9.5.b réunissent sur les quatre bassins les grandeurs Pluie-écoulement résultant des observations effectuées et les valeurs calculées par le programme.

### 9.5.1. QUALITE DES RESULTATS

- Sur les bassins AVAL et AMONT les coefficients de corrélation des courbes (LE, LR) non nuls valent 0,95. Ces résultats sont satisfaisants.

- On a repris pour le bassin des ARGILES CALCAIRES, les précipitations moyennes observées sur le B.V. NORD, l'analyse du chapitre III ayant montré que les précipitations mesurées sur le bassin A.C. étaient vraisemblablement sous-estimées.

Cette substitution revient à augmenter la pluie sur ce bassin de 5 à 10 % environ selon les années. La qualité de la simulation reste encore satisfaisante.

- Sur le bassin EUCALYPTUS, les résultats du calage sont moins bon avec un coefficient de corrélation de 0,86 sur 26 couples.

Le processus de fonctionnement des sols, sous EUCALYPTUS, qui ont un très grand horizon végétal, est sans doute plus complexe.

Il semble néanmoins que les mesures d'écoulement puissent être considérées comme significatives en raison des coupes forestières et des dégradations des banquettes observées sur ce bassin.

La valeur obtenue de 112 mm en Novembre 1976 est anormalement élevée, par comparaison avec celle des autres bassins.

Nous ne savons pas, non plus ce qu'il faut penser des écoulements "ocultes" observés en Avril et Mai 1976, provoqués très vraisemblablement par un encombrement provisoire du déversoir (branchages).

## 9.6 - CONCLUSION

Le calcul des lames mensuelles sur les bassins versants NORD, avec introduction des données P et IE au pas de temps mensuel, montre une bonne adéquation entre les valeurs calculées et les valeurs observées. On a également obtenu de bons résultats sur des bassins africains dans des climats très différents.

Le programme de calcul mis au point sur ces bassins semble pouvoir réaliser les objectifs limités qui étaient fixés au départ.

- Détermination sur les petits bassins de paramètres physiques, peut être mesurables directement, qui conditionnent l'écoulement du bassin.

- Extension possible directe pour produire des séries d'écoulement mensuels suffisamment vraisemblables pour permettre une interprétation statistique.

Tableau 9.5.a SIMULATION DES VOLUMES MENSUELS.

Calage des paramètres et résultats annuels.

BASSINS	DEFKO	C	PART	PART1	HNAPO	AL	COEF	DEFDES
B.V. AVAL	200	6	0,05	0	0	0,0270	0,90	170
B.V. AMONT	200	3	0,05	0	0	0,0240	0,95	180
ARG. CALC.	210	3	0,05	0	0	0,0240	1,00	180
EUCALYPTUS	240	4	0,05	0	0	0,0120	1,15	240

Résultats annuels.

BASSINS	VAR	73.74	74.75	75.76	76.77	77.78
B.V. AVAL	CALC	128	191	280	215	95
	OBS	149	287	270	203	70
B.V. AMONT	CALC	135	232	329	248	154
	OBS	172	246	329	234	167
B.V. ARG. CALC.	CALC	-	208	296	218	122
	OBS	-	211	318	233	97
EUCALYPTUS	CALC	-	100	227	167	42
	OBS	-	67	230	195	64

Tableau 9.5.b SIMULATION DES ECOULEMENTS MENSUELS B.V. AVAL

Variante II (entrées mensuelles)

VARIABLES	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	T. ANNUEL
<u>1973.1974</u>													
PLUIE	30	159	56	77	43	188	80	92	22	4	1	0	752
E.T.R.	21	62	46	40	46	49	82	92	83	52	35	16	624
EC.TOT	0	6	2	3	1	79	31	5	1	0	0	0	128
EC.OBS.	0	21	0	5	2	87	20	13	1	0	0	0	149
<u>1974.1975</u>													
PLUIE	27	175	120	70	61	175	97	19	54	1	0	49	848
E.T.R.	17	62	54	45	50	50	83	79	75	46	30	40	631
EC.TOT	0	7	6	22	17	94	39	4	2	0	0	0	191
EC.OBS.	0	1	40	14	10	91	29	2	0	0	0	0	187
<u>1975.1976</u>													
PLUIE	5	110	311	66	99	95	82	54	60	30	32	20	964
E.T.R.	16	48	51	46	50	51	81	88	85	66	60	38	680
EC.TOT	0	3	115	47	43	48	21	2	1	0	0	0	280
EC.OBS.	0	1	118	29	40	42	33	3	3	1	0	0	270
<u>1976.1977</u>													
PLUIE	32	224	199	92	76	36	24	60	25	17	0	20	805
E.T.R.	28	70	59	46	50	49	68	74	59	43	29	24	599
EC.TOT	0	11	102	59	35	6	1	1	0	0	0	0	215
EC.OBS.	0	13	103	49	33	2	0	1	0	0	0	0	203
<u>1977.1978</u>													
PLUIE	7	16	136	28	133	104	90	110	37	1	0	14	676
E.T.R.	11	11	40	28	45	50	82	94	94	58	38	25	576
EC.TOT	0	0	6	1	7	41	27	12	1	0	0	0	95
EC.OBS.	0	0	1	0	17	46	6	0	0	0	0	0	70

COEFFICIENT DE CORRELATIONS  $P = 0,95$  sur 33 valeurs.

Tableau 9.5.b

SIMULATION DES LAMES ECOULEES

B.V. AMONT

Résultats mensuels (Variante II)

VARIABLE	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	T. ANNUEL
<u>1973.1974</u>													
PLUIE	45	199	28	77	45	175	72	95	22	6	1	0	765
E.T.R.	30	65	50	39	46	47	77	89	83	55	38	18	637
EC.TOT	0	8	1	3	1	77	32	9	3	1	0	0	135
EC.OBS	0	22	1	7	6	92	26	16	2	0	0	0	172
<u>1974.1975</u>													
PLUIE	34	190	140	75	56	172	105	20	60	1	0	49	904
E.T.R.	21	62	54	44	48	48	79	82	79	51	34	42	644
EC.TOT	0	7	23	37	22	84	46	8	4	1	0	0	232
EC.OBS	0	3	58	19	10	103	41	8	4	0	0	0	246
<u>1975.1976</u>													
PLUIE	8	120	342	69	93	96	90	53	60	33	35	21	1020
E.T.R.	18	51	50	43	48	49	78	87	87	69	65	42	687
EC.TOT	0	3	142	53	45	48	30	5	2	1	0	0	329
EC.OBS	0	2	137	35	45	53	41	5	7	2	0	0	329
<u>1976.1977</u>													
PLUIE	26	243	210	85	80	41	27	66	24	13	0	19	834
E.T.R.	26	68	58	44	49	47	68	77	61	45	30	24	597
EC.TOT	0	11	113	59	42	18	3	2	0	0	0	0	248
EC.OBS	0	14	117	47	41	9	2	4	0	0	0	0	234
<u>1977.1978</u>													
PLUIE	6	14	146	25	151	115	103	125	37	1	0	29	751
E.T.R.	11	10	39	28	43	49	79	93	94	61	40	35	582
EC.TOT	0	0	6	1	13	56	38	32	7	1	0	0	154
EC.OBS	0	0	2	2	19	59	15	68	2	0	0	0	167

COEFFICIENT CORRELATION P = 0,94

Tableau 9.5.b.

SIMULATION DES ECOULEMENTS MENSUELS.

B.V. ARGILES CALCAIRES

VARIANTE II

Rq Les précipitations introduites sont celles du B.V. Amont.

VARIABLE	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	T. ANNUEL
<u>1974.1975</u>													
PLUIE	34	190	140	75	56	172	107	20	60	1	0	49	904
E.T.R.	27	69	60	49	52	53	88	85	81	50	32	41	687
EC.CALC.	0	8	13	38	14	87	42	4	2	0	0	0	208
EC.OBS.	0	0	21	12	17	133	27	1	0	0	0	0	211
<u>1975.1976</u>													
PLUIE	8	120	342	69	93	96	90	53	60	33	35	21	1020
E.T.R.	18	52	55	49	53	54	86	94	88	69	63	40	721
EC.CALC.	0	0	137	49	38	44	22	2	1	0	0	0	296
EC.OBS	0	0	150	36	57	50	26	1	0	0	0	0	318
<u>1976.1977</u>													
PLUIE	26	243	210	85	80	41	27	66	24	13	0	19	834
E.T.R.	5	73	63	49	53	52	74	80	62	44	28	23	626
EC.CALC.	0	12	110	53	33	8	1	1	0	0	0	0	218
EC.OBS.	0	4	106	73	40	7	1	2	0	0	0	0	233
<u>1977.1978</u>													
PLUIE	6	14	145	25	151	115	103	125	37	1	0	29	751
E.T.R.	10	10	42	29	47	54	87	101	100	62	40	33	615
EC.CALC.	0	0	7	1	8	53	32	20	1	0	0	0	122
EC.OBS.	0	0	1	0	8	38	3	46	1	0	0	0	97

COEFFICIENT CORRELATION  $R = 0,93$

sur 26 individus

Tableau 9.5.b.

SIMULATION DES VOLUMES ECOULES

Résultats mensuels

Variante II

EUCALYPTUS

VARIABLE	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	T. ANNUEL
<u>1974.1975</u>													
PLUIE	23	182	142	80	24	182	104	18	51	1	0	47	854
E.T.R.	9	70	61	52	56	59	100	94	83	51	53	40	708
EC.TOT	0	6	6	3	0	53	29	3	2	1	0	0	100
EC.OBS.	0	0	8	0	0	46	12	1	0	0	0	0	67
<u>1975.1976</u>													
PLUIE	6	103	333	70	104	104	90	57	70	37	29	18	1021
E.T.R.	17	46	61	56	61	62	99	106	100	77	65	39	789
EC.TOT	0	2	82	37	35	45	20	3	2	1	0	0	227
EC.OBS.	0	0	86	11	18	40	37	(18)	(17)	3			230
<u>1976.1977</u>													
PLUIE	30	250	218	88	68	30	23	61	22	15	0	20	825
E.T.R.	27	81	70	56	61	58	76	80	61	44	29	24	667
EC.TOT	0	11	80	45	22	4	2	2	1	0	0	0	167
EC.OBS.	0	18	112	34	27	4	0	0	0	0	0	0	195
<u>1977.1978</u>													
PLUIE	8	20	143	30	140	107	102	108	39	2	0	34	733
E.T.R.	11	13	43	31	51	60	100	113	107	66	43	38	676
EC.TOT	0	0	6	1	6	4	22	3	0	0	0	0	42
EC.OBS.	0	0	0	0	1	22	6	35	0	0	0	0	64

COEFFICIENT CORRELATION R = 0,86

sur 28 valeurs



CHAPITRE X

BILAN HYDRIQUE

CALCUL DES DEBITS DE POINTE



Le problème de la détermination des débits de pointe est abordé ici selon un processus analytique de transfert pluie-débit qui utilise les intensités de l'averse (Relevés pluviographiques intégraux), au pas de temps d'une demi heure.

On va conserver comme pour les chapitres précédents, le principe d'une représentation mécanique globale du fonctionnement des sols. On souhaite dégager autant que possible des paramètres physiques moyens des caractéristiques des sols et échapper au risque de prolifération des paramètres de calage qui apparaît lorsqu'on utilise les techniques de discrétion spatiale.

### 10.1 - MECANISME DES SOLS

Une description du fonctionnement des sols au pas de temps d'une demi-heure doit prendre en compte des phénomènes transitoires d'interception, de saturation de l'horizon végétal auxquels sont liés le ressuage.

Le schéma simplifié établi dans les chapitres précédents va se compliquer, ici, par l'adjonction d'un réservoir supplémentaire de mise en charge de l'horizon de surface comme cela a été représenté sur le graphique n° 10.1.

### 10.2 - FONCTION DE PRODUCTION

La fonction de production déduite de ce schéma mécanique de fonctionnement des sols sur une petite surface a été aménagée de façon à tenir compte également de l'hétérogénéité spatiale du bassin.

Pour les besoins de l'informatique certains points de détail ont du être précisés, ce qui pourrait donner l'impression d'une connaissance parfaite des mécanismes mais il s'agit en fait d'une approche assez grossière de phénomènes complexes qui ne se reproduisent pas forcément de façon identique d'un épisode pluvieux à un autre.

Pendant le temps  $T_i$  (1/2 heure), correspondant à une fraction de pluie JP, il se passe, en simplifiant légèrement, les choses suivantes :

a) Réduction du niveau  $H_i$  dans le réservoir  $H_0$  après infiltration due au pas de temps précédent ( $H_i = H_{f_{i-1}}$ )

$$S_1 = H_i (1 - \exp(-R)) \quad \text{avec } R \neq 0,5$$

R est un paramètre de calage assez peu variable autour de la valeur 0,5.

$S_1$  : Infiltration pendant le pas de temps précédent.

$$H_{(1)} = H - S_1 \quad \text{nouveau niveau de H}$$

FONCTION DE PRODUCTION AU PAS DE TEMPS . 1/2 HEURE

$S_1$  = Sortie par infiltration pendant le pas de temps précédent

$$S_1 = H (1 - \exp(-R))$$

$$H(1) = H - S_1$$

$H(1)$  = niveau initial du réservoir  $H_0$

$$EC = X \cdot (JP - Di + H(1)) - H_0$$

$x$  = paramètre d'hétérogénéité voisin de 1

AH = stockage dans le réservoir  $H_0$

$$AH = Y_1 - EC$$

$$H(2) = Y_1 - EC + H(1)$$

$H(2)$  nouveau niveau du réservoir  $H_0$

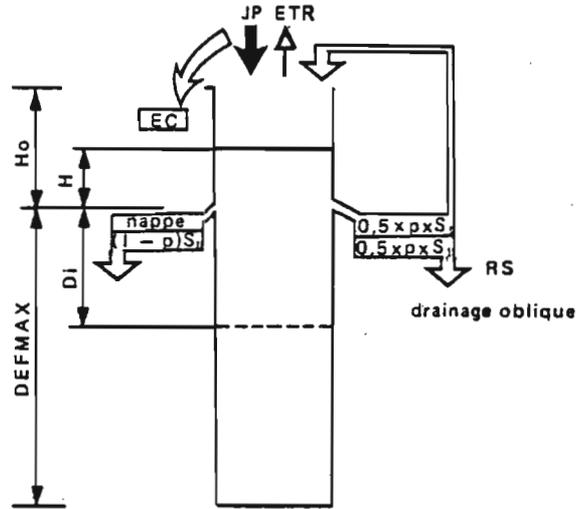


Fig. 1 - Schéma de fonctionnement

Calcul de l'évaporation réelle (même méthode que chapitre VIII)

$$ER = K \cdot IE$$

bilan dans le réservoir DEF MAX

$$DF = Di - JP + ER + EC$$

$Di, DF$  = Déficit initial et final dans DEF MAX

$$RS = 0,5 \times p \times S_1$$

RS = drainage oblique

$$H = H(2) + 0,5 \times p \times S_1$$

niveau final dans  $H_0$

$$S_2 = (1 - p) \times S_1 : \text{percolation}$$

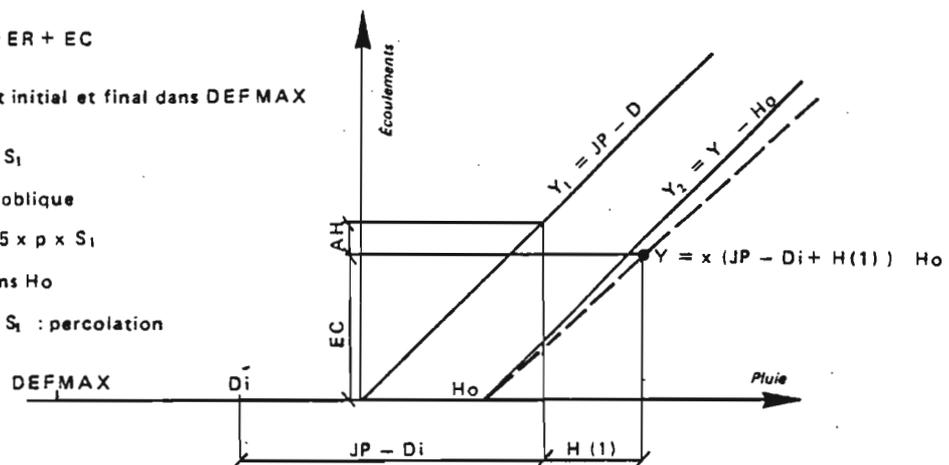


Fig. 2 - Fonction de production au pas de temps 1/2 heure

b) Ruissellement et stockage dans le réservoir Ho

- Le ruissellement EC vaut dans le cas d'un schéma ponctuel

$$EC = Y_1 - (Ho - H(1))$$

$Y_1 = JP - D_1$  représente dans l'horizon végétal l'eau excédentaire par rapport à l'état de rétention

$Ho - H(1)$  représente le stockage supplémentaire dans cet horizon par apport à l'état de saturation et comprend également les interceptions aériennes.

- Cas d'un bassin hétérogène : on introduit un paramètre d'hétérogénéité X, voisin et inférieur à 1.

Ce paramètre traduit le fait que la dimension du réservoir Ho croît avec l'intensité JP ou, si l'on préfère, que la capacité d'absorption minimale à l'état de saturation croît avec JP.

Dans ce cas, on adopte l'algorithme :

$$EC = X (JP - D_1 + H(1)) - Ho$$

Le stockage AH dans le réservoir Ho vaut :

$$AH = JP - D_1 - EC$$

et

$$H(2) = H(1) + Y_1 - EC$$

lorsque  $X = 1$   $H(2) = Ho$

c) Calcul de l'évaporation en une demi-heure ER

Elle se calcule selon le même principe qu'au chapitre VIII. On en tire l'état final du réservoir DEFMAX :

$$Df = D_1 - JP + ER + EC$$

avec

$$D_1 + 1 = Df$$

d) Sorties par infiltration

Le paramètre p sert de partiteur entre le ressuyage interne ou vertical (percolatoire) et le ressuyage apparent.

Trois opérations vont s'effectuer :

- Une partie rejoint les écoulements de surface  
 $RS = 0,5 \times p \times S_1$ .

- Une partie est réinfiltrée dans le sol  $RI = 0,5 \times p \times S_1$   
rejoint le réservoir Ho  $H_f = H(2) + RI$  et  $H_{i+1} = H_f$

- Le sol de  $S_2$  représente la percolation et rejoint la nappe  
dont le niveau  $HNAPP = HNAP_i - EBAS + S_2$   
avec  $EBAS = HNAP_i (1 - \exp(-AL/48))$  tarissement en 1/2 heure.

$$\text{On a bien } RS + RI + S_2 = S_1$$

e) Écoulement total

$$ETC = EC + RS + EBAS$$

10.3 - ORGANISATION DU PROGRAMME

Le programme utilise les relevés pluviométriques en entrée (R.P.I.) les fractions de pluie JP en une demie-heure, calculées à partir des R.P.I. sont converties en lames par la fonction de production. Ces lames sont traduites en débits au moyen de l'hydrogramme type qui est introduit pour une lame de 0,1 mm.

Exemple : Pour le bassin aval où l'hydrogramme type a une durée de 4h30, la réponse à une lame produite de 0,1 mm donnera, sur les neufs pas de temps d'une demie-heure suivants, les débits suivants :

Qm<sup>3</sup>/s 0,009 0,051 0,171 0,252 0,196 0,078 0,037 0,016 0,006

Les crues calculées, par composition des différents hydrogrammes élémentaires sont comparées aux crues observées et peuvent être dessinées sur sortie imprimante. On peut également extraire les débits maximaux et déterminer le coefficient de corrélation pour tous les couples (Qmax obs, Qmax calc) dont l'un des deux dépasse un seuil minimal donné.

10.4 - RESULTATS OBTENUS SUR BASSIN AVAL (13,9 km<sup>2</sup>) A PARTIR DU PLUVIO  
GRAPHE PG1

10.4.1. CORRELATION DEBITS OBSERVES - DEBITS CALCULES

Les mesures faites au pluviographe PG1 ne sont qu'une représentation très approximative de la pluie moyenne du bassin en raison de l'hétérogénéité spatiale de l'averse et cela est encore plus vrai pour les intensités de pointe, celles qui produisent les débits maximums des crues. Ces intensités de pointe varient considérablement d'un point à l'autre du bassin et ne sont même pas synchronisées dans le temps en raison du phénomène de balayage .

TABLEAU 10.4.1.

BASSIN AVAL CALCUL DES DEBITS DE POINTE

Débits observés et calculés en 1/2 heure (m<sup>3</sup>/s)

Date	DEC.INIT. CALCULE	Qmax. Calc.	Qmax. Obs.
05/11/74	69,3	3,9	7,7
13/12/74	4,0	0,3	3,5
21/01/75	0,9	6,0	4,4
04/02/75	16,2	8,5	9,4
12/02/75	11,0	4,1	3,5
16/02/75	1,3	13,0	13,8
23/03/75	2,9	5,6	5,4
03/11.75	80,2	0,3	4,2
19/11/75	20,2	14,8	21,2
21/11/75	0,5	17,3	20,2
22/11/75	0,6	5,9	5,5
22/11/75	0,6	3,8	2,2
28/11/75	9,2	16,3	10,1
28/11/75	0,6	8,4	8,6
01/12/75	2,6	5,7	3,6
26/01/76	8,5	5,3	3,7
27/01/76	0,4	4,1	3,9
15/02/76	3,0	10,3	10,1
14/03/76	20,5	0,3	3,9
16/03/76	5,2	3,7	3,7
17/03/76	0,7	4,1	5,3
20/10/76	47,5	0,3	5,5
14/11/76	5,4	5,7	2,9

TABLEAU 10.4.1.

BASSIN AVAL CALCUL DES DEBITS DE POINTE (suite)  
Débits observés et calculés en 1/2 heure (m<sup>3</sup>/s)

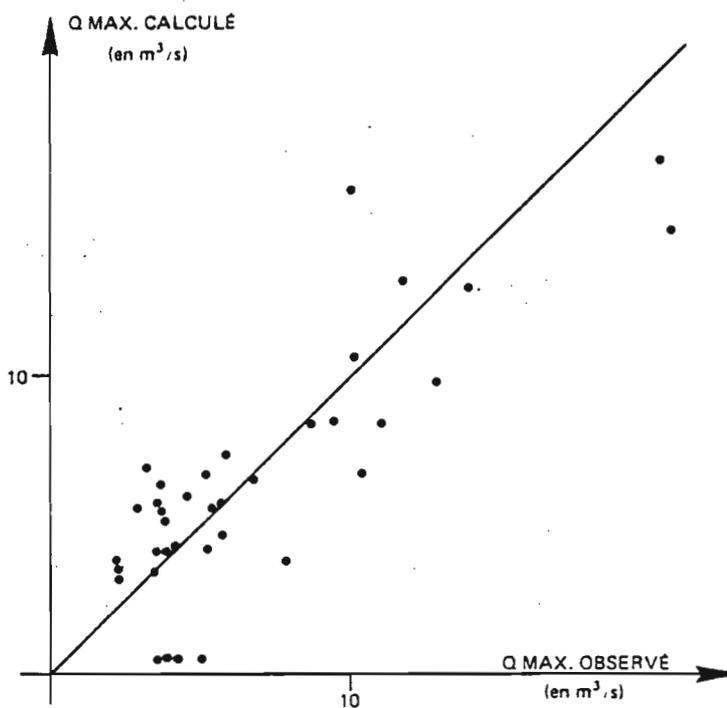
Date	DEC.INIT. CALCULE	Qmax. Calc.	Qmax. Obs.
17/11/76	5,0	9,6	12,7
20/11/76	0,7	3,2	2,4
20/11/76	0,3	6,5	6,6
21/11/76	0,6	4,1	4,1
22/11/76	0,5	8,5	11,2
03/12/76	5,4	4,7	5,6
21/12/76	14,3	6,7	10,4
08/01/77	1,1	6,6	3,7
12/01/77	2,9	5,1	3,7
01/02/78	2,0	7,4	5,9
06/02/78	1,1	3,2	2,3
14/02/78	0,8	6,8	5,1
01/04/78	1,3	13,3	11,7
02/04/78	0,9	6,9	3,1

Coefficient de corrélation : 0,82 sur 37 valeurs

Fig. 10-4-1

BASSIN AVAL  
CALCUL DES DEBITS DE POINTE

Corrélations entre débits de pointe calculés  
et observés sur les 37 plus fortes crues



Coefficient de corrélation : 0,82

sur 37 couples dont l'une des deux valeurs  
observée-calculée est supérieure à 3 m³/s

Il faut donc s'attendre à une restitution des crues semi-aléatoires à partir de ce pluviographe.

Les résultats sont cependant satisfaisants. On a pu obtenir un coefficient de corrélation de 0,82 sur 37 couples de crue dont l'une des deux valeurs observée, calculée dépassait 3 m<sup>3</sup>/s. On trouvera au tableau n° 10.4.1. la valeur de ces couples et sur le graphique n° 10.4.1. la corrélation entre débits calculés et débits observés.

#### 10.4.2. CARACTERISTIQUES MOYENNES DES SOLS

Le calage précédent permet de définir de façon approximative les caractéristiques mécaniques des sols.

- La capacité utile de stockage DEFMAX est de 180 mm, mais ces résultats avaient déjà été obtenus dans les chapitres précédents.

- La dimension moyenne de mise en charge Ho = 11 mm

- Infiltration profonde en période de saturation. Elle est égale à  $H_o \times (1 - p) \times \exp(-R)$  avec  $R = 0,5$ , soit 0,8 mm en une demie-heure ou 1,72 mm/H.

Cette valeur d'environ 2 mm/H est assez caractéristique de l'infiltration des Argiles.

### 10.5 - ESTIMATION DES CRUES DECENNALES ET CENTENNALES : B.V. AVAL

#### 10.5.1. METHODE ANALYTIQUE

Les informations pluviométriques disponibles sont les suivantes :

- Hyétogramme enveloppe sur les B.V.N

Le hyétogramme enveloppe qui donne les intensités maximales observées sur le bassin pour chaque pas de temps élémentaire entourant le maximum de l'averse montre que la partie de l'averse qui contribue au maximum de la crue peut s'inclure dans une période de 2h30 qui correspond au temps de montée de la crue sur le bassin aval.

- Courbes intensités - Durée

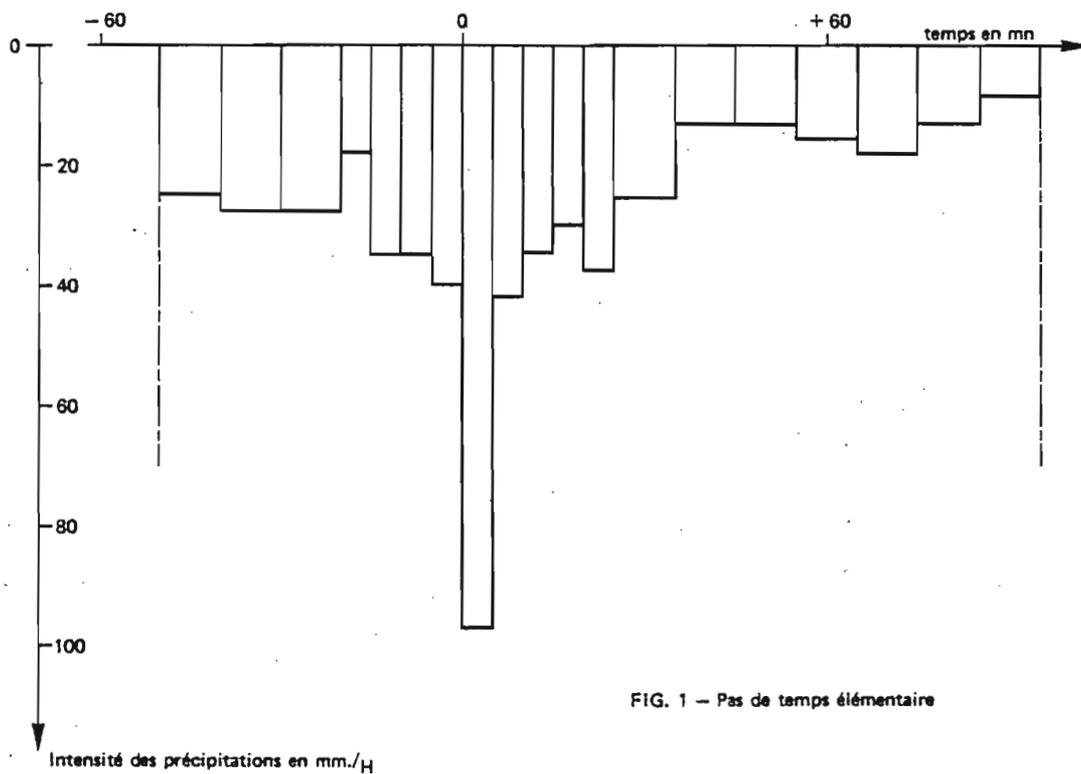
On utilise les courbes établies par DE MONTMARIN pour Tunis sur 45 années d'observations pluviographiques (cf. chapitre I).

✕ L'intensité de l'averse decennale en 2h30 est de 15 mm/H soit une averse en 2h30 de 37,5 mm.

✕ L'intensité de l'averse centennale est de 50 mm/H soit 125 millimètres en 2h30.

B.V.N.  
**HYÉTOGRAMME ENVELOPPE**  
 (sur 4 années d'observations)

Fig. 10 - 5 - 1 - a



**HYÉTOGRAMME DES AVERSES DÉCENNALES ET CENTENNALES**

Temps en mn	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150
Hyétoqramme enveloppe	12,8	23,6	12,1	7,8	4,6
Averse décennale	7,9	14,5	7,5	4,8	2,8
Averse centennale	20,1	38,7	19,8	12,8	7,54

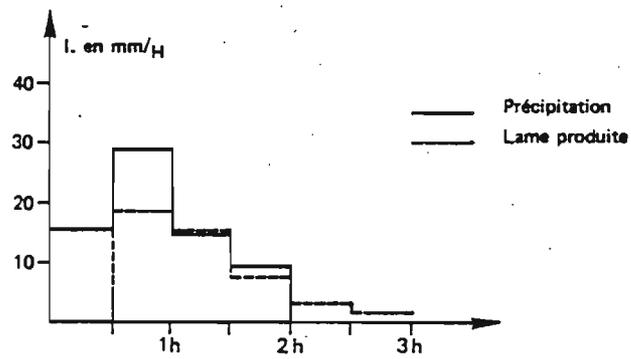
Fig. 10 - 5 - 1 - b

**B.V.N. B. AVAL ESTIMATION CRUE DÉCENNALE**

**(1) AVERSE DÉCENNALE**

Intensité décennale en 2 h 30 mn à TUNIS : 15 mm/H

Averse répartie suivant le Hyétogramme enveloppe



**(2) CRUE DÉCENNALE**

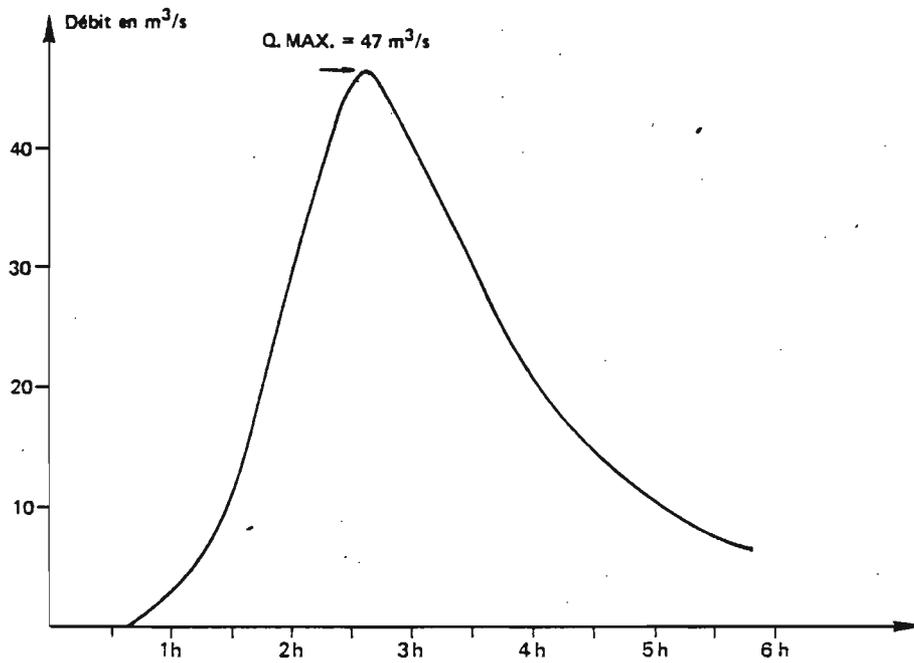


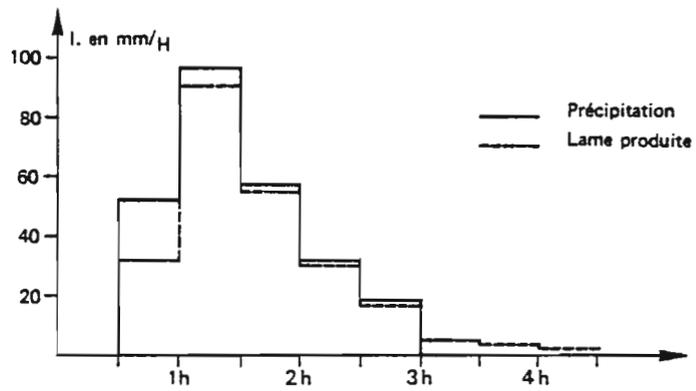
Fig. 10 - 5 - 1 - c

B.V.N. B. AVAL ESTIMATION CRUE CENTENNALE

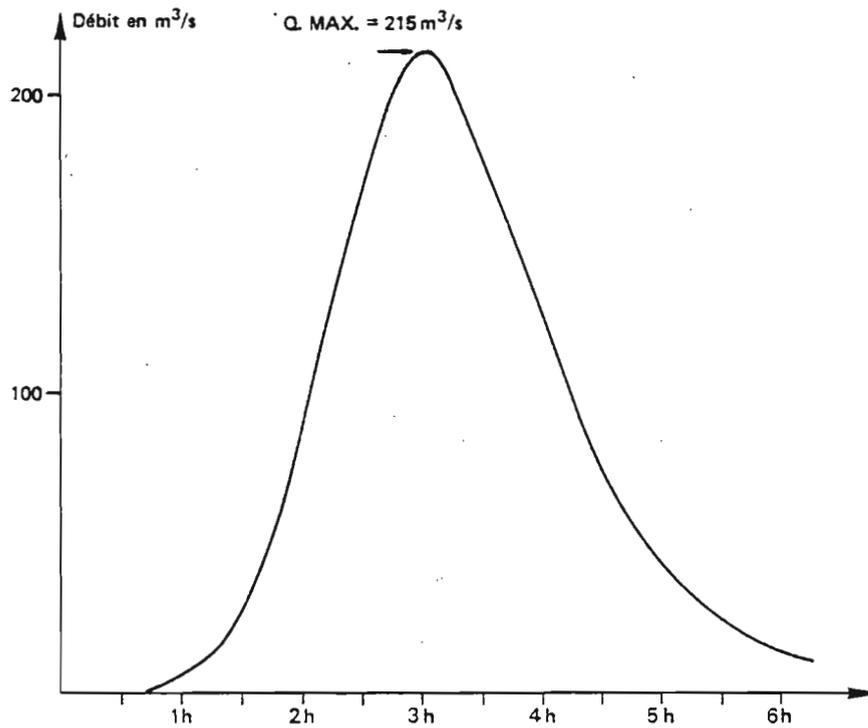
(1) AVERSE CENTENNALE

Intensité centennale en 2 h 30 mn à TUNIS : 50 mm/H

Averse répartie suivant le HyétoGramme enveloppe



(2) CRUE CENTENNALE



- Etat initial du sol : sol humidifié mais non saturé

On admettra les mêmes conditions initiales pour les averses décennales et centennales.

On considère que le réservoir de stockage à l'état de rétention est plein mais que le réservoir de mise en charge  $H_0$  est vide puisqu'il se réssuie entièrement six heures environ après l'averse. Ces conditions reviennent à supposer que les averses decennales ou centennales surviennent, en période pluvieuse, six heures après la crue précédente. Elles sont vraisemblables et, semble-t-il plutôt sévères.

Les résultats obtenus sont illustrés par les graphiques n° 10.5.1 b et 10.5.1 c.

Le débit decennal est estimé à 47 m<sup>3</sup>/s.

Le débit maximal centennal est estimé à 215 m<sup>3</sup>/s.

10.5.2. METHODE STATISTIQUE

L'approche statistique par l'étude de la population des crues n'avait pas permis de donner une valeur centennale en raison de la brièveté de la période observée.

La valeur de la crue décennale était estimée à 34 m<sup>3</sup>/s soit une valeur inférieure à celle obtenue par approche analytique.

Il est vraisemblable que la période observée soit légèrement déficitaire en fortes crues et que l'interprétation statistique en ait été faussé.

Les crues exceptionnelles proviennent d'averse résultant de conditions météorologiques rares et il est possible qu'aucune averse de ce type n'ait été observée pendant la durée d'observation.

CONCLUSION DISCUSSION DES RESULTATS OBTENUS

Les estimations des pointes de crue par approche analytique se t peut être plus précises mais elles sont elles-mêmes très approximatives.

Quelque soit en effet le degré de connaissance du mécanisme de transfert pluie-débit du bassin le problème statistique persiste.

Le débit de pointe de la crue de fréquence centennale résulte de la combinaison statistique de plusieurs éléments et on a vu que les conditions initiales du sol interviennent ici considérablement.

L'absence de séries d'observations pluviographique de longue durée dans la région nous oblige d'autre part à recourir à celles de Tunis situé dans des conditions climatiques assez différentes.

Il ne faut pas oublier enfin que le plus fort débit observé n'est que de 21 m<sup>3</sup>/s.

Nous estimons que la valeur centennale donnée représente une limite par excès. Elle équivaut à un débit spécifique d'environ 16 l/s/km<sup>2</sup>.

La seule méthode vraiment fiable de détermination des débits de pointe de fréquence rare reste l'étude statistique des débits maximums annuels sur un nombre d'années élevé mais cette dernière technique nécessite évidemment une longue série de valeurs observées.

#### 10.6 - PUISSANCE DES CRUES : COMPARAISON REGIONALE

Les valeurs de référence dont on dispose dans le NORD de la TUNISIE sont celles du bassin du fleuve Medjerdah tirées de l'étude monographique.

Le bassin AVAL des B.V.N. occupe une position marginale par sa superficie et par sa pente dans l'éventail des bassins de la Medjerdah pour lesquels ont été déterminés la crue centennale.

En fixant à 0,6 la valeur de l'exposant du paramètre de surface, on peut comparer entre elles les valeurs des coefficients  $K_1$  et  $K_2$  dans les formules  $Q = K_1 S^{0,6}$  et  $Q = K_2 I_p S^{0,6}$  qui se distingue de la précédente par l'introduction de l'indice de ROCHE  $I_p$ .

Le tableau suivant donne les valeurs de  $K_1$  et  $K_2$

Stations	Skm <sup>2</sup>	Qmax CENTENNAL	$I_p$	$K_1^*$	$K_2$
MEDJERDAH à GHARDIMAOU	1481	1870	0,097	23	241
MEDJERDAH à JENDOUBA	2413	1875	0,098	17,5	179
MELLEQUE au K 13	9000	4050	0,074	17,2	232
BOUHEURTMA KEFRHIRA	282 (390)	650	0,120	22 (18)	183 (151)
RHEZALA à FERMANA	138	366	0,151	19	127
MEDJERDAH à BOUSALEM	16220	4050	0,061	12	197
MEDJERDAH à MEDJEZ EL BAB	21008	4000	0,059	10	172
B.V.N. Bassin Aval	13,9	215	0,224	44,3	197

\* Dans la formule de FRANCOU-RODIER  $K = 15,8$

Dans le cas de BOUHEURTMA, on a jugé utile de rajouter entre parenthèses les valeurs correspondant à la superficie totale du bassin.

Les déversements au Barrage de l'Oued EL IL à BEN METIR étaient en effet fréquents et à contribution de cet Oued aux crues du BOUHEUR-TMA n'était surement pas nulles pendant la période d'observations.

Les valeurs de  $K_1$  du tableau précédent semblent diminuer avec la superficie.

Les valeurs de  $K_2$  semblent indépendantes de la superficie mais donner des résultats élevés avec la pente. On distingue peut être aussi pour les affluents Rive Gauche de la Medjerdah une influence bénéfique du climat tempéré de la partie Septentrionale de la TUNISIE.

Les estimations effectuées sur le bassin aval donnent des résultats élevés dans les deux systèmes de comparaison.

A N N E X E S



HYDROMETRIE

ANNEXE 2.3.1.

EQUIPEMENT ET ETALONNAGE DES STATIONS



ANNEXE 2.3.1. Equipement et étalonnage des stations :

1. Etalonnage de la station Aval :

S = 13,9 km<sup>2</sup>                      N° Code = 48359021

Historique (cf. Procès Verbal d'installation)

La station a fonctionné depuis octobre 1973 à septembre 1979 et sera sans doute arrêtée en août 1980.

De juin 1974 à août 1974, la station a subi quelques transformations pour mieux contrôler les débits de base, notamment par l'adjonction d'un canal triangulaire. Ces modifications qui ont été faites en Aval de la station limnimétrique, ne devraient pas entraîner des modifications sensibles dans l'étalonnage.

1.1. Jaugeages par la capacité :

On a effectué entre 1974 et 1975, une centaine de jaugeages environ pour des débits allant de 0 à 3 litres par seconde et pour des hauteurs à l'échelle variant de 10 à 11 centimètres. Les mesures sont très dispersées en raison de la faible sensibilité de la station en basses eaux.

1.2. Jaugeages au moulinet :

On en a fait une soixantaine en 1974 et 1975. Ils permettent de tracer la courbe de basses eaux avec une précision acceptable malgré certaines mesures aberrantes qui ont été écartées.

1.3. Jaugeages continus :

Ces jaugeages sont effectués, au moulinet, du haut d'une passerelle en crue, le long de verticales présélectionnées. Ils sont dépouillés par verticale et les résultats finaux, portés sur les courbes d'étalonnage ont subi un premier lissage, ce qui explique leur faible dispersion.

La courbe de hautes eaux est dressée à partir de deux séries effectuées en novembre 1974 allant de 0,60 m à l'échelle jusqu'à la côte 240.

1.4. Courbe d'étalonnage :

On s'est satisfait en définitive d'une courbe unique pour toute la période observée.

Cette courbe appelée ETAL 1, dont les caractéristiques pour la saisie mécanographique sont données dans le tableau A.1.4, est extrapolée jusqu'à 3,20m à l'échelle.

Sa forme générale est en "escaliers" et atteste d'une diminution du rendement de la station aux environs de 70cm à l'échelle.

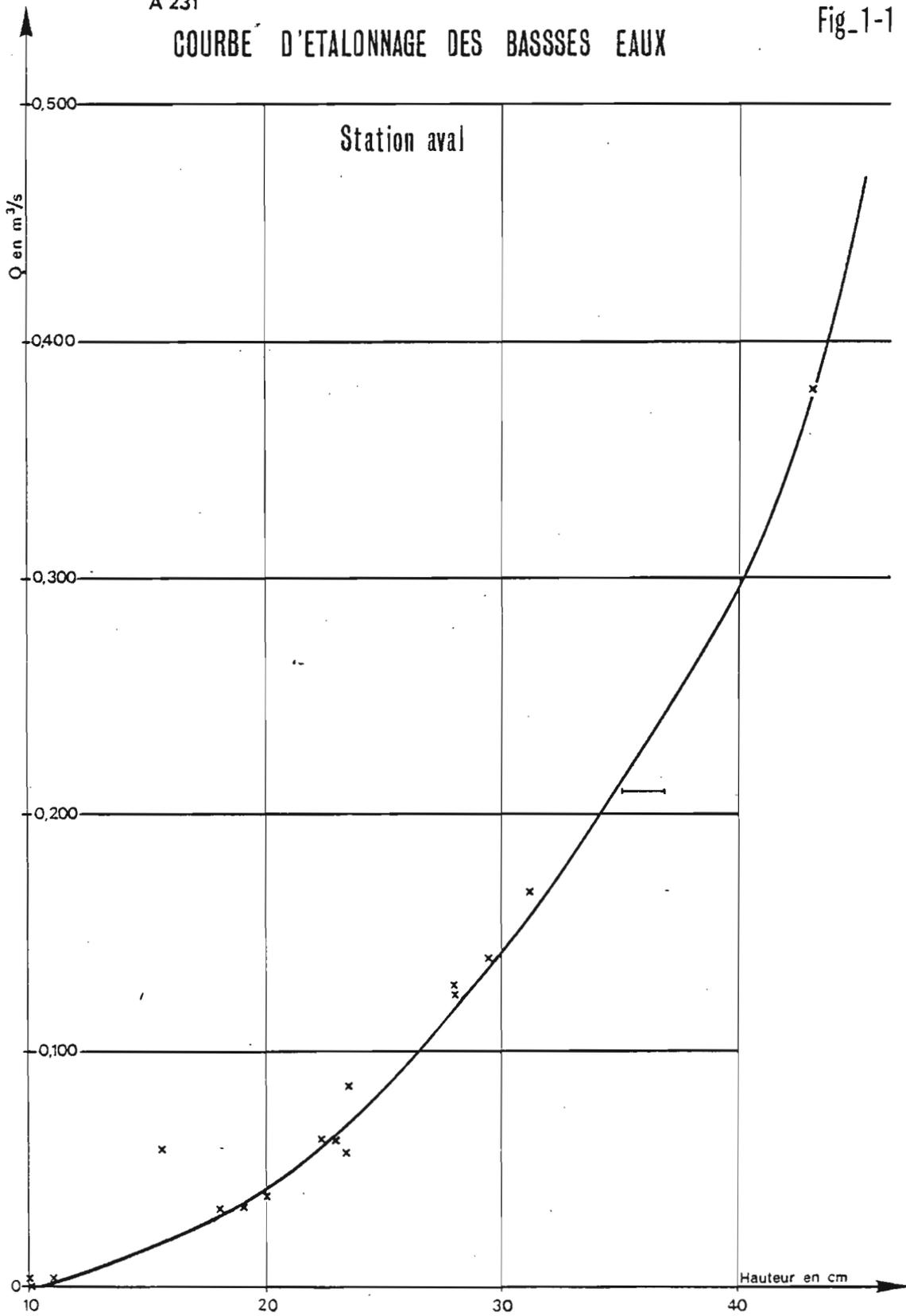
Les graphiques A.1.1. et A.1.2, et A.1.3. présentent cette courbe.

ETAL 1 Coefficients des paraboles d'ajustement pour la saisie.  
(programme POH 302)

H	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
0			
10	0 + 0	0 + 0	0 + 0
20	20 000 + 1	22 000 + 0	0 + 0
40	30 417 + 1	68 167 + 0	4 200 + 0
60	13 333 + 2	29 333 + 1	30 000 + 0
70	- 80 000 + 1	84 000 + 1	14 200 + 1
90	- 55 000 + 1	63 500 + 1	21 800 + 1
120	22 222 + 0	47 667 + 1	32 300 + 1
175	18 182 + 1	47 455 + 1	48 800 + 1
240	42 344 + 1	62 630 + 1	78 400 + 1

A 231

Fig-1-1



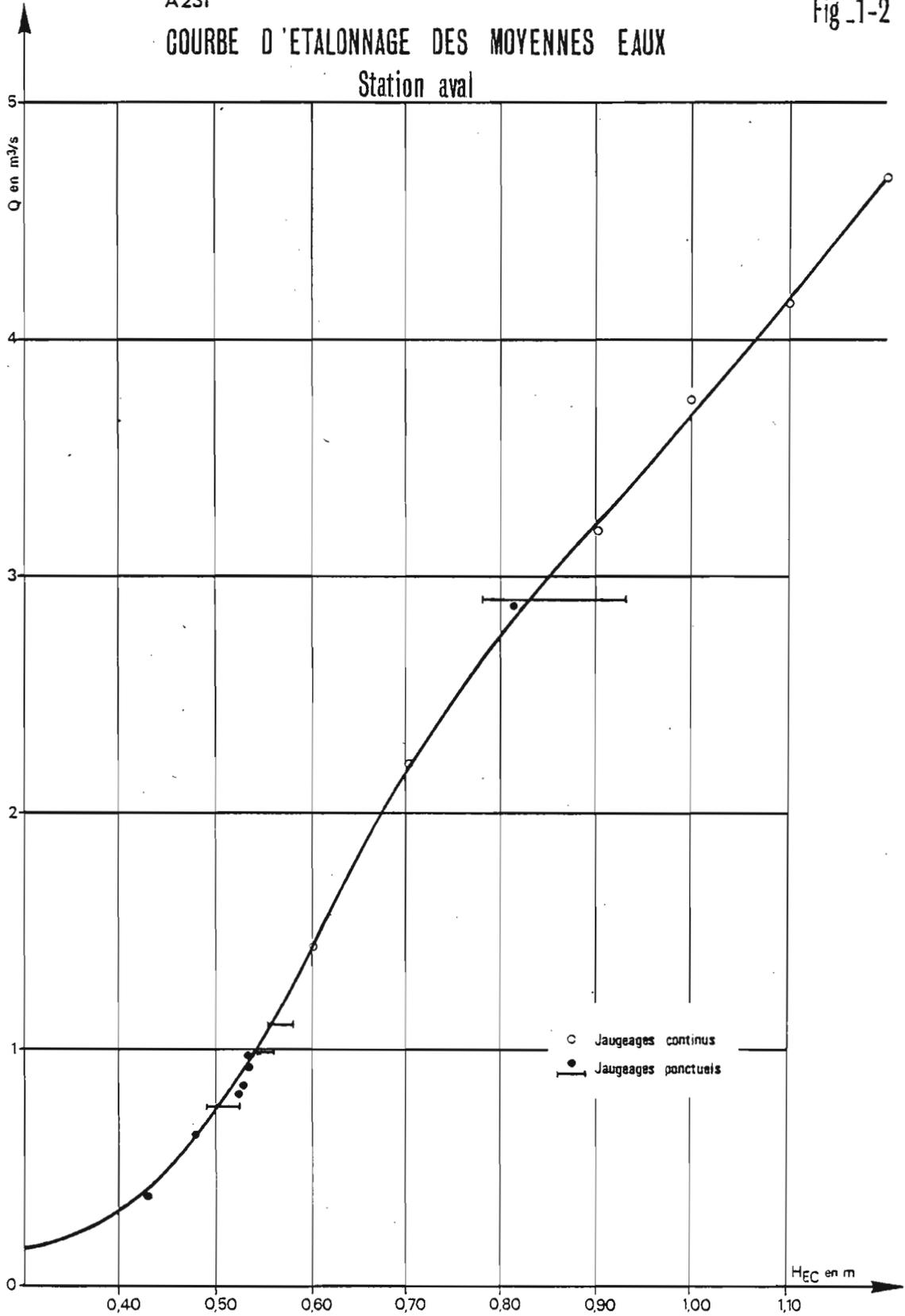
TUNZISUI

A231

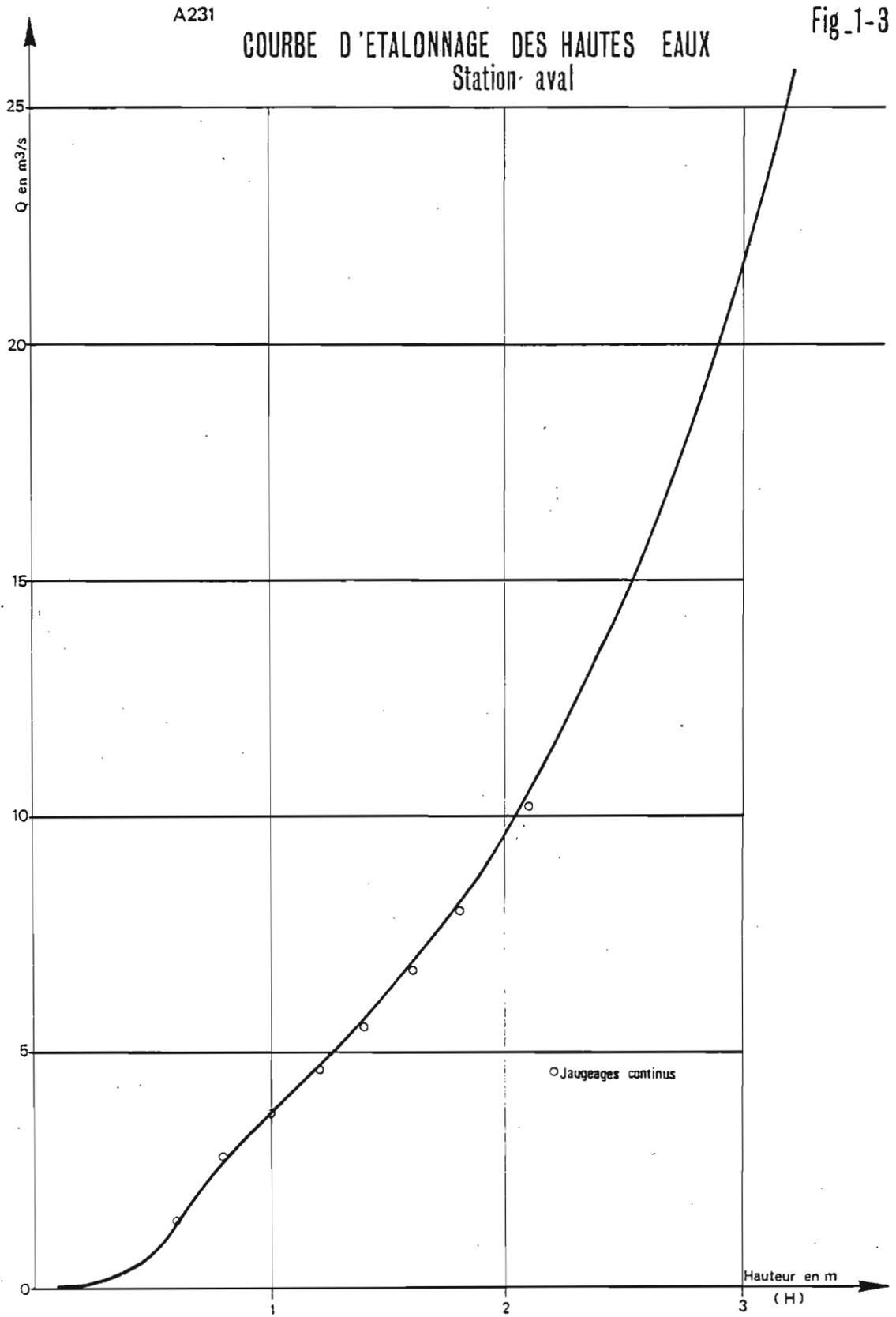
Fig 1-2

### GOURBE D'ETALONNAGE DES MOYENNES EAUX

Station aval



TUN 21302



TUN 21303



## 2. Etalonnage de la station Amont :

S = 3,24 km<sup>2</sup>

N° Code = 48359022

Histrigue (cf. Procès Verbal d'installation)

La station est entrée en service en 1973. Les observations doivent se poursuivre jusqu'en 1980.

De légères modifications ont été apportées en juin 1974 pour permettre de préciser les petits écoulements, mais ce dispositif ne devrait pas modifier sensiblement l'étalonnage de la station.

### 2.1. Jaugeages par capacité :

On en a effectué environ 150 jaugeages entre 1974 et 1976. Ces jaugeages permettent d'établir la courbe de jaugeage de basses eaux depuis la cote 14 à la cote 15 à l'échelle.

On pourrait améliorer la qualité des mesures des très faibles écoulements si on faisait l'effort de se reporter à l'échelle du réservoir, plus sensible, mais cette échelle n'a pas été lue régulièrement.

Cet étalonnage concerne des débits allant de 0 à 2 litres par seconde et les écoulements correspondants sont en général négligeables par rapport aux écoulements totaux. Quelques jaugeages en 1977 confirment la stabilité de la station.

### 2.2. Jaugeages au moulinet :

La liste des jaugeages au moulinet n'est peut-être pas exhaustive. La plupart ont été effectués en 1973 et 1974. Lorsque la variation de niveau à l'échelle est faible, ces jaugeages sont utilisés directement et permettent d'établir la courbe de basses eaux et de moyennes eaux. Des jaugeages de contrôle faits en 1976 et 1977 ont permis de vérifier la validité de ces courbes.

### 2.3. Jaugeages continus :

Tous ces jaugeages ont été récupérés et dépouillés suivant le principe du jaugeage continu (dépouillement par verticales) pour dresser la courbe de hautes eaux, de 50 cm à l'échelle à 90 cm à l'échelle pour des débits allant jusqu'à 2 m<sup>3</sup>/s. La courbe est extrapolée au-delà.

### 2.4. Courbe d'étalonnage :

On a retenu une courbe unique pour la traduction des hauteurs en débits pour toute la période d'observations.

Les paramètres pour la saisie mécanographique sont donnés dans le tableau A.2.4. Elle porte le nom ETAL 3. Les graphiques A.2.1, A.2.2 et A.2.3 présentent cette courbe.

Bassin AMONT ETAL 3  
Coefficient des paraboles d'ajustement (programme 302)

H	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
0	0 + 0	0 + 0	0 + 0
14	17 857 + 1	26 643 + 0	0 + 0
21	15 385 + 0	49 538 + 0	26 000 - 1
34	37 037 + 1	35 555 + 0	93 000 - 1
43	71 428 + 1	95 714 + 0	15 500 + 0
50	80 000 + 1	21 299 + 1	25 700 + 0
60	42 857 + 1	38 714 + 1	55 000 + 0
70	20 001 + 1	48 999 + 1	98 000 + 0
80	66 666 + 1	51 333 + 1	14 900 + 1
90	20 000 + 1	58 999 + 1	20 700 + 1
130			

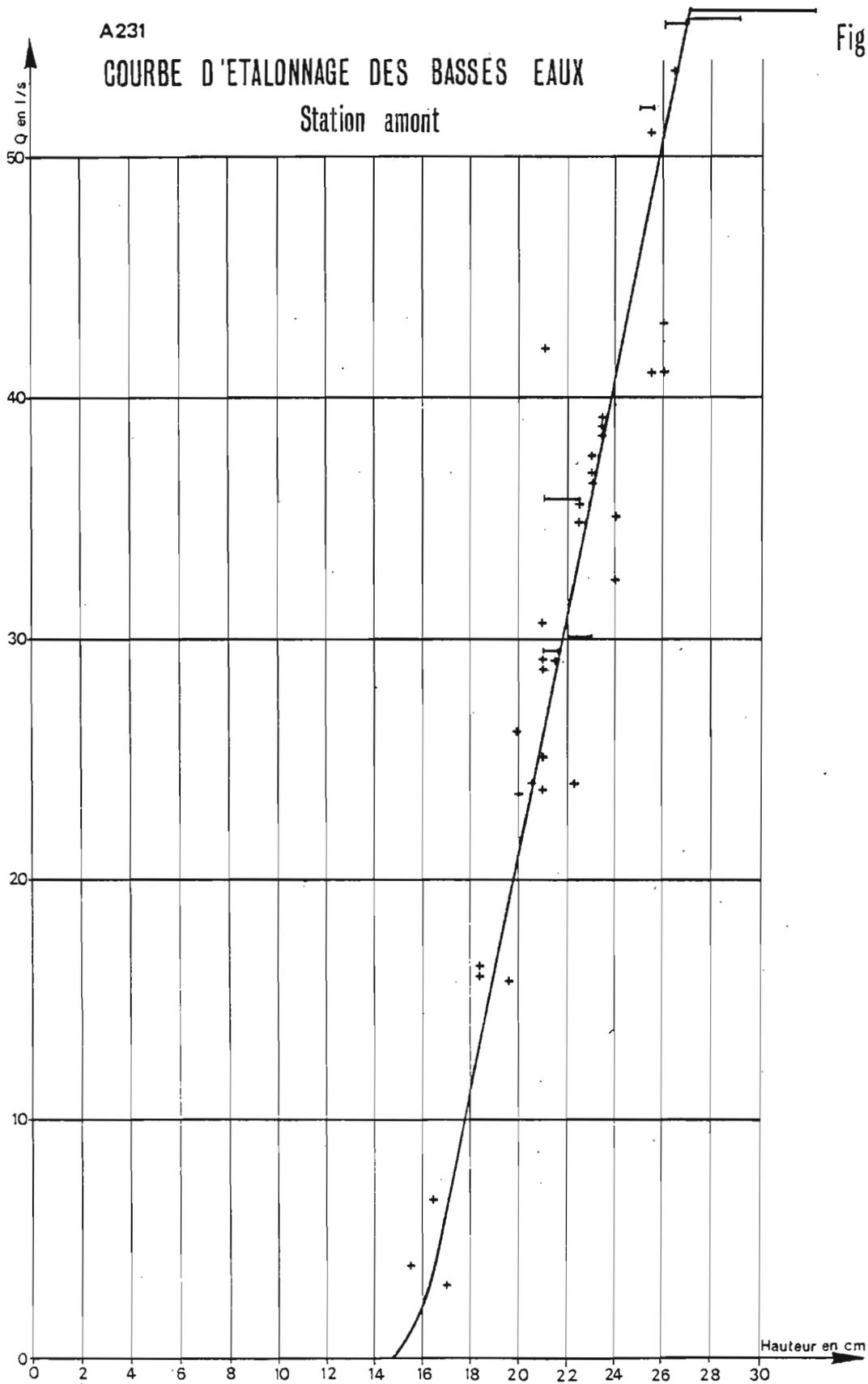


Fig-2-1

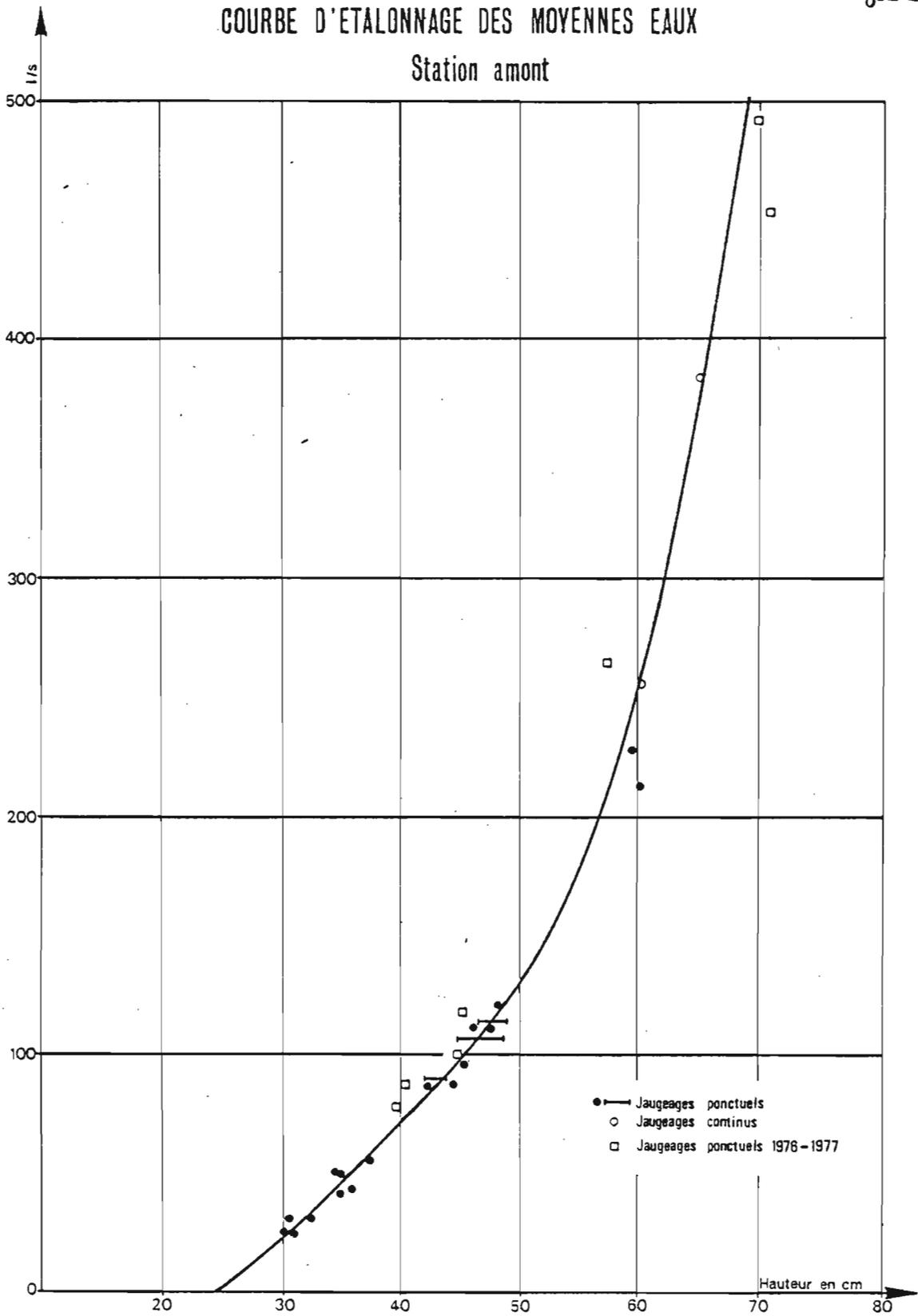
1 JUN 21 1964

A 231

Fig-2-2

### COURBE D'ETALONNAGE DES MOYENNES EAUX

Station amont



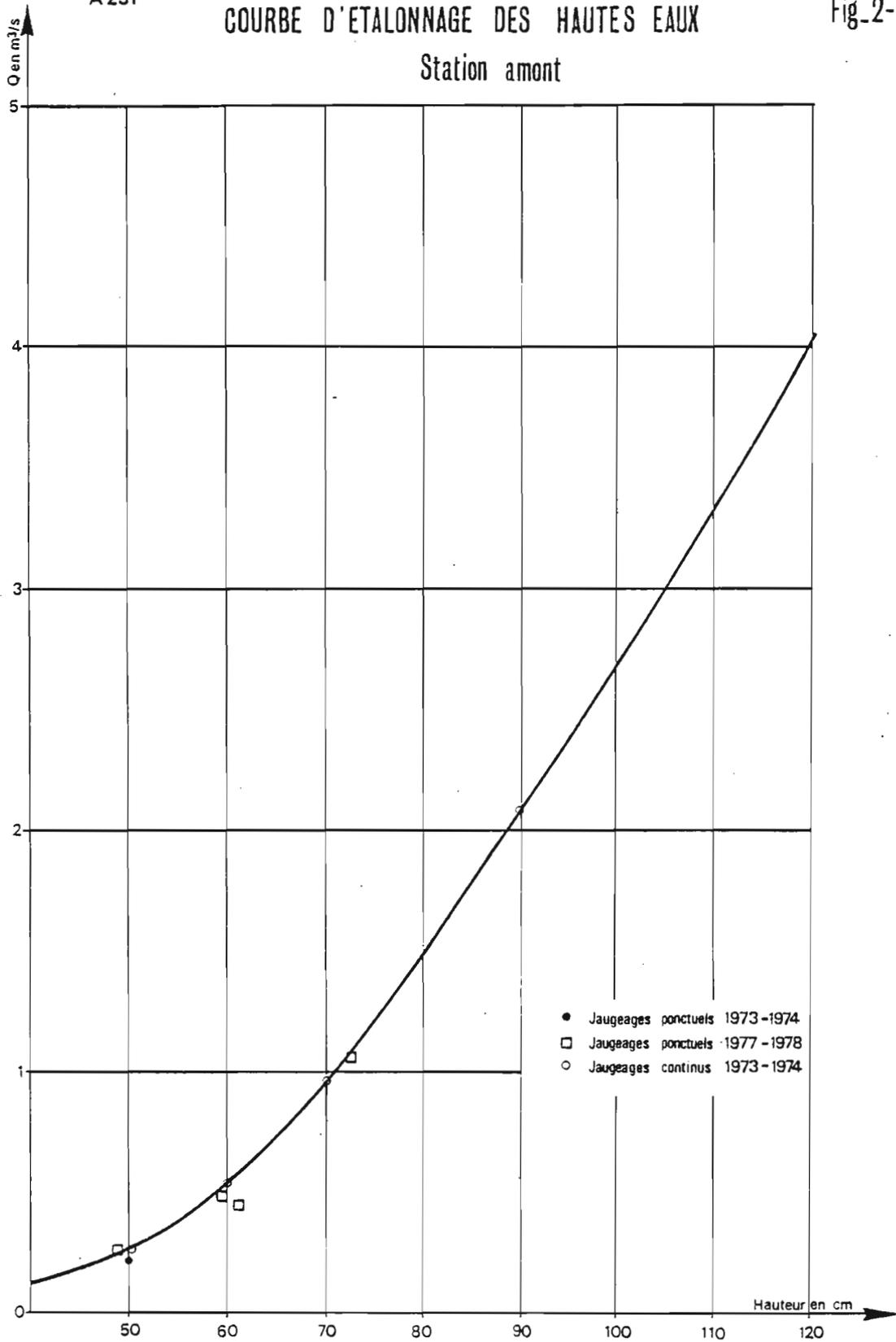
TUN 21305

A 231

### COURBE D'ETALONNAGE DES HAUTES EAUX

Fig-2-3

Station amont





### 3. Etalonnage de la station du bassin versant dit "des Argiles Calcaires"

#### Historique de la station :

Si aucune modification n'est intervenue à cette station depuis la création, nous devons signaler les différentes méthodes d'exploitation de cette station. De 1974 à août 1977, après chaque crue ayant transporté des alluvions et les ayant déposées entre l'entrée du limnigraphe et la partie bétonnée du fond du canal, la consigne d'exploitation était d'enlever ces alluvions en les jetant à l'aval du seuil de contrôle.

Par la suite, les dépôts n'ont pas été déblayés de façon systématique et la station est instable en basses eaux.

A partir d'août 1977, la station a fonctionné dans des conditions naturelles de dépôts, l'entrée du limnigraphe étant lui seul dégagé. Les résultats présentent une meilleure homogénéité.

Nous verrons ultérieurement la reconstitution des débits pour les diverses périodes de basses eaux.

#### Section de contrôle des échelles :

De la cote  $H = 15$  cm à l'échelle (débit nul) à la cote voisine de 65 cm, le niveau de l'eau est contrôlé en basses eaux soit par le fond du canal, soit par les alluvions déposées entre les échelles et le début du canal. En moyennes eaux, ce niveau est contrôlé par le canal triangulaire.

Au-delà de cette cote de 65cm, la section de contrôle des échelles est constituée par l'ensemble du canal rectangulaire et du seuil déversant légèrement trapézoïdal.

A l'aval du canal rectangulaire et en contre-bas, le canal triangulaire est équipé d'une réglette graduée, emportée fin 1976 et remplacée en août 1978.

#### Etalonnage :

Au cours de la saison 1974-75, une série de 149 jaugeages à la capacité ont été réalisés pour des cotes à l'échelle comprises entre 16 cm et 10 cm. Les cotes relevées à la réglette du canal triangulaire lors de ces jaugeages permettent d'obtenir une courbe d'étalonnage valable malgré la forte dispersion des points.

Au cours de la saison 1975-76, une autre série de 91 jaugeages à la capacité ont été réalisés pour des cotes à l'échelle comprises entre 20 et 12 cm. Un jaugeage au moulinet a été réalisé le 18 novembre 1975 ( $H = 050 - 046$ ,  $Q = 238$  l/s).

C'est au cours de la saison 1976-77 qu'un ensemble de 15 jaugeages au moulinet à partir de la passerelle et au micro-moulinet dans le canal

rectangulaire ont permis d'établir la courbe d'étalonnage actuelle.

Les mesures par verticale lors de la crue du 18 novembre 1976, en particulier, sont à l'origine des débits évalués pour les cotes 055, 060, 065, 070.

Au cours de l'année 1977-78, une série de 15 jaugeages au moulinet ont d'ailleurs confirmé la courbe établie pour les moyennes et hautes eaux. Un ensemble de 43 jaugeages à la capacité entre les cotes 016 et 013 permet de modifier la courbe d'étalonnage en très basses eaux seulement.

L'extrapolation de la courbe de tarage entre hautes eaux a été réalisée en tenant compte du fait que le déversoir est noyé dans cette gamme de débits.

Rappelons que la cote maximale observée de 99 cm a été atteinte lors de la crue du 18 novembre 1976 et que la cote maximale jaugée fut de 85 cm sur une verticale.

Les graphiques A.3.2, A.3.3 et A.3.4 présentent les courbes de tarage de très hautes eaux, de hautes eaux et de moyennes eaux, résultant des mesures de débits réalisés et des déterminations par formule.

Sur le graphique A.3.2, les deux courbes de tarage en moyennes eaux ETAL 1 (période 1974-77) et ETAL 4 (1977-78) sont présentées. Il est à remarquer que du fait de l'alluvionnement entre les échelles et l'entrée du canal (distance 3 mètres) pour la même cote à l'échelle de 16 cm, le débit passe de 1 à 5 l/s. Pour l'étude des petits bassins versants, il importe donc que les échelles et limnigraphes soient à l'amont immédiat de la section de contrôle.

Par ailleurs, la sensibilité de la station en basses eaux est faible, le débit double et même triple pour une variation de cote de 1 cm à l'échelle.

En dehors des mesures des débits, les mesures de niveau à la réglette du canal triangulaire assurant une excellente connaissance des débits inférieurs à 3 l/s.

(Etalonnage du canal triangulaire : figure A.3.1.)

Barème d'étalonnage et coefficient des paraboles définissant les courbes de tarages :

Nous donnons ci-après le barème de traduction des cotes en cm à l'échelle en débit en l/s pour l'étalonnage ETAL 4. Puis les coefficients des paraboles définissent les courbes de tarage ETAL 2. pour H en mm.

Barème d'étalonnage et coefficients des paraboles de la courbe de tarage

Le barème de l'étalonnage ETAL 2 donné ci-après permet de traduire les hauteurs d'eau en débit. Notons que pour une hauteur d'eau supplémentaire de un centimètre à la cote 015 cm le débit double de valeur.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
010				0	0,05	0,20	1,20	3,69	7,8	13,6
020	21,0	27,1	33,3	39,6	46,0	52,5	59,0	65,6	72,3	75,1
030	86,0	92,8	100	108	116	124	133	142	152	162
040	172	183	194	206	218	230	239	250	261	274
050	288	302	318	335	353	372	392	413	435	458
060	483	508	534	562	590	620	653	689	727	767
070	810	855	903	953	1010	1060	1110	1170	1230	1300
080	1370	1480	1530	1620	1710	1810	1910	2020	2140	2260
090	2390	2520	2660	2800	2950	3100	3260	3420	3590	3770

	C1	C2	C3
0	0 + 0	0 + 0	0 + 0
130 150	50 000 + 1	1 + 0	0 + 0
175	74 667 + 2	25 332 + 1	20 000 + 0
200	80 002 + 2	42 000 + 2	55 000 + 1
300	41 665 + 1	60 833 + 2	21 000 + 2
450	20 000 + 2	66 000 + 2	86 000 + 2
650	53 000 + 2	89 000 + 2	23 000 + 3
750	20 000 + 2	37 000 + 3	62 000 + 3
950	15 000 + 2	47 500 + 3	10 100 + 4

A 231

Fig.3-1

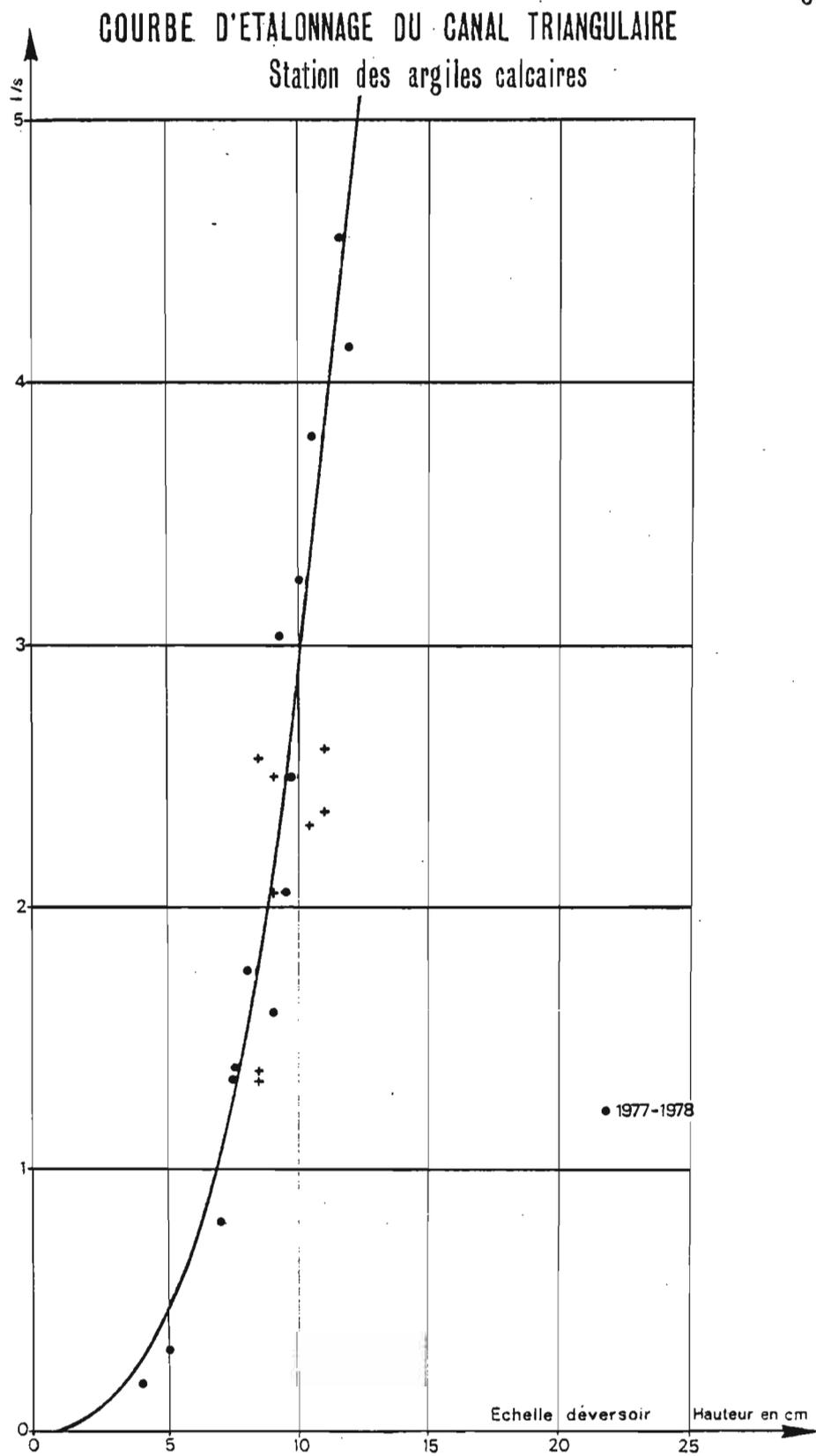
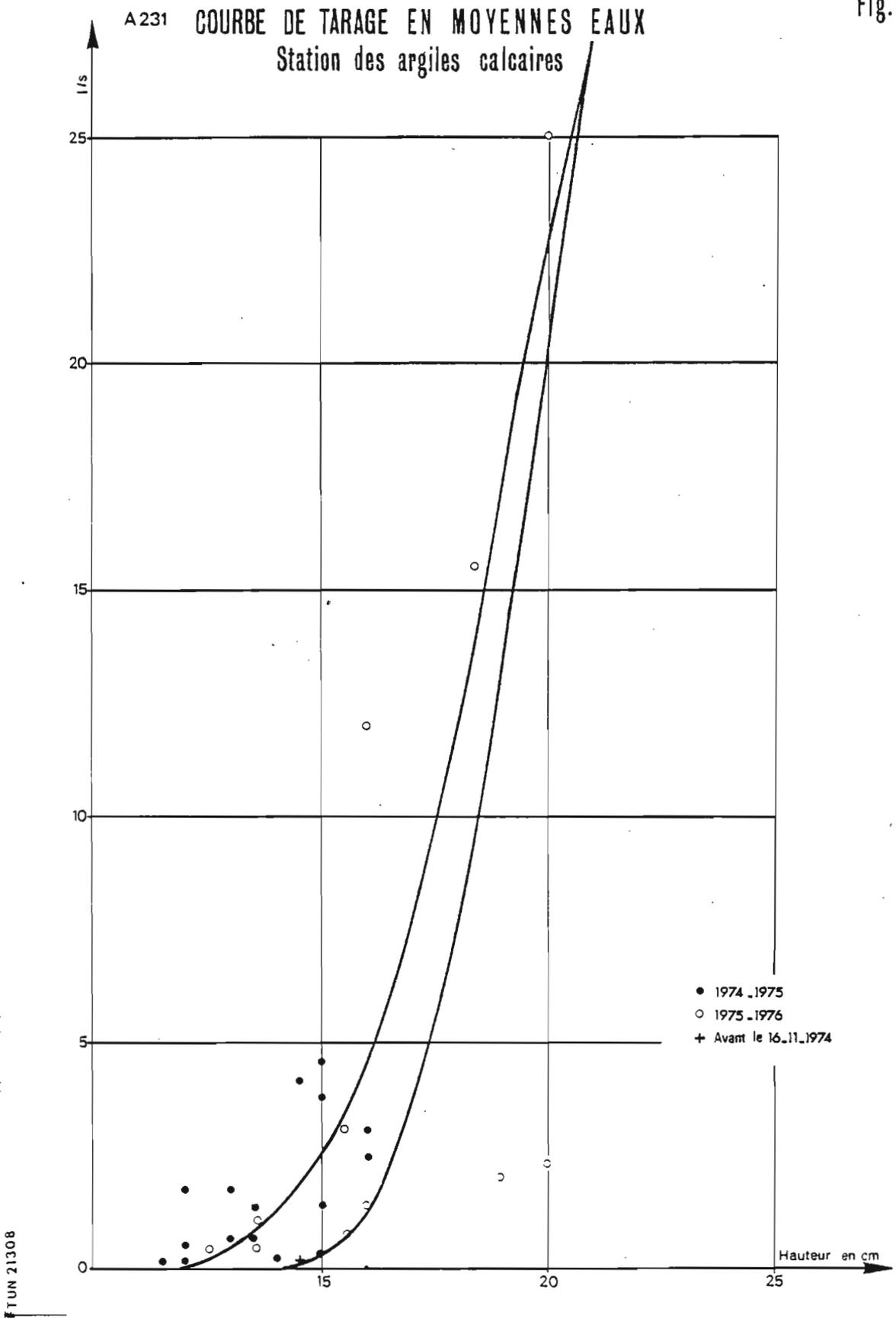


Fig. 3-2



Fig\_3-3

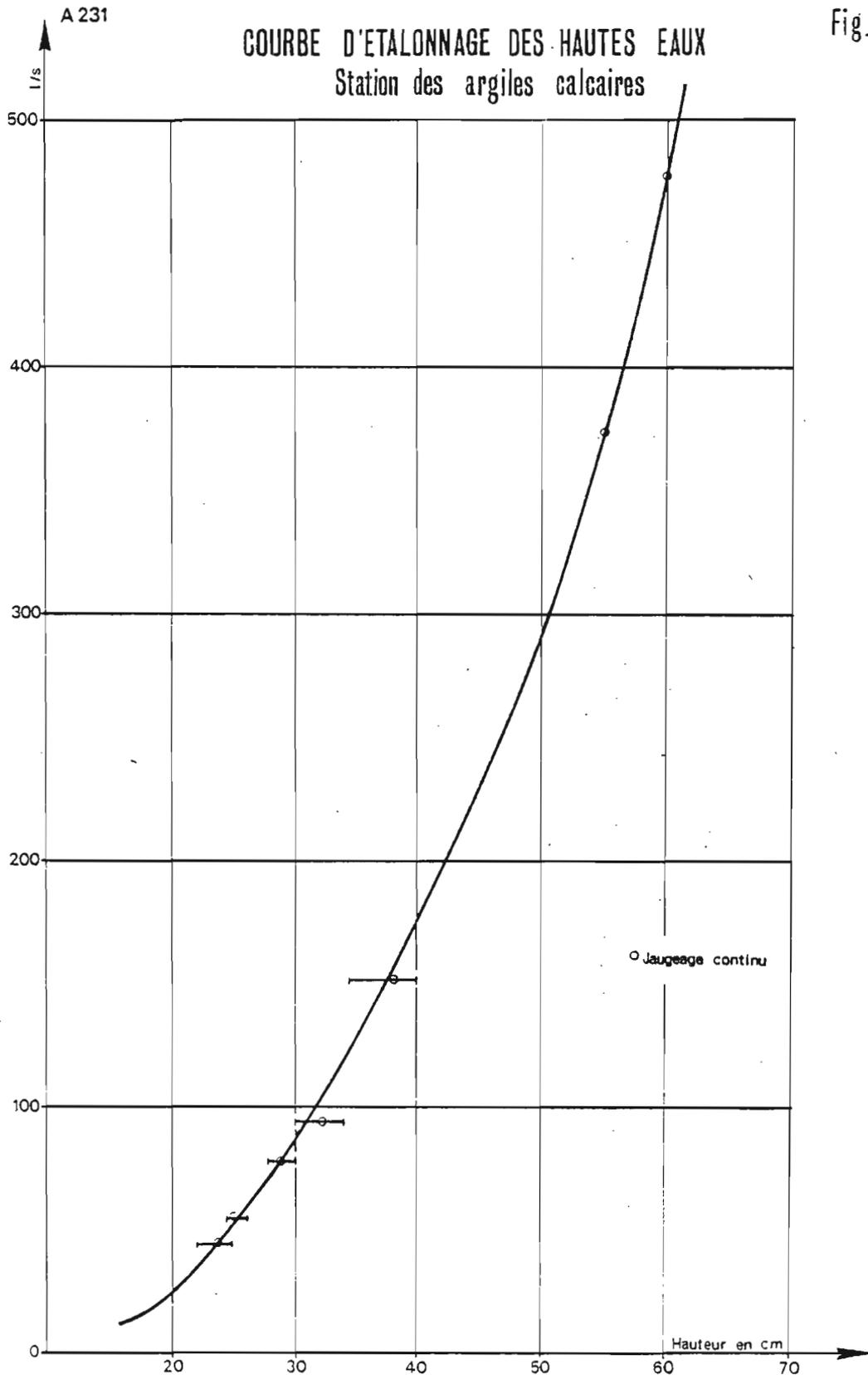
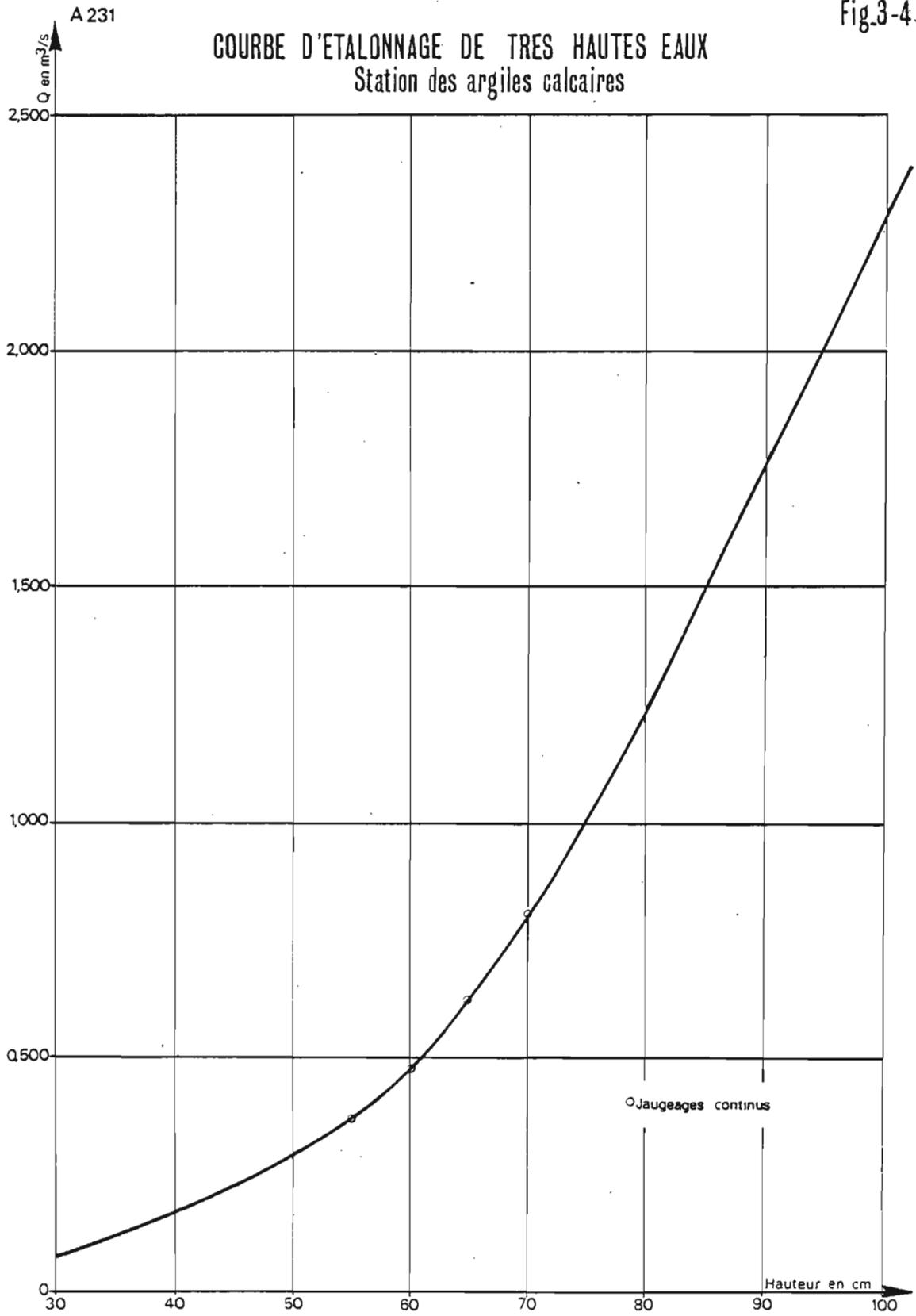


Fig.3-4.



TUN 21310



#### 4. Etalonnage de la station du bassin versant dit "des Eucalyptus"

##### Historique de la station :

La seule modification intervenue à cette station est la construction d'un étranglement à l'entrée du canal le 10 Février 1975. L'échelle n'a pas été modifiée. L'allongement du canal triangulaire en Décembre 1974 n'a pas entraîné de modifications de la relation hauteur-débit.

##### Sections de contrôle des échelles :

De la côte  $H = 011,5$  cm à l'échelle (débit nul) à la côte  $H = 027$  cm, le niveau d'eau à l'échelle est contrôlé par le fond horizontal du canal et l'étranglement.

De la côte  $H = 027$  cm à une cote voisine  $H = 070$  cm, le niveau d'eau à l'échelle est contrôlé par le canal triangulaire.

Au-delà de  $H = 070$  cm, la section de contrôle des échelles est constituée par l'ensemble du canal rectangulaire et du seuil déversant rectangulaire.

##### Etalonnages :

3 jaugeages exécutés avant la construction de l'étranglement permettraient éventuellement de modifier la courbe d'étalonnage établie au cours des années 1975 et 1976.

Au cours de la saison 1974 - 1975, une série de 32 mesures de débit a été réalisée. Elle permet d'extraire 25 valeurs de débit comprises entre 0,39 et 68,6 litre par seconde, valeurs entachées d'erreurs importantes ( $\pm 20$  %).

Au cours de la saison 1975 - 1976, une série de 10 mesures plus précises de débit pour des valeurs de 8,2 à 243 l/s permet d'extrapoler la courbe d'étalonnage grâce aux dépouillements des mesures par la méthode des jaugeages continus.

L'ensemble de ces jaugeages précisent la courbe d'étalonnage entre la cote 013 et 061,5 cm. Au-delà de cette cote, il est nécessaire de tenir compte de la mise en vitesse de l'eau à l'entrée profilée du canal rectangulaire de base et d'évaluer le débit de débordement sur le seuil rectangulaire supérieur.

Nous considérons que ce second canal joue le rôle d'un déversoir à seuil épais à partir de la cote 061,5 cm.

Du fait des approximations faites sur les évaluations des débits, l'erreur que l'on commet ne devrait toutefois pas dépasser 15 % pour les débits de crue.

Résultats obtenus à partir des jaugeages faits en continu :

Hauteurs en cm	Débit en litre par seconde
050	178
055	219
060	262
065	308

L'extrapolation de la courbe de tarage a été réalisée en tenant compte de l'extrapolation de la courbe de tarage du canal et de l'écoulement, déduit de la formule à seuil épais, pour la partie restante du seuil déversant ( $l = 2,14$  m). Ci-après les résultats obtenus :

Hauteurs en cm	Débit en litre par seconde
066,5	352
071,5	460
076,5	593
081,5	737
086,5	895
091,5	1068

Rappelons que la cote maximale de 75 cm a été atteinte en 1975 par les eaux et que la cote maximale jaugeée a été de 62 cm.

Les graphiques 4.2 - 4.3 - 4.4 - présentent les courbes de tarage de très hautes eaux, de hautes eaux et de moyennes eaux obtenues soit par détermination soit par jaugeages au moulinet (voir tableau).

Les jaugeages effectués à la capacité permettent de tracer deux courbes d'étalonnages ETAL 1 et ETAL 2, la première valable pour la période Juillet 1974 - 10 Février 1975, la seconde étant valable depuis cette dernière date (graphique 4.2).

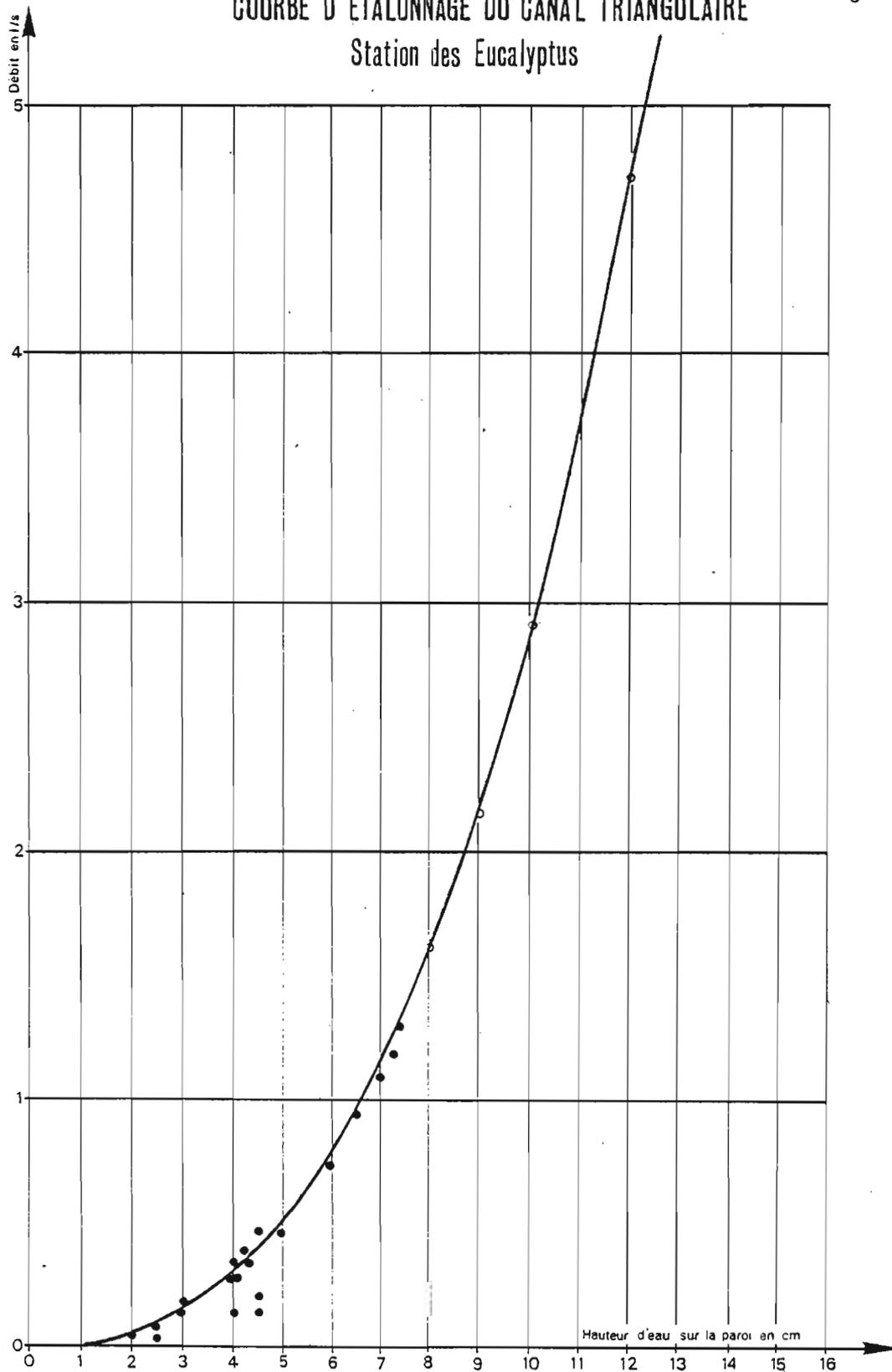
Notons que du fait de la faible sensibilité de la station en basses eaux, la dispersion des points mesurés est assez importante.

Par ailleurs, une petite réglotte placée sur la paroi du canal triangulaire et lue à chaque jaugeage à la capacité nous a permis d'étalonner ce canal. La sensibilité de cette micro-station est excellente (graphique 4.1). Malheureusement il n'y a eu à cette station aucune mesure de niveau en dehors des jaugeages et la dispersion des mesures est relativement élevée.

A 231

Fig-4-1

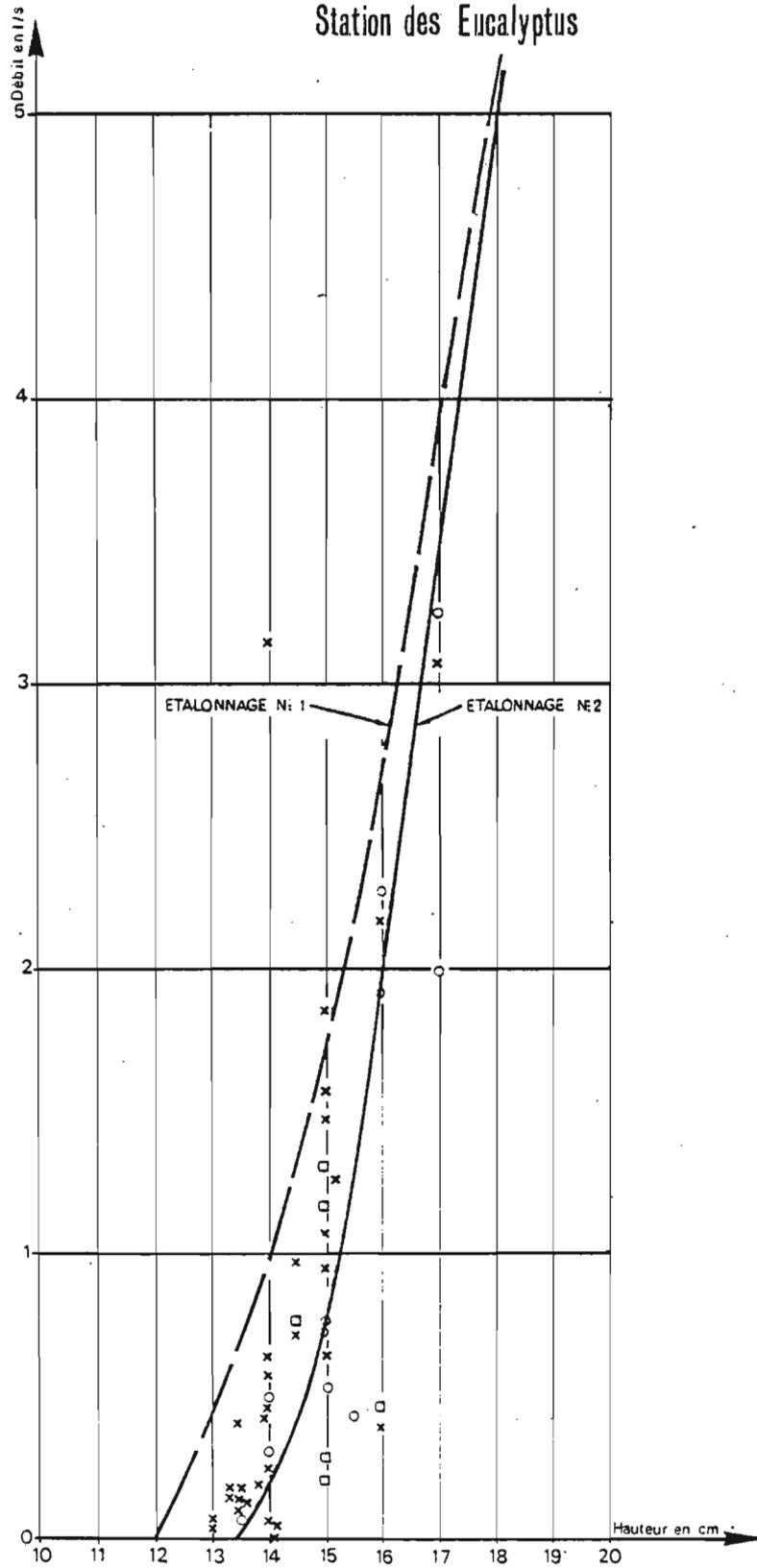
### COURBE D'ETALONNAGE DU CANAL TRIANGULAIRE Station des Eucalyptus



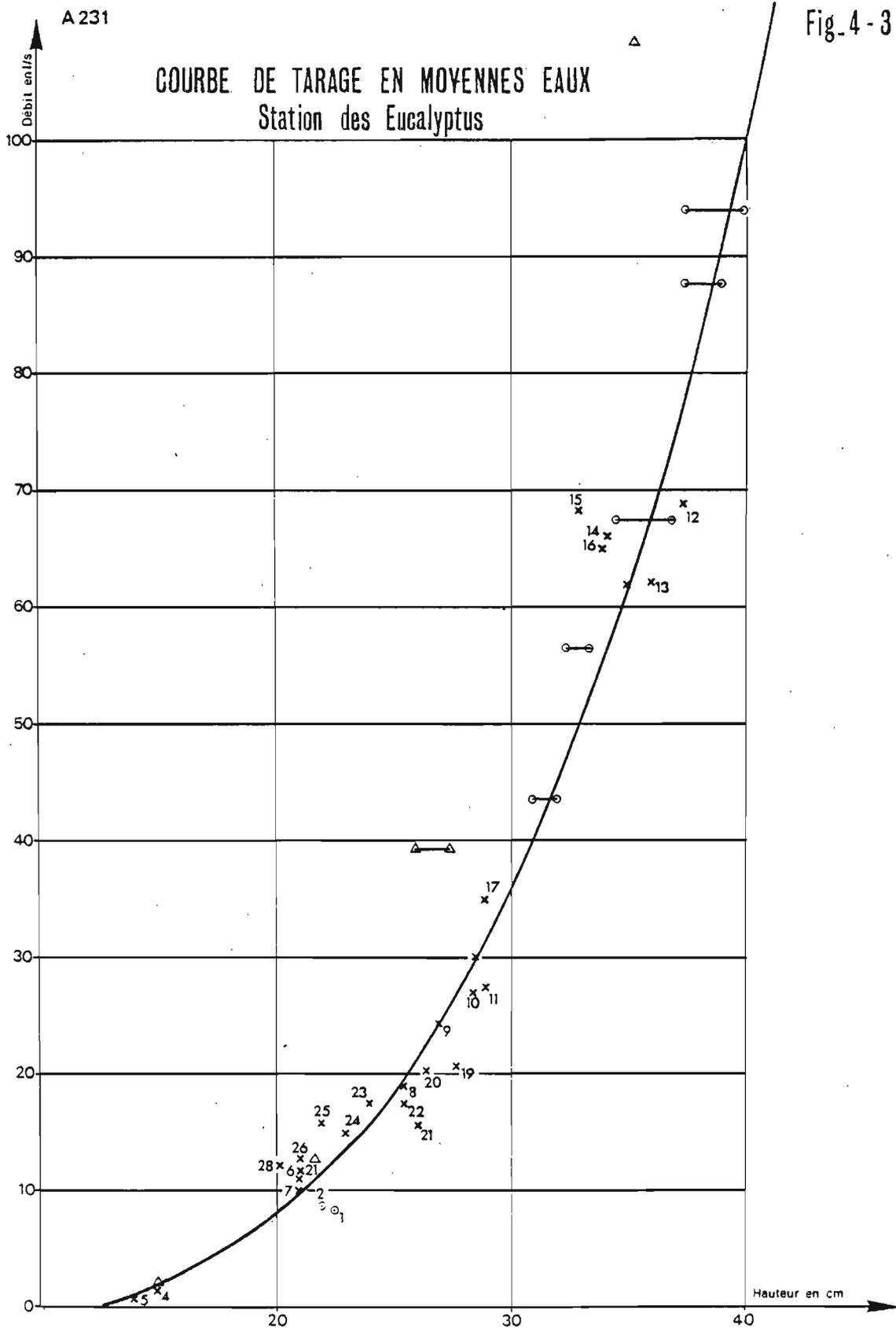
A231

### COURBE DE TARAGE EN BASSES EAUX Station des Eucalyptus

Fig-4-2



TUN 21312

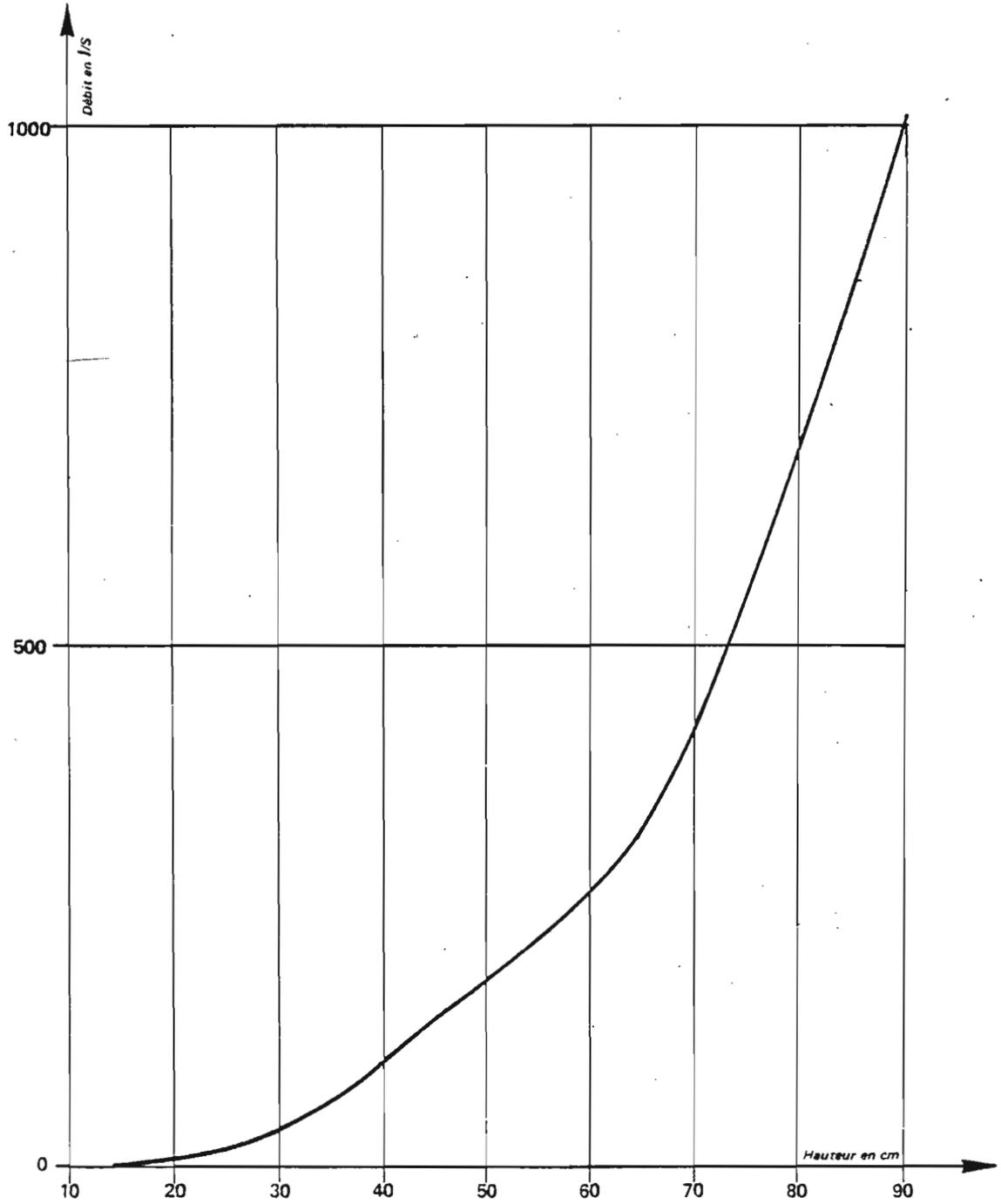


TUN 21313

COURBE DE TARAGE DES HAUTES EAUX

Fig\_4-4

Station des EUCALYPTUS



HYDROMETRIE

ANNEXE 2.3.3.

TABLEAUX DES DEBITS MOYENS JOURNALIERS



ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359021

ANNEE 1973

AVAL DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1											.001	.000
2											.001	.000
3											.002	.124
4										.000	.001	.024
5										.000	.001	.006
6										.000	.000	.003
7										.000	.000	.002
8										.000	.000	.002
9										.000	.000	.001
10										.000	.000	.001
11										.000	.000	.001
12										.000	.000	.000
13										.000	.001	.385
14										.000	.001	.193
15										.000	.002	.038
16										.000	.002	.012
17										.000	.001	.006
18										.000	.001	.007
19										.000	.000	.006
20										.000	.000	.003
21										.000	.000	.002
22										.000	.000	.007
23										.000	.000	.003
24										.000	.000	.002
25										.027	.000	.000
26										2.65	.000	.000
27										.645	.001	
28										.129	.000	
29										.012	.000	.001
30										.006	.000	.000
31										.003		.000
MOY.											.000	
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 13.4 M3/S, LE PREMIER, LE : 26.10 A 19h08												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : 000 M3/S, LE DERNIER, LE : 31.12 A 24H00												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359021

ANNEE 1974

AVAL DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.026	.000	.074	.373	.003	.002	.000	.000	.000	.000	.041	.001
2	.127	.000	.035	.071	.002	.001	.000	.000	.000	.000	.005	.002
3	.016	.000	.021	.015	.002	.001	.000	.000	.000	.000	.002	.002
4	.006	.000	.070	.009	.002	.001	.000	.000	.000	.000	.001	.002
5	.003	.108	.750	.087	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.002
6	.002	.052	.921	.306	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.243	.002
7	.001	.205	.427	.052	.004	.000	.000	.000	.000	.000	2.97	.002
8	.001	.050	.117	.018	.018	.000	.000	.000	.000	.000	2.70	.002
9	.000	.017	.242	.009	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.413	.002
10	.108	.009	.099	.007	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.072	.002
11	.027	.006	.041	.004	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.025	.004
12	.008	.004	.084	.005	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.014	.206
13	.004	.003	.057	.027	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.008	.997
14	.002	2.41	.030	.032	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.759
15	.002	.834	.021	.039	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.005	.130
16	.002	.139	.016	.017	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.004	.040
17	.002	.746	.012	.175	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.002	.020
18	.002	.242	.009	.459	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.012
19	.003	.061	.006	.112	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.008
20	.002	.025	.005	.029	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.006
21	.002	.013	.004	.017	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.005
22	.001	.046	.003	.011	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.003
23	.001	2.38	.003	.007	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.002
24	.001	2.15	.003	.005	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.002
25	.001	1.10	.003	.156	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.002
26	.001	2.29	.002	.025	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.002
27	.001	.941	.002	.009	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.002
28	.012	.215	.002	.005	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.002
29	.003		.002	.005	.002	.000	.000	.000	.000	.036	.001	.002
30	.002		.004	.004	.002	.000	.000	.000	.000	.009	.001	.002
31	.001		.153		.002		.000	.000		.124		.002
MOY	.012	.501	.104	.070	.003	.000	.000	.000	.000	.005	.217	.072
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 11.6 M3/S, LE PREMIER, LE : 23.02 A 06H00												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 M3/S, LE DERNIER, LE : 05.11 A 16H15												
DEBIT MOYEN ANNUEL : .079 M3/S												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359021

ANNEE 1975

AVAL DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.002	.002	.025	.096	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.02
2	.002	.002	.017	.131	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.003	
3	.001	.002	.012	.031	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.089	.334
4	.001	2.66	.011	.015	.002	.000	.000	.000	.000	.000	1.71	.098
5	.001	2.07	.009	.009	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.506	.048
6	.001	.361	.008	.008	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.037	.032
7	.001	.092	.007	.007	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.023	.025
8	.001	.039	.007	.005	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.024	.018
9	.001	.023	.091	.003	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.010	.012
10	.001	.017	.453	.002	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.005	.010
11	.001	.012	.070	.002	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.003	.008
12	.001	.228	.025	.002	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.008
13	.001	1.35	.012	.002	.009	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.008
14	.001	.303	.107	.002	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.008
15	.001	.089	.266	.002	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.007
16	.001	.917	.151	.002	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.007
17	.001	4.58	.066	.002	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.007
18	.001	.931	.032	.002	.001	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.007
19	.002	.266	.019	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.044	.000	.007
20	.455	.095	.092	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.129	1.38	.009
21	.564	.042	.114	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.004	7.54	.095
22	.393	.028	.150	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.002	2.12	.074
23	.056	.037	.171	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.002	.824	.029
24	.035	.022	1.62	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.153	.018
25	.014	.111	.747	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.042	.014
26	.010	.313	.170	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.024	.232
27	.008	.145	.071	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.015	.070
28	.006	.045	.039	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	2.52	.023
29	.005		.024	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.35	.013
30	.004		.016	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.262	.009
31	.003		.012		.000		.000	.000		.000		.008
MOY	.051	.528	.149	.011	.001	.000	.000	.000	.000	.006	.638	
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 23.1 M3/S, LE PREMIER, LE : 21.11 A 17H15												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 M3/S, LE DERNIER, LE : 20.11 A 03H40												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359021

ANNEE 1976

AVAL DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.007	.056	.024	.012	.007	.005	.001	.000	.000	.000	.021	.141
2	.007	.799	.021	.010	.007	.005	.001	.000	.000	.000	.021	.044
3	.007	.462	.018	.009	.007	.005	.001	.000	.000	.000	.011	.289
4	.007	.109	.016	.007	.006	.004	.000	.000	.000	.000	.346	1.38
5	.007	.050	.013	.005	.005	.004	.000	.000	.000	.000	.413	.229
6	.007	.038	.011	.005	.005	.004	.000	.000	.000	.000	.073	.188
7	.012	.195	.009	.005	.004	.004	.000	.000	.000	.000	.028	.056
8	.014	.103	.006	.005	.003	.004	.000	.000	.000	.000	.016	.028
9	.041	.036	.004	.005	.003	.004	.000	.000	.000	.000	.013	.017
10	.018	.026	.004	.005	.002	.004	.000	.000	.000	.000	.013	.012
11	.011	.178	.005	.015	.002	.004	.000	.000	.000	.000	.015	.008
12	.008	.585	.005	.020	.003	.004	.000	.000	.000	.000	.016	.005
13	.008	.449	.007	.012	.003	.004	.000	.000	.000	.180	.018	.018
14	.007	.109	1.03	.012	.004	.004	.000	.000	.000	.050	.497	.018
15	.006	.188	.560	.013	.004	.004	.000	.000	.000	.002	.099	.012
16	.006	1.92	.148	.015	.149	.004	.000	.000	.000	.001	.025	.012
17	.005	.279	2.15	.016	.177	.004	.000	.000	.000	.199	.718	.012
18	.653	.097	.528	.015	.017	.005	.000	.000	.000	.043	4.40	.011
19	.134	.075	.151	.017	.010	.005	.000	.000	.000	.134	1.24	.011
20	.057	.058	.062	.026	.009	.005	.000	.000	.000	.046	1.97	.011
21	.061	.052	.034	.095	.008	.004	.000	.000	.000	.947	1.11	.010
22	.022	.048	.037	.028	.007	.004	.000	.000	.000	.052	3.33	3.16
23	.016	.039	.105	.011	.007	.004	.000	.000	.000	.011	1.19	.508
24	.011	.294	.189	.008	.007	.003	.000	.000	.000	.007	.282	.286
25	.010	.181	.048	.007	.006	.003	.000	.000	.000	.006	.157	.126
26	.253	.112	.033	.007	.006	.003	.000	.000	.000	.104	.078	.685
27	1.38	.092	.040	.007	.006	.002	.000	.000	.000	.254	.037	.448
28	1.71	.047	.28	.007	.006	.002	.000	.000	.000	.025	.021	.115
29	1.55	.031	.017	.007	.005	.002	.000	.000	.000	.012	.017	.035
30	.296		.015	.007	.005	.001	.000	.000	.000	.008	.478	.023
31	.094		.014		.005		.000	.000		.008		.021
MOY	.208	.231	.172	.014	.016	.004	.000	.000	.000	.067	.555	.256
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 12.7 M3/S, LE PREMIER, LE : 18.11 A 16H50												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 M3/S, LE DERNIER, LE : 17.10 A 09H20												
DEBIT MOYEN ANNUEL : .126 M3/S												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359021

ANNEE 1977

AVAL DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.018	.005	.003	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
2	.015	.003	.003	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.007
3	.012	.021	.003	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.002
4	.012	.016	.003	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.001
5	.012	.014	.002	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
6	.012	.011	.002	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
7	.030	.009	.002	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
8	.166	.007	.002	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
9	1.55	.004	.002	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
10	.370	.002	.002	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.018
11	.095	.002	.002	.004	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.003
12	.382	.002	.002	.010	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
13	1.37	.426	.002	.010	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
14	.411	.124	.002	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
15	.150	.072	.002	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
16	.202	.025	.002	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
17	.168	.009	.002	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
18	.058	.005	.002	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
19	.032	.005	.002	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
20	.024	.005	.002	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
21	.018	.004	.002	.018	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
22	.013	.004	.002	.014	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
23	.059	.004	.002	.012	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
24	.045	.004	.002	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.016	.000
25	.035	.004	.002	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.009	.000
26	.018	.004	.002	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.028	.000
27	.015	.003	.002	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.016	.000
28	.013	.003	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.004	.000
29	.011		.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.000
30	.009		.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
31	.007		.002		.000		.000	.000		.000		.000
MOY	.172	.028	.002	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.002	.001
<p>DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 4.48 M3/S, LE PREMIER, LE : 09.01 A 03H28</p> <p>DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 M3/S, LE DERNIER, LE : 31.12 A 24H00</p> <p style="text-align: center;">DEBIT MOYEN ANNUEL : .018 M3/S</p>												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359021

ANNEE 1978

AVAL DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.000	1.21	.003	2.33	.003	.000	.000	.000				
2	.000	.467	.268	1.86	.062	.000	.000	.000				
3	.000	.106	.035	1.15	.009	.000	.000	.000				
4	.000	.473	.018	.386	.001	.000	.000	.000				
5	.000	.113	.013	.126	.000	.000	.000	.000				
6	.000	.048	.010	.082	.000	.000	.000	.000				
7	.000	.312	.024	.178	.000	.000	.000	.000				
8	.000	.776	.228	.089	.000	.000	.000	.000				
9	.000	.257	.088	.426	.000	.000	.000	.000				
10	.000	.061	.032	.104	.000	.000	.000	.000				
11	.000	.027	.013	.037	.000	.000	.000	.000				
12	.000	.019	.009	.020	.000	.000	.000	.000				
13	.000	.208	.007	.017	.000	.000	.000	.000				
14	.000	2.02	.006	.009	.000	.000	.000	.000				
15	.000	.917	.006	.020	.000	.000	.000	.000				
16	.000	.218	.005	.022	.000	.000	.000	.000				
17	.000	.068	.004	.008	.000	.000	.000	.000				
18	.000	.032	.004	.005	.000	.000	.000	.000				
19	.031	.020	.003	.003	.000	.000	.000	.000				
20	.011	.015	.003	.002	.000	.000	.000	.000				
21	.325	.006	.002	.002	.000	.000	.000	.000				
22	.072	.004	.002	.002	.000	.000	.000	.000				
23	.389	.003	.002	.002	.000	.000	.000	.000				
24	.029	.002	.002		.000	.000	.000	.000				
25	.011	.002	.002		.000	.000	.000	.000				
26	.004	.002	.002	.006	.000	.000	.000	.000				
27	.002	.002	.002	.003	.000	.000	.000	.000				
28	.001	.002	.002	.002	.000	.000	.000	.000				
29	.003		.002	.002	.000	.000	.000	.000				
30	.778		.003	.002	.000	.000	.000	.000				
31	1.09		.197		.000		.000	.000				
MOY	.089	.264	.032		.002	.000	.000	.000				
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 12.3 M3/S, LE PREMIER, LE : 01.04 A 19H45												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 M3/S, LE DERNIER, LE : 01.09 A 01H00												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359022

ANNEE 1973

AMONT DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1									.000	.000	.006	.000
2									.000	.000	.006	.000
3									.000	.000	.006	.036
4									.000	.000	.004	.008
5									.000	.000	.003	.003
6									.000	.000	.003	.004
7									.000	.000	.003	.004
8									.000	.000	.003	.004
9									.000	.000	.003	.004
10									.000	.000	.003	.004
11									.000	.000	.003	.004
12									.000	.000	.000	.004
13									.000	.000	.000	.081
14									.000	.000	.000	.056
15									.000	.000	.000	.020
16									.000	.000	.000	.010
17									.000	.000	.000	.008
18									.000	.000	.000	.008
19									.000	.000	.000	.006
20									.000	.000	.000	.004
21									.000	.000	.000	.004
22									.000	.000	.000	.004
23									.000	.000	.000	.003
24									.000	.000	.000	.003
25									.000	.013	.000	.003
26									.000	.632	.000	.001
27									.000	.129	.002	.001
28									.000	.034	.001	.001
29									.000	.009	.001	.003
30									.000	.007	.000	.003
31										.007		.003
MOY									.000	.027	.002	.010
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 4.36 M3/S, LE PREMIER, LE : 26.10 A 16H47												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 M3/S, LE DERNIER, LE : 03.12 A 04H00												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359022

ANNEE 1974

AMONT DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.013	.003	.046	.015	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.016	.000
2	.037	.003	.028	.007	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.000
3	.010	.003	.021	.004	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.000
4	.004	.003	.036	.007	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.005	.000
5	.004	.026	.146	.024	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.005	.000
6	.003	.014	.179	.051	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.100	.000
7	.003	.039	.103	.020	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.869	.000
8	.003	.018	.051	.010	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.913	.000
9	.003	.010	.080	.007	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.156	.000
10	.033	.008	.043	.006	.004	.000	.000	.000	.000	.000	.045	.000
11	.014	.007	.026	.005	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.025	.000
12	.008	.006	.030	.004	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.013	.068
13	.007	.005	.025	.013	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.009	.248
14	.006	.574	.019	.016	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.219
15	.004	.226	.016	.014	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.061
16	.004	.058	.013	.011	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.029
17	.004	.142	.012	.064	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.016
18	.004	.070	.010	.106	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.010
19	.004	.033	.010	.046	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.009
20	.004	.021	.008	.021	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.003	.008
21	.004	.016	.008	.015	.000	.000	.000	.000	.000	.008	.000	.007
22	.004	.024	.008	.011	.000	.000	.000	.000	.000	.009	.000	.006
23	.003	.622	.006	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.005	.000	.006
24	.003	.477	.006	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.005
25	.003	.235	.006	.070	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.005
26	.003	.478	.006	.019	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.004
27	.003	.256	.004	.010	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.000	.004
28	.003	.078	.004	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.004	.000	.004
29	.003		.006	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.035	.000	.004
30	.003		.006	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.000	.004
31	.003		.009		.000		.000	.000		.045		.004
MOY	.007	.123	.031	.020	.002	.000	.000	.000	.000	.004	.074	.023
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 2.81 M3/S, LE PREMIER, LE : 23.02 A 06H45												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 M3/S, LE DERNIER, LE : 12.12 A 07H45												
DEBIT MOYEN ANNUEL : .023 M3/S												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359022

ANNEE 1975

AMONT DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.003	.003	.021	.039	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.237
2	.003	.003	.015	.046	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.004	.399
3	.003	.003	.010	.022	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.023	.102
4	.003	.580	.009	.016	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.312	.062
5	.003	.505	.008	.013	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.101	.038
6	.003	.109	.007	.011	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.023	.033
7	.003	.058	.007	.010	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.014	.030
8	.003	.052	.006	.009	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.014	.025
9	.003	.029	.054	.008	.007	.000	.000	.000	.000	.000	.019	.017
10	.003	.021	.137	.008	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.008	.013
11	.003	.020	.046	.007	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.010
12	.003	.106	.020	.007	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.005	.013
13	.003	.341	.014	.006	.014	.000	.000	.000	.000	.000	.005	.013
14	.003	.090	.036	.006	.010	.000	.000	.000	.000	.000	.004	.011
15	.003	.050	.066	.006	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.004	.010
16	.003	.246	.055	.006	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.003	.009
17	.003	.993	.035	.006	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.002	.011
18	.003	.249	.023	.006	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.010
19	.004	.084	.017	.006	.006	.000	.000	.000	.000	.007	.000	.010
20	.070	.043	.027	.006	.004	.000	.000	.000	.000	.035	.369	.016
21	.080	.029	.045	.006	.004	.000	.000	.000	.000	.005	1.92	.048
22	.076	.026	.048	.006	.044	.000	.000	.000	.000	.001	.578	.039
23	.031	.028	.058	.006	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.319	.021
24	.022	.024	.373	.006	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.155	.014
25	.014	.043	.232	.006	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.076	.007
26	.007	.071	.074	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.045	.038
27	.003	.045	.045	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.021	.029
28	.003	.027	.030	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.703	.018
29	.003		.021	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.319	.016
30	.003		.016	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.110	.014
31	.003		.018		.000		.000	.000		.000		.014
MOY	.012	.139	.051	.010	.005	.000	.000	.000	.000	.002	.172	.043
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 9.19 M3/S, LE PREMIER, LE : 21.11 A 05H10												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 M3/S, LE DERNIER, LE : 19.11 A 20H45												
DEBIT MOYEN ANNUEL : .035 M3/S												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359022

ANNEE 1976

AMONT DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.014	.031	.017	.010	.003	.008	.000	.000	.000	.000	.008	.049
2	.013	.154	.015	.010	.003	.006	.000	.000	.000	.000	.009	.026
3	.012	.100	.014	.010	.003	.005	.000	.000	.000	.000	.009	.094
4	.011	.050	.012	.010	.003	.003	.000	.000	.000	.000	.035	.309
5	.010	.033	.010	.010	.003	.003	.000	.000	.000	.000	.068	.071
6	.009	.027	.010	.010	.003	.003	.000	.000	.000	.000	.028	.053
7	.011	.049	.010	.010	.003	.003	.000	.000	.000	.000	.013	.031
8	.012	.038	.010	.010	.003	.003	.000	.000	.000	.000	.008	.021
9	.022	.023	.010	.010	.003	.002	.000	.000	.000	.000	.007	.016
10	.016	.019	.010	.010	.003	.002	.000	.000	.000	.000	.007	.013
11	.012	.058	.010	.017	.003	.001	.000	.000	.000	.000	.006	.010
12	.010	.102	.010	.012	.003	.001	.000	.000	.000	.000	.007	.010
13	.010	.089	.11	.006	.003	.000	.000	.000	.000	.014	.009	.033
14	.010	.047	.246	.004	.003	.000	.000	.000	.000	.008	.190	.020
15	.010	.059	.130	.004	.003	.000	.000	.000	.000	.001	.046	.018
16	.010	.595	.075	.003	.055	.000	.000	.000	.000	.002	.022	.016
17	.010	.101	.458	.003	.047	.001	.000	.000	.000	.027	.184	.014
18	.091	.048	.123	.003	.018	.005	.000	.000	.000	.019	1.12	.012
19	.042	.048	.058	.006	.013	.003	.000	.000	.000	.028	.422	.010
20	.033	.046	.037	.006	.011	.002	.000	.000	.000	.012	.382	.008
21	.032	.035	.026	.027	.010	.000	.000	.000	.000	.265	.236	.008
22	.019	.023	.030	.012	.010	.000	.000	.000	.000	.025	.908	.417
23	.014	.020	.040	.007	.010	.000	.000	.000	.000	.015	.334	.100
24	.013	.055	.059	.006	.009	.000	.000	.000	.000	.014	.093	.062
25	.011	.042	.030	.005	.009	.000	.000	.000	.000	.008	.066	.043
26	.064	.038	.029	.005	.009	.000	.000	.000	.000	.033	.043	.105
27	.280	.034	.023	.004	.009	.000	.000	.000	.000	.044	.034	.089
28	.403	.025	.016	.004	.009	.000	.000	.000	.000	.010	.026	.045
29	.362	.020	.012	.004	.009	.000	.000	.000	.000	.006	.019	.030
30	.084		.010	.004	.008	.000	.000	.000	.000	.006	.080	.024
31	.042		.010		.008		.000	.000		.006		.019
MOY	.054	.069	.050	.008	.009	.002	.000	.000	.000	.018	.147	.057
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 3.81 M3/S, LE PREMIER, LE : 16.02 A 02H05												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 M3/S, LE DERNIER, LE : 13.10 A 15H08												
DEBIT MOYEN ANNUEL : .034 M3/S												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359022

ANNEE 1977

AMONT DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.017	.004	.004	.004	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.003
2	.015	.004	.004	.004	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.005
3	.012	.013	.003	.004	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.003
4	.011	.016	.003	.004	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.003
5	.010	.014	.003	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.003
6	.011	.012	.003	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.002
7	.024	.010	.003	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
8	.066	.008	.003	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
9	.410	.006	.003	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
10	.105	.006	.003	.004	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.007
11	.048	.006	.003	.004	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.006
12	.104	.006	.003	.010	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.005
13	.292	.037	.003	.009	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.004
14	.088	.026	.003	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.004
15	.045	.054	.003	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.004
16	.048	.030	.003	.007	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.003
17	.038	.018	.003	.007	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.003
18	.023	.012	.003	.006	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.002
19	.018	.010	.003	.005	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.002	.000
20	.016	.008	.003	.007	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.007	.000
21	.014	.006	.003	.011	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.002	.000
22	.013	.006	.003	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.000
23	.030	.005	.003	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.004	.000
24	.031	.005	.003	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.013	.000
25	.024	.005	.003	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.006	.000
26	.019	.005	.003	.004	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.012	.000
27	.012	.004	.003	.004	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.008	.000
28	.007	.004	.003	.004	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.005	.000
29	.006		.003	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.004	.000
30	.005		.005	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.003	.000
31	.005		.005		.000		.000	.000		.000		.000
MOY	.050	.012	.003	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.002	.002
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 1.44 M3/S, LE PREMIER, LE : 09.01 A 02H00												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 M3/S, LE DERNIER, LE : 31.12 A 24H00												
DEBIT MOYEN ANNUEL : .006 M3/S												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS

SUR LE BASSIN NUMERO 48359022

ANNEE 1978

AMONT DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVÉ	DECE
1	.000	.320	.029	.992	.009	.000	.000	.000				
2	.000	.150	.130	.617	.022	.000	.000	.000				
3	.000	.042	.034	.279	.010	.000	.000	.000				
4	.000	.091	.016	.104	.005	.000	.000	.000				
5	.000	.044	.011	.058	.004	.000	.000	.000				
6	.000	.026	.011	.050	.004	.000	.000	.000				
7	.000	.076	.017	.063	.004	.000	.000	.000				
8	.000	.147	.063	.050	.004	.000	.000	.000				
9	.000	.072	.042	.096	.004	.000	.000	.000				
10	.000	.035	.026	.052	.004	.000	.000	.000				
11	.000	.017	.015	.030	.004	.000	.000	.000				
12	.000	.015	.009	.020	.004	.000	.000	.000				
13	.000	.061	.008	.016	.004	.000	.000	.000				
14	.000	.690	.008	.012	.003	.000	.000	.000				
15	.000	.253	.006	.023	.003	.000	.000	.000				
16	.000	.074	.005	.024	.003	.000	.000	.000				
17	.000	.041	.004	.011	.003	.000	.000	.000				
18	.001	.023	.004	.006	.003	.000	.000	.000				
19	.015	.013	.004	.006	.003	.000	.000	.000				
20	.007	.008	.003	.006	.001	.000	.000	.000				
21	.070	.006	.003	.005	.000	.000	.000	.000				
22	.020	.006	.003	.005	.000	.000	.000	.000				
23	.091	.006	.003	.005	.000	.000	.000	.000				
24	.011	.006	.003	.004	.000	.000	.000	.000				
25	.004	.006	.003	.009	.000	.000	.000	.000				
26	.004	.006	.003	.006	.000	.000	.000	.000				
27	.004	.005	.003	.006	.000	.000	.000	.000				
28	.003	.004	.003	.006	.000	.000	.000	.000				
29	.006		.003	.006	.000	.000	.000	.000				
30	.214		.010	.006	.000	.000	.000	.000				
31	.258		.108		.000		.000	.000				
MOY	.023	.080	.019	.086	.003	.000	.000	.000				
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 7.01 L/S, LE PREMIER, LE : 01.04 A 18H45												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 L/S, LE DERNIER, LE : 01.09 A 01H00												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359023

ANNEE 1974

DES ARGILES CALCAIRES BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1											.188	.000
2											.119	.002
3											.072	.000
4											.035	.000
5											.039	.000
6											3.55	.000
7											50.2	.000
8											45.7	.000
9										.000	4.01	.000
10										.000	.828	.000
11										.000	.150	.000
12										.000	.046	3.02
13										.000	.005	40.1
14										.000	.000	14.8
15										.000	.000	.074
16										.000	.000	.041
17										.000	.000	.031
18										.000	.000	.020
19										.000	.000	.010
20										.000	.000	.001
21										.016	.000	.000
22										.005	.000	.000
23										.000	.000	.000
24										.000	.000	.000
25										.000	.000	.743
26										.000	.000	
27										.034	.000	
28										.000	.000	.000
29										.147	.000	.000
30										.051	.000	.000
31										.681		.000
MOY											3.50	
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 440. L/S, LE PREMIER, LE : 13.12 A 12H34												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 L/S, LE DERNIER, LE : 31.12 A 24H00												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359023

ANNEE 1975 DES ARGILES CALCAIRES BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.000	.000	4.55	1.50	.027	.000	.000	.000	.000	.000	.000	79.8
2	.000	.000	4.14	.978	.025	.000	.000	.000	.000	.000	.155	66.5
3	.000	.000	3.65	.146	.033	.000	.000	.000	.000	.000	3.62	19.2
4	.000	169.	2.52	.114	.042	.000	.000	.000	.000	.000	18.6	2.76
5	.000	60.1	1.23	.112	.055	.000	.000	.000	.000	.000	7.43	.017
6	.000	3.27	.162	.112	.082	.000	.000	.000	.000	.000	.301	.013
7	.000	.032	.050	.109	.108	.000	.000	.000	.000	.000	.200	.010
8	.000	.011	.050	.095	.099	.000	.000	.000	.000	.000	.408	.008
9	.000	.008	.992	.080	.044	.000	.000	.000	.000	.000	.058	.005
10	.000	.005	10.1	.065	.004	.000	.000	.000	.000	.000	.015	.003
11	.000	.003	.911	.052	.009	.000	.000	.000	.000	.000	.011	.000
12	.000	11.8	.477	.050	.016	.000	.000	.000	.000	.000	.009	.000
13	.000	45.9	.112	.050	.177	.000	.000	.000	.000	.000	.007	.000
14	.000	1.57	.774	.050	.056	.000	.000	.000	.000	.000	.005	.000
15	.000	.245	2.69	.050	.013	.000	.000	.000	.000	.000	.003	.000
16	.000	117.	.362	.050	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.002	.000
17	.000	185.	.200	.050	.010	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
18	.000	39.2	.200	.050	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
19	7.18	3.29	.200	.050	.000	.000	.000	.000	.000	.193	27.1	.000
20	17.4	.687	1.67	.050	.000	.000	.000	.000	.000	1.37	33.2	.004
21	51.5	.267	1.69	.050	.065	.000	.000	.000	.000	.000	263.	.026
22	6.19	.200	.905	.050	.200	.000	.000	.000	.000	.000	82.7	.048
23	.016	.200	8.98	.119	.200	.000	.000	.000	.000	.000	33.9	.050
24	.002	.200	69.2	.060	.186	.000	.000	.000	.000	.000	.028	.050
25	.000	.991	17.0	.047	.116	.000	.000	.000	.000	.000	.013	.050
26	.000	9.64	1.93	.043	.022	.000	.000	.000	.000	.000	.001	5.99
27	.000	5.47	.280	.040	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.295
28	.000	4.97	.159	.037	.000	.000	.000	.000	.000	.000	116.	.079
29	.000		.121	.034	.000	.000	.000	.000	.000	.000	86.5	.043
30	.000		.083	.031	.000	.000	.000	.000	.000	.000	63.8	.004
31	.000		.182		.000		.000	.000		.000		.000
MOY	2.65	23.6	4.37	.144	.051	.000	.000	.000	.000	.050	24.6	5.64
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 2240 L/S, LE PREMIER, LE : 28.11 A 22H15												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 L/S, LE DERNIER, LE : 31.12 A 24H00												
DEBIT MOYEN ANNUEL : 4.92 L/S												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359023

ANNEE 1976 DES ARGILES CALCAIRES BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.000		.200	.200	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.60
2	.000		.184	.200	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.382
3	.000	11.6	.034	.200	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.000	14.3
4	.000	.342	.013	.187	.000	.000	.000	.000	.000	.000	4.50	51.9
5	.000	.152	.012	.216	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.498	4.46
6	.000	.122	.010	.583	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	4.05
7	.000	8.23	.009	.472	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.99
8	.000	.631	.007	.417	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.69
9	.000	.035	.006	.362	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.38
10	.000	.033	.005	.308	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.08
11	.000	3.70	.003	.253	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.779
12	.000	27.5	.002	.203	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.476
13	.000	11.4	.011	.181	.000	.000	.000	.000	.00	1.12	.015	.225
14	.000	1.08	32.7	.162	.000	.000	.000	.000	.000	.128	11.4	.373
15	.000	11.6	1.31	.144	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.014	.165
16	.000	101.		.130	.036	.000	.000	.000	.000	3.89	.000	.112
17	.000	21.7		.127	.019	.000	.000	.000	.000	1.64	27.0	.112
18	59.8	9.42	8.08	.119	.000	.000	.000	.000	.000	.061	202.	.112
19	6.74	.041	1.65	.287	.000	.000	.000	.000	.000	1.28	50.7	.112
20	.068	.024	.504	.124	.000	.000	.000	.000	.000	.021	52.0	.121
21	.034	.003	.200	.614	.000	.000	.000	.000	.000	9.10	22.2	.170
22	.002	.000	.200	.103	.000	.000	.000	.000	.000	.000	116.	193.
23	.000	.000	2.09	.016	.000	.000	.000	.000	.000	.000	18.3	13.1
24	.000	3.68	1.61	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.20	3.23
25	.000	2.52	.224	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.16	2.01
26	13.1	1.31	.297	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.63	.762	40.8
27	69.5	.796	.046	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.04	.302	11.5
28	73.8	.200	.013	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.200	2.86
29	49.6	.200	.013	.009	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.200	1.59
30			.013	.010	.000	.000	.000	.000	.000	.000	13.3	.972
31			.110		.000		.000	.000		.000		.357
MOY				.188	.002	.000	.000	.000	.000	.642	17.4	11.5
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 1450 L/S, LE PREMIER, LE : 18.11 A 19H10												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 L/S, LE DERNIER, LE : 17.11 A 08H25												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359023

ANNEE 1977 DES ARGILES CALCAIRES BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.060	.200	.079	.139	.083	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.089
2	.079	.195	.070	.106	.054	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.115
3	.098	.422	.060	.072	.025	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.050
4	.117	.200	.058	.039	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.050
5	.136	.200	.102	.008	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.050
6	.155	.200	.154	.017	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.050
7	.174	.200	.196	.049	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.050
8	10.2	.200	.200	.082	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.050
9	65.3	.200	.200	.115	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.061
10	27.5	.200	.200	.148	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.155
11	14.1	.200	.200	.179	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.112
12	21.5	.200	.200	.197	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.112
13	39.4	25.2	.200	.194	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.112
14	3.88	1.50	.196	.189	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.112
15	2.19	.828	.174	.183	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.112
16	2.76	.480	.149	.178	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.112
17	3.25	.203	.124	.172	.004	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.112
18	1.28	.180	.099	.167	.026	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.112
19	.307	.180	.073	.170	.027	.000	.000	.000	.000	.000	.305	.112
20	.200	.180	.048	.896	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.29	.112
21	.200	.177	.023	1.08	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.135	.112
22	.200	.162	.002	1.02	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.112
23	.971	.146	.002	.857	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.347	.112
24	.331	.130	.004	.690	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.225	.112
25	.200	.119	.006	.522	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.259	.112
26	.200	.109	.007	.354	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.138	.112
27	.200	.099	.009	.210	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.112	.112
28	.200	.089	.11	.169	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.112	.112
29	.200		.072	.140	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.112	.112
30	.200		.709	.112	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.112	.112
31	.200		.173		.000		.000	.000		.000		.112
MOY	6.32	1.16	.123	.282	.007	.000	.000	.000	.000	.000	.105	.099
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 590. L/S, LE PREMIER, LE : 09.01 A 02H10												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 L/S, LE DERNIER, LE : 23.11 A 04H05												
DEBIT MOYEN ANNUEL : .677 L/S												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS

SUR LE BASSIN NUMERO 48359023

ANNEE 1978

DES ARGILES CALCAIRES BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.089	34.3	.178	96.8	.420	.000	.000	.000				
2	.000	10.8	.432	60.9	1.85	.000	.000	.000				
3	.000	6.79	.073	31.2	1.10	.000	.000	.000				
4	.000	10.7	.103	7.80	.213	.000	.000	.000				
5	.000	1.40	.155	2.84	.083	.000	.000	.000				
6	.000	.923	.242	2.73	.046	.000	.000	.000				
7	.000	6.18	.578	4.96	.031	.000	.000	.000				
8	.000	20.2	3.43	2.80	.097	.000	.000	.000				
9	.000	3.92	1.55	13.5	.061	.000	.000	.000				
10	.000	1.27	.626	2.38	.028	.000	.000	.000				
11	.000	1.20	.513	.638	.089	.000	.000	.000				
12	.000	1.20	.513	.360	.031	.000	.000	.000				
13	.000	3.39	.513	.215	.087	.000	.000	.000				
14	.000	65.0	.513	.157	.112	.000	.000	.000				
15	.000	16.1	.513	.118	.112	.000	.000	.000				
16	.000	2.67	.504	.112	.091	.000	.000	.000				
17	.000	1.21	.448	.112	.008	.000	.000	.000				
18	.002	.557	.384	.112	.000	.000	.000	.000				
19	.038	.373	.320	.112	.000	.000	.000	.000				
20	.018	.241	.256	.112	.000	.000	.000	.000				
21	1.10	.127	.204	.112	.000	.000	.000	.000				
22	.109	.112	.200	.112	.000	.000	.000	.000				
23	1.25	.104	.200	.113	.000	.000	.000	.000				
24	.124	.059	.200	.234	.000	.000	.000	.000				
25	.106	.044	.200	.165	.000	.000	.000	.000				
26	.100	.038	.193	.137	.000	.000	.000	.000				
27	.094	.032	.155	.113	.000	.000	.000	.000				
28	.089	.026	.118	.104	.000	.000	.000	.000				
29	.171		.084	.061	.000	.000	.000	.000				
30	15.5		.369	.030	.000	.000	.000	.000				
31	19.7		1.19		.000		.000	.000				
MOY	1.24	6.75	.482	7.64	.144	.000	.000	.000				
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 929. L/S, LE PREMIER, LE : 01.04 A 18H10												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 L/S, LE DERNIER, LE : 01.09 A 01H00												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359024

ANNEE 1974                      DES EUCALYPTUS                      BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1										.000	.000	.000
2										.000	.000	.000
3										.000	.000	.000
4										.000	.000	.000
5										.000	.000	.000
6										.000	.000	.000
7										.000	9.23	.000
8										.000	18.5	.000
9										.000	1.34	.000
10										.000	.015	.000
11										.000	.000	.000
12										.000	.000	.000
13										.000	.000	.005
14										.000	.000	.130
15										.000	.000	.000
16										.000	.000	.007
17										.000	.000	.037
18										.000	.000	.032
19									.000	.000	.000	.003
20									.000	.000	.000	.000
21									.000	.000	.000	.000
22									.000	.000	.000	.000
23									.000	.000	.000	.000
24									.000	.000	.000	.000
25									.000	.000	.000	.000
26									.000	.000	.000	.000
27									.000	.000	.000	.000
28									.000	.000	.000	.000
29									.000	.000	.000	.000
30									.000	.000	.000	.000
31										.000		.000
MOY										.000	.970	.007
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 37.0 L/S, LE PREMIER, LE : 08.11 A 01H42												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 L/S, LE DERNIER, LE : 31.12 A 24H00												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359024

ANNEE 1975                      DES EUCALYPTUS                      BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.000	.000	.143	.651	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	9.20
2	.000	.000	.088	.715	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	26.0
3	.000	.000	.042	.327	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.157	3.88
4	.000	9.29	.037	.240	.000	.000	.000	.000	.000	.000	15.0	.430
5	.000	10.3	.037	.203	.000	.000	.000	.000	.000	.000	4.87	.063
6	.000	1.42	.037	.200	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.726	.034
7	.000	.483	.037	.200	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.060	.018
8	.000	.108	.037	.200	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.026	.003
9	.000	.019	.083	.200	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.014	.000
10	.000	.002	3.25	.164	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.012	.000
11	.000	.000	.602	.021	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.120	.000
12	.000	1.19	.200	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.255	.000
13	.000	13.2	.200	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.370	.000
14	.000	2.41	.608	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.526	.000
15	.000	.612	2.66	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.661	.000
16	.000	11.2	.791	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.796	.000
17	.000	93.2	.777	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.932	.000
18	.000	13.9	.474	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.07	.000
19	.026	2.28	.138	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.095	1.20	.000
20	.370	.495	.197	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.117	12.1	.000
21	.088	200	.841	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	152.	.250
22	.024	.192	1.04	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	36.1	.546
23	.005	.132	1.55	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	12.2	.271
24	.000	.064	16.7	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	1.72	.198
25	.000	.445	9.00	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.649	.175
26	.000	2.29	2.66	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.482	.147
27	.000	1.36	.863	.0000		.000	.000	.000	.000	.000	.225	.119
28	.000	.381	.249	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	47.5	.092
29	.000		.150	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.064
30	.000		.289	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	4.24	.036
31	.000		.470		.000		.000	.000		.000		.012
MOY	.017	5.90	1.43	.104	.000	.000	.000	.000	.000	.007		1.34
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 550. L/S, LE PREMIER, LE : 21.11 A 05H10												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 L/S, LE DERNIER, LE : 31.12 A 24H00												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359024

ANNEE 1976                      DES EUCALYPTUS                      BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.000	1.01	1.32	15.0	.461	.820	.000	.000	.000	.000	.871	4.00
2	.000	8.35	.907	10.9	.461	.820	.000	.000	.000	.000	1.00	1.12
3	.000	7.59	.723	6.91	.453	.820	.000	.000	.000	.000	1.16	3.86
4	.001	3.63	.607	2.87	.418	.820	.000	.000	.000	.000	5.85	23.8
5	.008	2.26	.491	.254	.382	.820	.000	.000	.000	.000	9.74	4.75
6	.015	1.60	.375	.200	.345	.820	.000	.000	.000	.000	4.22	3.06
7	.022	2.36	.260	.200	.308	.806	.000	.000	.000	.000	1.82	.770
8	.030	2.00	.144	.200	.272	.739	.000	.000	.000	.000	.918	.820
9	.035	1.34	.056	.200	.235	.667	.000	.000	.000	.000	.820	.820
10	.030	.681	.092	.341	.204	.595	.000	.000	.000	.000	.820	.820
11	.022	1.62	.144	1.12	.200	.523	.000	.000	.000	.000	.820	.820
12	.015	3.90	.187	1.75	.200	.451	.000	.000	.000	.000	.820	.820
13	.008	3.48	.155	1.32	.200	.379	.000	.000	.000	.855	.820	2.62
14	.001	1.08	14.8	.866	.200	.307	.000	.000	.000	.261	19.0	3.16
15	.000	2.07	11.3	.820	.200	.235	.000	.000	.000	.016	7.39	1.08
16	.000	54.3	5.42	.820	17.8	.163	.000	.000	.000	.000	3.02	.326
17	.000	10.2	39.0	.820	15.4	.092	.000	.000	.000	.839	16.8	.200
18	1.56	5.92	11.9	.820	5.28	.581	.000	.000	.000	.694	120.	.200
19	.941	2.87	4.68	1.01	2.62	1.48	.000	.000	.000	3.46	33.5	.200
20	.516	2.13	2.39	1.81	1.85	.211	.000	.000	.000	.611	34.7	.200
21	.281	1.68	1.41	7.81	1.75	.075	.000	.000	.000	35.7	18.8	.200
22	.078	1.24	1.06	3.75	1.66	.003	.000	.000	.000	3.54	76.3	29.9
23	.037	.863	2.75	1.52	1.57	.000	.000	.000	.000	1.05	20.6	9.76
24	.037	4.56	5.68	.857	1.47	.000	.000	.000	.000	.777	5.51	5.81
25	.037	5.19	3.02	.636	1.38	.000	.000	.000	.000	.753	6.00	3.45
26	1.56	4.57	2.45	.481	1.28	.000	.000	.000	.000	1.96	3.35	6.89
27	13.0	2.78	1.88	.461	1.19	.000	.000	.000	.000	7.40	1.48	8.31
28	20.5	2.17	1.31	.461	1.09	.000	.000	.000	.000	1.93	.820	3.28
29	24.4	1.74	.858	.461	1.00	.000	.000	.000	.000	1.61	.820	1.50
30	2.65		3.08	.461	.905	.000	.000	.000	.000	1.34	6.22	.782
31	1.01		15.5		.828		.000	.000		1.06		.414
MOY	2.15	4.94	4.32	2.17	1.99	.407	.000	.000	.000	2.06	13.5	4.00
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 383. L/S, LE PREMIER, LE : 18.11 A 16H31												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 L/S, LE DERNIER, LE : 17.10 A 10H00												
DEBIT MOYEN ANNUEL : 2.94 L/S												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359024

ANNEE 1977                      DES EUCALYPTUS                      BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	1.14	.212	.062	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
2	.781	.206	.049	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
3	.442	.201	.037	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
4	.224	.200	.025	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
5	.220	.200	.012	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
6	.336	.200	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
7	.545	.200	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
8	2.00	.200	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
9	17.5	.200	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
10	8.57	.200	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
11	3.88	.174	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
12	4.40	.916	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
13	24.7	2.81	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
14	10.4	2.88	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
15	5.08	2.35	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
16	5.37	1.34	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
17	3.32	.550	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
18	1.80	.217	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
19	.737	.186	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
20	.245	.174	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
21	.113	.161	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
22	.047	.149	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
23	.931	.136	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
24	1.91	.124	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
25	1.29	.112	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
26	.739	.099	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
27	.276	.087	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
28	.237	.074	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
29	.231		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
30	.225		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
31	.218		.000		.000		.000	.000		.000		.000
MOY	3.16	.520	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 47.9 L/S, LE PREMIER, LE : 13.02 A 03H11												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 L/S, LE DERNIER, LE : 31.12 A 24H00												
DEBIT MOYEN ANNUEL : .309 L/S												

ANNEXE 2.3.3.

DEBITS MOYENS JOURNALIERS  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359024

ANNEE 1978                      DES EUCALYPTUS                      BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.000	4.19	.000	40.6	.108	.000	.000	.000				
2	.000	2.85	.183	35.2	.333	.000	.000	.000				
3	.000	.201	.200	18.0	.162	.000	.000	.000				
4	.000	.498	.200	6.81	.008	.000	.000	.000				
5	.000	.629	.200	2.52	.000	.000	.000	.000				
6	.000	.265	.269	1.52	.000	.000	.000	.000				
7	.000	.768	3.25	3.07	.000	.000	.000	.000				
8	.000	5.00	7.04	1.92	.000	.000	.000	.000				
9	.000	3.35	6.31	6.34	.000	.000	.000	.000				
10	.000	.587	1.24	3.69	.000	.000	.000	.000				
11	.000	.040	.314	1.30	.000	.000	.000	.000				
12	.000	.030	.168	.525	.000	.000	.000	.000				
13	.000	.456	.048	.429	.000	.000	.000	.000				
14	.000	40.3	.037	.152	.000	.000	.000	.000				
15	.000	16.0	.037	.405	.000	.000	.000	.000				
16	.000	1.74	.037	.461	.000	.000	.000	.000				
17	.000	.806	.037	.461	.000	.000	.000	.000				
18	.000	.676	.037	.461	.000	.000	.000	.000				
19	.000	.450	.031	.461	.000	.000	.000	.000				
20	.000	.231	.000	.461	.000	.000	.000	.000				
21	.322	.200	.000	.461	.000	.000	.000	.000				
22	.088	.200	.000	.461	.000	.000	.000	.000				
23	.537	.100	.000	.461	.000	.000	.000	.000				
24	.034	.000	.000	.461	.000	.000	.000	.000				
25	.000	.000	.000	.461	.000	.000	.000	.000				
26	.000	.000	.000	.461	.000	.000	.000	.000				
27	.000	.000	.000	.461	.000	.000	.000	.000				
28	.000	.000	.000	.238	.000	.000	.000	.000				
29	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000				
30	.920		.012	.001	.000	.000	.000	.000				
31	1.65		1.21		.000		.000	.000				
MOY	.114	2.84	.673	4.28	.020	.000	.000	.000				
DEBIT MAXIMAL INSTANTANE OBSERVE : 247. L/S, LE PREMIER, LE : 01.04 A 18H20												
DEBIT MINIMAL INSTANTANE OBSERVE : .000 L/S, LE DERNIER, LE : 01.09 A 01H00												

HYDROMETRIE

ANNEXE 2.3.4.

TABLEAUX DES CARACTERISTIQUES DES CRUES



ANNEXE 2.3.4.

B.V.N. BASSIN AVAL

Tableaux des Crues

CODE	MOIS JOUR	HEURE DEBUT	LR mm	TB mm	QMAX RUIS. m3/s	QMAX TOT m3/s	qs m3/s/km2
<u>ANNEE : 1973</u>							
O3	10 25	19H57	0,06	118	0,32	0,33	0,023
O3	10 25	22H00	0,30	340	0,40	0,62	0,044
O3	10 26	4H04	0,61	546	0,61	1,89	0,136
O3	10 26	13H16	9,59	614	12,1	13,3	0,956
O3	10 27	19H16	2,1	954	3,36	3,44	0,247
D3	12 13	6H10	2,62	1690	0,856	0,926	0,066
<u>ANNEE : 1974</u>							
F4	02 7	6H00	0,91	790	0,746	0,784	0,056
F4	02 14	8H00	5,83	660	7,35	8,87	0,638
F4	02 14	19H10	3,3	530	4,3	6,4	0,460
F4	02 17	9H32	2,26	641	2,48	2,91	0,209
F4	02 22	17H33	0,21	577	0,35	0,39	0,028
F4	02 23	3H30	12,5	1150	11,5	11,6	0,83
F4	02 23	22H50	1,13	550	1,63	2,24	0,161
F4	02 24	9H17	4,57	533	4,7	5,98	0,430
F4	02 24	18H15	0,99	285	2,03	3,67	0,264
F4	02 25	14H50	1,24	450	1,59	2,42	0,174
F4	02 26	3H40	1,00	190	2,9	4,60	0,330
F4	02 26	6H56	1,07	184	3,05	5,38	0,387
F4	02 26	16H55	2,67	395	3,84	5,19	0,373
M4	03 5	0H26	1,80	1204	2,97	3,56	0,236
M4	03 6	10H22	2,04	1013	0,965	1,544	0,111
M4	03 9	3H50	0,89	1275	0,447	0,533	0,038
M4	03 31	13H34	0,93	948	1,14	1,14	0,082
A4	04 1	12H20	1,01	658	1,66	1,89	0,136
A4	04 17	10H22	0,43	678	0,43	0,52	0,037
A4	04 17	22H05	0,61	682	0,417	0,640	0,046
O4	10 31	11H30	0,81	1190	0,535	0,550	0,039
N4	11 6	13H40	1,28	600	1,7	1,74	0,125
N4	11 7	2H22	6,74	788	5,18	5,62	0,404
N4	11 7	16H00	15,9	1870	6,42	7,6	0,547
D4	12 12	6H27	1,11	1333	0,858	0,907	0,065
D4	12 13	8H26	4,60	1022	3,25	3,51	0,252
D4	12 14	5H54	1,54	491	1,9	2,42	0,158
<u>ANNEE : 1975</u>							
J5	1 19	23H36	2,5	1679	1,8	1,89	0,135
J5	1 21	15H23	4,75	1513	4,58	4,65	0,334
F5	2 4	5H10	24,5	2480	9,18	9,42	0,677
F5	2 12	16H35	7,4	1651	3,5	3,73	0,268
F5	2 16	12H65	32,1	2925	14,0	14,0	1,00
F5	2 26	5H23	1,21	1342	0,63	0,786	0,057

ANNEXE 2.3.4.

B.V.N. BASSIN AVAL

Tableaux des Crues

CODE	MOIS	JOUR	HEURE DEBUT	LR mm	TB mm	QMAX RUIS m3/s	QMAX TOT. m3/s	Qs m3/s/km2
<u>ANNEE : 1975 (suite)</u>								
M5	03	09	8H30	2,73	2385	1,07	1,147	0,085
M5	03	14	23H10	0,81	685	0,82	0,92	0,066
M5	03	22	11H10	1,21	1760	0,391	0,439	0,031
M5	03	23	22H30	6,29	1200	5,19	5,53	,397
M5	03	24	21H10	0,99	440	1,42	2,2	,158
N5	11	03	20H55	12,6	1535	6,5	6,56	0,471
N5	11	05	0H15	1,04	485	1,44	1,66	,119
N5	11	20	3H40	2,92	515	4,58	4,70	0,338
N5	11	20	16H50	3,81	480	5,48	6,93	0,498
N5	11	21	0H50	13,8	745	20,03	21,9	1,57
N5	11	21	13H15	21,3	905	21,2	23,1	1,66
N5	11	22	10H55	2,13	485	3,86	5,64	0,405
N5	11	23	0H50	0,98	470	1,33	2,26	,162
N5	11	28	2H50	10,1	880	10,4	10,55	0,755
N5	11	28	21H30	5,76	735	7,9	8,65	0,622
D5	12	01	13H45	1,5	325	2,7	3,56	0,256
<u>ANNEE : 1976</u>								
J6	01	18	8H35	3,7	1035	2,9	2,93	0,210
J6	01	26	14H30	5,4	1380	3,3	3,7	0,266
J6	01	27	19H00	3,1	980	1,83	2,48	0,178
J6	01	28	13H00	0,6	405	0,74	1,97	0,147
J6	01	28	19H45	5,0	1035	2,65	3,99	0,287
F6	02	02	3H10	4,85	2030	1,307	1,52	0,109
F6	02	07	11H38	0,93	1072	0,563	0,625	0,045
F6	02	12	12H20	1,89	560	1,67	1,97	0,147
F6	02	16	0H55	4,59	335	9,49	10,46	0,752
F6	02	16	6H30	1,18	630	1,00	2,62	0,188
F6	02	24	5H50	0,98	550	0,99	1,07	0,077
M6	03	14	9H00	5,75	1260	3,6	3,99	0,287
M6	03	16	22H30	3,86	635	3,03	3,73	0,267
M6	03	17	11H45	2,43	450	3,88	5,30	0,381
O6	10	13	20H10	1,24	660	2,5	2,51	0,180
O6	10	21	4H40	4,7	870	5,55	5,70	0,410
O6	10	26	20H20	1,5	765	1,44	1,50	0,107
N6	11	04	16H25	3,19	1905	1,45	1,58	0,113
N6	11	14	6H30	2,6	1155	3,0	3,100	0,223
N6	11	17	8H50	2,76	1070	1,3	2,18	0,166
N6	11	18	2H40	2,88	410	3,58	4,77	0,338
N6	11	18	9H30	1,34	285	2,47	3,97	0,285
N6	11	18	14H15	18,1	1065	11,07	12,7	0,910
N6	11	20	5H05	2,0	685	1,72	2,40	,172
N6	11	20	16H30	5,97	750	5,59	6,56	0,471

ANNEXE 2.3.4.

B.V.N. BASSIN AVAL

Tableaux des Crues

CODE	MOIS JOUR	HEURE DEBUT	LR mm	TB mm	QMAX RUIS m3/s	QMAX TOT. m3/s	Qs m3/s/km2
<u>ANNEE : 1976 (suite)</u>							
N6	11 21	21H10	3,57	770	3,1	4,14	0,297
N6	11 22	13H25	12,6	1185	10,4	11,5	0,827
N6	11 25	5H25	2,37	1280	1,64	1,74	0,125
D6	12 03	20H25	1,31	390	1,68	2,18	0,156
D6	12 04	2H55	3,25	485	4,90	5,92	0,425
D6	12 22	2H00	15,5	1100	10,6	10,7	0,769
D6	12 26	13H20	1,82	450	2,5	3,0	0,215
<u>ANNEE : 1977</u>							
J7	01 08	22H20	4,3	560	3,76	4,48	0,322
J7	01 12	18H00	6,0	1080	3,53	3,78	0,271
J7	01 13	16H00	1,3	605	1,3	2,04	0,146
F7	02 13	9H30	2,48	1100	2,22	2,305	0,165
<u>ANNEE : 1978</u>							
J8	01 21	5H00	1,56	650	1,58	1,62	,118
J8	01 23	6H28	1,78	542	2,25	2,33	0,167
J8	01 30	8H22	2,02	548	2,05	2,81	0,202
J8	01 31	19H20	0,79	340	1,3	2,14	0,153
F8	02 01	16H52	4,56	518	5,27	5,86	0,421
F8	02 08	11H10	1,17	435	1,87	2,54	0,182
F8	02 14	9H17	2,78	378	4,0	5,17	0,372
F8	02 14	15H35	2,69	346	5,6	7,87	0,566
M8	03 01	23H10	1,00	785	0,82	0,84	0,660
A8	04 01	16H50	13,0	730	11,5	12,29	0,884
A8	04 02	17H00	2,70	300	5,5	6,7	0,482
A8	04 03	9H00	1,64	660	1,58	2,42	0,174
A8	04 09	9H00	1,15	440	1,62	1,89	0,136
N8	11 28	11H55	5,14	655	4,36	5,04	0,359
N8	11 29	14H58	1,68	922	1,44	1,97	0,141
D8	12 04	9H55	0,96	465	1,30	1,42	0,102
D8	12 04	18H40	0,47	350	0,70	1,30	0,093
D8	12 05	0H30	0,22	270	0,62	1,74	0,125
D8	12 05	5H00	1,16	520	1,35	2,48	0,201

ANNEXE 2.3.4.

B.V.N. BASSIN AMONT

S = 3,24 km<sup>2</sup>

Tableau des Crues supérieures à 1 mm

CODE	MOIS JOUR	HEURE DEBUT	LR mm	TB mm	QMAX RUIS m <sup>3</sup> /s	QMAX TOT. m <sup>3</sup> /s	qs m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>
<u>ANNEE : 1973</u>							
O3	10 25	19H30	18,6	2790	4,34	4,36	1,3
O3	10 27	18H25	1,28	915	0,746	0,776	0,239
D3	12 13	6H09	2,13	1813	0,157	0,180	0,055
<u>ANNEE : 1974</u>							
F4	02 14	8H50	18,4	2048	2,02	2,07	0,638
F4	02 17	9H56	2,04	1211	0,382	0,452	0,140
F4	02 22	18H43	0,19	332	0,093	0,110	0,033
F4	02 23	3H37	13,0	1103	2,72	2,80	0,864
F4	02 23	22H45	1,67	511	0,714	0,896	0,276
F4	02 24	7H45	0,09	176	0,062	0,291	0,898
F4	02 24	10H54	5,91	1026	1,33	1,55	0,478
F4	02 25	15H24	1,57	756	0,287	0,436	0,134
F4	02 26	4H18	3,04	752	0,935	1,23	0,379
F4	02 26	17H00	4,53	2100	0,833	1,154	0,356
M4	03 05	12H51	1,15	439	0,462	0,569	0,176
M4	03 06	10H30	2,59	1650	0,237	0,328	0,100
M4	03 09	3H00	1,36	1800	0,112	0,140	0,043
M4	03 05	19H37	1,16	1910	0,110	0,122	0,037
M4	03 25	1H00	1,57	1826	0,287	0,296	0,091
N4	11 06	13H00	2,10	730	0,727	0,741	0,228
N4	11 07	2H25	8,44	725	1,71	1,84	0,567
N4	11 07	14H40	5,76	540	1,50	2,0	0,617
N4	11 08	0H10	3,86	520	1,52	2,28	0,703
N4	11 08	9H00	1,10	250	0,978	1,71	0,527
N4	11 08	13H20	3,22	520	1,33	1,83	0,564
D4	12 12	2H50	1,55	1285	0,382	0,398	0,122
D4	12 13	7H40	5,13	1260	0,843	0,905	0,279
D4	12 16	5H00	2,35	780	0,605	0,733	0,226
<u>ANNEE : 1975</u>							
J5	01 21	15H25	2,57	1925	0,518	0,543	0,167
F5	02 04	7H04	29,8	4416	1,84	1,85	0,571
F5	02 12	13H45	9,35	2165	1,06	1,100	0,339
F5	02 16	13H20	22,7	2170	2,69	2,87	0,885
M5	03 23	22H20	0,91	335	,331	0,414	0,128
M5	03 24	4H20	3,22	760	1,10	1,26	0,380
M5	03 24	20H10	2,1	490	,775	,980	0,302
N5	11 03	21H25	0,1	100	,141	,153	0,047
N5	11 03	23H05	6,32	1125	2,12	2,19	0,676
N5	11 20	9H10	0,04	167	0,039	0,101	0,031
N5	11 20	11H57	5,1	743	2,73	3,08	0,951
N5	11 21	0H20	16,3	785	8,6	9,2	2,83

ANNEXE 2.3.4.

B.V.N. BASSIN AMONT

S = 3,24 km<sup>2</sup>

Tableau des Crues supérieures à 1 mm

CODE	MOIS JOUR	HEURE DEBUT	LR mm	TB mm	QMAX RUIS m <sup>3</sup> /s	QMAX TOT. m <sup>3</sup> /s	qs m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>
<u>ANNEE : 1975 (suite)</u>							
N5	11 21	13H25	21,0	985	6,37	6,92	2,13
N5	11 22	11H10	2,4	570	0,69	1,18	,364
N5	11 28	3H03	11,8	627	4,32	4,38	1,35
N5	11 28	21H10	2,18	400	0,789	1,054	0,324
N5	11 29	3H50	0,6	280	0,277	0,649	0,200
D5	12 01	13H15	1,38	365	0,663	0,862	0,260
D5	12 01	19H20	0,92	360	0,317	0,629	0,194
D5	12 02	1H20	0,79	258	0,548	0,910	0,280
D5	12 02	5H38	1,77	392	0,988	1,38	0,425
<u>ANNEE : 1976</u>							
J6	01 18	8H40	1,11	390	0,709	0,733	0,226
J6	01 26	15H35	6,07	1615	0,744	0,798	0,246
J6	01 27	18H30	1,80	1060	0,321	0,462	0,142
J6	01 28	12H10	8,28	1500	1,000	1,23	0,379
F6	02 16	0H30	5,10	350	3,58	3,81	0,117
F6	02 16	6H20	1,77	600	0,48	1,03	0,317
M6	03 14	11H40	5,20	1400	1,11	1,230	0,379
M6	03 16	22H25	4,15	755	0,652	0,776	0,239
M6	03 17	11H10	3,43	880	0,746	0,980	0,302
O6	10 21	4H00	6,06	960	2,16	2,19	0,675
O6	10 26	20H60	1,12	710	0,320	0,336	0,103
N6	11 14	7H05	3,98	715	1,15	1,18	0,364
N6	11 17	9H40	2,66	1000	0,375	0,550	0,169
N6	11 18	3H00	2,79	360	1,05	1,33	0,410
N6	11 18	9H30	1,14	240	0,647	1,129	0,348
N6	11 18	13H47	12,06	643	3,05	3,67	1,13
N6	11 20	19H55	5,13	935	0,971	1,16	0,358
N6	11 21	20H00	4,39	960	1,04	1,28	0,395
N6	11 22	14H30	1,35	170	1,25	1,65	0,509
N6	11 22	17H20	9,70	810	2,56	3,14	0,969
D6	12 03	19H40	1,59	456	0,356	0,479	0,148
D6	12 04	3H16	3,2	744	0,899	1,13	0,348
<u>ANNEE : 1977</u>							
J7	01 08	21H00	10,36	2040	1,39	1,44	0,444
<u>ANNEE : 1978</u>							
J8	01 30	7H24	0,32	233	0,280	0,398	0,122
J8	01 30	11H17	2,21	473	2,17	2,34	0,722
J8	01 30	19H10	0,21	223	0,131	0,279	0,086
J8	01 31	1H13	0,64	202	0,496	0,670	0,206

ANNEXE 2.3.4.

B.V.N. BASSIN AMONT

S = 3,24 km<sup>2</sup>

Tableau des Crues supérieures à 1 mm

CODE	MOIS JOUR	HEURE DEBUT	LR mm	TB mm	QMAX RUIS m <sup>3</sup> /s	QMAX TOT. m <sup>3</sup> /s	qs m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>
<u>ANNEE : 1978 (suite)</u>							
J8	01 31	4H35	0,23	230	0,138	0,355	0,109
J8	01 31	9H45	0,92	294	0,399	0,550	0,169
J8	01 31	19H12	0,46	221	0,200	0,335	0,103
F8	02 01	16H17	6,72	668	1,53	1,65	0,509
F8	02 14	12H50	0,88	127	0,313	1,23	0,379
F8	02 14	14H57	3,21	213	2,5	3,30	1,01
M8	03 01	21H54	2,36	796	0,714	0,733	0,226
A8	04 01	13H30	19,33	615	6,5	7,00	2,16
A8	04 01	23H45	0,62	165	0,57	1,55	0,478
A8	04 02	17H00	2,87	310	1,76	2,13	0,657
A8	04 03	9H40	1,0	440	0,303	0,532	0,164
N8	11 28	3H20	0,33	480	0,080	0,104	0,032
N8	11 28	11H50	0,23	756	0,226	0,308	0,096
N8	11 28	14H15	3,99	477	0,980	1,10	0,339
N8	11 28	22H12	0,33	618	0,161	0,281	0,086
N8	11 29	13H50	0,39	180	0,312	0,414	0,127
N8	11 29	16H50	1,38	640	0,507	0,629	0,194
D8	12 04	17H00	0,45	410	0,220	0,315	0,972
D8	12 04	23H50	2,34	1090	0,427	0,550	0,169

ANNEXE 2.3.4.

B.V.N. BASSIN "ARGILES CALCAIRES"

Tableau des crues supérieures à 1 mm S = 0,425 km<sup>2</sup>

CODE	MOIS JOUR	HEURE DEBUT	LR mm	TB mm	QMAX RUIS l/s	QMAX TOT. l/s	qs m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>
<u>ANNEE : 1974</u>							
N4	11 06	12H31	0,57	479	27	27,7	0,066
N4	11 07	2H35	0,67	204	60	86	0,202
N4	11 07	5H59	0,56	221	32	75	0,176
N4	11 07	15H30	2,43	244	192	224	0,527
N4	11 07	20H15	0,69	165	817	133	0,313
N4	11 07	23H38	1,61	232	144	185	0,435
N4	11 08	7H10	0,64	150	111	147	0,346
N6	11 08	13H03	0,93	297	48	75,7	0,179
D4	12 13	7H45	0,03	225	8	16,4	0,0385
D4	12 13	11H30	3,11	1320	420	440	1,035
D4	12 13	15H42	1,82	198	233	277	0,651
D4	12 14	4H30	1,95	350	97	107	0,251
<u>ANNEE : 1975</u>							
J5	01 19	21H30	4,86	630	411	411	0,967
J5	01 21	16H10	9,65	530	1312	1312	3,08
F5	02 04	7H40	1,10	350	50,1	51,8	,121
F5	02 04	13H30	34,7	1120	931	951	2,23
F5	02 05	8H10	1,58	340	77	124	,291
F5	02 12	18H45	9,6	940	306	318	,748
F5	02 16	13H32	0,41	213	34,5	42,8	,100
F5	02 16	18H40	39,2	890	1267	1300	3,05
F5	02 17	17H45	6,38	335	725	788	1,85
M5	03 23	22H30	2,64	300	178	182	,428
M5	03 24	4H20	5,84	255	1009	1034	2,43
N5	11 19	3H30	2,71	188	408	430	1,011
N5	11 20	19H50	0,47	90	99	188	,442
N5	11 21	1H20	2,48	110	359	470	1,105
N5	11 21	4H51	8,58	110	184,6	2020	4,75
N5	11 21	13H35	5,66	105	1281	1349	3,17
N5	11 21	15H20	5,67	125	766	969	2,28
N5	11 21	18H30	2,36	47	912	1081	1,64
N5	11 21	20H00	1,80	50	651	810	1,90
N5	11 22	11H08	2,52	87	628	707	1,66
N5	11 28	2H47	0,04	56	132	249	0,585
N5	11 28	3H47	2,41	71	724	909	2,13
N5	11 28	4H54	2,43	98	482	653	1,53
N5	11 28	21H52	8,17	118	2123	2236	5,26
D5	12 01	14H25	2,16	145	182	232	0,545
D5	12 01	20H45	2,23	948	727	823	1,94
D5	12 01	22H44	0,49	81	114	188	0,442
D5	12 02	1H03	0,49	71	120	182	0,428
D5	12 12	5H31	4,41	157	664	713	1,68

ANNEXE 2.3.4.

B.V.N. BASSIN "ARGILES CALCAIRES"

Tableau des Crues supérieures à 1 mm S = 0,425 km<sup>2</sup>

CODE	MOIS JOUR	HEURE DEBUT	LR mm	TB mm	QMAX RUIS l/s	QMAX TOT. l/s	qs m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>
<u>ANNEE : 1976</u>							
J6	01 18	9H50	5,59	124	1047	1057	2,48
J6	01 18	11H54	1,62	126	417	482	1,13
J6	01 26	19H15	1,01	248	69	100	,235
J6	01 26	23H23	5,28	371	360	413	,971
J6	01 27	19H05	1,65	150	208	244	,574
J6	01 27	22H30	0,67	160	82	160	,376
J6	01 28	14H30	0,53	120	84	149	0,350
J6	01 28	19H10	2,98	1264	364	436	1,02
J6	01 28	23H10	1,62	140	163	250	0,588
J6	01 29	1H30	1,50	112	296	381	,896
F6	02 12	12H55	1,90	150	179	230	,541
F6	02 15	19H40	1,10	110	175	195	,458
F6	02 16	0H25	16,4	223	1353	1399	3,30
M6	03 14	15H40	0,95	98	247	335	,788
M6	03 14	17H18	1,26	87	355	413	,971
M6	03 17	11H20	0,58	88	113	142	,334
M6	03 17	12H48	3,73	162	642	763	1,68
O6	10 21	6H09	1,14	113	166	185	,435
N6	11 17	21H20	0,47	102	67	115	,270
N6	11 18	2H59	1,61	161	114	182	,428
N6	11 18	9H35	0,90	105	157	239	,562
N6	11 18	16H30	10,8	203	796	901	2,12
N6	11 18	17H53	8,77	130	1233	1450	3,41
N6	11 20	17H01	3,77	359	256	310	,729
N6	11 22	1H00	0,54	75	107	162	,381
N6	11 22	16H48	12,6	272	894	969	2,28
D6	12 04	2H42	6,4	198	664	713	1,67
D6	12 22	1H42	25,3	438	1324	1350	3,18
D6	12 26	14H04	1,41	106	231	267	,628
D6	12 26	16H00	2,52	80	886	949	2,23
<u>ANNEE : 1977</u>							
J7	01 08	22H30	0,66	80	110	185	0,435
J7	01 09	0H10	0,66	80	115	216	0,508
J7	01 09	1H40	2,53	85	502	590	1,388
J7	01 09	6H50	0,51	61	141	188	0,442
J7	01 09	12H30	0,26	80	52	79	,185
J7	01 12	20H33	2,14	177	237	281	0,661
J7	01 13	4H00	0,43	60	107	172	0,404
J7	01 13	17H10	1,28	150	149	182	0,428
F7	02 13	14H20	1,75	89	511	534	1,256
F7	02 13	16H17	0,79	83	202	261	0,614

ANNEXE 2.3.4.

B.V.N. BASSIN "ARGILES CALCAIRES"

Tableau des Crues supérieures à 1 mm S = 0,425 km<sup>2</sup>

CODE	MOIS JOUR	HEURE DEBUT	LR mm	TB mm	QMAX RUIS l/s	QMAX TOT. l/s	qs m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>
<u>ANNEE : 1978</u>							
F8	02 01	16H30	4,87	480	266	281	0,661
F8	02 03	21H10	0,23	80	47	61	0,143
F8	02 04	1H50	0,85	280	111	124	0,291
F8	02 08	11H30	1,52	298	189	206	0,484
F8	02 14	9H40	3,21	315	243	274	0,644
F8	02 14	14H55	4,57	245	567	620	1,45
A8	04 01	15H10	16,9	515	902	928	2,18
A8	04 01	23H45	0,83	165	109	172	,404
A8	04 02	17H30	5,59	270	602	623	1,46
A8	04 03	10H00	1,51	243	142	177	,416
A8	04 09	9H20	1,21	270	86	97	,228

ANNEXE 2.3.4.

B.V.N. BASSIN "EUCALYPTUS"

S = 0,311 km<sup>2</sup>

Tableau des Crues supérieures à 1 mm

CODE	MOIS JOUR	HEURE DEBUT	LR mm	TB mm	QMAX RUIS l/s	QMAX TOT. l/s
<u>ANNEE : 1974</u>						
N4	11 07	15H32	0,70	398	21	29
N4	11 08	0H10	0,61	260	24	37
<u>ANNEE : 1975</u>						
F5	02 04	16H35	3,16	765	33	35
F5	02 12	21H50	2,79	1110	29	31
F5	02 16	21H00	15,1	761	250	267
F5	02 17	13H00	0,83	320	27	79
F5	02 17	18H20	1,26	330	41	79
M5	03 04	4H40	0,95	380	31	42
N5	11 03	23H50	1,62	378	37	50
N5	11 20	17H42	1,90	408	62	74
N5	11 21	4H20	7,22	210	457	550
N5	11 21	13H12	19,33	518	474	521
N5	11 22	10H29	1,86	271	82	118
D5	12 28	2H55	7,84	425	211	229
<u>ANNEE : 1976</u>						
J6	01 26	19H54	1,05	716	16	23,5
J6	01 28	20H23	0,30	177	13	48
J6	01 28	23H20	0,85	460	19	60
F6	02 16	0H42	4,8	319	207	226
F6	02 16	6H01	0,4	199	20	75
F6	02 16	10H20	0,4	245	20	68
M6	03 14	13H52	1,25	470	30	49,6
M6	03 16	22H28	1,90	522	37	57
M6	03 17	13H04	1,33	326	45	76
MI6	05 16	1H30	0,77	377	22	30
MI6	05 16	14H16	0,87	344	24	37
MI6	05 17	3H13	0,63	354	16	31
O6	10 21	6H19	5,9	442	170	184
N6	11 14	8H30	1,11	314	47	68
N6	11 18	2H50	2,96	310	94	135
N6	11 18	9H32	1,36	268	54	100
N6	11 18	14H20	5,66	228	273	383
N6	11 18	18H20	2,37	205	150	300
N6	11 20	16H00	4,51	670	95	114
N6	11 21	22H21	2,24	580	59	83
N6	11 22	17H20	7,29	320	221	288
D6	12 04	3H00	1,65	390	52	75
D6	12 22	3H13	4,27	917	43	64

ANNEXE 2.3.4.

B.V.N. BASSIN "EUCALYPTUS"

S = 0,311 km<sup>2</sup>

Tableau des Crues supérieures à 1 mm

CODE	MOIS JOUR	HEURE DEBUT	LR mm	TB mm	QMAX RUIS l/s	QMAX TOT. l/s
<u>ANNEE : 1977</u>						
J7	01 08	22H20	1,46	620	22	31
J7	01 12	19H50	3,43	910	37	48
<u>ANNEE : 1978</u>						
F8	02 01	18H40	0,81	500	17	21
F8	02 14	15H25	4,44	405	150	190
A8	04 01	14H10	11,25	865	236	247
A8	04 02	17H38	2,90	487	93	108
N8	11 28	14H27	1,00	513	24	27



PLUVIOMETRIE

ANNEXE 2.4.2.1.: COORDONNEES DES POSTES PLUVIOMETRIQUES

• ANNEXE 2.4.2.3.: PRECIPITATIONS MENSUELLES PAR POSTE

ANNEXE 2.4.2.4.: COEFFICIENTS DE THIESSEN

ANNEXE 2.4.2.5.: PRECIPITATIONS JOURNALIERES



ANNEXE 2.4.2.1.

COORDONNEES DES POSTES PLUVIOMETRIQUES DU BASSIN VERSANT NORD

	LAMBERT (IGN)		EN GRADES		EN DEGRES		ALTI- TUDE	Date de mise en service	Date arrêt observ.
	Lat.	Long.	Lat.	Long.	Lat.	Long.			
P 1	420 750	456 660	41,21 11	7,86 55	37°05'24"	7°04'44"	252	23.10.73	
2	420 920	457 190	41,21 28	7,87 20	37°05'29"	7°05'05"	267	23.10.73	
3	421 595	457 045	41,21 97	7,87 00	37°05'52"	7°04'59"	243	23.10.73	
4	421 790	457 530	41,22 16	7,87 60	37°05'58"	7°05'18"	300	23.10.73	
5	423 260	457 630	41,23 62	7,87 68	37°06'45"	7°05'21"	287	23.10.73	
6	422 840	456 990	41,23 20	7,86 90	37°06'32"	7°04'56"	206	23.10.73	
7	422 675	456 320	41,23 03	7,86 07	37°06'26"	7°04'29"	184	23.10.73	
8	423 510	456 530	41,23 85	7,86 31	37°06'53"	7°04'36"	255	23.10.73	
9	423 175	455 830	41,23 52	7,85 43	37°06'42"	7°04'08"	170	23.10.73	
10	423 960	455 170	41,24 28	7,84 61	37°07'07"	7°03'41"	181	23.10.73	
11	423 310	454 510	41,23 62	7,83 80	37°06'45"	7°03'15"	121	23.10.73	
12	423 440	455 355	41,22 77	7,84 89	37°06'18"	7°03'50"	150	23.10.73	
13	421 990	454 290	41,22 30	7,83 57	37°06'03"	7°03'08"	187	24.10.73	
14	421 490	453 930	41,21 80	7,83 13	37°05'46"	7°02'53"	254	23.10.73	
15	420 225	456 120	41,20 57	7,85 88	37°05'06"	7°04'23"	362	24.10.73	
16	420 320	455 120	41,20 63	7,84 64	37°05'08"	7°03'42"	244	24.10.73	
17	419 620	455 055	41,19 94	7,84 58	37°04'46"	7°03'40"	356	24.10.73	
18	420 020	454 390	41,20 33	7,83 75	37°04'59"	7°03'13"	344	24.10.73	
19	420 320	453 720	41,20 62	7,82 90	37°05'08"	7°02'46"	456	24.10.73	10.10.75
20	420 695	454 655	41,21 01	7,84 06	37°05'21"	7°03'24"	290	24.10.73	
21	421 430	456 020	41,21 76	7,85 72	37°05'45"	7°04'17"	198	23.10.73	
22	421 155	455 775	41,21 49	7,85 45	37°05'36"	7°04'09"	210	24.10.73	
23	421 110	455 770	41,21 45	7,85 44	37°05'35"	7°04'08"	216	24.10.73	
24	421 220	455 370	41,21 55	7,84 93	37°05'38"	7°03'52"	215	24.10.73	
25	421 190	456 355	41,21 52	7,84 91	37°05'37"	7°03'51"	219	24.10.73	
26	421 630	455 230	41,21 96	7,84 75	37°05'52"	7°03'46"	210	24.10.73	
27	421 760	454 160	41,22 07	7,83 41	37°05'55"	7°03'02"	214	11.01.75	30.04.75
28	421 515	454 260	41,21 82	7,83 55	37°05'47"	7°03'07"	244	11.01.75	30.04.75
30	422 170	457 300	41,22 54	7,87 31	37°06'10"	7°05'09"	290	01.11.74	
31	422 040	456 960	41,22 40	7,86 90	37°06'06"	7°04'56"	242	01.11.74	
32	421 790	456 570	41,22 34	7,86 41	37°06'41"	7°04'40"	219	01.11.74	
51 EI	421 430	456 010	41,21 76	7,85 70	37°05'45"	7°04'17"	197	02.11.73	
52 EII	420 910	454 935	41,20 22	7,84 42	37°04'55"	7°03'35"	298	17.01.74	
53 EIII	423 150	456 740	41,23 50	7,86 58	37°06'41"	7°04'45"	190	29.11.73	
54 EIV	423 700	454 825	41,24 02	7,84 17	37°06'58"	7°03'27"	115	28.11.73	



ANNEXE 2.4.2.3.

BASSIN NORD - PRECIPITATIONS MENSUELLES PAR POSTE

ANNEE 1974-1975

P	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1	30,3	168,2	113,1	68,2	59,4	168,9	87,5	19,8	57,1	1,0		52,8
2	27,2	172,4	109,5	70,6	62,0	168,8	87,0	19,4	55,7	1,0		51,4
3	27,6	178,2	115,1	68,2	63,6	175,8	89,9	21,1	56,1	0,9		45,6
4	25,4	161,4	102,0	65,2	65,7	174,9	85,1	20,4	59,5	1,0		44,1
5	27,9	156,5	116,1	69,6	73,0	170,9	91,2	19,5	55,1	0,8		44,3
6	25,9	156,6	101,4	69,5	67,1	173,7	87,9	19,5	54,5	0,8		44,1
7	24,7	168,5	90,7	68,7	53,7	168,3	87,4	19,3	54,8	0,9		43,9
8	25,2	170,1	115,3	73,6	61,3	189,3	94,1	18,7	50,1	0,6		61,2
9	27,5	167,2	117,2	68,9	60,1	184,6	94,1	19,2	50,6	0,7		50,1
10	36,3	166,5	116,7	68,0	61,1	177,6	94,9	17,7	51,0	0,6		56,6
11	21,3	196,7	114,7	69,4	60,4	187,1	96,9	16,7	46,6	0,5		52,4
12	20,1	168,8	112,3	62,1	71,2	169,9	94,9	16,3	45,2	0,9		50,0
13	24,2	186,1	141,3	81,1	64,8	181,7	105,9	17,8	55,4	1,3		52,7
14	21,8	178,5	141,8	78,4	67,4	181,9	103,4	17,8	47,7	0,9		41,5
15	32,0	149,0	88,3	55,2	50,7	151,8	89,6	16,2	47,3	0,7		42,9
16	32,6	189,0	133,1	72,1	52,7	170,1	98,1	19,4	57,7	1,0		42,6
17	45,1	186,0	137,5	71,4	53,4	169,0	110,5	19,7	58,6	0,8		46,1
18	42,2	216,0	190,5	94,6	58,6	175,7	126,4	22,1	70,0	1,2		56,4
19	37,9	218,0	173,4	101,6	64,6	190,7	136,9	21,6	72,3	1,3		49,2
20	27,8	187,8	126,7	71,1	53,0	176,8	100,8	20,1	58,9	1,1		48,7
21	23,0	174,0	115,1	63,2	58,6	173,1	95,7	20,2	53,2	1,0		49,4
22	24,5	167,2	108,7	67,4	55,7	170,3	88,6	18,8	51,0	1,1		46,4
23	26,6	177,8	111,1	70,3	57,1	178,5	94,3	19,5	55,4	1,3		51,7
24	27,6	200,2	143,3	78,3	70,6	184,7	111,2	19,9	61,7	1,6		58,9
25	27,2	200,8	143,7	79,9	72,3	183,2	113,4	20,6	63,8	1,6		59,1
26	22,0	176,0	115,5	71,8	60,3	166,8	102,6	18,6	51,2	1,4		50,3
30			76,0	60,5	61,9	166,6	77,4	19,2	54,3	0,8		42,6
31			95,1	62,2	59,0	168,4	79,6	19,6	56,4	1,0		43,3
32			108,0	67,7	63,3	166,7	86,0	19,6	55,2	0,9		30,5

ANNEXE 2.4.2.3.

BASSIN NORD - PRECIPITATIONS MENSUELLES PAR POSTE

ANNEE 1975-1976

P	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1	3,3	87,2	301,7	62,9	98,0	77,3	90,9	45,0	53,2	21,2	26,5	19,5
2	3,8	96,0	304,1	66,0	99,9	85,2	80,7	50,3	60,3	23,8	26,3	24,3
3	3,5	99,5	295,6	67,4	97,2	85,3	84,7	49,3	59,9	24,4	27,4	22,1
4	4,2	101,6	266,2	64,8	101,8	83,2	73,6	48,2	65,1	19,0	30,4	21,1
5	3,8	109,4	300,2	65,2	96,1	97,6	78,0	59,3	53,2	17,9	25,2	17,1
6	3,4	104,1	303,2	59,4	95,6	80,9	76,9	53,1	54,6	21,0	32,8	15,2
7	4,1	109,3	315,1	62,1	100,7	92,5	72,5	51,8	58,1	23,3	31,5	17,5
8	3,4	118,4	295,3	66,8	108,4	102,1	80,0	58,6	65,4	33,4	32,5	19,2
9	4,0	107,4	279,2	65,1	106,1	100,6	77,3	53,9	63,7	31,3	30,9	18,9
10	3,7	106,4	290,3	62,6	109,1	99,0	78,3	65,1	65,9	31,1	30,9	18,2
11	3,5	121,4	309,7	65,1	105,4	98,3	81,0	56,0	64,1	36,6	30,8	21,2
12	4,6	111,0	302,1	65,3	98,8	100,0	76,0	51,3	58,6	35,2	26,6	19,1
13	5,3	115,5	335,1	69,4	102,8	105,8	90,9	58,3	71,6	39,4	27,7	18,9
14	5,5	116,5	340,4	69,8	105,5	102,0	90,4	55,8	69,4	34,4	25,9	17,9
15	9,6	90,6	306,8	56,3	75,9	84,3	74,2	41,5	44,8	30,8	31,1	18,2
16	7,8	118,1	328,3	67,3	80,7	95,8	84,7	51,4	59,7	30,8	34,9	20,0
17	9,0	120,1	333,1	69,2	88,9	96,3	89,1	54,4	61,2	30,8	35,5	22,4
18	10,4	141,5	377,3	74,0	100,7	104,3	106,0	60,1	67,1	30,8	38,6	23,6
19	10,0	125,2										
20	5,7	120,9	344,6	68,2	91,0	99,2	86,6	52,9	63,5	30,8	36,6	19,6
21	6,1	94,3	310,6	68,9	99,9	92,3	80,1	54,7	29,1	30,7	30,5	18,8
22	7,8	105,3	320,4	65,9	100,7	89,4	79,1	50,5	58,5	32,1	38,2	20,6
23	9,1	108,7	325,6	72,0	101,5	97,0	85,4	52,6	60,7	31,6	31,3	21,0
24	7,5	124,1	345,4	76,0	109,8	96,8	95,0	59,0	61,5	37,4	32,7	18,0
25	8,3	128,3	366,1	79,0	112,2	95,6	97,4	62,0	63,8	35,9	33,2	19,3
26	5,4	113,0	315,9	73,7	99,3	94,3	83,4	55,6	63,7	36,9	31,2	19,6
30	3,7	98,7	263,5	55,3	89,8	80,1	65,3	48,2	51,1	19,5	28,5	20,8
31	3,5	96,9	283,4	60,1	105,0	76,8	68,8	48,5	58,3	22,7	31,7	19,8
32	3,6	104,4	303,3	69,4	91,9	90,4	82,6	54,1	62,3	23,6	32,3	18,5

ANNEXE 2.4.2.3.

BASSIN NORD - PRECIPITATIONS MENSUELLES PAR POSTE

ANNEE 1976-1977

P	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1	26,4	190,9	183,4	80,8	79,2	38,7	21,6	61,4	24,4	9,2	0,0	18,8
2	28,9	212,5	188,9	82,3	83,0	36,1	24,3	62,7	24,4	8,7	0,0	18,6
3	33,7	201,0	184,4	86,8	82,4	31,7	18,6	53,3	26,4	11,9	0,0	17,1
4	34,9	186,5	187,5	81,9	79,3	36,6	24,4	62,6	25,4	10,0	0,0	16,8
5	35,2	194,0	192,3	86,0	73,7	36,3	23,4	60,0	26,4	17,7	0,1	19,3
6	29,8	196,0	184,6	91,4	72,1	36,6	19,7	55,0	28,6	19,4	0,2	17,2
7	37,0	197,0	188,5	96,4	64,4	32,7	22,0	55,3	27,6	20,9	0,0	16,8
8	35,9	209,5	192,8	107,5	72,2	34,9	24,3	59,3	25,2	20,8	0,1	18,5
9	36,6	211,0	185,2	107,2	70,3	37,8	22,6	54,6	25,1	21,7	0,3	18,9
10	36,1	201,8	184,1	88,6	68,4	32,8	24,3	52,5	23,4	16,9	0,2	17,9
11	34,7	233,9	201,2	97,3	70,1	32,5	24,3	56,0	20,0	21,5	0,3	19,9
12	32,9	224,0	203,1	90,7	72,5	31,8	22,8	54,1	23,2	20,8	0,1	18,0
13	33,0	244,8	217,4	96,8	72,9	33,8	23,6	61,7	22,3	16,7	0,3	21,1
14	27,0	245,2	227,0	81,3	65,0	26,4	23,2	60,4	21,3	14,7	0,2	19,7
15	23,6	231,7	188,1	84,7	70,6	35,7	25,5	61,3	23,2	9,3	0,2	18,8
16	26,2	241,2	207,5	90,1	77,5	40,7	27,0	66,7	25,1	11,0	0,3	18,3
17	25,8	240,6	207,9	90,4	80,1	44,1	29,5	66,6	24,4	12,0	0,4	18,9
18	26,8	255,9	220,9	93,4	85,0	45,6	29,3	68,7	24,0	12,6	0,4	20,2
19												
20	25,9	245,5	216,4	92,0	79,7	42,5	28,4	68,7	24,5	12,1	0,3	18,8
21	31,1	231,0	210,8	94,7	85,5	35,4	22,4	61,4	27,1	18,3	0,0	18,2
22	27,5	224,1	193,3	89,3	84,3	32,9	21,4	59,4	25,4	18,5	0,0	18,6
23	28,5	238,2	206,0	97,3	87,2	34,7	21,3	61,6	27,6	18,8	0,0	17,1
24	28,9	258,8	219,5	100,5	84,0	39,2	24,0	65,1	22,6	18,4	0,0	20,7
25	30,5	268,2	233,3	105,5	87,7	40,6	25,9	68,4	23,5	18,8	0,0	24,4
26	34,2	266,8	203,1	99,8	84,2	38,3	23,6	59,5	23,7	22,4	0,0	21,3
30	32,0	183,7	180,6	77,5	74,7	33,3	20,4	46,2	29,0	12,6	0,0	15,1
31	33,1	193,0	177,7	81,2	82,9	35,8	21,5	54,5	26,1	13,4	0,0	17,4
32	33,8	198,7	198,6	84,2	83,0	36,0	28,4	56,8	22,4	12,8	0,0	15,0

ANNEXE 2.4.2.3.

BASSIN NORD - PRECIPITATIONS MENSUELLES PAR POSTE

ANNEE 1977-1978

P	SEPT	OCTO	NOVE	DECE	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
1	4,5	14,1	133,1	28,5	145,8	104,3	86,3	115,1	38,1	1,2	0,9	6,0
2	4,7	13,9	126,9	29,8	137,9	102,3	82,9	108,6	39,0	1,6	0,8	3,5
3	7,4	13,7	125,0	26,1	127,7	84,0	72,1	88,9	30,2	1,7	0,7	1,9
4	5,7	13,7	133,5	31,1	125,0	95,1	67,7	109,5	31,1	1,0	0,7	1,7
5	7,1	12,3	127,0	27,1	121,4	96,4	73,2	93,7	25,7	1,1	0,3	1,3
6	7,0	15,3	138,7	30,1	127,9	98,5	82,6	115,9	36,5	1,5	0,2	0,8
7	7,5	15,0	133,9	30,1	123,3	100,6	74,2	109,0	33,3	1,5	0,7	3,6
8	8,2	17,2	132,8	29,4	112,9	105,2	92,8	99,1	36,8	1,4	0,3	1,0
9	8,1	18,0	136,3	31,9	114,3	105,6	86,7	103,7	36,1	1,5	0,4	2,2
10	8,3	17,5	131,7	31,2	111,2	102,4	92,5	99,4	36,3	1,1	0,2	5,3
11	8,6	20,0	134,2	32,0	118,4	97,8	96,6	106,2	39,1	1,6	0,6	21,3
12	7,7	19,5	128,8	31,2	116,4	98,6	91,4	104,0	38,4	1,3	0,5	7,0
13	7,6	20,3	142,0	30,4	138,6	106,0	105,4	108,0	39,2	2,5	0,7	34,1
14	8,3	19,2	142,8	29,6	140,9	107,6	99,4	108,3	39,8	1,7	0,2	34,4
15	4,9	11,1	130,1	20,8	140,9	107,3	111,6	119,0	33,4	0,6	0,0	21,4
16	5,2	12,7	146,9	23,4	151,2	115,1	104,4	132,0	36,8	1,1	0,0	30,6
17	5,5	13,6	136,9	21,8	148,0	125,5	99,4	131,9	36,3	0,7	0,0	26,6
18	5,4	14,5	149,9	25,7	158,0	120,9	103,5	133,8	39,3	0,8	0,0	35,0
19												
20	5,6	13,9	156,0	24,8	156,1	122,3	106,7	123,2	38,3	1,0	0,0	36,0
21	6,1	15,7	134,0	30,8	144,0	102,1	80,2	106,9	39,2	2,3	1,8	7,4
22	6,9	15,7	132,2	28,0	146,9	99,0	84,6	109,2	38,7	1,5	0,1	16,6
23	7,7	15,6	133,0	23,6	134,5	82,4	73,2	83,6	35,6	1,4	0,2	16,1
24	7,6	18,6	139,7	30,0	155,1	107,3	96,3	110,0	41,1	2,5	0,2	17,9
25	7,3	22,8	153,2	33,7	163,6	116,9	99,5	123,2	44,9	3,1	0,2	18,2
26	7,3	17,2	136,5	31,3	147,7	105,1	92,9	117,8	38,7	2,4	1,3	18,4
30	7,5	11,1	127,0	26,4	119,5	88,6	65,1	107,9	36,8	1,4	0,4	1,3
31	7,3	13,9	127,0	29,2	122,2	100,5	78,4	105,9	37,1	1,2	0,5	3,2
32	7,5	15,7	132,4	35,3	123,2	105,1	80,7	104,1	40,6	1,0	1,0	4,3



ANNEXE 2.4.2.4.

BASSIN VERSANT DU NORS  
COEFFICIENTS DE THIESSEN

STATION AMONT			STATION AVAL					
POSTE	AVANT LE 10/10/75	APRES LE 10/10/75	POSTE	ENTRE LE 11.01.75 ET LE 30.04.75	APRES LE 10.10.75	AVANT LE 01.11.74	ENTRE LE 01.11.74 ET LE 11.01.75	ET ENTRE LE 30.04.75 ET LE 10.10.75
	EUCALYPTUS		28	0,0218	0	-	0	
	ENTRE LE 11.01.75 ET LE 30.04.75							
13	0,162		30	0,0314	-	0	0,0314	
14	0,159		31	0,0174	-	0	0,0174	
27	0,333		32	0,0346	-	0	0,0346	
28	0,346							
	AVANT LE 11.01.75 ET APRES LE 30.04.75		E II	0,0183	-	0,0183	-	
13	0,431		E III	0,0235	-	0,0235	-	
14	0,569		E IV	0,0303	-	0,0303	-	

ANNEXE 2.4.2.5.

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359021

ANNEE 1973

AVAL DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1											.	.
2											.	25.5
3											.	3.2
4											.	.
5											.	1.1
6											2.6	.
7											2.8	2.2
8											3.0	.
9											.	.
10											.	.
11											.	.
12											.	18.1
13											1.1	8.2
14											3.2	1.7
15											6.3	.3
16											.	.
17											.	3.7
18											1.3	.3
19											4.2	.
20											2.1	.
21											.	5.1
22											.	.
23											.	.
24										6.3	.	.
25										87.2	3.6	.
26										54.2	6.5	.
27										11.2	3.2	.
28										0.3	8.5	8.0
29										.	7.8	.
30										.	.	.
31										.	.	.
TOT.										159.2	56.2	77.4
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 292.8 MM												

ANNEXE 2.4.2.5

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359021

ANNEE 1974

AVAL DU BVN SIDI BEN NACEUR.

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	14.0	.	.	5.4	.	.	.	.	.	.	.	9.0
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.6
3	.	2.6	7.1	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.
4	.	13.9	8.0	8.9	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	3.6	10.2	10.1	2.4	.	.	.	.	1.9	13.1	.
6	.	9.0	8.4	.	4.0	.	.	.	.	10.7	44.8	0.2
7	1.2	1.5	.	.	13.3	.	.	.	.	.	41.5	1.6
8	1.2	0.7	6.1	.	2.2	.	.	.	.	.	12.1	6.5
9	11.5	.	0.7	0.9	.	.	.	.	.	.	1.0	1.5
10	0.8	.	.	2.3	.	.	.	.	.	.	.	.
11	.	.	1.8	.	.	.	.	.	.	1.1	.	12.1
12	.	.	4.1	3.6	.	.	.	.	.	8.4	.	10.5
13	.	11.9	.	10.6	.	.	.	.	.	10.4	.	25.2
14	1.2	37.0	0.9	4.2	.	0.6	.	.	.	21.3	.	0.6
15	1.5	.	0.8	0.5	.	3.1	.	.	.	1.0	.	.
16	.	5.9	0.2	7.6	.	.	.	.	.	4.9	.	.
17	.	9.6	.	8.8	.	.	.	.	.	.	.	.
18	2.1	.	.	5.5	.	.	.	.	.	.	.	.
19	.	.	.	.	.	.	.	.	0.3	.	.	.
20	.	.	.	.	.	.	1.4	.	7.3	10.7	.	.
21	.	.	.	1.6	.	.	.	.	.	27.6	.	.
22	.	32.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23	.	7.3	.	0.9	.	.	.	.	.	.	.	.
24	.	18.5	.	11.6	0.7	.	.	.	5.3	0.7	.	.
25	.	19.4	.	.	.	.	.	.	1.5	.	1.7	1.4
26	3.3	15.7	.	.	.	.	.	.	0.5	9.7	1.6	.
27	5.9	.	.	.	.	.	.	.	.	4.6	.	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	16.9	0.3	0.3
29	.	.	9.9	5.0	.	.	.	.	12.1	16.7	1.6	.
30	.	.	0.3	2.3	.	.	.	.	.	3.9	1.8	0.2
31	.	.	21.1	.	-	.	.	.	.	24.3	.	0.6
TOT.	42.7	188.6	79.6	92.0	-	3.7	1.4	.	27.0	174.8	119.5	70.3
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 799.6MM												

ANNEXE 2.4.2.5 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359021

ANNEE 1975

AVAL DU BVN SIDI BEN NACEUR.

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	.	.	9.8	.	.	.	.	.	.	.	28.1
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19.9	1.0
3	1.5	13.5	.	.	.	.	.	.	.	.	64.9	.
4	0.1	45.8	0.3	.	3.0	.	.	.	.	.	17.3	.
5	.	4.8	.	.	5.3	.	.	.	.	0.7	5.1	.
6	.	0.1	.	.	0.9	.	.	.	.	3.0	3.1	.
7	.	.	3.4	.	4.0	.	.	.	.	.	4.8	.
8	1.8	.	3.9	.	.	.	.	.	.	.	2.4	.
9	.	.	15.8	.	1.6	.	.	.	.	.	.	.
10	.	.	.	0.2	.	0.9	.	.	1.1	.	.	.
11	.	.	.	.	9.9	.	.	.	.	2.5	.	2.1
12	.	25.9	.	.	12.5	.	.	.	.	.	.	0.4
13	.	3.3	9.1	.	9.4	.	.	.	.	2.5	.	.
14	.	0.4	6.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15	.	4.9	3.4	.	.	.	.	.	0.6	.	0.5	.
16	.	41.2	1.4	.	.	.	.	.	.	14.0	.	4.5
17	.	14.7	.	.	.	.	.	.	.	19.3	0.4	.
18	.	0.4	0.8	.	.	.	.	.	.	12.5	.	1.3
19	33.8	.	1.0	.	.	.	.	.	.	43.7	32.1	2.0
20	4.4	.	9.8	.	.	.	.	.	.	5.3	53.7	8.2
21	15.9	.	.	.	5.9	.	.	.	.	.	41.5	7.5
22	.	4.1	7.6	7.6	.	.	.	.	1.1	.	13.4	.
23	1.8	1.0	16.3	1.4	.	.	.	12.2	2.4	1.3	.	.
24	0.3	4.9	8.1	.	.	.	.	21.8	.	.	.	.
25	.	6.1	0.6	.	1.5	.	.	.	.	.	.	1.1
26	.	3.2	.	.	.	.	.	10.6	.	.	.	10.1
27	1.1	0.4	.	.	.	.	.	2.3	.	5.2	33.1	.
28	0.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	16.4	.
29	.	.	.	.	0.1	.	.	2.0	.	.	0.7	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.0	.
31	.	.	8.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TOT.	61.0	174.7	96.6	19.0	54.1	0.9	.	48.9	5.2	110.0	311.3	66.3
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 948.0MM												

ANNEXE 2.4.2.5. PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE

SUR LE BASSIN

NUMERO 48359021

ANNEE 1976

AVAL DU BVN SIDI BEN NACEUR.

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	10.5	.	.	.	.	.	1.1	7.5	.	2.9	.
2	.	7.7	.	.	0.8	.	.	.	.	.	.	2.2
3	.	.	.	.	.	.	.	.	6.7	18.4	.	17.5
4	.	.	.	.	.	13.3	.	.	.	10.2	21.6	0.2
5	.	0.5	.	.	5.9	0.3	0.3	.	.	1.3	2.1	4.0
6	0.2	2.0	.	.	.	2.1	7.5	.	6.2	0.6	0.9	.
7	7.7	5.5	.	.	.	.	18.2	.	7.1	2.9	.	.
8	6.1	.	.	.	.	.	1.4	.	.	1.0	.	.
9	.	.	0.3	.	.	.	.	.	.	1.8	.	.
10	.	0.1	4.3	12.7	.	.	.	5.5	.	.	.	.
11	0.6	7.5	0.2	6.8	0.6	.	.	.	.	0.2	5.9	0.5
12	.	10.7	.	.	.	.	.	.	.	13.0	2.8	5.1
13	0.8	0.8	11.4	0.4	1.5	.	.	.	.	55.4	10.5	4.9
14	1.7	3.6	20.6	1.1	7.0	.	.	.	3.5	.	9.8	.
15	0.4	23.5	0.1	.	20.5	.	.	.	.	4.0	.	.
16	.	1.9	17.8	.	14.5	.	.	.	.	14.2	5.6	.
17	2.6	.	8.5	.	.	14.0	.	.	.	18.7	27.0	.
18	16.4	1.0	.	.	.	0.2	.	.	.	13.1	33.0	.
19	0.3	.	.	10.9	1.9	.	.	.	0.6	.	8.3	.
20	3.3	.	.	6.8	.	.	.	.	.	27.0	17.2	1.5
21	.	.	3.8	3.8	.	.	.	.	.	7.3	13.2	31.3
22	0.8	.	0.2	.	.	.	.	0.5	.	.	22.1	7.2
23	.	11.3	10.1	2.9	.	.	.	.	.	.	.	3.7
24	0.6	3.3	1.0	0.2	.	.	.	0.3	.	.	3.2	.
25	.	2.2	.	0.3	.	.	0.1	1.9	.	10.2	0.1	2.6
26	23.7	2.1	3.7	.	.	.	4.4	10.3	.	13.9	.	10.8
27	13.8	0.4	.	.	.	.	.	.	.	0.7	.	.
28	20.4	.	.	7.7	6.9	.	.	.	.	.	.	.
29	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8.9	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6	4.4	.
31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8.4	.	.
TOT.	99.4	94.6	82.0	53.6	59.6	29.9	31.9	19.6	31.6	223.9	199.5	91.5
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 1017.1MM												

ANNEXE 2.4.2.5. PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE

SUR LE BASSIN NUMERO 48359021

ANNEE 1977

AVAL DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	1.1	.	.	.	2.9	.	.	.	.	1.2	10.5
2	.	6.2	.	.	.	1.7	.	.	.	.	0.1	0.2
3	.	1.0	.	.	.	1.9	.	.	.	.	.	.
4	.	2.0	.	.	.	8.5	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	7.6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14.7	.
7	4.4	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3	4.3	.
8	18.2	.	.	.	.	.	.	.	.	14.7	.	.
9	4.3	.	.	18.4	.	.	.	.	.	.	.	16.8
10	.	.	.	3.6	.	.	.	.	.	.	.	0.5
11	.	.	.	11.3	.	.	.	.	.	.	.	.
12	18.3	8.3	6.5	1.8	.	.	.	0.5	.	.	.	.
13	5.4	13.2	.	1.2	.	.	.	.	.	.	12.1	.
14	.	3.6	.	.	.	.	.	.	.	.	4.1	.
15	3.0	0.8	.	.	3.0	.	.	.	.	.	1.0	.
16	3.8	.	.	.	4.1	.	.	.	.	.	5.3	0.8
17	0.6	.	.	.	17.5	.	.	.	.	.	8.9	.
18	.	.	.	.	.	.	.	16.2	.	.	7.8	.
19	.	.	.	10.2	.	.	.	.	.	.	19.0	.
20	.	.	.	12.0	.	.	.	1.7	.	.	.	.
21	.	.	.	1.3	.	.	.	.	.	.	.	.
22	2.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13.2	.
23	5.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8.7	.
24	1.6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12.9	.
25	.	.	.	.	.	2.4	.	.	0.8	.	12.1	.
26	.	.	.	.	.	.	.	.	6.1	.	9.7	.
27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
29	.	.	17.3	.	.	.	.	0.5	.	.	.	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
31	1.5	.	.	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.
TOT.	76.1	36.2	23.8	59.8	24.6	17.4	0.2	18.9	6.9	16.0	136.2	28.8
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 444.9MM												

ANNEXE 2.4.2.5. PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359021  
 ANNEE 1978 AVAL DU BVN SIDI BEN NACEUR.

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	18.8	24.3	43.8	23.6	.	.	.	.	.	.	.
2	.	0.1	.	13.6	.	.	0.5	.	.	.	.	.
3	0.4	11.5	.	6.3	.	.	.	.	.	.	.	.
4	0.4	3.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	0.9	.	0.4	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.
6	.	4.9	8.5	6.3	0.6	.	.	.	.	.	.	.
7	.	11.5	10.2	2.6	0.6	.	.	.	.	.	.	.
8	.	7.2	4.6	3.9	.	.	.	.	.	.	.	.
9	.	.	0.7	5.6	0.8	.	.	.	.	.	.	.
10	.	.	.	.	1.4	.	.	.	.	.	.	.
11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	6.7	8.7	.	0.3	.	.	.	.	.	.	.	.
13	.	8.4	0.1	0.6	.	.	.	.	.	.	.	.
14	.	26.1	2.6	7.3	.	.	.	.	.	.	.	.
15	.	1.7	1.2	5.5	.	.	.	.	.	.	.	.
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17	.	.	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18	17.1	.	1.1	0.7	.	.	.	.	.	.	.	.
19	13.6	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.
20	19.6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21	9.2	.	1.7	1.6	.	.	.	.	.	.	.	.
22	12.2	.	0.2	.	0.4	.	.	.	.	.	.	.
23	0.7	.	.	.	4.0	.	.	.	.	.	.	.
24	.	.	0.5	10.0	.	.	.	.	.	.	.	.
25	1.6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
26	0.4	0.4	.	.	.	1.5	.	13.3	.	.	.	.
27	.	1.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
28	1.9	.	.	.	5.2	.	.	.	.	.	.	.
29	15.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	22.9	.	30.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
31	10.3	.	3.6	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TOT.	133.4	104.0	90.2	110.3	36.6	1.5	0.5	13.9	.	.	.	.
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 490.4MM												

ANNEXE 2.4.2.5.

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE

SUR LE BASSIN NUMERO 48359022

ANNEE 1973

AMONT DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1											.	.
2											.	23.8
3											.	3.5
4											.	.
5											.	1.3
6											1.1	.
7											.	2.0
8											3.0	.
9											.	.
10											.	.
11											.	.
12											.	17.7
13											.	8.5
14											1.1	2.2
15											4.2	0.4
16											.	.
17											.	4.8
18											.	0.3
19											1.0	.
20											.	.
21											.	5.6
22											.	.
23											.	.
24										6.7	.	.
25										86.3	.	.
26										55.7	3.3	.
27										9.9	1.9	.
28										0.3	5.8	6.8
29										.	6.4	.
30										.	.	.
31										.	.	.
TOT.										158.9	27.8	76.9
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 263.6 MM												

ANNEXE 2.4.2.5 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359022

ANNEE 1974

AMONT DU BVN SIDI BEN NACEUR.

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	16.0	.	.	2.0	.	.	.	.	.	.	.	7.3
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.3
3	0.1	3.1	8.0	3.2	.	.	.	.	.	.	.	.
4	.	13.1	8.9	8.7	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	4.9	7.9	11.5	2.6	.	.	.	.	2.3	14.0	.
6	.	7.9	9.0	.	4.6	.	.	.	.	12.1	52.2	0.3
7	1.7	0.9	.	.	12.5	.	.	.	.	.	46.6	2.0
8	1.3	0.1	7.0	.	1.1	.	.	.	.	.	18.9	8.8
9	12.1	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	0.4	1.8
10	1.0	.	.	2.8	.	.	.	.	.	.	.	.
11	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	2.1	.	9.6
12	.	.	3.4	3.9	.	.	.	.	.	8.2	.	15.6
13	.	12.6	.	11.9	.	.	.	.	.	13.0	.	26.7
14	1.1	40.8	0.8	3.5	.	0.7	.	.	.	21.5	.	.
15	2.0	.	1.6	.	.	5.3	.	.	.	1.5	.	.
16	.	4.8	.	8.8	.	.	.	.	.	5.3	.	.
17	.	8.3	.	11.0	.	.	.	.	.	.	.	.
18	2.6	.	.	6.4	.	.	.	.	.	.	.	.
19	.	.	.	.	.	.	.	.	0.5	.	.	.
20	.	.	.	.	.	.	1.5	.	7.5	9.7	.	.
21	.	.	.	1.7	.	.	.	.	.	33.2	.	.
22	.	26.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23	.	7.3	.	0.8	.	.	.	.	.	.	.	.
24	.	14.6	.	13.6	1.0	.	.	.	12.6	.	.	.
25	.	15.6	.	.	.	.	.	.	1.4	.	0.3	1.7
26	4.1	14.4	.	.	.	.	.	.	0.3	11.4	2.1	.
27	3.2	.	.	.	.	.	.	.	.	4.4	.	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	17.6	0.1	0.2
29	.	.	9.2	4.2	.	.	.	.	11.9	20.4	1.2	.
30	.	.	0.1	1.1	.	.	.	.	.	2.5	3.1	0.2
31	.	.	13.6	.	.	.	.	.	.	24.4	.	0.5
TOT.	45.2	175.3	71.8	95.1	21.8	6.0	11.5	.	34.2	189.6	138.9	75.0
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 854.4MM												

ANNEXE 2.4.2.5. PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359022

ANNEE 1975

AMONT DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	.	.	10.5	.	.	.	.	.	.	.	29.1
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20.3	0.4
3	1.4	13.5	.	.	.	.	.	.	.	.	71.2	.
4	0.1	43.9	0.4	.	3.4	.	.	.	.	.	17.6	.
5	.	4.9	.	.	5.9	.	.	.	.	0.5	3.8	.
6	.	0.2	.	.	0.9	.	.	.	.	3.1	0.5	.
7	.	.	3.0	.	5.9	.	.	.	.	.	7.0	.
8	2.3	.	4.3	.	.	.	.	.	.	.	1.9	.
9	.	.	19.5	.	2.4	.	.	.	.	.	.	.
10	.	.	.	0.4	.	1.0	.	.	0.9	.	.	.
11	.	.	.	.	10.0	.	.	.	.	2.7	.	2.9
12	.	29.9	.	.	11.1	.	.	.	.	.	.	0.5
13	.	3.1	9.7	.	13.4	.	.	.	.	2.6	.	.
14	.	0.6	7.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15	.	6.0	3.7	.	.	.	.	.	0.2	.	0.2	.
16	.	37.4	1.1	.	.	.	.	.	.	17.9	.	4.9
17	.	12.2	.	.	.	.	.	.	.	13.2	0.4	.
18	.	0.5	0.9	.	.	.	.	.	.	13.7	.	1.5
19	29.5	.	1.0	.	.	.	.	.	.	50.9	28.4	3.1
20	6.5	.	11.3	.	.	.	.	.	.	7.2	69.3	10.2
21	12.9	.	.	.	5.4	.	.	.	.	.	44.8	6.3
22	.	4.0	6.4	6.8	.	.	.	.	4.1	.	19.2	.
23	1.2	1.3	17.2	2.1	.	.	.	15.3	3.2	2.0	.	.
24	0.3	5.0	12.3	.	.	.	.	21.3	.	.	.	.
25	.	7.9	0.6	.	1.5	.	.	.	.	.	.	.
26	.	1.9	.	.	.	.	.	7.9	.	.	0.2	8.2
27	1.4	0.1	.	.	.	.	.	1.7	.	6.4	41.8	.
28	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13.5	.
29	.	.	.	.	0.1	.	.	3.2	.	.	0.6	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6	.
31	.	.	8.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TOT.	56.0	172.4	107.2	19.8	60.0	1.0	.	49.4	8.4	120.2	342.3	68.5
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 1005.2MM												

ANNEXE 2.4.2.5. PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359022

ANNEE 1976

AMONT DU BVN SIDI BEN NACEUR.

	JANV.	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	8.7	.	.	.	.	.	0.8	3.7	.	2.2	.
2	.	9.2	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	2.5
3	.	.	.	.	.	.	.	.	6.5	15.7	.	15.6
4	.	.	.	.	.	13.2	.	.	.	15.2	18.8	.
5	.	0.6	.	.	5.6	0.9	0.4	.	.	1.5	3.1	3.9
6	.	2.0	.	.	.	3.0	7.4	.	7.3	0.3	1.1	.
7	8.1	5.4	.	.	.	.	20.1	.	5.8	3.7	.	.
8	4.8	.	.	.	.	.	0.3	.	.	1.1	.	.
9	.	.	0.3	.	.	.	.	.	.	2.4	.	.
10	.	.	1.7	11.5	.	.	.	6.3	.	.	.	.
11	0.4	9.2	0.1	9.0	0.4	.	.	.	.	0.7	5.7	0.2
12	.	9.6	.	.	.	.	.	.	.	13.0	2.3	8.5
13	0.5	0.4	13.8	.	1.3	.	.	.	.	55.6	12.7	6.2
14	1.3	3.0	24.7	0.2	8.0	.	.	.	2.3	.	16.8	.
15	0.4	28.5	.	.	22.2	.	.	.	.	5.8	.	.
16	.	2.4	19.7	.	12.8	.	.	.	.	17.2	4.6	.
17	1.6	.	8.7	.	.	15.8	.	.	.	17.4	26.8	.
18	14.1	0.8	.	.	.	0.3	.	.	.	15.1	31.8	.
19	0.2	.	.	11.6	2.0	.	.	.	0.7	.	7.3	.
20	4.4	.	.	6.7	.	.	.	.	.	35.4	15.8	1.9
21	.	.	3.9	1.8	.	.	.	.	.	7.8	16.9	22.1
22	0.9	.	0.1	.	.	.	.	0.2	.	.	27.0	8.3
23	.	10.2	11.4	3.1	.	.	.	.	.	.	.	2.6
24	0.1	2.0	1.5	0.1	.	.	.	1.2	.	.	3.9	.
25	.	1.8	.	0.3	.	.	.	0.5	.	9.9	.	2.6
26	23.3	2.5	3.9	.	.	.	7.2	11.8	.	16.0	.	10.6
27	11.0	.	.	.	.	.	.	.	.	0.1	.	.
28	21.7	.	.	9.0	7.1	.	.	.	.	.	.	.
29	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10.6	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.8	2.2	.
31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7.9	.	.
TOT.	92.8	96.3	89.8	53.3	60.5	33.2	35.4	20.8	26.3	243.6	209.6	85.0
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 1046.6MM												

ANNEXE 2.4.2.5 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359022

ANNEE 1977

AMONT DU BVN SIDI BEN NACEUR.

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	2.8	.	.	.	2.7	.	.	.	.	1.5	8.6
2	.	6.0	.	.	.	1.6	.	.	.	.	0.3	0.2
3	.	2.3	.	.	.	1.4	.	.	.	.	.	.
4	.	2.6	.	.	.	6.6	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	8.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12.2	.
7	4.2	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	10.9	.
8	20.5	.	.	.	.	.	.	.	.	12.7	.	.
9	4.1	.	.	18.9	.	.	.	.	.	.	.	14.5
10	.	.	.	5.0	.	.	.	.	.	.	.	0.3
11	.	.	.	13.5	.	.	.	.	.	.	.	.
12	20.7	6.6	7.7	3.5	.	.	.	0.4	.	.	.	.
13	4.8	12.4	.	1.6	.	.	.	.	.	.	11.6	.
14	.	7.1	.	.	.	.	.	.	.	.	3.9	.
15	3.1	1.5	.	.	2.6	.	.	.	.	.	2.5	.
16	3.3	.	.	.	5.1	.	.	.	.	.	5.3	0.9
17	0.3	.	.	.	16.1	.	.	.	.	.	10.9	.
18	.	.	.	.	.	.	.	17.5	.	.	7.1	.
19	.	.	.	9.9	.	.	.	.	.	.	20.6	.
20	.	.	.	12.5	.	.	.	0.9	.	.	.	.
21	.	.	.	1.4	.	.	.	.	.	.	.	.
22	2.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13.5	.
23	6.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10.6	.
24	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11.6	.
25	.	.	.	.	.	0.2	.	.	0.1	.	9.8	.
26	.	.	.	.	.	.	.	.	5.5	.	11.1	.
27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.4	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
29	.	.	19.5	.	.	.	.	0.4	.	.	.	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
31	0.2	.	.	.	.	.	0.3	.	.	.	.	.
TOT	80.2	41.3	27.2	66.3	24.3	12.5	0.3	19.2	5.6	13.9	144.8	24.5
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 460.1MM												

ANNEXE 2.4.2.5. PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE

SUR LE BASSIN

NUMERO 48359022

ANNEE 1978

AMONT DU BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	20.3	30.2	58.2	26.5	.	.	.	.	.	.	.
2	.	0.2	.	13.7	.	.	.	.	.	.	.	.
3	1.3	10.4	.	5.8	.	.	.	.	.	.	.	.
4	.	4.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	1.4	.	0.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	.	4.7	9.5	5.7	0.3	.	.	.	.	.	.	.
7	.	10.8	8.0	3.1	0.6	.	.	.	.	.	.	.
8	.	6.7	6.3	4.6	.	.	.	.	.	.	.	.
9	.	.	1.9	4.8	1.0	.	.	.	.	.	.	.
10	.	.	.	.	0.7	.	.	.	.	.	.	.
11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	6.6	9.2	.	0.1	.	.	.	.	.	.	.	.
13	.	12.9	0.3	0.9	.	.	.	.	.	.	.	.
14	.	32.5	1.7	6.3	.	.	.	.	.	.	.	.
15	.	1.8	2.0	7.5	.	.	.	.	.	.	.	.
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17	.	.	0.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18	15.0	.	0.8	0.7	.	.	.	.	.	.	.	.
19	18.0	.	.	0.3	.	.	.	.	.	.	.	.
20	21.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21	11.5	.	0.9	1.7	.	.	.	.	.	.	.	.
22	14.6	.	0.5	.	0.7	.	.	.	.	.	.	.
23	2.1	.	.	.	3.9	.	.	.	.	.	.	.
24	.	.	0.3	10.6	.	.	.	.	.	.	.	.
25	1.2	.	.	.	.	.	.	0.3	.	.	.	.
26	0.3	0.8	.	.	.	1.0	.	28.5	.	.	.	.
27	.	1.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
28	3.5	.	.	.	3.9	.	.	.	.	.	.	.
29	13.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	29.6	.	34.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
31	11.1	.	6.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TOT.	151.6	115.4	103.1	125.0	37.6	1.0	.	28.8	.	.	.	.
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 562,5MM												

ANNEXE 2.4.2.5 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359022

ANNEE 1973

DES ARGILES-CALCAIRES BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1												
2												26.5
3												3.3
4												
5												1.3
6										0.5		
7												2.2
8										2.9		
9												
10												
11												
12												18.3
13												8.1
14										0.6		1.3
15										4.2		0.9
16												
17												4.4
18												0.3
19										1.4		
20												
21												6.2
22												
23												
24										10.5		
25										75.1		
26										42.3	1.2	
27										13.8	1.4	
28											5.7	7.0
29											4.4	
30												
31												
TOT.										141.7	22.3	79.8
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 243.8MM												

ANNEXE 2.4.2.5 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359023

ANNEE 1974

DES ARGILES-CALCAIRES BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	13.7	.	.	11.7	.	.	.	.	.	.	.	9.2
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.6
3	.	3.0	7.0	2.4	.	.	.	.	.	.	.	.
4	.	16.3	7.7	8.5	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	4.5	11.0	10.6	2.3	.	.	.	.	3.0	12.1	.
6	.	8.3	8.8	.	4.0	.	.	.	.	9.4	29.4	0.1
7	1.7	2.3	.	.	14.6	.	.	.	.	.	30.1	1.4
8	1.8	1.0	6.6	.	2.0	.	.	.	.	.	8.1	5.5
9	12.3	.	0.9	1.0	.	.	.	.	.	.	1.1	0.3
10	0.8	.	.	2.4	.	.	.	.	.	.	.	.
11	.	.	0.7	.	.	.	.	.	.	1.4	.	10.5
12	.	.	3.5	4.0	.	.	.	.	.	8.1	.	9.7
13	.	14.4	.	8.7	.	.	.	.	.	11.9	.	23.1
14	1.1	38.7	0.2	5.2	.	0.7	.	.	.	19.4	.	.
15	2.2	.	1.4	0.2	.	3.5	.	.	.	1.0	.	.
16	.	5.7	0.3	9.9	.	.	.	.	.	4.7	.	.
17	.	11.5	.	10.0	.	.	.	.	.	.	.	.
18	2.0	.	.	7.5	.	.	.	.	.	.	.	.
19	.	.	.	.	.	.	.	.	0.9	.	.	.
20	.	.	.	.	.	.	1.0	.	5.5	10.6	.	.
21	.	.	.	2.0	.	.	.	.	.	30.0	.	.
22	.	34.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23	.	9.8	.	0.9	.	.	.	.	.	.	.	.
24	.	13.2	.	11.9	0.9	.	.	.	4.2	.	.	.
25	.	29.8	.	.	.	.	.	.	2.4	.	1.3	0.9
26	2.5	13.6	.	.	.	.	.	.	0.8	12.6	1.8	.
27	8.6	.	.	.	.	.	.	.	.	4.5	.	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	17.9	0.2	0.3
29	.	.	10.5	5.0	.	.	.	.	13.8	14.0	1.4	.
30	.	.	0.4	3.0	.	.	.	.	.	2.8	1.5	0.1
31	.	.	37.2	.	-	.	.	.	.	26.9	.	0.6
TOT.	46.7	206.3	96.2	104.9	-	4.2	1.0	.	27.6	178.2	87.0	62.3
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 814.4MM												

ANNEXE 2.4.2.5

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE

SUR LE BASSIN

NUMERO 48359023

ANNEE 1975

DES ARGILES-CALCAIRES BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	.	.	8.8	.	.	.	.	.	.	.	24.1
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	24.4	1.1
3	1.7	14.0	.	.	.	.	.	.	.	.	67.3	.
4	0.1	48.9	0.2	.	2.8	.	.	.	.	.	18.9	.
5	.	5.1	.	.	4.6	.	.	.	.	.	3.8	.
6	.	0.2	.	.	1.3	.	.	.	.	2.2	3.5	.
7	.	.	3.2	.	3.4	.	.	.	.	.	3.6	.
8	1.3	.	4.9	.	.	.	.	.	.	.	2.0	.
9	.	.	13.6	.	1.7	.	.	.	.	.	.	.
10	.	.	.	0.1	.	0.9	.	.	0.9	.	.	.
11	.	.	.	.	10.2	.	.	.	.	1.9	.	1.4
12	.	23.2	.	.	15.1	.	.	.	.	.	.	0.3
13	.	2.3	8.1	.	7.1	.	.	.	.	1.6	.	.
14	.	0.2	5.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15	.	4.2	3.1	.	.	.	.	.	.	.	0.9	.
16	.	36.1	1.2	.	.	.	.	.	.	9.2	.	4.9
17	.	14.1	.	.	.	.	.	.	.	19.6	0.3	.
18	.	0.3	0.5	.	.	.	.	.	.	12.0	.	1.2
19	36.4	.	0.7	.	.	.	.	.	.	39.0	30.8	1.5
20	1.0	.	7.2	.	.	.	.	.	.	6.5	33.9	6.2
21	17.7	.	.	.	7.7	.	.	.	.	.	29.5	7.5
22	.	4.0	6.3	9.5	.	.	.	.	.	.	10.1	.
23	1.9	0.5	12.3	1.0	.	.	.	10.1	2.7	0.8	.	.
24	0.2	5.5	3.8	.	.	.	.	18.8	.	.	.	.
25	.	4.6	1.0	.	1.3	.	.	.	.	.	.	0.7
26	.	3.4	.	.	.	.	.	8.0	.	.	.	10.5
27	0.9	0.7	.	.	.	.	.	2.2	.	5.0	26.7	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	16.1	.
29	.	.	.	.	.	.	.	1.6	.	.	0.8	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.4	.
31	.	.	8.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TOT	61.2	167.3	79.7	19.4	55.2	0.9	.	40.7	3.6	97.8	274.0	59.4
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 859.2MM												

ANNEXE 2.4.2.5 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE

SUR LE BASSIN NUMERO 48359023

ANNEE 1976

DES ARGILES-CALCAIRES BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	9.3	.	.	.	.	.	1.3	7.8	.	3.4	.
2	.	5.2	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	1.5
3	.	.	.	.	.	.	.	.	6.4	18.5	.	15.1
4	.	.	.	.	.	11.2	.	.	.	7.8	17.0	0.4
5	.	0.5	.	.	6.1	0.1	0.5	.	.	1.0	1.8	4.3
6	0.3	1.3	.	.	.	1.6	7.7	.	6.8	0.7	1.2	.
7	6.7	6.0	.	.	.	.	15.7	.	7.5	4.1	.	.
8	7.0	.	.	.	.	.	1.5	.	.	.	.	.
9	.	.	0.3	.	.	.	.	.	.	2.2	.	.
10	.	.	5.8	12.4	.	.	.	6.1	.	.	.	.
11	0.6	6.9	0.5	5.5	0.6	.	.	.	.	0.1	5.7	1.0
12	.	9.5	.	.	.	.	.	.	.	11.8	2.5	4.1
13	1.3	0.9	9.6	0.5	1.6	.	.	.	.	51.1	6.9	4.0
14	1.8	2.9	17.9	1.6	7.8	.	.	..	4.3	.	11.9	.
15	0.3	19.6	.	.	21.5	.	.	.	.	3.8	.	.
16	.	1.9	16.4	.	16.1	.	.	.	.	10.9	5.9	.
17	2.4	.	7.6	.	.	8.7	.	.	.	10.3	23.7	.
18	18.5	1.1	.	.	.	0.3	.	.	.	12.4	34.2	.
19	.	.	.	9.6	1.7	.	.	..	0.9	.	7.0	.
20	2.6	.	.	3.8	.	.	.	.	.	18.8	18.7	0.7
21	.	.	6.9	5.4	.	.	.	.	.	10.3	9.7	28.9
22	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19.6	6.1
23	.	8.6	9.9	2.7	.	.	.	.	.	.	.	3.8
24	0.9	4.6	0.5	.	.	.	.	.	.	.	2.7	.
25	.	3.1	.	0.3	.	.	0.2	2.6	.	10.8	0.3	2.2
26	24.3	1.4	4.1	.	.	.	3.5	11.0	.	10.7	.	13.3
27	17.8	1.1	.	.	.	.	.	.	.	0.9	.	.
28	13.1	.	.	7.6	4.8	.	.	.	.	.	.	.
29	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8.1	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.8	5.3	.
31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6.7	.	.
TOT	98.8	83.9	79.5	49.4	61.3	21.9	29.1	21.0	33.7	194.7	185.6	85.4
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 944.3MM												

ANNEXE 2.4.2.5. PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE

SUR LE BASSIN NUMERO 48359023

ANNEE 1977

DES ARGILES CALCAIRES BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	0.6	.	.	.	3.0	.	.	.	.	1.8	10.6
2	.	5.3	.	.	.	1.3	.	.	.	.	.	.
3	.	1.1	.	.	.	1.4	.	.	.	.	.	.
4	.	2.0	.	.	.	9.2	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	7.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	18.7	.
7	4.8	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1	.
8	22.4	.	.	.	.	.	.	.	.	12.8	.	.
9	4.5	.	.	18.2	.	.	.	.	.	.	.	15.5
10	.	.	.	2.2	.	.	.	.	.	.	.	0.6
11	.	.	.	8.9	.	.	.	.	.	.	.	.
12	19.9	9.8	5.5	1.1	.	.	.	0.1	.	.	.	.
13	6.1	11.8	.	1.3	.	.	.	.	.	.	11.1	.
14	.	2.9	.	.	.	.	.	.	.	.	4.7	.
15	2.4	0.6	.	.	3.1	.	.	.	.	.	0.7	.
16	3.6	.	.	.	3.4	.	.	.	.	.	4.1	1.8
17	0.3	.	.	.	19.8	.	.	.	.	.	7.9	.
18	.	.	.	.	.	.	.	14.9	.	.	8.0	.
19	.	.	.	10.5	.	.	.	.	.	.	17.1	.
20	.	.	.	13.4	.	.	.	1.4	.	.	.	.
21	.	.	.	1.4	.	.	.	.	.	.	.	.
22	2.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11.3	.
23	3.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7.9	.
24	1.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14.0	.
25	.	.	.	.	.	1.2	.	.	1.9	.	12.2	.
26	.	.	.	.	.	.	.	.	4.8	.	9.0	.
27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.5	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
29	.	.	15.5	.	.	.	.	0.6	.	.	.	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
31	0.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TOT.	80.1	34.1	21.0	57.0	26.3	16.1	.	17.0	6.7	13.9	130.1	28.5
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 430.8MM												

ANNEXE 2.4.2.5 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359023

ANNEE 1978 DES ARGILES CALCAIRES BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	17.7	23.1	40.6	18.1	.	.	.	.	.	.	.
2	.	.	.	13.5	.	.	0.6	.	.	.	.	.
3	.	9.9	.	6.3	.	.	.	.	.	.	.	.
4	.	4.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	1.0	.	0.8	1.5	.	.	.	.	.	.	.	.
6	.	5.9	6.9	6.0	0.7	.	.	.	.	.	.	.
7	.	9.6	9.4	1.7	0.5	.	.	.	.	.	.	.
8	.	6.4	2.0	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.
9	.	.	.	4.6	0.4	.	.	.	.	.	.	.
10	.	.	.	.	1.6	.	.	.	.	.	.	.
11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	4.9	7.4	.	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.
13	.	9.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14	.	17.5	2.3	6.8	.	.	.	.	.	.	.	.
15	.	1.0	0.5	4.2	.	.	.	..	.	.	.	.
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17	.	.	0.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18	26.9	.	1.1	0.3	.	.	.	.	.	..	.	.
19	13.2	.	.	2.0	.	.	.	.	.	.	.	.
20	17.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21	5.4	.	2.0	2.3	.	.	.	.	.	.	.	.
22	10.8	.	0.1	.	0.1	.	.	.	.	.	.	.
23	.	.	.	.	4.0	.	.	.	.	.	.	.
24	.	.	0.7	7.3	.	.	.	.	.	.	.	.
25	1.6	.	.	.	.	.	.	0.7	.	.	.	.
26	0.2	.	.	.	.	1.4	.	1.0	.	.	.	.
27	.	0.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
28	2.1	.	.	.	5.7	.	.	.	.	.	.	.
29	15.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	18.9	.	22.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.
31	8.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TOT	126.7	89.8	71.7	100.0	31.7	1.4	0.6	1.7	.	.	.	.
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 423.9MM												

ANNEXE 2.4.2.5 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE

SUR LE BASSIN NUMERO 48359024

ANNEE 1973

DES EUCALYPTUS BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1											.	.
2											.	29.3
3											.	2.5
4											.	.
5											.	0.9
6											1.3	.
7											.	2.2
8											3.1	.
9											.	.
10											.	.
11											.	.
12											.	20.5
13											.	7.2
14											2.2	1.7
15											3.4	0.6
16											.	.
17											.	4.8
18											.	.
19											0.8	.
20											.	.
21											.	5.8
22											.	.
23											.	.
24										6.3	.	.
25										111.3	.	.
26										56.0	6.0	.
27										3.3	.	.
28										0.6	7.3	5.5
29										.	5.6	.
30										.	.	.
31										.	.	.
TOT.										177.5	29.7	81.0
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 288.2 MM												

ANNEXE 2.4.2.5 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE

SUR LE BASSIN NUMERO 48359024

ANNEE 1974

DES EUCALYPTUS BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	10.5	.	.	1.5	.	.	.	.	.	.	.	7.7
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.9
3	.	2.1	7.4	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.
4	.	14.5	8.8	9.2	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	2.9	11.3	11.4	2.9	.	.	.	.	1.8	13.0	.
6	.	10.6	8.3	.	4.8	.	.	.	.	12.3	52.4	.
7	0.9	1.0	.	.	13.1	.	.	.	.	.	53.4	1.9
8	1.3	0.1	5.2	.	2.5	.	.	.	.	.	13.1	8.2
9	12.5	.	0.3	1.4	.	.	.	.	.	.	0.7	2.1
10	0.9	.	.	1.4	.	.	.	.	.	.	.	.
11	.	.	4.1	.	.	.	.	.	.	0.6	.	16.1
12	.	.	3.3	2.9	.	.	.	.	.	8.5	.	8.9
13	.	14.8	.	11.3	.	.	.	.	.	9.3	.	30.7
14	1.5	41.3	1.6	6.0	.	0.5	.	.	.	23.1	.	.
15	0.6	.	1.2	2.5	.	1.9	.	.	.	1.5	.	.
16	.	7.0	.	6.8	.	.	.	.	.	5.1	.	.
17	.	6.6	.	7.6	.	.	.	.	.	.	.	.
18	2.5	.	.	5.2	.	.	.	.	.	.	.	.
19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	.	.	.	.	.	.	1.5	.	6.2	10.4	.	.
21	.	.	.	2.0	.	.	.	.	.	28.4	.	.
22	.	26.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
23	.	7.9	.	1.6	.	.	.	.	.	.	.	.
24	.	19.4	.	10.8	0.6	.	.	.	3.4	3.1	.	.
25	.	22.9	.	.	.	.	.	.	1.8	.	3.1	2.3
26	3.0	22.1	.	.	.	.	.	.	0.6	8.0	1.0	.
27	2.7	.	.	.	.	.	.	.	.	5.0	.	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20.0	.	.
29	.	.	7.6	5.2	.	.	.	.	10.9	15.8	1.9	.
30	.	.	0.2	2.7	.	.	.	.	.	6.1	3.0	0.4
31	.	.	9.0	.	.	.	.	.	.	22.9	.	0.3
TOT	36.4	200.1	68.3	91.7	23.9	2.4	1.5	.	22.9	181.9	141.6	79.5
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 850.2MM												

ANNEXE 2.4.2.5 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE

SUR LE BASSIN NUMERO 48359024

ANNEE 1975

DES EUCALYPTUS BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	.	.	10.1	.	.	.	.	.	.	.	28.1
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19.1	1.0
3	1.4	12.1	.	.	.	.	.	.	.	.	65.3	.
4	0.1	47.4	0.3	.	2.6	.	.	.	.	.	10.8	.
5	.	3.1	.	.	5.9	.	.	.	.	1.2	10.0	.
6	.	.	.	.	0.6	.	.	.	.	3.1	1.8	.
7	.	.	2.8	.	3.4	.	.	.	.	.	7.9	.
8	1.8	.	4.6	.	.	.	.	.	.	.	2.5	.
9	.	.	16.5	.	1.3	.	.	.	.	.	.	.
10	.	.	.	0.2	.	1.1	.	.	1.0	.	..	.
11	.	.	.	.	9.4	.	.	.	.	2.0	.	4.1
12	.	27.1	.	.	13.3	.	.	.	.	.	.	0.5
13	.	3.6	8.0	.	8.7	.	.	.	.	0.9	.	.
14	.	0.9	8.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15	.	5.8	3.4	.	.	.	.	.	1.6	.	0.8	.
16	.	44.5	1.6	.	.	.	.	.	.	12.6	.	4.0
17	.	18.0	.	.	.	.	.	.	.	18.5	0.7	.
18	.	0.2	1.3	.	.	.	.	.	.	12.7	.	1.9
19	13.3	.	1.1	.	.	.	.	.	.	42.0	33.2	2.1
20	1.8	.	12.4	.	.	.	.	.	.	3.0	59.7	8.0
21	4.3	.	.	.	4.3	.	.	.	.	.	53.6	8.6
22	.	3.1	8.8	7.1	.	.	.	.	0.5	.	11.9	.
23	0.5	1.2	18.2	0.5	.	.	.	10.6	2.4	1.5	.	.
24	.	4.6	8.1	.	.	.	.	24.7	.	.	.	.
25	.	7.9	0.5	.	1.5	.	.	.	.	.	.	1.3
26	.	2.3	.	.	.	.	.	8.3	.	.	.	10.0
27	0.3	0.2	.	.	.	.	.	1.7	.	5.2	38.9	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13.6	.
29	.	.	.	.	.	.	.	1.4	.	.	0.6	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.8	.
31	.	.	8.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TOT	23.5	182.0	104.4	17.9	51.0	1.1	.	46.7	5.5	102.7	333.2	69.6
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 937.6MM												

ANNEXE 2.4.2.5 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE  
SUR LE BASSIN NUMERO 48359024

ANNEE 1976 DES EUCALYPTUS BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	9.7	.	.	.	.	.	3.4	6.5	.	2.5	.
2	.	10.1	.	.	0.4	.	.	.	.	.	.	3.0
3	.	.	.	.	.	.	.	.	5.6	19.6	.	20.9
4	.	.	.	.	.	14.7	.	.	.	9.6	27.6	0.3
5	.	0.8	.	.	6.2	.	.	.	.	0.8	1.1	4.0
6	.	3.1	.	.	.	3.5	8.1	.	5.7	1.0	0.3	.
7	10.0	4.2	.	.	.	.	18.5	.	7.7	1.9	.	.
8	6.5	.	.	.	.	.	.	.	.	2.8	.	.
9	.	.	0.3	.	.	.	.	.	.	0.9	.	.
10	.	.	6.8	12.4	.	.	.	4.0	.	.	.	.
11	0.7	9.1	0.1	7.1	0.7	.	.	.	.	.	6.4	0.1
12	.	9.7	.	.	.	.	.	.	.	14.5	2.5	2.6
13	0.8	0.4	11.6	0.2	1.6	.	.	.	.	60.5	12.4	4.7
14	1.6	4.5	23.9	0.2	7.6	.	.	.	3.7	.	2.0	.
15	0.4	28.9	.	.	23.7	.	.	.	.	6.8	.	.
16	.	2.5	19.9	.	14.9	.	.	.	.	11.7	6.6	.
17	4.4	.	8.5	.	.	18.3	.	.	.	32.4	29.3	.
18	16.5	1.1	.	.	.	.	.	.	.	14.1	38.6	.
19	0.5	.	.	12.1	1.8	.	.	.	0.4	.	10.0	.
20	4.0	.	.	10.5	.	.	.	.	.	23.0	18.4	2.0
21	.	.	3.4	3.2	.	.	.	.	.	11.6	15.5	27.1
22	1.1	.	0.3	.	.	.	.	0.3	.	.	24.0	7.2
23	.	12.6	10.6	3.6	.	.	.	.	.	.	.	3.9
24	0.4	3.3	1.2	0.2	.	.	.	.	.	.	3.2	.
25	.	1.7	.	.	.	.	.	1.2	.	11.2	.	3.4
26	21.8	1.9	3.8	.	.	.	2.5	9.4	.	15.5	.	8.8
27	13.7	.	.	.	.	.	.	.	.	0.6	.	.
28	22.1	.	.	7.3	13.2	.	.	.	.	.	.	.
29	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10.9	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.6	6.9	.
31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9.7	.	.
TOT	104.5	103.6	90.4	56.8	70.1	36.5	29.1	18.3	29.6	249.8	218.2	88.0
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 1094.9MM												

ANNEXE 2.4.2.5 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE

SUR LE BASSIN NUMERO 48359024

ANNEE 1977

DES EUCALYPTUS BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	0.3	.	.	.	2.8	.	.	.	.	1.3	10.6
2	.	5.8	.	.	.	2.2	.	.	.	.	.	0.5
3	.	.	.	.	.	4.1	.	.	.	.	.	.
4	.	2.0	.	.	.	2.9	.	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	6.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13.8	.
7	3.7	.	.	.	.	.	.	.	.	2.3	3.5	.
8	13.1	.	.	.	.	.	.	.	.	17.3	.	.
9	4.1	.	.	19.6	.	.	.	.	.	.	.	18.3
10	.	.	.	4.6	.	.	.	.	.	.	.	0.2
11	.	.	.	13.2	.	.	.	.	.	.	.	.
12	17.3	7.6	7.3	0.7	.	.	.	0.6	.	.	.	.
13	4.7	11.7	.	0.7	.	.	.	.	.	.	13.1	.
14	.	1.9	.	.	.	.	.	.	.	.	4.4	.
15	3.0	0.4	.	.	3.1	.	.	.	.	.	1.1	.
16	3.3	.	.	.	4.3	.	.	.	.	.	7.5	0.3
17	0.2	.	.	.	14.4	.	.	.	.	.	8.9	.
18	.	.	.	.	.	.	.	16.7	.	.	8.7	.
19	.	.	.	9.9	.	.	.	.	.	.	23.2	.
20	.	.	.	11.5	.	.	.	2.8	.	.	.	.
21	.	.	.	0.7	.	.	.	.	.	.	.	.
22	2.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14.6	.
23	5.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9.2	.
24	1.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9.0	.
25	.	.	.	.	.	3.4	.	.	0.5	.	13.6	.
26	.	.	.	.	.	.	.	.	7.5	.	9.4	.
27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3	.
28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
29	.	.	16.0	.	.	.	.	0.2	.	.	.	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
31	2.5	.	.	.	.	.	0.2	.	.	.	.	.
TOT	68.3	29.7	23.3	60.9	21.8	15.4	0.2	20.3	8.0	19.6	142.6	29.9
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 440.0MM												

ANNEXE 2.4.2.5 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE MOYENNE

SUR LE BASSIN NUMERO 48359024

ANNEE 1978

DES EUCALYPTUS BVN SIDI BEN NACEUR

	JANV	FEVR	MARS	AVRI	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOVE	DECE
1	.	19.1	25.5	39.6	24.7	.	.	.	.	.	.	.
2	.	0.2	.	12.5	.	.	0.4	.	.	.	.	.
3	.	10.5	.	7.3	.	.	.	.	.	.	.	.
4	1.6	3.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	0.1	.	0.2	0.9	.	.	.	.	.	.	.	.
6	.	4.7	10.3	7.5	0.8	.	.	.	.	.	.	.
7	.	14.5	10.8	2.2	0.7	.	.	.	.	.	.	.
8	.	7.8	6.3	5.0	.	.	.	.	.	.	.	.
9	.	.	2.0	6.0	1.4	.	.	.	.	.	.	.
10	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.
11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	7.7	9.3	.	0.6	.	.	.	.	.	.	.	.
13	.	4.5	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.
14	.	29.8	2.4	7.5	.	.	.	.	.	.	.	.
15	.	1.1	2.5	5.0	.	.	.	.	.	.	.	.
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17	.	.	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18	12.0	.	1.5	0.6	.	.	.	.	.	.	.	.
19	14.9	.	.	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.
20	25.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
21	8.1	.	2.0	4.3	.	.	.	.	.	.	.	.
22	14.0	.	.	.	0.1	.	.	.	.	.	.	.
23	1.7	.	.	.	4.1	.	.	.	.	.	.	.
24	.	.	0.9	10.8	.	.	.	.	.	.	.	.
25	1.9	.	.	.	.	.	.	0.5	.	.	.	.
26	1.0	0.5	.	.	.	2.0	.	33.8	.	.	.	.
27	.	1.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
28	2.0	.	.	.	6.4	.	.	.	.	.	.	.
29	12.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	25.0	.	31.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
31	12.0	.	5.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TOT	139.9	106.8	101.9	108.3	39.4	2.0	0.4	34.3	.	.	.	.
TOTAL PLUVIOMETRIQUE SUR LA PERIODE = 533.0MM												