MICROFICHE N° 00168

République Tunisienne

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية

وزارة الفلاحة

المركز القومي

للتوثيق الفلاحي

تونس

F 1

REPUBLIQUE TUNISIENNE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

Direction des Ressources en Eau et en Sol

DIVISION DES SOLS

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE MER

MISSION TUNISIE

ÉTUDE D'UNE TOPOSEQUENCE TYPE DU SUD TUNISIEN

DJEBEL DISSA

LES SOLS, RUISSELLEMENT, BILAN HYDRIQUE, EROSION, VEGETATION

(RÉSULTATS DE LA SAISON 1973 - 1974)

Par

J. BOURGES, Hydrologue ORSTOM

C. FLORET, Ecologiste au CNRS Expert UNESCO Projet Parcours Sud

R. POTANER, Pédologue ORSTOM

Mai 1975

République Tunisienne
Ministère de l'Agriculture
Direction des Ressources
en Eaux et Sols

Office de la Recherche
Scientifique et Technique
d'Outre-Mer
(Mission Tunisie)

ETUDE D'UNE TOPOSEQUENCE TYPE DU SUD TUNISIEN
- DJEBEL DISSA -

sols, ruissellement, bilan hydrique, érosion, végétation
(Résultats de la saison 1973-1974)

par

J. BOURGES, hydrologue ORSTOM
Ch. FLORET, écologiste au CEPE-CNRS - expert UNESCO
(Projet Parcours SUD)
R. PONTANIER, pédologue ORSTOM

Mai 1975

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

Nous présentons dans cette note les résultats des mesures effectuées sur l'ensemble des parcelles de la station du djebel DISSI durant la saison 1973-1974.

Cette station a déjà fait l'objet d'un premier rapport de campagne (ES 89 ARES Tunis, Décembre 1973), à l'occasion de la saison 1972-1973.

Nous rappelons brièvement les buts de l'étude : sur une toposéquence type du Sud tunisien, localisée à 16 km au S W de Gabès et constituée depuis le sommet par des sols gypseux (croûtes et encroûtements) associés à des pointements calcaires, par des sierozems tronqués et par des sierozems plus ou moins ensablés, nous étudions :

- les relations sol - végétation
- le mécanisme du ruissellement et ses facteurs déterminants
- la réaction du sol aux sollicitations pluviométriques
- le bilan hydrologique, le bilan hydrique des sols ainsi que la dynamique de l'eau
- l'érosion hydrique et le processus de dégradation des sols
- les incidences sur la végétation d'une mise en défens dans les différentes unités de végétation
- la production végétale à l'aval de la toposéquence en fonction du bilan d'eau du sol correspondant
- les différents paramètres climatiques influant sur le ruissellement, l'ETR et la végétation.

Nous remercions vivement Monsieur le Chef de l'Arrondissement de la Direction des Ressources en eau et sol de Gabès qui a beaucoup facilité ce travail, ainsi que tous les techniciens de la DRES, de l'ENRAT, du laboratoire de Gabès, et de l'ORSTOM, qui ont participé à cette étude.

1. LE DISPOSITIF DE MESURES

Le lecteur fera référence à l'ES 89 (Bourges, Floret, Pontanier, 1973) pour plus amples informations concernant le dispositif de mesures. Néanmoins nous rappelons qu'il est essentiellement constitué :

- d'une station météorologique normale (t°C, Pluie, H %)
- d'un réseau très dense de pluviomètres
- de trois parcelles sur lesquelles sont effectuées des mesures de la végétation mise en défens, de ruissellement, d'érosion et de bilan d'eau, permettant de décomposer le ruissellement et le bilan de chaque unité de sol de la toposéquence,
- d'une parcelle de mesures de la biomasse aérienne végétale à l'aval de la toposéquence.

La saison 1973-1974 a vu la fin des installations définitives du dispositif de mesures, surtout en ce qui concerne l'entrée en service des deux dernières parcelles de ruissellement (n°2 - sols gypseux - microsuns tronqués et n°3 - sols gypseux).

Nous devons signaler que les seuils de contrôle type Neyrpic (déversoir épais) installés à la sortie des fosses 1 et 2, n'ayant pas donné satisfaction durant les crues de décembre 1973, ont été remplacés par des déversoirs triangulaires à lame mince, plus précis. De même le partiteur au 1/10 ème de la parcelle n°3 a été légèrement modifié, en raison de son mauvais fonctionnement.

2. RESULTATS POUR LA SAISON 1973-1974

2.1 Météorologie (cf. tableau n° 1)

2.1.1 Pluviométrie

D'une façon générale la saison 1973-1974 se présente dans tout le Centre Sud tunisien comme une année pluvieuse due principalement aux averses exceptionnelles du mois de décembre. La station longue durée de référence, Gabès SM, a reçu au cours de cette saison 314 millimètres et nous relevons au poste de la station météo du Djebel DIRAH 293 millimètres.

../.

Djebel DISSA - Résultats météorologiques 1973-1974

Tableau n° 1

Mois	Décade	$\bar{m}$ tx °C	$\bar{m}$ tn °C	$\bar{m}$ t°C	Température sol °C 10 cm	Température sol °C 20 cm	Piche (mm)	Pluie * (mm)
Sept.	1	32,1	19,9	25,9			89,4	0
	2	35,0	20,9	28,0			100,7	0
	3	33,5	17,9	25,7			116,3	0
	mois	33,5	19,6	26,6			306,4	0
Oct.	1	31,3	18,0	24,6	28,2	27,3	96,2	0
	2	31,5	17,7	24,6	26,4	28,4	95,4	0,6
	3	23,9	12,0	17,9	20,2	20,3	70,5	2,8
	mois	28,9	15,9	22,4	24,9	25,3	262,1	3,4
Nov.	1	29,1	9,9	19,5	18,4	18,0	37,3	4,6
	2	21,3	9,4	15,3	15,3	15,6	61,2	8,6
	3	20,0	13,6	16,8	13,4	13,3	44,4	0,6
	mois	23,4	10,9	17,2	15,7	15,6	115,7	13,8
Déc.	1	14,8	2,1	8,4	10,7	9,3	40,7	41,2
	2	15,3	6,0	10,6	10,8	8,6	25,6	126,5
	3	17,4	7,0	12,2	11,5	8,9	45,4	1,3
	mois	15,8	5,0	10,4	11,0	8,9	111,7	169,0
Janv.	1	17,1	4,9	11,0	11,0	8,7	50,1	0
	2	17,0	6,1	11,5	12,1	9,6	50,2	0
	3	16,3	4,8	10,5	11,1	8,4	38,1	1,2
	mois	16,8	5,2	11,0	11,4	8,9	138,7	1,2
Févr.	1	18,5	3,3	10,8	12,4	9,5	64,5	0
	2	19,9	3,0	11,4	13,2	10,2	106,6	0
	3	17,9	6,7	12,3	12,3	9,9	33,7	27,1
	mois	18,7	4,5	11,6	12,6	9,8	204,8	27,1
Mars	1	18,3	6,2	12,2	13,2	10,1	46,2	8,2
	2	20,4	7,4	13,9	14,3	11,3	59,0	26,8
	3	18,5	9,7	14,1	19,6	16,1	82,6	0,6
	mois	19,2	7,7	13,4	15,7	12,5	187,8	35,6
Avril	1	24,5	10,7	17,6	20,7	17,3	52,8	1,2
	2	23,3	13,5	18,4	20,1	17,6	94,1	0,2
	3	23,8	13,6	18,7	21,2	17,4	107,9	3,9
	mois	29,8	12,6	18,2	20,6	17,4	254,8	5,3
Mai	1	23,9	13,5	18,7	23,9	19,9	83,7	0
	2	29,4	15,1	22,2	26,0	23,0	81,4	0
	3	32,4	17,1	24,7	27,7	24,3	90,3	0
	mois	28,5	15,2	21,8	25,8	22,4	255,4	0
Juin	1	26,3	17,5	22,9	29,1	24,1	67,9	0
	2	31,5	19,2	25,3	28,9	26,2	95,0	0
	3	30,4	19,5	21,9	30,6	25,7	69,9	4,4
	mois	30,1	18,7	24,4	29,5	25,9	232,8	4,4
Juillet	1	32,1	19,8	26,5			75,2	0
	2	34,4	19,4	26,9			102,7	0
	3	31,4	18,8	25,2			74,0	0
	mois	32,6	19,3	26,5			251,9	0
Août	1	34,7	20,1	27,4	•		112,4	0
	2	31,7	19,2	25,5			78,1	0
	3	34,4	16,4	27,5			83,0	0
	mois	33,5	18,6	26,8			273,5	0
Année							2595,6	259,8

* moyenne de la pluie sur l'ensemble de la station

L'étude sommaire de la pluviométrie observée à Gabès sur une période de 35 ans, présentée dans le rapport de la campagne 1972-1973, faisait apparaître une moyenne de 183,4 millimètres et une médiane de 154 millimètres. La découverte de nouvelles observations, en cours de dépouillement, nous permet d'étendre cette période à 75 ans et de modifier légèrement ces valeurs. Rappelons en outre que la situation maritime de Gabès lui confère un régime pluviométrique légèrement différent de celui de la station du djebel DISRA, peu éloignée de la mer, mais protégée de son influence par sa position sur le versant Ouest des djebels.

L'énumération de quelques caractéristiques pluviométriques (tableau n°2) sur ces deux stations que sont Gabès et Gafsa, cette dernière station étant considérée comme continentale, permet de mieux situer le caractère exceptionnel de la saison étudiée :

Tableau n°2

Station	Moyenne inter-annuelle	Total annuel maximal	Total annuel minimal	Médiane	Année sèche h 10	Année sèche h 50	Année humide h 10	Année humide h 50
Gabès	183,2	477	36	160	76	50	330	500
Gafsa	163,4	444	36	143	78	54	260	380

h10 et h50 représentent les hauteurs annuelles de fréquence décennale ou cinquantenaire obtenues d'après ajustement de la répartition sur une loi gausso-logarithmique. Ainsi l'on constate que l'année étudiée peut être classée comme proche de l'année humide de fréquence décennale.

Dans la forme et la répartition de ces précipitations, il convient de souligner l'importance de la séquence pluvieuse du 12 décembre qui représente, à elle seule, plus de 45 % du total annuel. C'est en fait sur le plan hydrologique l'élément déterminant de cette saison. Il est occasionné par une très forte dépression en provenance du Sud-Est qui va déverser sur tout le Sud tunisien des trombes d'eau avec une intensité exceptionnelle. L'épicentre se trouve sur El Hamma, à 20 km de la station, avec une pluviométrie de 303 millimètres et une intensité maximale sur 5 minutes de 190 mm/h. L'intensité moyenne du corps principal de la deuxième averse atteint 55 mm/h durant 3H30. Malgré ces valeurs remarquables, le phénomène n'en est pas moins étendu puisqu'à plus de 80 km de l'épicentre, Mknassy reçoit encore près de 200 millimètres.

../.

Ainsi, contrairement à l'année précédente, la saison 1973-1974 se présente principalement comme la conséquence d'un épisode pluvieux déterminant pour le bilan annuel, aussi bien pour le ruissellement que pour l'érosion et la végétation.

2.1.2 Températures

A l'exception du mois de janvier, l'hiver a été plus froid en 1973-1974 qu'en 1972-1973, et le printemps plus doux.

L'été a été incontestablement moins chaud cette année, particulièrement en juillet ($\bar{m}$ t°C = 26,5 contre 30,0 °C en 1973). Août a été le mois le plus chaud.

Le minimum absolu sous abri = 0,4 °C a été enregistré le 25.2.74.

Le maximum absolu sous abri = 39,5°C a été enregistré le 14.7.74.

Le printemps et l'été 1974 auront donc en 1974 un régime thermique plus tempéré qu'en 1973.

2.1.3 Evaporation

Du 1.9.1973 au 31.8.1974 l'évaporation Piche sous abri a été de 2555,6 mm avec 251,5 mm en juillet contre 396,2 en 1973. Le nombre de jours de sirocco (apprécié par l'observateur) n'aura été que de 5 contre 22 en 1973).

2.2 Bilan d'eau - Variations des réserves en eau du sol

Après une sécheresse estivale et automnale particulièrement sévère, interrompue seulement par les petites averses des 19 et 20 novembre 1973, les pluies de la première quinzaine de décembre (h = 167,7 mm) et les pluies du début du printemps (h_p = 62,7 mm) ont été les seules à permettre une recharge des réserves en eau du sol, les autres ayant été pratiquement immédiatement évapotranspirées.

../.

2.2.1 Les précipitations - Répartition spatiale et chronologique
Intensité (cf. annexe n°1)

2.2.1.1 Dispositif

Bien que le dispositif de mesures ait été présenté dans le rapport précédent, nous rappellerons brièvement que le réseau de pluviomètres comporte plusieurs types d'appareils différents :

- des pluviomètres "Association" de surface 400 cm2 et placés à 1,50 m du sol
- des pluviomètres totalisateurs SIAP de surface 127 cm2 placés à 1 mètre du sol
- 1 pluviographe de surface 1000 cm2 et placé à 1,20 m du sol
- 1 pluviomètre sol de surface 100 cm2 et placé à environ 20 cm du sol.

Cette disparité des appareils mérite d'être soulignée pour les conséquences qu'elle entraîne sur la qualité et la précision des observations.

2.2.1.2 Répartition (cf. tableau n°3)

Le total annuel se répartit sur 37 jours de pluie dont 18 reçoivent une pluviométrie inférieure à 1 millimètre et seulement 3 une pluviométrie supérieure à 10 millimètres.

Tableau n°3

Précipitations journalières mm	< 1	1-5	5-10	10-15	15-20	> 20	Total
Nombre de jours	18	9	6	0	1	3	37

Nous nous bornerons à étudier les quatre séquences pluvieuses supérieures à 15 millimètres et qui sont génératrices de ruissellement :

- 4 décembre 1973 : 46,5 mm
- 12 décembre 1973 : 133,0 mm
- 25 et 26 février 1974 : 18,0 mm
- 12 mars 1974 : 24,2 mm

...

2.2.1 Les précipitations - Répartition spatiale et chronologique Intensité (cf. annexe n°1)

2.2.1.1 Dispositif

Bien que le dispositif de mesures ait été présenté dans le rapport précédent, nous rappellerons brièvement que le réseau de pluviomètres comporte plusieurs types d'appareils différents :

- des pluviomètres "association" de surface 400 cm2 et placés à 1,50 m du sol
- des pluviomètres totalisateurs SIAP de surface 127 cm2 placés à 1 mètre du sol
- 1 pluviographe de surface 1000 cm2 et placé à 1,20 m du sol
- 1 pluviomètre sol de surface 100 cm2 et placé à environ 20 cm du sol.

Cette disparité des appareils mérite d'être soulignée pour les conséquences qu'elle entraîne sur la qualité et la précision des observations.

2.2.1.2 Répartition (cf. tableau n°3)

Le total annuel se répartit sur 37 jours de pluie dont 18 reçoivent une pluviométrie inférieure à 1 millimètre et seulement 4 une pluviométrie supérieure à 10 millimètres.

Tableau n°3

Précipitations journalières mm	< 1	1-5	5-10	10-15	15-20	> 20	Total
Nombre de jours	18	9	6	0	1	3	37

Nous nous bornerons à étudier les quatre séquences pluvieuses supérieures à 15 millimètres et qui sont génératrices de ruissellement:

- 4 décembre 1973 : 46,5 mm
- 12 décembre 1973 : 133,0 mm
- 25 et 26 février 1974 : 18,0 mm
- 12 mars 1974 : 24,2 mm

../.

Nous remarquons aussi que la part contributive des hauteurs journalières supérieures à 15 millimètres, donc provoquée par des phénomènes relativement importants, représente 82 % de la pluviométrie annuelle alors qu'elle dépassait légèrement 20 % l'année précédente et qu'on peut l'estimer à 55 % sur une période de 33 ans à la station de Gabès. L'année serait donc caractérisée par une séquence très importante, quelques séquences moyennes, et une série de faibles pluies sans effet notable sur le ruissellement.

2.2.1.3 Répartition spatiale

Que ce soit à l'échelle de la séquence pluvieuse ou de la saison, l'examen des hauteurs pluviométriques relevées à chaque poste révèle une hétérogénéité surprenante sur une surface de dimensions aussi réduites. La distance entre les deux postes les plus éloignés du dispositif ne dépasse pas 150 mètres.

Il serait impropre de tracer un réseau d'isohyètes annuelles étant donné les différentes méthodes d'observation employées, mais si l'on se limite aux mesures des pluviomètres "Association", on remarque que les lignes d'isohyètes présentent une direction générale Nord-Sud, parallèle à la ligne de faîte du Djebel DIRRI. Ce phénomène a déjà été remarqué sur d'autres stations (O.ZITA) et peut s'expliquer par une accélération de la vitesse du vent au sommet des djebels qui, d'une part, imprime à la pluie une vitesse horizontale plus forte et, d'autre part, augmente les remous autour du profil de l'appareil, diminuant ainsi sensiblement son efficacité.

Ainsi en écartant l'erreur systématique due à la diversité des types d'appareil et en ne considérant que les pluviomètres "Association" et le pluviographe enregistreur, on remarque que :

- sur la parcelle 1, le poste placé en amont indique 5 % de moins que celui situé près de la ferme. Le pluviographe implanté environ au milieu reçoit une hauteur nettement supérieure aux deux autres postes (+ 13 % par rapport à leur moyenne).

  Si nous laissons de côté l'erreur systématique, qui sera abordée ultérieurement, il n'en reste pas moins que cette partie de la parcelle paraît jouir d'une pluviométrie plus favorable.

../.

Cette apparente, à notre avis, ne reflète aucun phénomène particulier, mais ne fait que traduire l'effet du vent en provenance du secteur E. et N.E. sur les appareils, effet fortement atténué à l'emplacement du pluviographe, situé immédiatement au pied du djebel, dans une zone de vents rabattants.

- sur la parcelle 3, le pluviomètre situé approximativement à la même altitude que celui placé en amont de la première parcelle, indique une pluviométrie inférieure de 12 %. Dans ce cas il semble que c'est à un accident de terrain, la proximité d'un petit col en l'occurrence, que l'on doive attribuer cette irrégularité.

Malgré le doublement des pluviomètres totalisateurs par des "associations", de façon à déterminer l'erreur systématique, nous ne pouvons actuellement l'estimer, les hauteurs relevées étant sensiblement identiques.

Néanmoins on peut remarquer que :

- les pluviomètres "Association", par leur forme et leur implantation, sont les plus sensibles aux effets du vent
- les pluviomètres totalisateurs, bien que moins sensibles au vent, puisque moins élevés et mieux profilés, sont peu précis en raison de leur faible section et des effets de bord
- le pluviographe enregistreur, volumineux et sensible au vent, n'en est pas moins relativement précis grâce à sa grande section qui lui permet de rendre compte des pluies de l'ordre de 0,5 mm et de négliger l'évaporation intervenant entre la pluie et l'instant de la mesure. Néanmoins il exige une surveillance régulière de son étalonnage et éventuellement une correction des relevés.
- le pluviomètre au sol, de par sa position insensible aux vents, est soumis aux rejaillissements des gouttes sur le sol et offre une section relativement réduite. En dépit de ces inconvénients, un pluviomètre de même type, utilisé comparativement à un pluviomètre au sol normalisé sur la station de l'oued ZITA, a donné des résultats sensiblement identiques.

../.

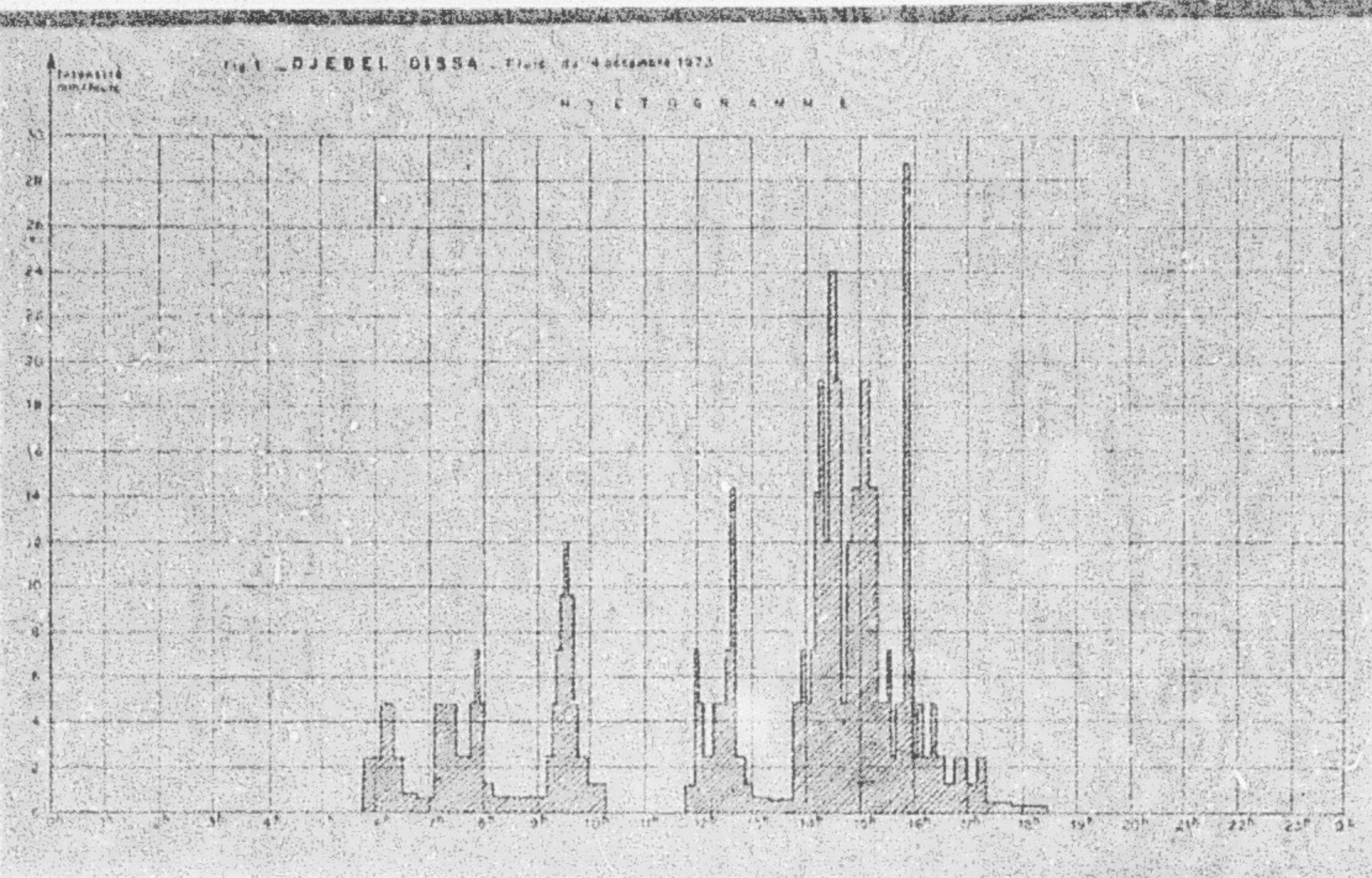


Fig 1 _DJEBEL OISSA
NYCTOGRAMME

Toutes ces particularités propres à chaque type de pluviomètre expliquent les différences relevées entre les observations aux divers postes, et la similitude apparente des totaux annuels relevés aux deux appareils placés au fond de la parcelle I (I 1 et TB) n'est due qu'au hasard et ne fait que masquer les différences qu'on remarque lors de chaque averse.

De façon à permettre une étude comparative des emplacements et des appareils, nous avons généralisé l'emploi des pluviomètres "association " et groupé les divers types d'appareils sur la station de base.

2.2.1.4 Moyenne des précipitations par parcelle

Pour les raisons évoquées précédemment, le calcul de la pluviométrie moyenne sur la parcelle faisant intervenir tous les postes, il ne faut pas s'étonner que les valeurs trouvées sur les différentes parcelles soient systématiquement plus faibles que celles fournies par la station de base:

- la parcelle 1, comprenant l'ensemble de la toposéquence, s'étend du sommet à la zone d'épandage, zone apparemment moins arrosée que le piémont immédiat :

hp = 272,7 mm

- la parcelle 2, située sur le flan du djebel, est assez proche de la ligne de faîte :

hp = 257,1 mm

- la parcelle 3, implantée sur les croûtes, donc sur la partie haute du djebel, jouit de plus d'une situation défavorable par la proximité d'un petit col :

hp = 242,6 mm

2.2.1.5 Intensité (cf. tableau n°4 et Fig. 1 et 2)

Les intensités pluviométriques, à l'instar des autres stations, sont calculées sur un pas de temps de 5 minutes. Dans le cas présent, il aurait été intéressant d'appréhender les valeurs maximales de ce paramètre sur des périodes plus courtes, mieux en rapport avec les autres paramètres de ces parcelles (temps de réponse, temps de montée ...).

../.

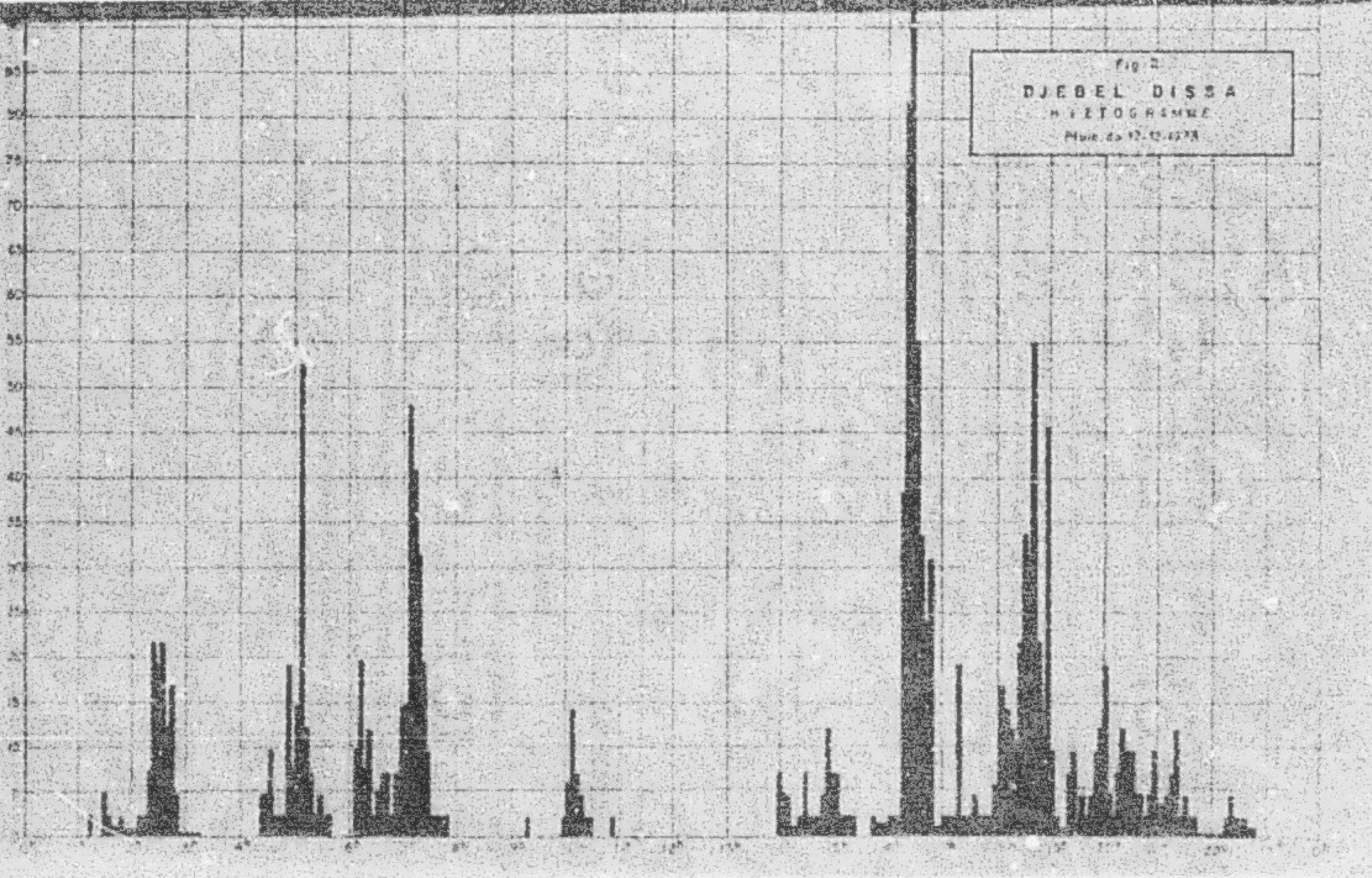


Fig 2
DJEBEL DISSA
HYETOGRAMME

Les averses n'ayant provoqué aucun ruissellement présentent des intensités moyennes comprises entre 2 et 5 mm/h avec une pointe d'intensité pouvant atteindre 15 mm/h, mais toujours très brève.

Pour les averses génératrices de crues, et lorsque le pluviographe a fonctionné correctement, nous remarquons que l'intensité moyenne du corps principal est supérieure à 10 mm/h et l'intensité maximale très variable selon les événements. Lors des pluies du 12 décembre 1973, se sont succédés deux épisodes importants : l'un entre 2H30 et 8H comportant une série d'averses dont les maximums se situent autour de 50 à 60 mm/h et l'autre en fin d'après-midi de 16H à 19H30, caractérisé par des intensités voisines de 150 mm/h.

Tableau n°4

Date	Intensité maximale sur 5' en mm/h	Corps principal Intensité moy. en mm/h	Corps principal Durée	Séquence Intensité moy. en mm/h	Séquence Durée
4.12.73	31	10,7	2H20	3,2	11H
12.12.73	101	(60 (22	(35' (3H50	10,0	8H15

2.2.2 LE RUISSELLEMENT. COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT ET INTENSITE PLUVIOMETRIQUE

2.2.2.1 Coefficient de ruissellement

De façon à affiner l'analyse du mécanisme pluie-ruissellement, nous avons procédé à un choix discriminatoire dans les événements pluviométriques permettant d'isoler chaque fois que cela est possible le complexe pluie-crue. Nous obtenons ainsi des épisodes ou averses bien individualisées correspondant chacun à une crue nette et indépendante. On peut ainsi atteindre une approche satisfaisante de la réaction élémentaire du sol, non déformée par les interférences dues aux autres parties du même ensemble.

../.

A l'échelle du phénomène unitaire, averse-crue, nous étudierons les caractéristiques du ruissellement :

- durée de la pluie et de la crue
- h_p : hauteur précipitée
- V_e : volume écoulé. Assimilable dans ce cas au volume ruisselé
- h_r : hauteur de la lame ruisselée
- K_r : coefficient de ruissellement
- I moy : intensité pluviométrique moyenne prise sur un pas de temps choisi selon les dimensions de la parcelle
- I max : intensité pluviométrique maximale sur une période de 5 minutes
- Q moy : débit moyen observé à l'exutoire de la parcelle sur le même pas de temps que celui servant à définir I moy.
- Q max : débit maximum au cours de la crue
- K'r : coefficient de ruissellement moyen sur un intervalle de temps choisi arbitrairement. Dans ce cas il est déterminé sur le même pas de temps que les paramètres précédents I moy et Q moy .

Toutes les pluies seront repérées par un système de référence comprenant l'année, le rang de la séquence dans l'année et, éventuellement, le rang de l'épisode et celui de l'averse. Ainsi 73121 est la première averse du 2ème épisode intervenue au cours de la quatrième séquence de la saison 1973-1974.

2.2.2.1.1 <u>1ère parcelle : DISSA I</u>

Nous rappelons que cette parcelle comprend trois types de sol et couvre une superficie de 3650 m2.

<u>Crue du 4 décembre 1973</u> (cf. tableau n°5)

Par suite du fonctionnement défectueux du limnigraphe, nous ne possédons pas d'observations permettant d'analyser la forme de la réponse de la parcelle. Nous nous limiterons donc à l'examen de l'événement global.

../.

Tableau n°5

Durée	Réf.	h_p mm	V_o m3	h_r mm	K_r %	I max mm/h
9H30 à 14H10	731	41,3	4,7	1,28	3,5	36

Crue du 12 décembre 1973 (cf. tableau n°6)

Nous diviserons cette séquence pluvieuse en trois épisodes qui se subdivisent en plusieurs averses. Nous obtenons ainsi trois averses le matin, suivies d'une série de petites pluies entre 8H et 13H55 pour les deux premiers épisodes et trois averses pour le dernier (voir Fig. 3A).

Tableau n°6

Durée	Réf.	h_p mm	V_o m3	h_r mm	K_r %	I moy mm/h	I max mm/h	Q moy l/s	Q max l/s	K'_r
12H30 à 3H	73211	10,3	1,85	0,5	5,2	16,1	22	2,25	4,0	14
14H10 à 5H10	73212	11,0	15,84	1,6	14,5	19,2	55	6,55	7,5	37
16H10 à 8H30	73213	20,6	20,0	5,5	25,7	28,0	48	10,4	19,2	37
1er épisode	7321	41,9	27,7	7,6	18,2	-	55	-	19,2	-
18H30 à 16H30	722	3,7	0,05	0,02	0,5	-	15	-	-	-
3ème épisode	7323	83,5	-	(50)	(60)	64	150	-	-	-
Séquence	732	129,1	-	157,6	44,6	-	150	-	-	-

Le nombre restreint d'observations complètes sur cette parcelle ne nous permet pas de déterminer le pas de temps le mieux adapté à la représentation du mécanisme pluie-ruissellement. Nous avons calculé les paramètres moyens (I et Q) sur la durée du corps de l'averse qui varie dans ce cas entre dix et trente minutes.(1)

Il est très délicat d'estimer les volumes ruisselés au cours du 3ème épisode. Une partie s'est déversée par dessus les digues limitant la parcelle, bien en amont de la fosse et l'autre partie, évacuée par le déversoir de crue, n'a pas été contrôlée par le limnigraphe.

(1) Bien que I moy représente le paramètre généralement désigné par Intensité efficace, nous garderons cette définition commune à I et Q.

DJEBEL DISSA

Fig. 3

Fig. 3'

PARCELLE I

Crue du 12 décembre 1973

(73213)

HYDROGRAMME

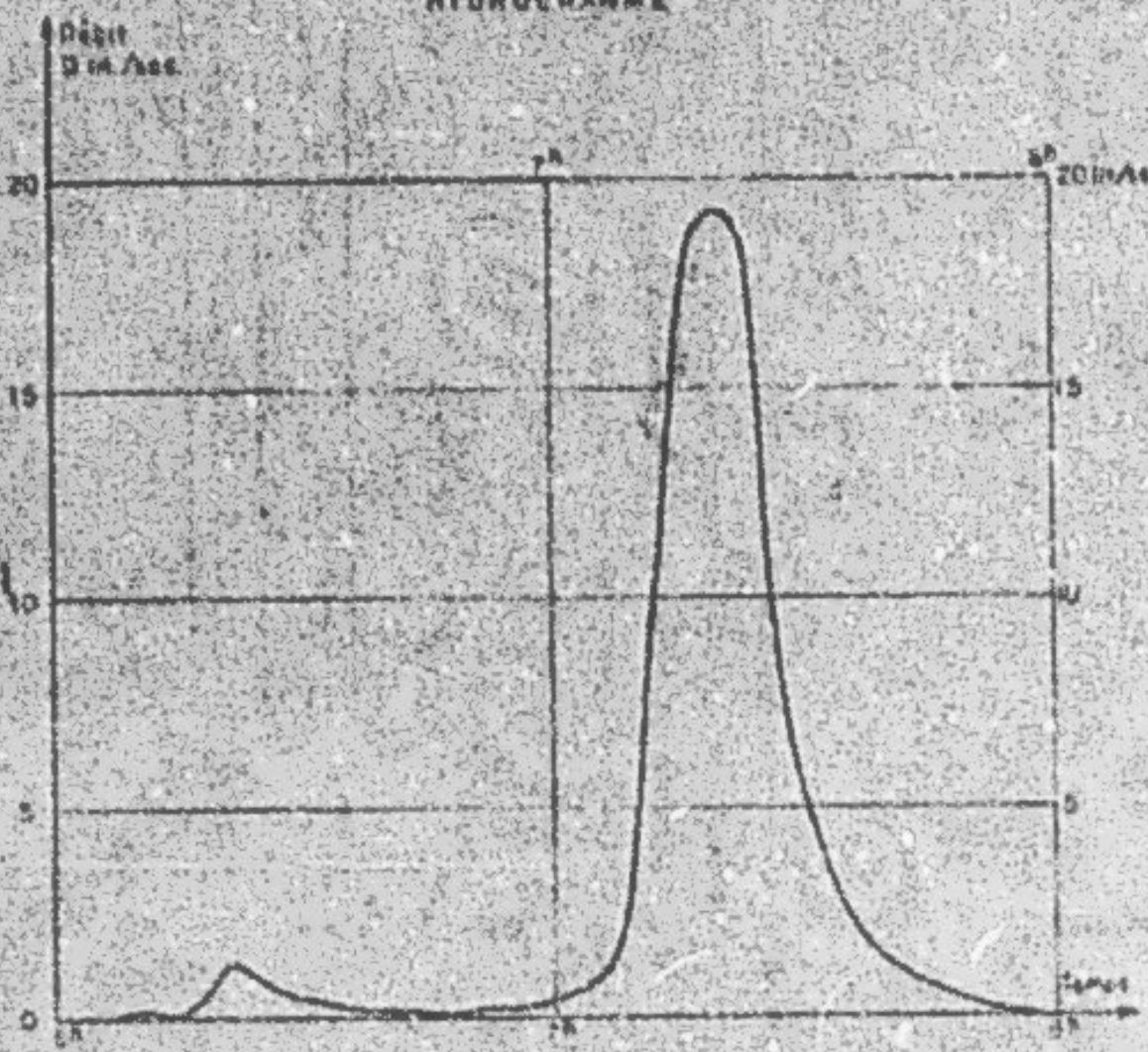


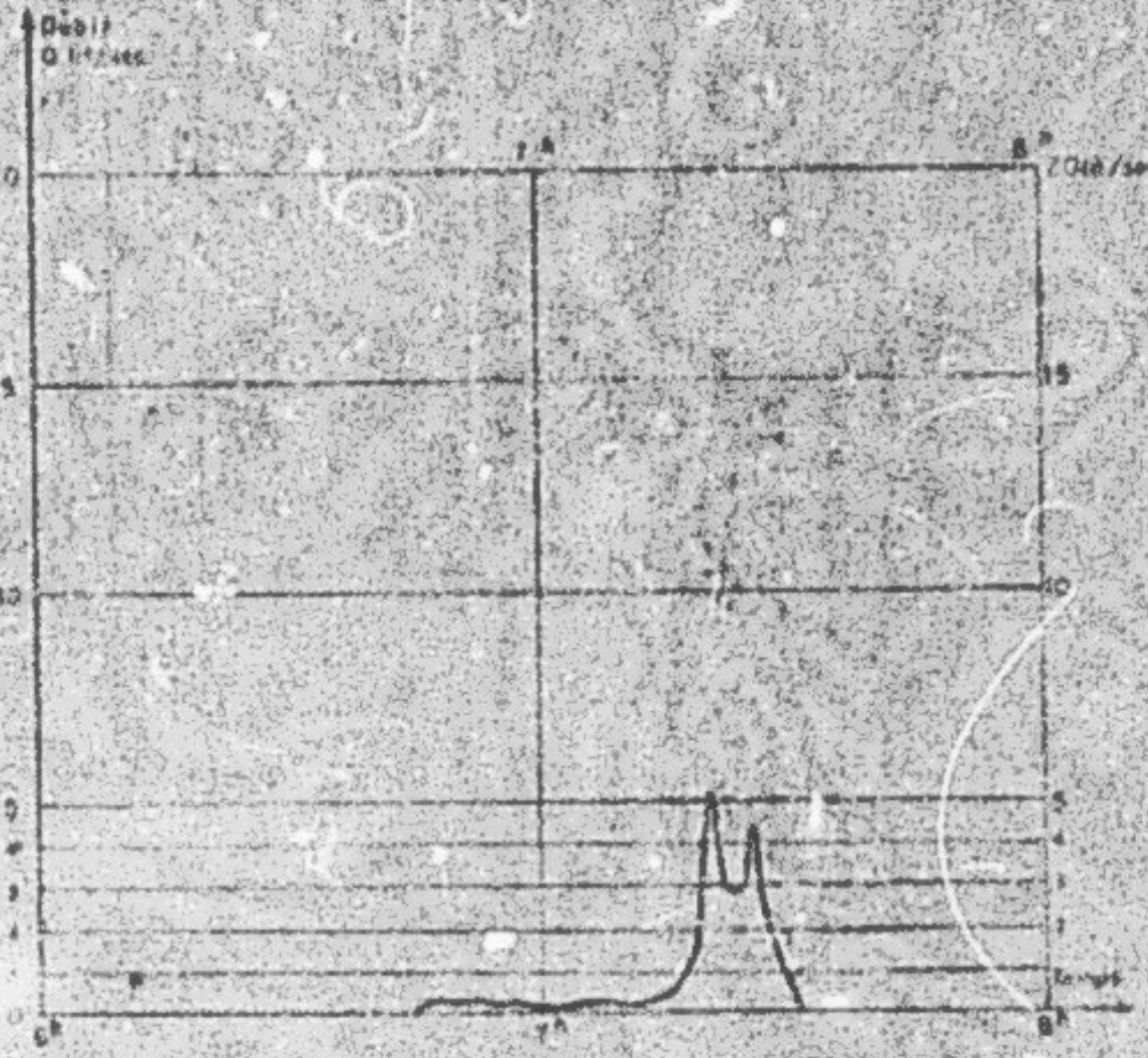
Fig. 3'

PARCELLE II

Crue du 12 décembre 1973

(73 213)

HYDROGRAMME



Afin de ne pas déformer le bilan journalier et annuel de cette parcelle en négligeant l'épisode concerné, nous avons tenté de déterminer les paramètres de ruissellement à partir des crues précédentes. Pour cela on décompose l'averse en deux phases : la phase à très forte intensité, comprise entre 50 et 144 mm/h, à laquelle on attribue empiriquement un coefficient de ruissellement de 90 % en supposant que l'eau n'a pas le temps de s'infiltrer, étant donné l'état préalable du sol déjà bien mouillé, et la pente de la parcelle. Pour la phase d'intensité inférieure à 50 mm/h, on prend un coefficient de ruissellement de 40 % qui tient compte des valeurs observées le matin et des conditions particulières de cette averse. On obtient ainsi (tableau n°7) :

Tableau n°7

I	h_p mm	K_r choisi %	h_r estimé mm
I > 50 mm/h	32,3	90	29,1
I < 50 mm/h	51,32	40	20,5

et donc pour l'épisode :

$$h_r = (49,6 \text{ mm})$$
$$K_r = (60 \%)$$

Crue du 25 et 26 février 1974 (tableau n°8)

Survenue dans la nuit du 25 au 26, cette averse de moyenne importance trouve un sol superficiellement desséché par l'absence de précipitations depuis plus de deux mois. En dépit du mauvais fonctionnement du pluviographe, nous savons que son intensité est relativement faible et régulière et doit se situer entre 10 et 20 mm/h.

Tableau n°8

Durée	Réf.	h_p mm	V_u m3	h_r mm	K_r %
10h20 à 20h30	733	124,5	10,45	0,12'	0,5

../.

La forme de la réponse est particulière. Elle présente deux phases à débit constant devant correspondre à une intensité relativement constante :

de 0H20 à 3H05 $q \simeq 0,015$ l/s
de 2H05 à 2H25 $q \simeq 0,3$ l/s

Crue du 12 mars 1974 (cf. tableau n°9)

Provoquée par une petite séquence pluvieuse de printemps analogue à la précédente, cette crue ne peut nous fournir d'indications sur la dynamique du ruissellement par suite d'une nouvelle panne du pluviographe.

Elle se décompose en deux averses.

Tableau n°9

Durée	Réf.	h_p mm	V_r 10^3	h_r mm	K_r %
12H10 à 15H10	73421	11,9	2,1	0,58	4,8
20H10 à 20H40	73122	6,1	0,85	0,23	3,8
Journée	7342	18,0	2,95	0,81	4,5

Saison 1973-1974 (cf. tableau n°10)

A l'échelle annuelle le coefficient de ruissellement se trouve sensiblement réduit par l'influence des petites pluies trop faibles pour provoquer un ruissellement sur l'ensemble des trois toposéquences. Néanmoins on peut considérer qu'il reste le fait d'une seule séquence, celle du 12 décembre qui à elle seule constitue 96 % de la lame d'eau ruisselée.

Tableau n°10

	h_p mm	h_r mm	K_r %
1973 - 1974	271,7	59,8	22

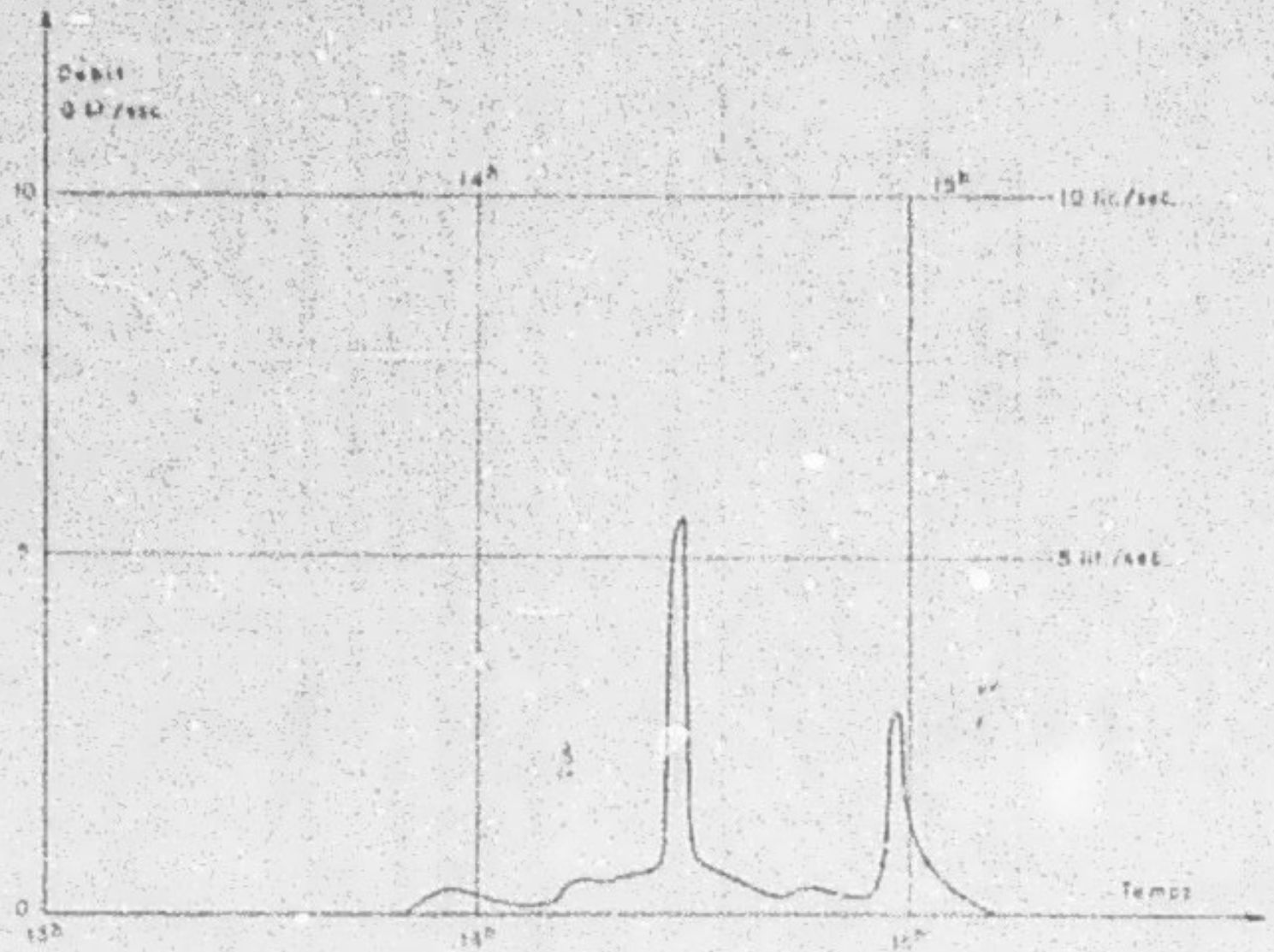
../.

DJEBEL DISSA

PARCELLE II

Crue du 4 décembre 1973 (Y 302)

Fig. 4



Nous possédons trop peu d'observations complètes pour en tirer des conclusions sur la genèse et la propagation du ruissellement. De façon générale, la parcelle réagit peu aux sollicitations pluviométriques puisque les coefficients de ruissellement restent inférieurs à 20 % pour des pluies moyennes comprises entre 10 et 40 millimètres. Il atteint 28 % pour la crue 73213 qui bénéficie de conditions favorables : humectation du sol d'une part et intensité pluviométrique relativement forte d'autre part. Nous laissons de côté le rôle de l'intensité dans la genèse du ruissellement. Cet aspect sera abordé ultérieurement.

2.2.2.1.2 <u>2ème parcelle : DISQ II</u>

Cette parcelle comprend deux types de sol couvrant une superficie de 590 m2.

<u>Crue du 4 décembre 1973</u> (cf. Tableau n°11)

Nous découpons la séquence pluvieuse en trois phases :

Tableau n°11

Durée	Réf.	h_p	V_o	h_r	K_r	I moy	I max	Q moy	Q max	K'_r
		mm	m3	mm	%	mm/h	mm/h	l/s	l/s	%
6H à 13H	17311	16,5	0	0	0	8	15	0	0	0
13H50à15H30	17312	18,3	2,49	4,22	23,0	22	24	1,28	5,5	3,6
15H55à 16H10	17313	6,6	0,39	0,66	10,0	13,6	29	10,13*	1,7	19 *
Journée	1731	41,4	2,88	4,88	11,8	-	29	-	5,5	-

* l'averse est, dans ce cas, trop brève pour que ces valeurs soient représentatives.

Comme on peut s'y attendre sur une parcelle de cette dimension, l'hydrogramme (voir Fig.4) présente la même silhouette que le hyétogramme de l'averse*, avec deux maximums très marqués et un débit "de base" de l'ordre de 0,5 l/s. Etant donné la vitesse de déroulement des deux enregistreurs et la difficulté de les caler sur l'horloge base, il serait illusoire de vouloir en déduire des indications précises sur les temps de réponse.

../.

* Voir Fig.1

Malgré une pluviométrie de 16,6 mm, nous remarquerons l'absence d'écoulement (7311) qui paraît due à l'état particulièrement sec du sol et à une faible intensité moyenne.

Crue du 12 décembre 1973 (cf. tableau n°12)

Nous adopterons le même découpage en épisodes que celui utilisé sur la première parcelle, mais avec des subdivisions plus nombreuses jugées pour le bon fonctionnement du dispositif. Toutefois il faut signaler la précision médiocre du contrôle des débits par seuil épais qui se révèle mal adapté à la mesure des variations de débit constatée sur ce type de station en raison du repérage relativement grossier des hauteurs pour le limnigraphe, des effets du vent et de la capillarité. Ces seuils ont fait, depuis, l'objet d'un remplacement par des déversoirs triangulaires présentant une meilleure sensibilité pour toutes les gammes de débit. Cette imprécision sur la mesure du ruissellement se répercute sur les divers paramètres et contrôles pour la crue considérée une erreur supplémentaire qui n'existe pas pour les autres séquences pluvieuses trop faibles pour produire un déversement.

Tableau n°12

Parcelle	Réf.	h_p mm	V_p m3	h_r mm	K_r %	I moy mm/h	I max mm/h	Q moy l/s	Q max l/s	K'_r %
2H20 à 2H35	173211	9,8	16,8	11,4	2111,5	21	22	1,35	2,85	39
4H10 à 5H15	173212	9,6	11,6	5,2	80129	30	55	1,03	2,85	39
5H55 à 7H35	173213	19,0	16,6	17,9	1141,7	40	48	3,5	5,2	40
1er épisode	17321	13,4	17,1	5	13131,6	-	55	-	5,2	-
6H à 13H55	173221	3,3	10,1	0,2	8,8	10	15	0,15	0,15	9
13H55 à 16H15	173222	6,3	10,1	0,2	3,7	9	12	0,09	0,11	8
2ème épisode	17322	9,6	10,3	0,5	5,3	-	15	-	0,15	-
16H15 à 17H	173231	29,4	15,6	33,4	100	93	150	14,6	25	98
17H à 23H	173232	38,4	17,9	13,5	35,1	36	55	6,3	5,8	65
3ème épisode	17323	67,8	27,5	46,9	69,2	-	150	-	25	-
Journée	1732	115,8	35,5	59,5	51,4	-	150	-	25	-

../.

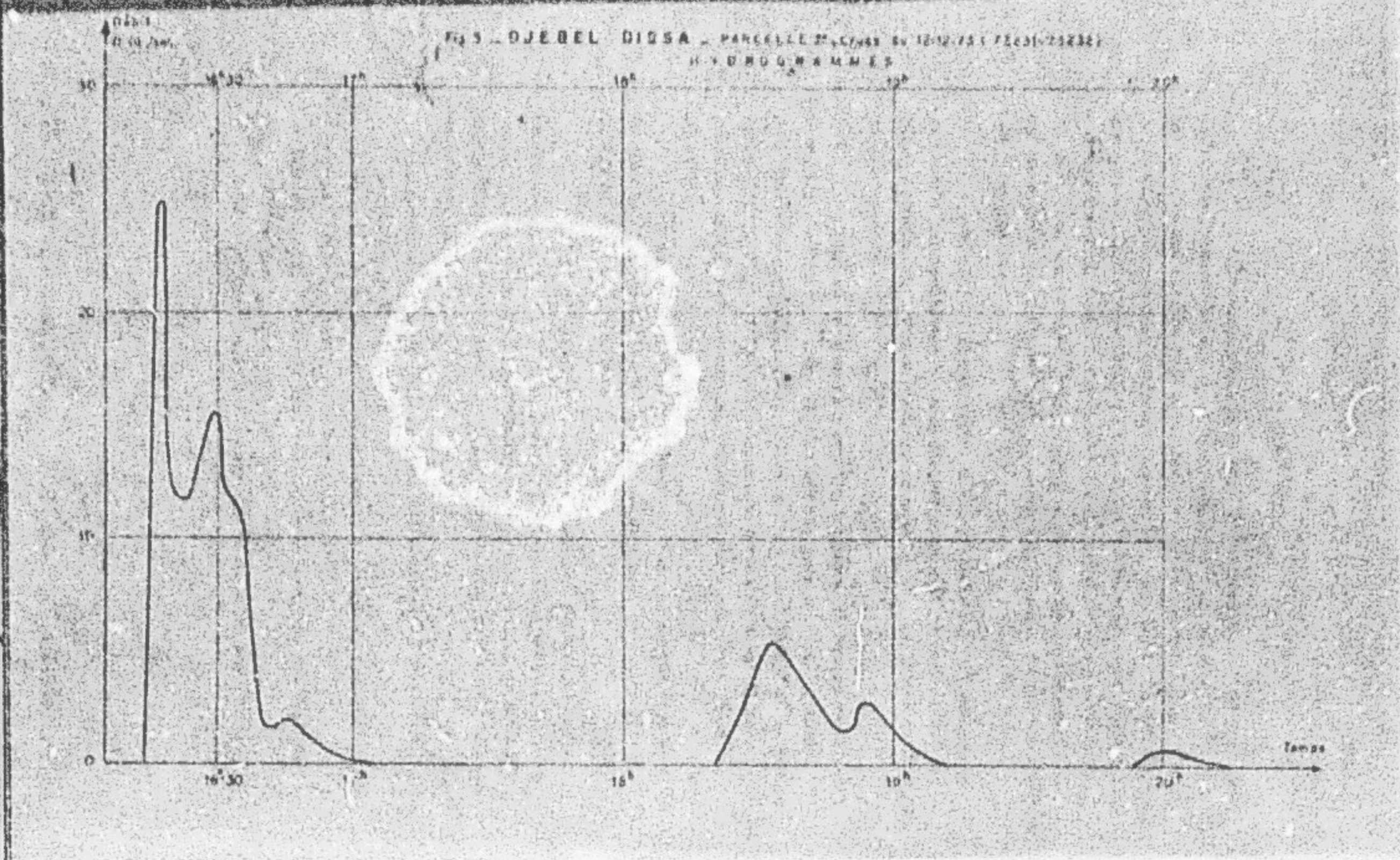


Fig 5 _ DJEBEL DIDSA _ PARCELLE
HYDROGRAMMES
30
20
10
0
16h30
17h
18h
19h
20h
Temps

Nous remarquerons au passage le cas particulier de l'averse 73231 pour laquelle h_r est supérieure à h_p. Cette anomalie tient en fait aux erreurs des mesures déjà signalées sur la pluviométrie et les débits. Si nous considérons pour cette même averse la pluviométrie au sol estimée par analogie à d'autres stations à + 11 %, les deux hauteurs peuvent être considérées comme égales. Par conséquent K_r est très voisin de 100 %. De même, bien que cette éventualité soit envisageable physiquement, il est surprenant que K'_r moy. soit inférieur à K_r global, ce qui impliquerait une rétention momentanée de l'eau sur la parcelle.

En réalité il est probable que l'erreur sur les paramètres du calcul, habituellement masquée par des résultats permettant une certaine imprécision, est mise en évidence dans ce cas par l'incompatibilité qu'elle entraîne.

Nous ne construirons pas l'hydrogramme de chaque crue, cette opération s'avérant délicate et sans intérêt pour certaines averses. Pour d'autres, particulièrement celles qui ont donné lieu à des débordements (73213, 73231, 73232), l'hydrogramme permet de mieux figurer les réactions de la parcelle aux sollicitations pluviométriques (voir Fig. 3B et 5).

Nous remarquerons au passage le temps de montée très bref de la crue du 12 décembre (73231) qui, d'un débit nul, conduit à près de 25 l/s en moins de 2 minutes.

Si l'on considère l'intensité maximale (150 mm/h) supposée ruisseler intégralement sur la parcelle, nous atteindrions un débit maximal de 24,6 l/s. On peut donc admettre que le coefficient de ruissellement est bien de 100 % dans ce cas, à l'imprécision près des mesures due en particulier :

- aux remous autour du pluviographe qui soustrait à l'observation une partie des précipitations
- au principe de mesure du pluviographe qui sous-estime les fortes intensités (pertes lors du basculement)
- à l'échelle des temps trop réduite pour permettre une évaluation précise des intensités et du débit
- à la détermination de la hauteur exacte de pelle sur le seuil.

../.

Crue du 25 et 26 février 1974 (cf. Tableau n°13)

Tableau n° 13

Durée	Réf.	h_p mm	V_e m3	h_r mm	K_r %	I moy mm/h	Q moy l/s	Q max l/s
12H à 22H	7331	5,6	0	0	0	entre	0	0
12H à 3H30	7332	19,2	0,45	0,76	4,0	11 et 20	0,12	0,20
Séquence	733	124,8	0,45	0,76	3,1	mm/h	-	0,20

Bien que le pluviographe n'ait fonctionné que pendant la première averse qui n'a pas dépassé 8 mm/h, nous savons que les intensités sont assez faibles, ce qui paraît être confirmé par la faiblesse du ruissellement.

Les deux phases à débit constant relevées dans l'hydrogramme de la parcelle I (7332), sont moins nettes tout au moins pour la première dont le débit est assez variable. Pour la seconde, nous relevons un débit 0,14 l/s entre 2H05 et 2H30.

Crue des 11 et 12 mars 1974 (cf. Tableau n°14)

Tableau n°14

Date	Heure	Réf.	h_p mm	V_e m3	h_r mm	K_r %	Q moy l/s	Q max l/s
11.3	8H30	7341	6,6	0,16	0,27	4,1	0,20	0,60
12.3	12H30 A15H10	7321	11,8	1,02	1,73	14,5	0,95	3,08
12.3	12H10 A20H30	7322	5,9	0,36	0,61	10,5	0,48	0,67
	12hm. épisode	7342	17,6	1,38	2,30	13,3	-	3,08
	Séquence	734	24,2	1,54	2,61	10,8	-	3,08

* A défaut d'indications sur l'intensité pluviométrique, les débits moyens et maximum sont des débits apparents, compte non tenu de la correction de la part de débit due à l'ensemble de l'impluvium direct.

../.

Saison 1973-1974 (cf. Tableau n°15)

De même que sur la parcelle I, nous remarquerons l'effet réducteur sur le coefficient de ruissellement des petites pluies et la part déterminante due aux crues du 12 décembre, qui constitue plus de 88 % de la lame d'eau ruisselée au cours de la saison.

Tableau n°15

	h_p mm	h_r mm	Z_r %
1973 - 1974	257,1	67,8	26,4

A l'échelle de l'averse, exception faite pour la crue 73211, les coefficients de ruissellement restent inférieurs à 45 %. En fait ils paraissent refléter de façon significative l'intensité et la hauteur précipitée. Bien qu'il ne soit pas possible, étant donné le nombre restreint d'observations à notre disposition, de dissocier ces deux paramètres, il est probable que l'intensité demeure le facteur déterminant.

L'examen des coefficients au cours de la journée du 12 décembre montre le rôle minime que semble avoir l'état du sol sur la détermination du ruissellement.

D'une façon générale on peut estimer que, pour des pluies inférieures à 20 millimètres, et des intensités moyennes de l'ordre de 20 à 30 mm/h, le coefficient de ruissellement de cette parcelle ne doit dépasser 30 %.

2.2.2.1.3 3ème parcelle DIESK III (cf. Tableau n°16)

Rappelons brièvement que cette parcelle couvre une superficie de 90 m2 ne comprenant que des crêtes gypseuses et qu'elle était équipée en début de la saison d'un système à partiteur radial conçu pour prélever le dixième des apports.

L'absence d'enregistreur, ne permettant pas un contrôle permanent des débits, réduit l'étude des phénomènes à l'analyse de l'écoulement global intervenu entre deux observations.

../.

Saison 1973-1974 (cf. Tableau n°15)

De même que sur la parcelle I, nous remarquerons l'effet réducteur sur le coefficient de ruissellement des petites pluies et la part déterminante due aux crues du 12 décembre, qui constitue plus de 88 % de la lame d'eau ruisselée au cours de la saison.

Tableau n°15

	h_p mm	h_r mm	K_r %
1973 - 1974	257,1	67,8	26,4

A l'échelle de l'averse, exception faite pour la crue 73231, les coefficients de ruissellement restent inférieurs à 45 %. En fait ils paraissent refléter de façon significative l'intensité et la hauteur précipitée. Bien qu'il ne soit pas possible, étant donné le nombre restreint d'observations à notre disposition, de dissocier ces deux paramètres, il est probable que l'intensité demeure le facteur déterminant.

L'examen des coefficients au cours de la journée du 12 décembre montre le rôle minime que semble avoir l'état du sol sur la détermination du ruissellement.

D'une façon générale on peut estimer que, pour des pluies inférieures à 20 millimètres, et des intensités moyennes de l'ordre de 20 à 30 mm/h, le coefficient de ruissellement de cette parcelle ne doit dépasser 30 %.

2.2.2.1.3 3ème parcelle DISSA III (cf. Tableau n°16)

Rappelons brièvement que cette parcelle couvre une superficie de 90 m2 ne comprenant que des croûtes gypseuses et qu'elle était équipée au début de la saison d'un système à partiteur radial conçu pour prélever le diximè des apports.

L'absence d'enregistreur, ne permettant pas un contrôle permanent des débits, réduit l'étude des phénomènes à l'analyse de l'événement global intervenu entre deux observations.

../.

A la suite d'un mauvais fonctionnement du dispositif, particulièrement lors des crues du 12 décembre, le partiteur a été supprimé et tout l'écoulement est collecté dans une cuve à débordement. Ainsi toutes les crues postérieures à cette date pourront être considérées sa a réserve.

Tableau n° 16

Période	Réf.	h_p mm	V_s m3	h_r mm	K_r %
4.12.73	731	36,2	0,313	3,47	9,6
12.12.73	732	38,2	0,734	8,16	21,4
	7322	9,6	0	0	0
	7323	64,6	2,243	24,9	38,6
	732	112,4	2,977	33,1	29,5
26. 2.74	733	22,8	0,195	2,16	9,5
12. 3.74	7342	17,2	0,312	3,47	20,2
Saison 1973-1974		242,6	3,797	42,2	17,4

Compte tenu de l'importance des crues du 12 décembre dans le bilan annuel, il est normal que le coefficient de ruissellement de la saison soit relativement faible. Si l'on tente une approche des coefficients de chaque crue, d'après les valeurs trouvées sur les autres parcelles et compte tenu des caractéristiques de celle-ci, on peut estimer :

12 décembre 1973 : $K_r \simeq 55$ à 60 %

4 décembre 1973 : $K_r \simeq 15$ %

A l'échelle de la saison, le bilan serait modifié et on obtiendrait :

$K_r = 31,2$ %

ce qui semblerait plus conforme aux observations empiriques faites sur le terrain, selon lesquelles les croûtes gypseuses ruisselleraient davantage que les autres unités pédologiques.

../.

2.2.2.1.4 Comparaison des K_r selon les parcelles. Influence du milieu physique sur le ruissellement global (cf. tableau n°18)

Si l'on regroupe les divers coefficients de ruissellement observés sur chaque parcelle pour une même période (voir tableau n°18), on peut remarquer que :

- les coefficients de ruissellement de la parcelle II sont toujours très nettement supérieurs à ceux de la parcelle I. Si l'on écarte les observations douteuses (antérieures au 1.1.74) la parcelle III semble être la plus apte au ruissellement,
- les parcelles II et III sont beaucoup plus sensibles aux petites pluies que la parcelle I. Ceci peut s'expliquer en partie par le rôle tampon que joue sur celle-ci la zone de sédiments sableux en bas de pente,
- on ne peut préjuger du comportement des sols aux fortes intensités, une seule parcelle ayant donné des résultats fiables lors des événements exceptionnels du 12 décembre,
- malgré un bon fonctionnement supposé du dispositif sur la parcelle I, les résultats obtenus pour les fortes intensités seraient difficilement comparables à ceux des autres parcelles étant donné la forme du ruissellement, en nappe sur II et III et en rigoles sur I (1),
- il serait fallacieux de vouloir tirer des enregistrements les temps de réponse des diverses parcelles. La rapidité des mouvements et la finesse des enregistrements n'autorisent pas une précision suffisante dans la détermination de ces paramètres. Tout au plus peut-on estimer l'ordre de grandeur qui se situe entre 5 et 10 minutes pour la première parcelle et autour de quelques minutes pour les deux autres.

2.2.2.2 Relation coefficient de ruissellement - Intensité pluviométrique

Alors que la notion de coefficient de ruissellement global peut être aisément définie, une certaine ambiguïté pèse sur la détermination de l'intensité pluviométrique moyenne, selon la durée choisie pour son calcul, durée de toute la pluie, durée de la pluie efficace, ou pas de temps choisi en fonction de la dimension du bassin versant.

../.

(1) Les contacts entre l'élément liquide et le sol étant différents, les possibilités d'infiltration peuvent être modifiées et les paramètres de ruissellement s'en trouver affectés.

Comparaison des coefficients de ruissellement pour chaque parcelle

Tableau n° 18

Ouvrage pluviométrique	DISS. I	DISS. II	DISS. III
7311	-	0	-
7312	-	23,0	-
7313	-	10,0	-
731	3,5	11,8	9,6(15)
73211	5,2	11,5	-
73212	14,5	29	-
73213	26,7	41,7	-
7321	18,2	31,6	21,4
73221	-	8,8	-
73222	-	3,7	-
7322	0,5	5,1	0
73231	-	100	-
73232	-	35,1	-
7323	(60)	69,2	37,6
732	(41,6)	51,4	29,5 (57,5)
7331	-	0	-
7332	-	4,0	-
733	0,5	3,1	9,9
7341	0	4,1	-
73421	4,8	14,5	-
73422	3,8	10,5	-
7342	4,5	13,3	20,2
734	3,2	10,8	14,5
Bilan	22	26,3	17,1 (31,2)

Toutes les valeurs notées entre parenthèses sont des estimations établies pour pallier la défaillance ou le mauvais fonctionnement des dispositifs de mesure.

Il est fréquent en effet qu'à la suite du corps principal de l'averse subsiste une traîne de pluie d'intensité trop faible pour produire un ruissellement et, par conséquent, pour modifier K_r tandis que l'intensité moyenne en sera sensiblement diminuée.

Afin de lever cette ambiguïté, nous avons choisi de définir deux paramètres, I moy et K'r, sur un laps de temps qui sera déterminé selon les dimensions de la parcelle et constant pour toutes les averses considérées.

De façon à bien figurer le phénomène et surtout mieux approcher le régime permanent, il faut que ce "pas" de temps soit supérieur au temps de réponse du bassin. En outre, il doit aussi être suffisamment long pour permettre l'intégration des variations rapides d'intensité qui n'ont qu'un effet transitoire sur le ruissellement, et suffisamment court pour représenter le corps principal d'une averse moyenne en éliminant le plus possible l'effet des petites pluies antérieures ou postérieures sans conséquences notables pour le ruissellement.

Compte tenu des nombreuses lacunes dans les observations des parcelles I et III, nous nous bornerons pour cette campagne à l'étude de la parcelle II. Le pas de temps adopté dans ce cas est de quinze minutes. Il nous paraît satisfaire le mieux aux conditions énoncées précédemment, mais il est possible qu'à la lumière d'observations ultérieures plus complètes, un pas de temps différent soit jugé plus représentatif.

Nous avons ainsi déterminé Q moy et I moy, présentés dans les tableaux précédents pour chaque événement pluviométrique.

Si nous désignons par Cma et Ie le coefficient d'absorption et l'intensité efficace qui représentent les parts respectives de l'intensité moyenne absorbée et ruisselée pendant ce même temps, nous avons défini K'r par :

$$K'_r = \frac{Ie}{I\ moy}$$

• Cette définition de l'intensité efficace est différente de celle généralement admise en hydrologie. Elle pourrait être comparée à l'intensité nette, mais calculée sur le pas de temps choisi.

DJEBEL DISSA

PARCELLE II

Relation Ruissellement - Intensité pluviométrique

Fig. 6

Fig. 6A

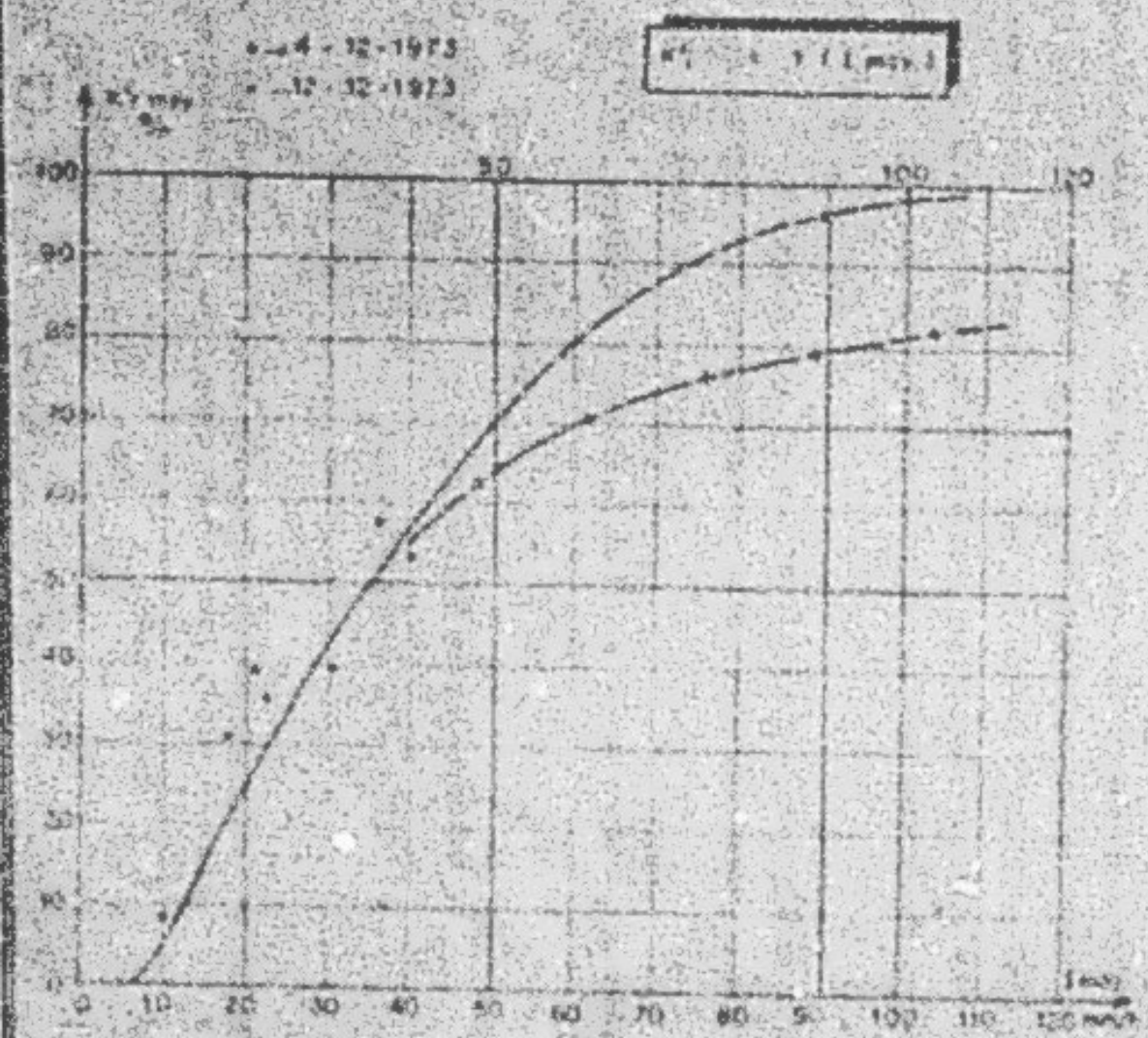
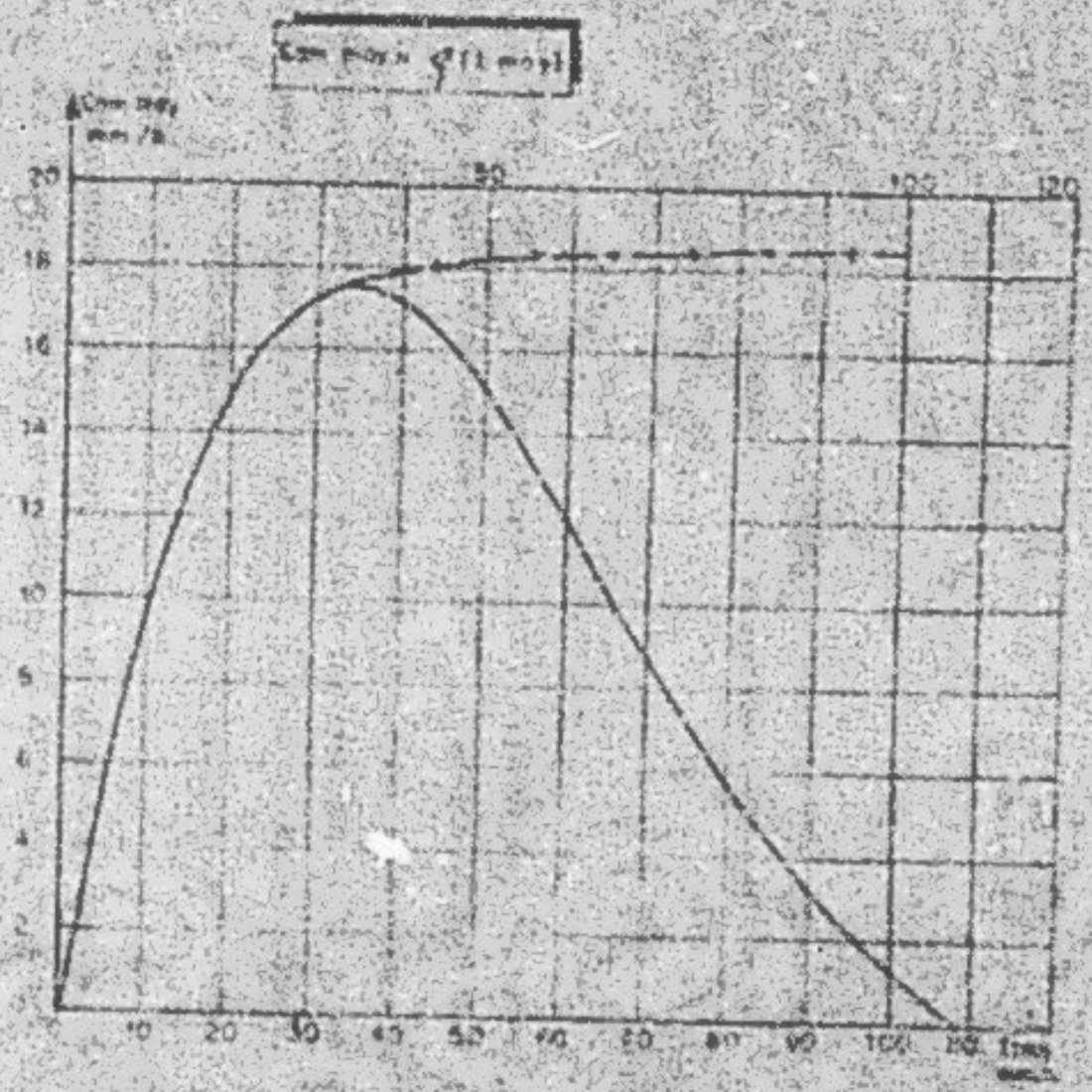


Fig. 6B



Nous obtenons ainsi diverses valeurs de K'_r correspondant chacune à une intensité pluviométrique et qui vont nous permettre de tracer une courbe (voir Fig. 6A) (1)

$$K'_r = f\,(I\ moy)$$

Elle a pour origine l'intensité limite de ruissellement et tend asymptotiquement vers la droite $K'_r = 1$ lorsque I moy croît.

L'intensité limite est déterminée à partir de plusieurs observations antérieures ou postérieures à des averses et se situe autour de 7 mm/h, avec une régularité remarquable à plus ou moins 1 mm/h.

L'interprétation de cette courbe appelle deux remarques principales :

- l'état d'humectation du sol semble avoir un effet négligeable sur le ruissellement. Au cours de la séquence du 12 décembre, certaines averses intervenant en fin de journée, donc sur un sol ayant reçu plus de 50 millimètres, ne semblent pas bénéficier d'un coefficient de ruissellement nettement supérieur aux autres,
- il faut limiter la zone de bonne précision de cette courbe aux intensités inférieures à 50 mm/h. Nous ne possédons qu'une seule observation au delà et son incertitude est trop grande pour qu'elle puisse déterminer l'allure de la courbe. Il suffit, en effet, de remarquer qu'une erreur de 0,5 centimètre sur la détermination des hauteurs à l'échelle, très compatible avec la précision du matériel utilisé, se traduit par une erreur de l'ordre de 10 % sur les volumes écoulés, et par conséquent, aussi sur I_e et K'_r .

Cette imprécision ne modifie guère l'allure générale de la courbe qui ne fait que tendre plus ou moins vite vers son asymptote lorsque I moy croît.

En dérivant l'équation du bilan hydrologique, on obtient :

$$I = C_i + I_{ef} + I_{ev}$$

où $I = \frac{dP}{dt}$ est l'intensité pluviométrique

$C_i = \frac{dI}{dr}$ est le coefficient d'infiltration

../.

(1) Ces valeurs de K'_r figurent dans le tableau des caractéristiques de ruissellement établi pour chaque crue (voir 22212)

I_{ef} = Intensité efficace instantanée

I_{ev} = la part d'intensité évapotranspirée

L'extension de ce bilan instantané à l'intervalle de temps choisi permet d'écrire :

$$I\ moy = C_i\ moy + Ief\ moy + I_{evmoy}$$

Soit donc : $I\ moy = C_{un} + I_e$

On peut supposer nulle la quantité d'eau retenue par les plantes ou évaporée pendant l'intervalle de temps de quinze minutes choisi au cours de l'averse et le coefficient d'infiltration sera considéré comme égal à C_{un}.

De l'équation précédente, on tire :

$$C_{un} = I\ moy - I_e = (1 - K'_r)\ I\ moy$$

Il est alors possible de déduire de la courbe précédente une courbe donnant l'intensité infiltrée dans le sol en fonction de l'intensité précipitée:

$$C_{un} = \left[1 - f\ (I\ moy)\right]\ I\ moy = \varphi\ (I\ moy)$$

Si l'on s'en tient aux résultats trouvés, en négligeant l'erreur consécutive à l'imprécision des mesures, la courbe présentera l'allure d'une cloche asymétrique tendant vers $C_{un} = 0$ lorsque I moy est supérieur à 100 mm/h (voir Fig. 6B). En réalité une erreur de 10 à 15 % dans la détermination de K'_r entraînerait une allure de la courbe fondamentalement différente, du moins pour les intensités supérieures à 30 mm/h (voir Fig. 6B tracés en trait interrompu long).

Cette dernière définition de la courbe paraîtrait à priori plus normale et pourrait s'interpréter facilement par l'action de la vitesse limite d'infiltration des eaux dans le sol qui limiterait le coefficient d'infiltration à près de 20 mm/h, quelle que soit l'intensité précipitée. Il est possible aussi d'envisager un bouleversement des structures superficielles du sol et, en particulier, une obturation des macropores par les particules arrachées sous la violence de la chute des gouttes d'eau lors des fortes intensités.

../.

I_{ep} = Intensité efficace partielle

I_{ep} = la part d'intensité évapotranspirée

L'extension du bilan instantané à l'intervalle de temps choisi permet d'écrire :

$$I\ moy = Q_{i}\ moy + Inf\ moy + E_{vapo\,moy}$$

Soit donc : $I\ moy = Q_{ue} + I_{e}$

Or, si on suppose nulle la quantité d'eau retenue par les plantes ou évaporée pendant l'intervalle de temps de quinze minutes choisi ou encore de l'ordre et le coefficient d'infiltration sera considéré comme égal à Q_{ue} .

De l'équation précédente, on tire :

$$Q_{ue} = I\ moy - I_{e} = (1 - K'_{p})\ I\ moy$$

Il est alors possible de tracer de la courte précédente une courte donnant l'intensité infiltrée dans le sol en fonction de l'intensité pluviométrique :

$$Q_{ue} = \left[1 - f\ (I\ moy)\right]\ I\ moy = \varphi\ (I\ moy)$$

Si l'on s'en tient aux résultats trouvés, en négligeant l'erreur systématique à l'imprécision des mesures, la courbe présentera l'allure d'une courbe asymptotique tendant vers $Q_{ue} = 0$ lorsque I moy est supérieur à 100 mm/h (voir Fig. 22). Si réalité une erreur de 10 à 15 % dans la détermination de K'_{p} entraînerait une allure de la courbe fondamentalement différente, du moins pour les intensités supérieures à 30 mm/h (voir fig. 23 tracée en trait interrompu long).

Cette dernière définition de la courbe paraîtrait à priori plus normale et pourrait s'interpréter facilement par l'action de la vitesse limite d'infiltration des eaux dans le sol qui limiterait le coefficient d'infiltration à près de 30 mm/h, quelle que soit l'intensité pluviométrique. Il est possible aussi d'envisager un bouleversement des structures superficielles du sol et, en particulier, des obturations des macropores par les particules arrachées sous la violence de la chute des averses d'une heure des fortes intensités.

../.

Dans ce cas le facteur limitatif n'est plus la vitesse d'infiltration composée par l'horizon superficiel le plus imperméable, mais la perméabilité superficielle du sol variable selon l'intensité des précipitations. Ceci permettrait d'expliquer la décroissance de Cam en fonction de I moy au delà de 30 mm/h, valeur pour laquelle on aurait l'infiltration optimale.

En fait il semble que sur ces sols, qui n'atteignent jamais l'état de saturation, la pellicule de battance joue un rôle fondamental; en effet ces sols sableux présentent une forte discontinuité de perméabilité en surface; ils sont peu poreux sur quelques mm en surface (pellicule de battance) et très poreux par la suite. Aussi pour des intensités pluviométriques allant de 0 à 30 mm/h, on explique aisément l'augmentation de Cam vers une valeur limite de 20 mm/h, qui correspondrait à l'intensité d'infiltration maximale que la perméabilité autoriserait.

Pour des intensités supérieures nous devons formuler trois hypothèses :

1. La pellicule de battance ne voit pas son structure changer et laisse toujours passer comme un "filtre" 20 mm/h d'infiltration, très vite infiltrés vers le bas en raison d'une perméabilité plus forte; dans ce cas on peut imaginer que Cam ne variera pas tant que la totalité du sol ne sera pas saturé.

2. La pellicule de battance sous l'impact des gouttes d'eau voit sa structure profondément bouleversée, sa perméabilité diminue par colmatage dû aux particules argileuses mises alors en suspension. Donc Cam → 0 quand I moy croît.

3. L'intensité des précipitations est telle que les premiers centimètres très vite saturés n'ont plus le temps de résurgir, le sol "décorde" Cam → 0 quand I moy croît.

../.

CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

DES EAUX DE RUISSELLEMENT DES PARCELLES DU [illegible]

(crues des 4 et 5 décembre 1973)

Tableau n°19

Date et heure	Parcelle	MS	RS g/l	C mohm/cm	Milliéquivalents %							Remarques sur les prélèvements
					Ca	Mg	Na	K	SO4	Cl	HCO3	
5.12.73	1. Fumo	7,2	0,320	0,39	2,4	0,6	0,41	0,08	2,4	0,33	1,0	18 H après les crues
	2. Fumo	7,1	0,380	0,44	3,6	0	0,48	0,08	3,16	0,53	0,7	
	3. Fumo	7,05	1,200	1,25	11,1	0,3	0,48	0,05	11,6	0,46	1,2	
12.12 à 13H	1. Fumo	7,2	0,500	0,54	5,4	0,4	0,4	0,08	5,3	0,5	0,5	5 H après les cr
Crues du 12.12	1. Meyrpis	7,3	0,300	0,40	2,7	0,2	0,6	0,1	1,8	0,41	1,2	Pendant le ruissellement 16H20
	2. Meyrpis	7,2	0,720	0,72	8,8	0,2	0,51	0,05	9,0	0,60	0,7	
	3. Fut	7,05	1,010	1,12	12,6	0,4	0,5	0,09	12,8	0,41	0,5	
du 12.12. à 10H	1. Fumo	7,0	0,760	0,86	8,9	0,2	0,4	0,08	9,0	0,60	0,5	12 H après les crues
	2. Fumo	7,05	0,920	0,98	10,5	0,3	0,35	0,05	10,8	0,50	0,6	
	3. Fumo	7,15	1,260	1,31	15,2	0,8	0,6	0,05	15,8	0,50	0,6	

2.2.2.3 Qualité des eaux de ruissellement (cf. tableau n°19)

Nous donnons à titre d'exemple la qualité des eaux de ruissellement des crues des 4 et 12.12.1973.

Du tableau n°19 il ressort que :

1 - les eaux de ruissellement de la parcelle 3 sont nettement plus salées que celles des parcelles 1 et 2, malgré sa surface restreinte (87 m2),

2 - la salure est due principalement à $CaSO_4$, $2H_2O$ et elle est proportionnelle à la surface des encroûtements gypseux présents sur chaque parcelle,

3 - le fait de laisser en contact les transports solides et les eaux de ruissellement plus de 12 H augmente de façon notable la salure de l'eau; la mesure de la conductivité sur le terrain serait la meilleure solution. Ainsi entre 16H10 le 12.12 et 10H00 le 13.12, la salure dans P1 a presque doublé, alors que dans P2 elle augmentait de 30 % et de 20 % dans P3.

4 - les teneurs en NaCl sont faibles et constantes sur les trois parcelles (0,4 à 0,6 meq/l).

5 - les eaux de ruissellement du 12.12 étaient dans l'ensemble plus chargées que celles du 4.12, surtout pour les parcelles 1 et 2.

2.2.3 Mesures de l'état hydrique du sol des parcelles - Variations des réserves

2.2.3.1 Périodicité et dépouillement des mesures

Entre le 1.9.1973 et le 31.8.1974 nous avons effectué sur l'ensemble des 13 points de prélèvements du dispositif, 20 mesures d'humidité. Tous les épisodes pluvieux importants ont pu être "encadrés" avant et après la pluie (avec un délai maximum de 72 H pour le 28.2.1974), à l'exception de celui du 13.3.1974, où nous n'avons pu, par "manque de chance" mesurer l'état hydrique du sol avant la pluie.

Le dépouillement des mesures d'humidité pondérale fournit des listes donnant la réserve en eau de chaque horizon, par l'intermédiaire de l'humidité volumique, tout au cours de l'année.

Nous rappelons que les points de mesures d'humidité N[illegible] sont affectés de la manière suivante :

- Parcelle n°1 (ensemble de la topo-séquence)

  N_1 (microcosme médian), N_2, N_3 (microcosme sensible), N_4, N_5 (microcosme tranquille, N_6 et N_7 (encroûtement gypseux)

- Parcelle n°2

  N_8, N_9 (microcosme tranquille), N_{10} (encroûtement gypseux)

- Parcelle n°3

  N_{11} (encroûtement gypseux)

2.2.3.2 Appréciation globale

Nous pouvons en outre une appréciation globale en comparant le profil hydrique le plus sec et le profil hydrique le plus humide d'une année-cycle hydrologique pour chaque unité de sol. C'est ainsi que pour l'année 1973-1974, le profil le plus humide a été enregistré le 18.12.73 alors qu'il était déjà tombé en moyenne 181,9 mm sur l'ensemble des parcelles, et que le profil le plus sec était celui de septembre et d'octobre 1973, ou celui du 15 août 1974.

Nous pouvons ainsi mettre en évidence dans le tableau n°20

- l'épaisseur de la tranche de sol soumise aux variations de teneur en eau de chaque unité
- la facilité de chaque sol à absorber l'eau: les 181,9 mm tombés entre le 1.9 et le 18.12.1973 ayant provoqué des accroissements du stock allant de 72,3 mm (encroûtement gypseux) à 164,7 mm (microcosme sensible).

tableau n°20

Point de mesures de l'humidité du sol	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11
Epaisseur du sol soumise aux variations d'humidité (cm)	130	130	130	90	70	70	60	70	70	[illegible]	[illegible]
Variation maximale du stock d'eau ($St_M - St_m$)	144,7	149,8	152,7	[illegible]	91,4	90,5	86,0	74,1	75,6	72,3	72,3
Amplitude moyenne de N_7 (6) (tranche la plus humide)	9,4	11,5	12,6	16,7	13,5	16,7	16,5	16,3	16,2	15,8	16,7

Nous rappelons que les points de mesures d'humidité N_n sont affectés de la manière suivante :

- Parcelle n°1 (ensemble de la toposéquence)

  N_1 (sierozems modaux), N_2, N_3 (sierozems emmablés), N_4, N_5 (sierozems tronqués, N_6 et N_7 (encroûtements gypseux)

- Parcelle n°2

  N_8, N_9 (sierozems tronqués), N_{10} (encroûtements gypseux)

- Parcelle n°3

  N_{11} (encroûtements gypseux)

2.2.3.2 Appréciation globale

Nous pouvons avoir une appréciation globale en comparant le profil hydrique le plus sec et le profil hydrique le plus humide d'une même année hydrologique pour chaque unité de sol. C'est ainsi que pour l'année 1973-1974, le profil le plus humide a été enregistré le 13.12.73 alors qu'il était déjà tombé en moyenne 184,9 mm sur l'ensemble des parcelles, et que le profil le plus sec était celui de septembre et d'octobre 1973, ou celui du 15 août 1974.

Nous pouvons ainsi mettre en évidence sur le tableau n°20

- l'épaisseur de la tranche de sol soumise aux variations de teneur en eau de chaque unité
- la facilité de chaque sol à absorber l'eau; les 184,9 mm tombés entre le 1.9 et le 12.12.1973 ayant provoqué des accroissements du stock allant de 72,3 mm (encroûtement gypseux à 169,7 mm (sierozems emmablés).

Tableau n°20

Point de mesures de l'humidité du sol	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11
Epaisseur du sol soumise aux variations d'humidité (cm)	130	130	130	90	70	70	60	70	70	60	60
Variation maximale du stock d'eau ($St_H - St_S$)	146,0	165,8	169,7	110,2	91,4	90,5	88,0	74,1	76,0	75,0	72,3
Amplitude maximale de H_p (%) (tranche la plus humide)	9,4	11,5	12,6	14,0	13,5	16,7	16,5	15,3	15,2	15,8	15,7

De cette première approche globale nous pouvons dégager certaines remarques :

- les sierozems sableux N_1, et surtout N_2 et N_3 (voile éolien) absorbent plus facilement l'eau que les sierozems tronqués N_5, N_8 et N_9 ou les encroûtements gypseux N_6, N_7, N_{10}, N_{11}.
- les sols de la parcelle n°2 semblent se comporter de façon homogène à l'humectation malgré leurs différences morphologiques fondamentales.
- les différences constatées à l'humectation pour les mêmes types de sol des trois parcelles sont surtout liées à l'irrégularité de la pluviométrie sur l'ensemble de la station, la parcelle n°1 est la plus arrosée, alors que la parcelle n°3 l'est nettement moins).

2.2.3.3 <u>Mécanisme des transferts d'eau le long de la toposéquence au cours des crues principales, et au cours de la totalité de l'année hydrologique</u>

A l'exception de la parcelle n°3, qui nous donne le relevant des encroûtements gypseux, les parcelles ne fournissent que des coefficients de ruissellement globaux. Aussi avons-nous essayé d'approcher la contribution spécifique de chaque unité de sol au ruissellement en encadrant par des mesures d'humidité les pluies les plus importantes; en fait il s'agit plus de la détermination du coefficient d'efficacité de la pluie à la recharge des réserves en eau du sol

$$K_e \text{ (coefficient d'efficacité de la pluie)} = \frac{h_i}{h_p}$$

où h_i = eau infiltrée dans le sol (mm)

h_p = précipitation en mm

Comme nous contrôlons pratiquement toujours la tranche sèche des profils et que le drainage oblique est quasiment nul, et si le délai $t_2 - t_1$ "correspondant" aux mesures de St_1 et de St_2 (réserve en eau) avant et après la pluie est très court, on peut considérer que :

coefficient de ruissellement $K_r = 1 - K_e$

../.

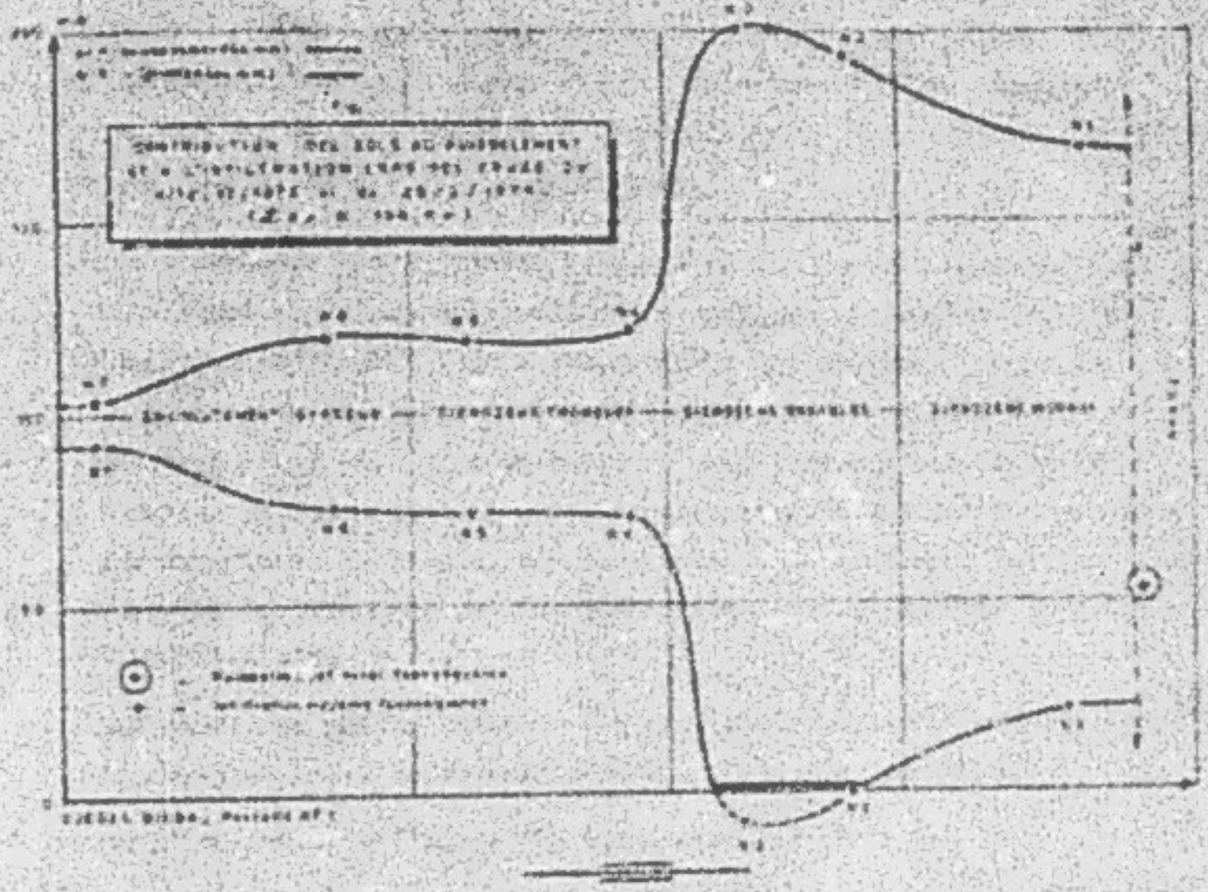
Tableau n°21 — B1. DIEBA - Contribution spécifique de chaque unité de sols à l'infiltration lors des crues des 4.12.73 et 25.2.74

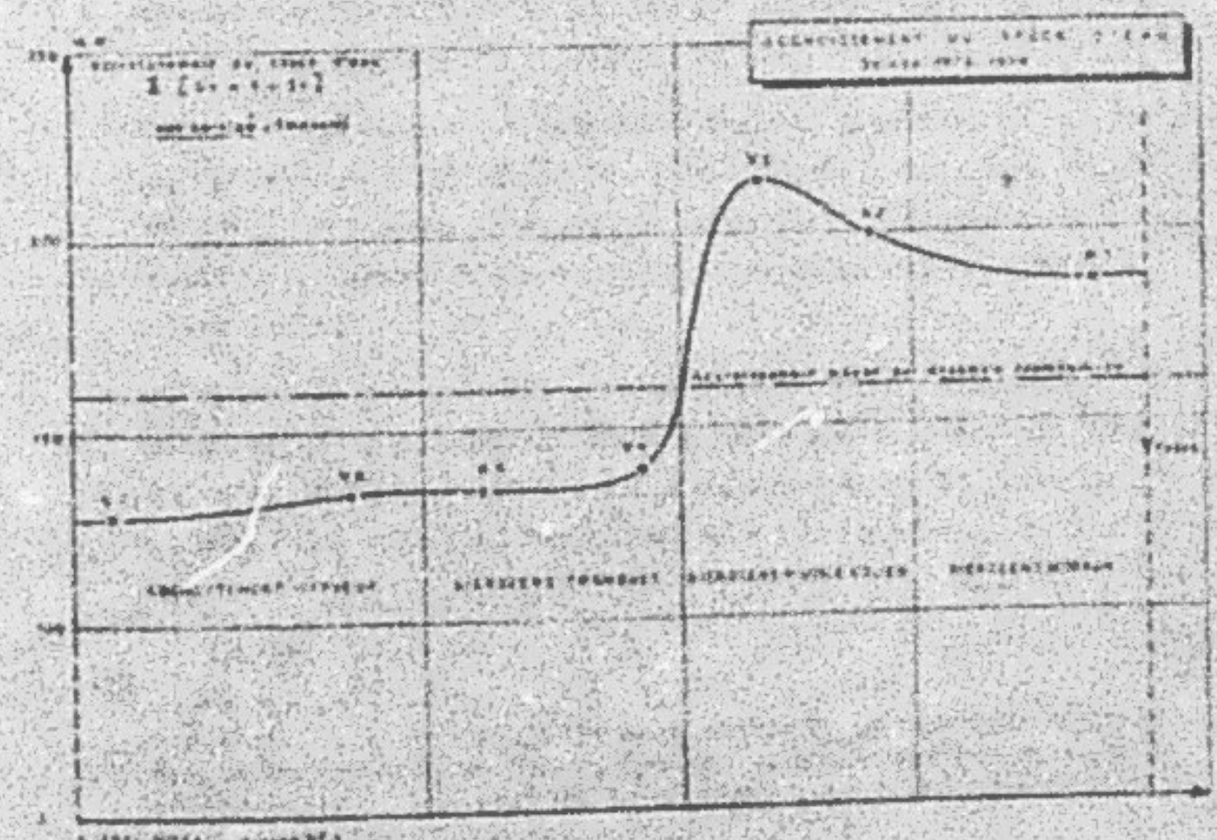
Unité surface		Parcelle n°1 (3650 m2) 1 (500m2)	2 (530m2)	3 (410m2)	4 (440m2)	5 (530m2)	6 (400m2)	7 (840m2)	Total	Parcelle n°2 (500m2) 8 (167m2)	9 (192m2)	10 (231m2)	Total	Parcelle n°3 (67 m2) 11	Total
4.12.73	h_i mm	48,6	57,9	53,5	38,4	33,6	24,5	25,0	39,8	35,3	36,5	37,7	36,5	32,0	32,0
	k_u %	115,0	138,0	125,0	91,5	80,0	58,2	59,5	96,5	85,5	88,2	91,0	87,2	89,0	89,0
12.12.73	h_i mm	97,3	109,3	122,0	66,5	63,6	62,5	56,2	79,7	42,0	38,6	38,2	39,3	32,1	32,1
	k_u %	76,5	85,8	96,5	51,0	50,0	49,1	43,2	62,5	36,2	33,3	32,9	33,8	28,8	28,8
25.2.74 (1)	h_i mm	25,8	26,4	26,0	22,1	21,5	20,2	21,3	23,9	22,8	23,4	23,0	23,0	18,5	18,5
	k_u %	109,0	108,2	106,5	90,5	88,2	82,7	87,0	97,5	93	95,0	93,5	93,5	82,0	82,0
Année 1.9.73 au 31.8.74	Σh_{ins} (2) mm	186,7	199,3	214,3	140,2	135,1	133,7	127,6	159,7	109,4	110,6	109,9	109,9	104,0	104,0
	k_u moyen (2) %	64,6	67,0	74,2	48,5	46,6	46,2	42,2	55,2	42,7	44,2	43,0	43,0	43,0	43,0
	k_u corrigé %	81,6	101,0	104,0	75,5	73,6	73,2	69,2	80,8	66,9	66,7	65,3	66,7	62,0	62,0

(1) prélèvements humidité effectués 48H après les pluies

(2) en dehors des cycles mineurs d'humectation et de dessèchement

DJEBEL DISSA _ Parcelle N° 1 _ Fig 7





Du tableau n°21 où nous avons donc calculé K_c de chaque unité de sol pour chaque parcelle (en le pondérant par les surfaces), et des graphiques de la figure n°7 qui nous montrent les transferts d'eau le long de la toposéquence (Parcelle n°1), pour les crues principales et pour l'année (1) il ressort que:

- sur l'ensemble des sierozems tronqués et les encroûtements gypseux présentent sur l'ensemble de l'année un K_c non corrigé sensiblement identique (43 à 48,5 %). Le comportement des sierozems tronqués, pourtant sableux, vis-à-vis de l'infiltration, ne s'explique que par la présence d'une pellicule de battance qui, lors des pluies importantes, favorise un ruissellement aussi important que celui des encroûtements gypseux. Cette pellicule, sur des zones mises en défens (absence du piétinement du troupeau) est favorable et ne fait qu'aggraver le déficit d'infiltration,
- les sierozems modaux ensablés (N_2, N_3) absorbent 20 % de plus d'eau que le sierozem modal présentant déjà une pellicule de battance,
- sur l'ensemble de l'année (K_c étant corrigé)
  - les encroûtements gypseux et les sierozems tronqués ont absorbé en moyenne environ 70 % de la pluviométrie totale, mais n'ont absorbé que 30 % de la pluie du 12.12.1973,
  - les sierozems modaux ont absorbé 82 % de la pluviométrie totale, mais 76,5 % le 12.12.1973 contre 115 % le 4.12.1973: donc lors des petites crues N_1, tout comme N_2 et N_3, ne ruisselle pas globalement et reçoit un apport d'eau supplémentaire dû au ruissellement des unités amont,
  - les sierozems ensablés ont absorbé plus de 100 % de la pluviométrie totale grâce au ruissellement des parties amont. Cependant lors des pluies du 12.12.1973, 10 % environ en moyenne des 127,2 mm tombés ont cependant ruisselé. Par contre le 4.12. N_2 a absorbé 138 % de la pluie.

../.

(1) Pour l'année, le tableau n°21 nous montre K_c mesuré (par méthode profils hydriques), en dehors des cycles mineurs d'humectation et de dessèchement. Il convient de le corriger pour toutes les pluies peu importantes n'ayant pas ruisselé

Du tableau n°21 où nous avons donc calculé K_0 de chaque unité de sol pour chaque parcelle (en le pondérant par les surfaces), et des graphiques de la figure n°7 qui nous montrent les transferts d'eau le long de la toposéquence (Parcelle n°1), pour les crues principales et pour l'année (1) il ressort que:

- sur l'ensemble des sierozems tronqués et les encroûtements gypseux présentant sur l'ensemble de l'année un K_0 non corrigé sensiblement identique (43 à 48,5 %). Le comportement des sierozems tronqués, pourtant semblaux, vis-à-vis de l'infiltration, ne s'explique que par la présence d'une pellicule de battance qui, lors des pluies importantes, favorise un ruissellement aussi important que celui des encroûtements gypseux. Cette pellicule, sur des zones mises en défens (absence de piétinement du troupeau) est favorisée et ne fait qu'aggraver le déficit d'infiltration,
- les sierozems modaux ensablés (N_2, N_3) absorbent 20 % de plus d'eau que le sierozem modal présentant déjà une pellicule de battance,
- sur l'ensemble de l'année (K_0 étant corrigé)
  - les encroûtements gypseux et les sierozems tronqués ont absorbés en moyenne environ 70 % de la pluviométrie totale, mais n'ont absorbé que 30 % de la pluie du 12.12.1973,
  - les sierozems modaux ont absorbé 82 % de la pluviométrie totale, mais 76,5 % le 12.12.1973 contre 115 % le 4.12.1973; donc lors des petites crues N_1, tout comme N_2 et N_3, ne ruissellent pas globalement et reçoit un apport d'eau supplémentaire dû au ruissellement des unités amont,
  - les sierozems ensablés ont absorbé plus de 100 % de la pluviométrie totale grâce au ruissellement des parties amont. Cependant lors des pluies du 12.12.1973, 10 % environ en moyenne des 127,2 mm tombés ont cependant ruisselé. Par contre le 4.12. N_2 a absorbé 138 % de la pluie.

../.

(1) Pour l'année, le tableau n°21 nous montre K_0 mesuré (par méthode profils hydriques), en dehors des cycles mineurs d'humectation et de dessèchement. Il convient de le corriger pour toutes les pluies peu importantes n'ayant pas ruisselé

- Si l'on compare K_r mesuré par l'hydrologue à $1 - K_c$ mesuré par la méthode des profils hydriques, la corrélation est moyenne pour les crues des 4 et 12.12.1973, et bonne pour l'année, sur la seule parcelle 2 dont le fonctionnement a été satisfaisant tout au cours de l'année.

2.2.4 Essai d'établissement d'un bilan d'eau pour la saison 1973-1974

2.2.4.1 Bilan hydrologique

L'équation du bilan hydrologique appliquée à la surface du sol pour chaque séquence pluvieuse est :

$$P = E + I + R$$

où P = précipitations

E = évaporation à la surface du sol ou des plantes ayant pu retenir l'eau

I = infiltration

R = ruissellement

Les observations prouvent que, pour une pluie moyenne, E est négligeable par rapport aux autres termes du bilan et de toute façon inférieur à l'erreur de mesure.

P et R sont mesurés par l'hydrologue. I est calculé par le pédologue. Les termes du bilan pour chaque séquence de la saison, inscrits dans les tableaux suivants, font ressortir l'erreur sur le bilan :

$$\Delta B = P - (R + I)$$

../.

Parcelle I

Tableau n°22

Date	P mm	I mm	R mm	ΔB mm	ΔB/P %
4.12.73	41,3	39,8	1,28	+ 0,2	+ 0,5
12.12.73	129,1	79,7	(57,6)	- 8,2	- 6,4
26.02.74	24,5	23,9	0,12	+ 0,5	+ 2,0
12.03.74	18,0	(17,2)	0,81	(0)	(0)
Total des séquences avec ruissellement	212,9	160,6	59,8	- 7,5	- 3,5
Total des séquences sans ruissellement	58,8	58,8	0	-	-
Bilan 1973-1974	271,7	219,4	59,8	- 7,5	- 2,8

Soit à l'échelle annuelle :

K_r = 22 %

K_c = 80,8 %

K_c étant le coefficient d'efficacité de la pluie. Il apparaît donc un excédent de 2,8 %.

Parcelle II

Tableau n°23

Date	P mm	I mm	R mm	ΔB mm	ΔB/P %
4.12.73	41,4	36,6	4,88	- 0,31	- 0,2
12.12.73	115,8	39,3	59,5	+17,0	+14,6
26.02.74	24,8	23,0	0,76	+ 1,01	+ 4,0
12.03.74	17,6	(15,0)	2,61	(0)	(0)
Total des séquences avec ruissellement	199,6	113,9	67,8	+ 17,9	+ 9
Total des séquences sans ruissellement	57,5	57,5	0	-	-
Bilan 1973-1974	257,1	171,4	67,8	+ 17,9	+ 7

Soit à l'échelle annuelle :

K_r = 26,4 %

K_c = 66,7 %

et donc un déficit de 7 %.

Parcelle I

Tableau n°22

Date	P mm	I mm	R mm	ΔR mm	ΔR/P %
4.12.73	41,3	39,8	1,28	+ 0,2	+ 0,5
12.12.73	129,1	79,7	(57,6)	- 8,2	- 6,4
26.02.74	24,5	23,9	0,12	+ 0,5	+ 2,0
12.03.74	18,0	(17,2)	0,81	(0)	(0)
Total des séquences avec ruissellement	212,9	160,6	59,8	- 7,5	- 3,5
Total des séquences sans ruissellement	58,8	58,8	0	-	-
Bilan 1973-1974	271,7	219,4	59,8	- 7,5	- 2,8

Soit à l'échelle annuelle :

K_r = 22 %

K_i = 60,8 %

K_e étant le coefficient d'efficacité de la pluie. Il apparaît donc un excédent de 2,8 %.

Parcelle II

Tableau n°23

Date	P mm	I mm	R mm	ΔR mm	ΔR/P %
4.12.73	41,4	36,6	4,88	- 0,1	- 0,2
12.12.73	115,8	39,3	59,5	+17,0	+14,6
26.02.74	24,8	23,0	0,76	+ 1,0	+ 4,0
12.03.74	17,6	(15,0)	2,61	(0)	(0)
Total des séquences avec ruissellement	199,6	113,9	67,8	+ 17,9	+ 9
Total des séquences sans ruissellement	57,5	57,5	0	-	-
Bilan 1973-1974	257,1	171,4	67,8	+ 17,9	+ 7

Soit à l'échelle annuelle :

K_r = 26,4 %

K_i = 66,7 %

et donc un déficit de 7 %.

Parcelle III

Tableau n°24

Date	P mm	I mm	R mm	ΔB mm	ΔB/P %
4.12.73	36,2	32,0	3,5	+ 0,7	+ 2
12.12.73	112,4	32,1	33,1	+47,2	+ 42
26.02.74	22,8	18,5	2,2	+ 2,1	+ 92
12.03.74	17,2	(13,7)	3,5	0	0
Total des séquences avec ruissellement	188,6	96,3	42,3	+50	+26,5
Total des séquences sans ruissellement	54,0	54,0	0	-	-
Saison 1973-1974	242,6	150,3	42,3	+50	+20,6

Soit à l'échelle annuelle :

$$K_r = 17,4\ \%$$
$$K_e = 62,0\ \%$$

et donc un déficit de plus de 20 %.

Comme nous l'avons précédemment signalé (voir 2.2.1.3) cette erreur a principalement pour origine le fonctionnement défectueux du partiteur. Si on se base sur les estimations de K_r pour les crues considérées, on obtient :

Tableau n°25

	P	I	R	ΔB	ΔB/P
Saison 1973-1974	242,6	150,3	75,7	+ 16,6	+ 6,8

avec K_r = 31,2 %.

../.

Si l'on s'en tient à ces dernières valeurs, on remarque que pour les trois parcelles l'erreur sur l'équilibre du bilan reste inférieure à 7 % ce qui paraît satisfaisant compte tenu de la précision des diverses méthodes de mesures employées.

Dans les trois cas on constate aussi que l'erreur sur le bilan annuel provient quasi exclusivement de l'erreur sur la séquence du 12 décembre, dont le caractère exceptionnel a mis à la maîtrise et à la bonne précision nos méthodes.

On remarque enfin que, d'une façon générale, l'erreur relative croît en fonction inverse de la taille de la parcelle. Cette constatation paraît surprenante car il semble à priori plus facile d'analyser les mécanismes à échelle réduite sur une parcelle pouvant être plus homogène que sur des parcelles de dimensions moyennes et présentant une certaine hétérogénéité (succession d'unités de sols différentes). Elle pourrait s'expliquer par l'inadaptation des méthodes employées pour la détermination de l'humidité dans les sols gypseux qui représentent la totalité ou une partie des petites parcelles.

Si l'on tente une approche du bilan réel, c'est-à-dire à partir de la pluviométrie réelle, donc mesurée au sol, l'équilibre du bilan s'en trouvera sensiblement modifié et toutes les parcelles présentent un déficit compris entre 7 et 16 %, dans le cas où les valeurs de la parcelle III sont estimées. Bien que les mesures de profils hydriques ne soient pas toujours immédiatement consécutives aux pluies, il semble peu probable que l'évapotranspiration durant ce court laps de temps puisse combler le déficit.

2.2.4.2 Bilan d'eau interne

L'équation du bilan interne pour l'année est :

$$P = R + \Delta S + Do + D + E$$

où

P = pluie totale tombée

E = évapotranspiration réelle

R = ruissellement

ΔS = variation de la réserve en eau pendant l'année

Do = drainage oblique

D = volume absorbé (drainage) ou restitué par la base de profil (remontées profondes par capillarité).

../.

Si l'on s'en tient à ces dernières valeurs, on remarque que pour les trois parcelles l'erreur sur l'équilibre du bilan reste inférieure à 7 % ce qui paraît satisfaisant compte tenu de la précision des diverses méthodes de mesures employées.

Dans les trois cas on constate aussi que l'erreur sur le bilan annuel provient quasi exclusivement de l'erreur sur la séquence du 12 décembre, dont le caractère exceptionnel a mis à la maîtrise et à la bonne précision des méthodes.

On remarque enfin que, d'une façon générale, l'erreur relative croît en fonction inverse de la taille de la parcelle. Cette constatation paraît surprenante car il semble à priori plus facile d'analyser les mouvements à échelle réduite sur une parcelle pouvant être plus homogène que sur des parcelles de dimensions moyennes et présentant une certaine hétérogénéité (succession d'unités de sols différentes). Elle pourrait s'expliquer par l'inadaptation des méthodes employées pour la détermination de l'humidité dans les sols, prenant qu'une partie des petites parcelles.

Si l'on tente une approche du bilan réel, c'est-à-dire à partir de la pluviométrie réelle, donc mesurée au sol, l'équilibre du bilan s'en trouvera sensiblement modifié et toutes les parcelles présentent un déficit compris entre 7 et 10 %, dans le cas où les valeurs de la parcelle III sont estimées. Bien que les mesures de profils hydriques ne soient pas toujours immédiatement consécutives aux pluies, il semble peu probable que l'évapotranspiration durant ce court laps de temps puisse combler le déficit.

2.2.4.2 Bilan d'eau interne

L'équation du bilan interne pour l'année est :

$$P = R + \Delta S + Do + D + A$$

où

P = pluie totale tombée

E = évapotranspiration réelle

R = ruissellement

ΔS = variation de la réserve en eau pendant l'année

Do = drainage utilisé

D = volume absorbé (drainage) ou restitué par la zone de profil (remontées profondes par capillarité).

../.

Les observations effectuées au cours de l'année nous montrent que :

AS = 0 puisque tous les profils de la topo-séquence revisionnent avant le 15.8.1974 à l'état du 19.11.1973

D = 0 puisque pour tous les profils nous contrôlons la tranche sèche ne subissant aucune variation d'humidité

Dc = s'il existe ne peut se produire que lors des pluies très importantes ou immédiatement après; jamais nous n'avons pu le mettre en évidence même le 13.12.1973 où nous avons prélevé l'humidité deux mois 12 h après les pluies. Nous supposerons donc Dc = 0.

Nous ayant contrôlé pratiquement tous les transferts d'eau de cette topo-séquence au cours de cette saison, nous pouvons affirmer que l'ETR a absorbé la totalité de P - R, soit la pluie infiltrée.

Sur la parcelle n°1, si l'on considère que le 19.11.1973 a vu le début de la saison des pluies :

- les microsols sodiques (N1) auront évapotranspiré environ 220 mm pendant 9 mois
- les microsols sablo (N2 et N3) auront évapotranspiré environ 250 mm pendant 9 mois
- les microsols tronqués (N4, N5) et les encroûtements gypseux auront seulement évapotranspiré 160 à 180 mm pendant 8 mois.

Un agriculteur installé en N2 ou N3 aurait donc bénéficié d'un stock d'eau supplémentaire de 50 mm par rapport à celui installé en N1, ce qui est considérable dans ces régions subdésertiques.

2.2.5 Variations des réserves en eau du sol de la parcelle de mesures de la biomasse végétale de l'unité pédo-géologique n°5

Situé à l'aval de la parcelle de ruissellement n°1, mais à proximité, le sol de la parcelle de mesures de la biomasse végétale est identique à N1 et est constitué d'un microsols de 30 cm d'épaisseur sur-le-sable de l'encroûtement gypseux. Les variations des réserves en eau de ce sol sont suivies tout au cours de l'année sur les profils N12 et N13 .

.../.

2.2.3.' Evolution et variations saisonnières des réserves en eau

Sur les figures [illegible] et [illegible], sont portées :

- les variations de la réserve en eau totale sur la tranche intéressée par l'enracinement ;
- les variations de la réserve en eau totale des [illegible] premiers cm du profil
- les variations de la réserve en eau comprise [illegible] intéressée par l'enracinement : [illegible]
- les variations du profil hydrique.

On constate que :

- à partir de la mi-août le profil hydrique, ainsi que les réserves en eau totale, sont stabilisés, à un niveau correspondant à [illegible] mm, et cela jusqu'aux premières pluies après le [illegible], la réserve d'alimentation en eau du profil vis-à-vis de la végétation est alors maximum (25 mm).
- à partir du [illegible] jusqu'au [illegible] le sol, grâce à trois épisodes pluvieux de 172,8 mm, voit ses réserves atteindre le maximum de l'année (R = 112,3 mm),
- durant tout l'hiver le sol va se [illegible] et au début du printemps avec 62,7 mm/[illegible] de pluie les réserves vont se maintenir jusqu'à [illegible] mm,
- à partir du [illegible], le dessèchement se fait rapidement et le profil revient à son état initial, à la mi-[illegible].
- le sol a pu [illegible] pratiquement les valeurs de [illegible] au [illegible] pour l'ensemble du profil et du [illegible] au [illegible] pour les [illegible] premiers cm,
- sur l'ensemble de la saison, [illegible] les réserves en eau totale [illegible] mm, correspondant à [illegible]

[illegible]	Δ [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	15	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	6	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	120,1	[illegible]	115,1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	,24	[illegible]	[illegible]
[illegible]	12	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	27	[illegible]	[illegible]	75,7	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	27	[illegible]	[illegible]	57,2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	31	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	27	[illegible]	[illegible]	32,6	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

- [illegible]
- [illegible]
- [illegible]
  [illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]

[illegible]

- [illegible]
- [illegible]

[illegible]

[illegible]

- [illegible]
- [illegible]
- [illegible]

l'objet de prélèvements [illegible] du sol. [illegible] par le sol, ne peut être que par l'évaporation de la nappe.

[illegible]

Sur le plan pratique, [illegible]

[illegible] Essai d'évaluation de l'ETR [illegible]

Comme le profil hydrique du sol [illegible]

Sur le tableau [illegible] nous avons essayé de suivre l'évolution de l'ETR [illegible] entre le [illegible] et le [illegible], et constaté que :

- [illegible] au moment où les réserves en eau du sol sont les plus [illegible],
- pour un état hydrique initial [illegible] du sol, [illegible] plus forte à la fin du [illegible].

Il nous est difficile de comparer [illegible]

[illegible]

où [illegible]

[illegible]

où [illegible]

FICHE ANALYTIQUE

Parcelle									
Parcelle n° 1 t_0 = 1.8.73	B_1	$\Sigma \Delta V$ cumulé							
		ΔV entre t_1 et t_{i+1}							
	B_2	$\Sigma \Delta V$ cumulé							
		ΔV entre t_1 et t_{i+1}							
Parcelle n°2 t_0 = 1.8.73	B_3	$\Sigma \Delta V$ cumulé							
		ΔV entre t_1 et t_{i+1}							
Parcelle n°3 t_0 = 1.8.73	B_4	$\Sigma \Delta V$ cumulé							
		ΔV entre t_1 et t_{i+1}							

et le 29.9.83 ont été installées les piézomètres

- E_4 sur [illegible] de la parcelle 2
- E_5 sur encroûtements gypseux de la parcelle 1
- E_6 sur encroûtements gypseux de la parcelle 3

Depuis ces installations 8 mesures ont été effectuées sur E_4 et 6 mesures sur E_5 et E_6 ayant donné les résultats portés sur le tableau n°28 et la figure n°31 dans lesquels les valeurs [illegible] sont chiffrées négatifs, les valeurs [illegible] sont chiffrées positifs et les volumes [illegible] par la [illegible] des [illegible] sont cumulatives.

De la figure n°31 il ressort que :

- depuis la mise en [illegible] de [illegible] et jusqu'à la première année de mesures sur [illegible] (décembre 1983) sur E_1, E_2 et E_3, [illegible] la [illegible] des [illegible] de la [illegible] des rapports [illegible] et [illegible] plus [illegible], les [illegible] plus [illegible], les [illegible] de [illegible] la [illegible],
- depuis la saison 1983-1984, [illegible] sur E_4 [illegible] des [illegible] de E_5 ou E_6,
- lors des mois de décembre 1983, les piézomètres E_1, E_2, E_3, E_4 et E_5 [illegible] de [illegible] le [illegible] de 13.12.1983 [illegible] de [illegible] des [illegible].

En conclusion nous pouvons dire que :

- les plaines présentent des [illegible] de [illegible] des [illegible] qu'elles [illegible].

- au bout de deux ans, on met en évidence une légère augmentation de la végétation sur les parcelles et surtout la présence des racines favorise le piégeage du sable limon et tend à masquer les effets de l'érosion hydrique, qui ne s'effectue plus que sur un sable limon, facilement mobilisable,
- les gravillonnaires grossiers et les [illegible] [illegible], tant comme leurs aptitudes au ruissellement, ont un comportement identique vis-à-vis de l'érosion hydrique et de l'accumulation éolienne.

Il nous faut rappeler que les chiffres donnés dans le tableau n°22 n'ont qu'une valeur indicative en raison de la précision des mesures faites sur les parcelles (une erreur de 1 mm correspondant à 1 m3/ha).

2.2 Résultats concernant la végétation

2.2.1 Evolution du recouvrement de la végétation de la parcelle [illegible]

2.2.1.1 Méthodologie

Sur la parcelle n°1 on a implanté [illegible] lignes permanentes afin de suivre l'évolution du recouvrement de la végétation et de la litière.

Les huit lignes permanentes installées ont fait l'objet de deux lectures pendant la saison 1978-1979, l'une à l'automne, le [illegible], l'autre au printemps, le [illegible].

Rappelons que le principe de la mesure est basé sur le fait que le recouvrement d'une espèce végétale est en relation avec la fréquence des contacts d'une aiguille descendue dans la végétation. Si n est le nombre de contacts d'une espèce sur la ligne de 100 points, la fréquence spécifique de recouvrement de cette espèce s'exprime en % et est donnée par

$$FSi = \frac{n}{100} \times 100$$

Notons que la somme des fréquences spécifiques peut être différente du recouvrement total de la végétation s'il y a plusieurs espèces pour un même point.

...

SUITE EN

F 2

MICROFICHE N° 00168

République Tunisienne

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية

وزارة الفلاحة

المركز القومي

للتوثيق الفلاحي

تونس

F 2

La contribution spécifique Cs d'une espèce est définie comme égale à

$$Cs = \frac{\text{Fs de l'espèce}}{\text{Somme des Fs de toutes les espèces}} \times 100$$

2.4.1.2 Résultats

Les résultats détaillés de ces mesures, par unité phyto-écologiques et par espèces, sont donnés en annexe (cf. annexe n° 2, 3, 4, 5) avec rappel des résultats 1972-1973.

Le tableau n°29 résume ces résultats.

Tableau n° 29

Evolution des fréquences spécifiques (Fs) entre le 5.10.72 et le 25.4.74

Unité phyto-écologique	Date	Fs Annuelles	Fs Litière	Fs Pérennes	Fs Total, sans litière
U°5 (sur microsom)	5.10.72	1,2	3,0	11,5	12,7
	24. 4.73	2,3	5,6	33,4	35,7
	27. 9.73	0	6,7	20,0	20,0
	25. 4.74	8,1	2,5	31,8	39,9
U°6 (voile sableux sur microsom)	5.10.72	2,7	2,2	8,5	11,2
	24. 4.73	15,1	12,7	42,1	56,3
	27. 9.73	1,1	9,8	25,2	26,3
	25. 4.74	44,1	0,6	25,6	69,4
U°3 (sur microsom tra[illegible]é)	5.10.72	0	0,3	12,4	12,1
	24. 4.73	0	2,5	18,7	18,7
	27. 9.73	0	3,6	10,9	10,9
	25. 4.74	1,5	2,5	20,4	21,9
U°1 (sur croûte [illegible])	5.10.72	0	0	6,9	6,9
	24. 4.73	0	0	6,9	6,9
	27. 9.73	0	0,3	8,6	8,6
	25. 4.74	0	0,2	10,5	10,5

../.

La contribution spécifique Cs d'une espèce est définie comme égale à

$$Cs = \frac{\text{Fs de l'espèce}}{\text{Somme des Fs de toutes les espèces}} \times 100$$

2.4.1.2 Résultats

Les résultats détaillés de ces mesures, par unités phyto-écologiques et par espèces, sont donnés en annexe (cf. annexe n° 2, 3, 4, 5) avec rappel des résultats 1972-1973.

Le tableau n°29 résume ces résultats.

Tableau n° 29

Evolution des fréquences spécifiques (Fs) entre le 5.10.72 et le 25.4.74

Unité phyto-écologique	Date	Fs Annuelles	Fs Litière	Fs Pérennes	Fs Total, sans litière
N°5 (sur sierozem)	5.10.72	1,2	3,0	11,5	12,7
	24. 4.73	2,3	5,6	33,4	35,7
	27. 9.73	0	6,7	20,0	20,0
	25. 4.74	8,1	2,5	31,8	39,9
N°6 (voile sableux sur sierozem)	5.10.72	2,7	2,2	8,5	11,2
	24. 4.73	15,1	12,7	42,1	56,3
	27. 9.73	1,1	9,8	25,2	26,3
	25. 4.74	44,1	0,6	25,6	69,4
N°3 (sur sierozem tronqué)	5.10.72	0	0,3	12,4	12,1
	24. 4.73	0	2,5	18,7	18,7
	27. 9.73	0	3,6	10,9	10,9
	25. 4.74	1,5	2,5	20,4	21,9
N°1 (sur croûte gypseuse)	5.10.72	0	0	6,9	6,9
	24. 4.73	0	0	6,9	6,9
	27. 9.73	0	0,3	8,6	8,6
	25. 4.74	0	0,2	10,5	10,5

../.

Pour suivre l'évolution de la végétation à la lecture de ce tableau, il faut comparer entre elles, respectivement, les mesures faites au printemps et celles faites à l'automne.

En ce qui concerne les unités 5 et 6 (sur sierozem avec ou sans voile sableux), il semble que le recouvrement des plantes pérennes ait augmenté à l'automne 73 par rapport à l'automne 1972.

En revanche, pour l'unité 6, le printemps 1974 a été beaucoup moins favorable aux plantes pérennes que le printemps 1973. C'est surtout Plantago albicans et à un moindre degré Cynodon dactylon, qui ont eu un plus faible développement. Dans cette même unité, au contraire, les plantes annuelles montrent une fréquence spécifique de 44 % en 1974 contre 15 % en 1973.

Pour les unités 3 et 1 à sol moins favorable (sierozem tronqué et croûte gypseuse), les "fluctuations" de la végétation sont plus faibles. En effet il n'y a pratiquement pas de la plantes annuelles et le dynamisme des plantes pérennes est peu important : la fréquence spécifique des pérennes dans l'unité 1 passe de 6,9 % en 1973 à 10,5 % au printemps 1974. Ceci laisse penser qu'il y a peu d'intérêt à mettre en défens en vue de sa régénération la végétation de ces types d'unité.

Au total cependant on peut conclure que le recouvrement de la végétation de l'ensemble de la parcelle a augmenté entre les saisons 1972-1973 et 1973-1974; cette augmentation étant due principalement à la végétation des unités 5 et 6 (sur sierozem).

2.4.2 Evolution de la biomasse végétale aérienne de l'unité phyto-écologique n°5

2.4.2.1 Méthodologie

La mise en défens date du 1er avril 1972.

Le dispositif utilisé en 1973-1974 pour suivre l'évolution de la biomasse végétale aérienne est du même type que celui de 1972-1973. Il a été installé au voisinage immédiat de ce dernier. Six coupes ont été réalisées pendant l'année de végétation, la première le 24.9.1973, la dernière le 18.7.1974.

../.

Comme précédemment le dispositif est prévu principalement pour suivre l'évolution du Plantain (Plantago albicans), des plantes annuelles et de la litière. La surface du dispositif n'est pas suffisante pour échantillonner correctement les plantes pérennes.

A titre indicatif, et bien que cette mesure ne soit pas rigoureuse, on a présenté les résultats pour les plantes pérennes de la façon suivante : on a considéré que la fraction ligneuse des plantes pérennes restait constante (en poids à l'ha) tout au long de l'année et on a calculé cette fraction ligneuse en faisant la moyenne des résultats obtenus au cours des 6 coupes. Sur la base du résultat (174 kg MS/ha), on a calculé la quantité de pousses de l'année correspondante, pour chaque date de coupe, en appliquant les pourcentages de pousses obtenus sur des échantillons des espèces pérennes à chaque coupe.

Il suffit de comparer les chiffres obtenus pour cette fraction ligneuse durant les deux années de mesures (267 kg en 1972-1973, 174 kg en 1973-1974) pour avoir une idée de la variabilité de la biomasse des pérennes sur cette surface anciennement cultivée. A la fin du cycle de mesures, afin d'avoir une meilleure approche de cette quantité de pérennes et de leur production, et pour pouvoir faire des comparaisons interannuelles valables, il sera nécessaire de recalculer une fraction ligneuse moyenne des n années de mesures et de réajuster les quantités de pousses correspondantes à cette moyenne.

2.4.2.2 Résultats

Les résultats pour 1973-1974 sont donnés sur le tableau n°30 et sur le graphique n°9.

../.

Comme précédemment le dispositif est prévu principalement pour suivre l'évolution du Plantain (Plantago albicans), des plantes annuelles et de la litière. La surface du dispositif n'est pas suffisante pour échantillonner correctement les plantes pérennes.

A titre indicatif, et bien que cette mesure ne soit pas rigoureuse, on a présenté les résultats pour les plantes pérennes de la façon suivante : on a considéré que la fraction ligneuse des plantes pérennes restait constante (en poids à l'ha) tout au long de l'année et on a calculé cette fraction ligneuse en faisant la moyenne des résultats obtenus au cours des 6 coupes. Sur la base du résultat (174 kg MS/ha), on a calculé la quantité de pousses de l'année correspondante, pour chaque date de coupe, en appliquant les pourcentages de pousses obtenus sur des échantillons des espèces pérennes à chaque coupe.

Il suffit de comparer les chiffres obtenus pour cette fraction ligneuse durant les deux années de mesures (267 kg en 1972-1973, 174 kg en 1973-1974) pour avoir une idée de la variabilité de la biomasse des pérennes sur cette surface anciennement cultivée. A la fin du cycle de mesures, afin d'avoir une meilleure approche de cette quantité de pérennes et de leur production, et pour pouvoir faire des comparaisons interannuelles valables, il sera nécessaire de recalculer une fraction ligneuse moyenne des n années de mesures et de réajuster les quantités de pousses correspondantes à cette moyenne.

2.4.2.2 Résultats

Les résultats pour 1973-1974 sont donnés sur le tableau n°30 et sur le graphique n°9.

../.

EVOLUTION DE LA BIOMASSE DE LA PARTIE AERIENNE DE LA VEGETATION
DJERRE DISSA - 1973/74

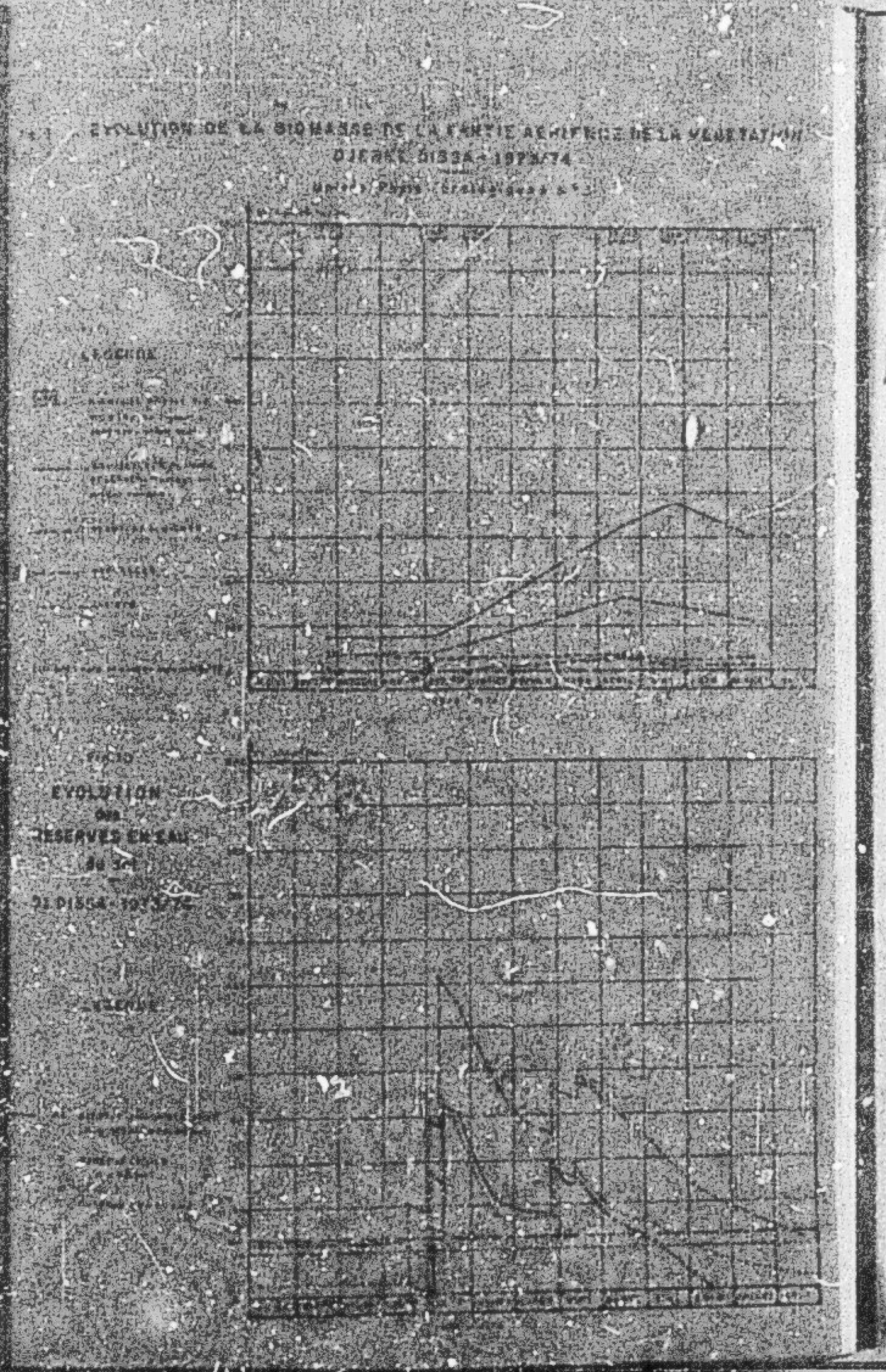


Tableau n°30

Evolution de la biomasse aérienne de l'unité pyto-écologique n°5 (en Kg MS/ha)

Mise en défens le 1.8.72	1ère coupe 24.9.73	2ème coupe 7.12.73	3ème coupe 5.1.74	4ème coupe 18.4.74	5ème coupe 23.5.74	6ème coupe 13.7.74
Plantago albicans	36	43	70	166	151	112
Partie ligneuse des autres péren. (moyen des 6 coup.)	174	174	174	174	174	174
Poussée corresp. à ces 174 kg de partie ligneuse	42	36	51	162	233	195
Annuelles	1	0	2	29	10 (± nse)	11 (nsn)
Plantes mortes	17	15	52	43	30	24
Litière	38	30	32	33	25	32
Total avec lit. et plant. mortes	308	298	381	607	623	548
Total sans lit. ni plantes mortes	253	253	297	531	568	492

2.4.2.3 Critique des résultats

Les pluies tardives n'ont pas permis le développement des plantes annuelles à l'automne et le froid de l'hiver a ensuite retardé leur germination et leur développement. La faible production des annuelles (29kg) doit en être la conséquence, malgré la bonne disponibilité en eau du sol au printemps. Il faut ajouter également que la mise en défens n'est pas favorable à la germination des annuelles sur ces sols comportant une pellicule de battance. Le piétinement des troupeaux provoque en effet la rupture de cette pellicule et favorise par là-même la germination.

Le plantain a eu une bonne production (166-36 = 130 kg), mais lui aussi a poussé tardivement.

../.

Malgré l'absence de pousses d'automne, les autres plantes pérennes ont eu un bon développement, grâce à des réserves en eau disponibles dans le profil jusqu'au 15 juin. La pousse des pérennes a donc pu avoir lieu pendant la totalité du printemps. Au total cette production peut être évaluée à 233-42 = 191 kg, ce qui est important compte tenu de la quantité de partie ligneuse présente (174 kg).

Les pousses des plantes pérennes autres que le Fimbristylis sont constituées (au 23.5.74) par :

Euhiochilus fruticosus	32 %
Pituranthos tortuosus	27
Helianthemum lippii ssp.sessiliflorum	21
Thymelaea microphylla	12
Artemisia campestris	4
Linaria aegyptiaca	4
	100

Au total, compte tenu des réserves faites ci-dessus en ce qui concerne l'échantillonnage des plantes pérennes, les 339,8 mm de pluie de la saison 1973-1974 ont donc donné une production de 190 kg MS/ha. Cette production est faible eu égard à cette quantité de pluie, qui a cependant été mal répartie dans la saison de végétation, et dont une partie a été perdue par ruissellement.

3. CONCLUSIONS POUR LA SAISON 1973-1974 ET COMPARAISONS AVEC LA SAISON 1972-1973

Météorologie

En ce qui concerne la pluviométrie avec plus de 300 mm relevés à la station de base (pluviographe), l'année 1973-1974 se présente comme une année nettement plus humide que la moyenne. Elle se caractérise par la prolongation de la sécheresse estivale durant tout l'automne (17,2 mm) jusqu'au 4 décembre 1973, un hiver très humide (169,0 mm en décembre), et un printemps moyen. Notons en outre que les quatre pluies supérieures à 15 mm représentent 82 % de la hauteur annuelle, avec 42 % pour la seule séquence du 12 décembre 1973.

../.

Malgré l'absence de pousses d'automne, les autres plantes pérennes ont eu un bon développement, grâce à des réserves en eau disponibles dans le profil jusqu'au 15 juin. La pousse des pérennes a donc pu avoir lieu pendant la totalité du printemps. Au total cette production peut être évaluée à 233-42 = 191 kg, ce qui est important compte tenu de la quantité de partie ligneuse présente (174 kg).

Les pousses des plantes pérennes autres que le Plantain sont constituées (au 23.5.74) par :

Echiochilon fruticosum	32 %
Pituranthos tortuosus	27
Helianthemum lippii ssp.sessiliflorum	21
Thymelaea microphylla	12
Artemisia campestris	4
Linaria aegyptiaca	4
	100

Au total, compte tenu des réserves faites ci-dessus en ce qui concerne l'échantillonnage des plantes pérennes, les 259,5 mm de pluie de la saison 1973-1974 ont donc donné une production de 350 kg MS/ha. Cette production est faible en regard de cette quantité de pluie, qui a cependant été mal répartie dans la saison de végétation, et dont une partie a été perdue par ruissellement.

3. CONCLUSIONS POUR LA SAISON 1973-1974 ET COMPARAISONS AVEC LA SAISON 1972-1973

Météorologie

En ce qui concerne la pluviométrie avec plus de 290 mm relevés à la station de base (pluviographe), l'année 1973-1974 se présente comme une année nettement plus humide que la moyenne. Elle se caractérise par la prolongation de la sécheresse estivale durant tout l'automne (17,2 mm) jusqu'au 4 décembre 1973, un hiver très humide (169,0 mm en décembre), et un printemps moyen. Notons en outre que les quatre pluies supérieures à 15 mm représentent 82 % de la hauteur annuelle, avec 42 % pour la seule séquence du 12 décembre 1973.

../.

Rappelons qu'en 1972-1973 la hauteur des précipitations (164,4 mm) était légèrement déficitaire par rapport à la moyenne et présentait aussi une concentration durant la saison d'hiver (115 mm).

Sur le plan thermique, à l'exception du mois de janvier, l'hiver a été plus froid en 1973-1974 qu'en 1972-1973, par contre le printemps et l'été ont été plus doux durant cette dernière année.

Ruissellement

A la suite de conditions pluviométriques nettement plus favorables que celles de la campagne précédente, nous avons pu observer un ruissellement sur toutes les parcelles, en particulier au cours de la séquence du 12 décembre.

A l'échelle de l'averse, nous avons relevé, pour cette séquence exceptionnellement pluvieuse, des coefficients de ruissellement voisins de 100 % sur la parcelle II et si on se réfère à l'ensemble de la séquence, on note des coefficients 44 %, 51 % et 57 %, respectivement pour les parcelles I, II et III .

A l'échelle annuelle, on a obtenu :

DISSA I : Kr - 22 %
DISSA II : Kr - 26 %
DISSA III : Kr - (31 %)

Ainsi on peut remarquer que :

- la parcelle la plus apte au ruissellement est la III, puis la II et la I,

- les caractéristiques pédologiques des parcelles II et III les rendent beaucoup plus sensibles aux petites sollicitations pluviométriques.

Enfin, compte tenu du nombre restreint de mesures, nous avons tenté une approche de la relation coefficient de ruissellement - intensité pluviométrique qui, pour les pluies inférieures à 50 mm/h , nous paraît satisfaisante.

L'estimation de la corrélation capacité d'absorption - intensité pluviométrique, qui en est déduite reste trop incertaine pour être prise en compte sans réserves et les hypothèses avancées pour son explication ne pourront être vérifiées qu'au cours des campagnes ultérieures, en particulier le rôle exact de la pellicule de battance dans le mécanisme du ruissellement,

../.

Erosion

Les sierozems tronqués et les croûtes gypseuses ont perdu, par érosion hydrique, environ 4 T/ha au cours de la saison 73-74, alors que globalement l'ensemble de la toposéquence a perdu moins de une tonne/ha, en raison du colluvionnement en bas de pente, ce qui confirme les observations faites sur la parcelle n°1 en 1972-1973, malgré l'absence d'érosion globale.

Bilan d'eau

On remarque que, après critique de la parcelle III, l'erreur sur l'équilibre du bilan, pour chaque parcelle, reste inférieure à 7 %, ce qui paraît satisfaisant compte tenu de la précision des diverses méthodes de mesures employées, et du caractère exceptionnel de la séquence du 12 décembre.

Si l'on se base sur la pluviométrie mesurée au sol, l'équilibre du bilan s'en trouve davantage affecté et ce d'autant plus que la taille de la parcelle est réduite.

Sur un dispositif qui nous permet de contrôler pratiquement tous les transferts d'eau en raison du contrôle permanent de la tranche du sol ne subissant aucune variation, et du retour des sols à leur état hydrique initial en fin de saison, nous constatons que :

- la zone à sierozems salaux aura évapotranspiré 200 à 220 mm durant la saison 1973-1974,
- la zone à sierozems ensablés aura évapotranspiré 50 à 60 mm supplémentaires dûs aux apports par ruissellement,
- les zones à sierozems tronqués et à sols gypseux auront évaporés seulement 160 à 180 mm, le reste ayant été perdu par ruissellement,
- le sol de la parcelle de biomasse aura absorbé et restitué entièrement entre le 9.11.1973 et le 25.8.1974 environ 210 mm d'eau et mis de l'eau à la disposition de la végétation seulement entre le 4.12.1973 et le 15.6.1974.

../.

Rappelons qu'en 1972-1973 la hauteur des précipitations (754,4 mm) était légèrement déficitaire par rapport à la moyenne et présentait aussi une concentration durant la saison d'hiver (115 mm).

Sur le plan thermique, à l'exception du mois de janvier, l'hiver a été plus froid en 1973-1974 qu'en 1972-1973, par contre le printemps et l'été ont été plus doux durant cette dernière année.

Ruissellement

A la suite de conditions pluviométriques nettement plus favorables que celles de la campagne précédente, nous avons pu observer un ruissellement sur toutes les parcelles, en particulier au cours de la séquence du 12 décembre.

A l'échelle de l'averse, nous avons relevé, pour cette séquence exceptionnellement pluvieuse, des coefficients de ruissellement voisins de 100 % sur la parcelle II et si on se réfère à l'ensemble de la séquence, on note des coefficients 44 %, 51 % et 57 %, respectivement pour les parcelles I, II et III .

A l'échelle annuelle, on a obtenu :

DISSA I : Xr - 22 %
DISSA II : Xr - 26 %
DISSA III: Xr - (31 %)

Ainsi on peut remarquer que :

- la parcelle la plus apte au ruissellement est la III, puis la II et la I,

- les caractéristiques pédologiques des parcelles II et III les rendent beaucoup plus sensibles aux petites sollicitations pluviométriques.

Enfin, compte tenu du nombre restreint de mesures, nous avons tenté une approche de la relation coefficient de ruissellement - intensité pluviométrique qui, pour les pluies inférieures à 50 mm/h , nous paraît satisfaisante.

L'estimation de la corrélation capacité d'absorption - intensité pluviométrique, qui en est déduite reste trop incertaine pour être prise en compte sans réserves et les hypothèses avancées pour son explication ne peuvent être vérifiées qu'au cours des campagnes ultérieures, en particulier le rôle exact de la pellicule de battance dans le mécanisme du ruissellement.

../.

Erosion

Les sierozems tronqués et les croûtes gypseuses ont perdu, par érosion hydrique, environ 4t/ha au cours de la saison 73-74, alors que globalement l'ensemble de la toposéquence a perdu moins de une tonne/ha, en raison du colluvionnement en bas de pente, ce qui confirme les observations faites sur la parcelle n°1 en 1972-1973, malgré l'absence d'érosion globale.

Bilan d'eau

On remarque que, après critique de la parcelle III, l'erreur sur l'équilibre du bilan, pour chaque parcelle, reste inférieure à 7 %, ce qui paraît satisfaisant compte tenu de la précision des diverses méthodes de mesures employées, et du caractère exceptionnel de la séquence du 12 décembre.

Si l'on se base sur la pluviométrie mesurée au sol, l'équilibre du bilan s'en trouve davantage affecté et ce d'autant plus que la taille de la parcelle est réduite.

Sur un dispositif qui nous permet de contrôler pratiquement tous les transferts d'eau en raison du contrôle permanent de la tranche du sol ne subissant aucune variation, et du retour des sols à leur état hydrique initial en fin de saison, nous constatons que :

- la zone à sierozems sodiques aura évapotranspiré 200 à 220 mm durant la saison 1973-1974,
- la zone à sierozems ensablés aura évapotranspiré 50 à 60 mm supplémentaires dûs aux apports par ruissellement,
- les zones à sierozems tronqués et à sols gypseux auront évaporés seulement 160 à 180 mm, le reste ayant été perdu par ruissellement,
- le sol de la parcelle de biomasse aura absorbé et restitué entièrement entre le 9.11.1973 et le 25.8.1974 environ 210 mm d'eau et mis de l'eau à la disposition de la végétation seulement entre le 4.12.1973 et le 15.6.1974.

../.

Végétation

La fréquence spécifique (recouvrement) a, au total, légèrement augmenté entre les saisons 1972-1973 et 1973-1974. Cette augmentation est due principalement à la végétation des unités phyto-écologiques 5 et 6 (sur sierozem). En effet, les annuelles ont eu cette dernière année une part plus importante dans le recouvrement sur ces deux unités. On peut penser en particulier que les annuelles ont considérablement bénéficié des eaux de ruissellement supplémentaires, accumulées sur l'unité 6 (voile sableux sur sierozem).

En revanche, l'évolution de la végétation a été très faible sur les unités du haut de la toposéquence (unités phyto-écologiques 1 et 3 sur croûte gypseuse et sierozem tronqué). Ceci laisse penser que la mise en défens a peu d'intérêt dans ces types d'unités.

Il se confirme que les variations du recouvrement entre l'automne et le printemps sont très importantes dans les unités du bas de toposéquence (unités 5 et 6) et faibles dans les unités du haut (unités 1 et 3).

La production de la partie aérienne de la végétation sur le steppe à Hammatherium, dégradée par la culture, située au bas de la toposéquence (unité phyto-écologique 5) a été au total de 350 kg de MS/ha. Dans cette production la part des annuelles reste faible (29 kg) et celle du plantain est de 130 kg. Les autres plantes pérennes ont également eu une bonne production (191 kg de pousses) compte tenu de la fraction ligneuse moyenne présente sur la parcelle expérimentale de cette année (174 kg). Ceci est dû au fait que les plantes pérennes ont eu des réserves en eau disponibles pour la végétation pendant la totalité du printemps, contrairement à l'année précédente.

BIBLIOGRAPHIE

AUBERT G. (1965) -Classification des sols. Cahier ORSTOM, série pédologie n°III

BOURGES J., FLORET Ch., PONTANIER R. (1973)
-Etude d'une topséquence type du Sud tunisien Bj. DIMA (les sols, bilan hydrique, érosion, végétation. Résultats pour la saison 1972-1973. INRST TUNIS RN 89

BOURGES J., BOUZAIENE S. (1974)
-Les crues exceptionnelles du 12 décembre 1973 sur le bassin versant de l'oued Zitu ORSTOM - INRST - TUNIS

BOURGES J. (1976) -Aperçu sur l'hydrologie du Centre Sud tunisien (réseau d'observation et crues exceptionnelles)

BURLET P., et BOEDEKER P. (1960)
-Contribution à l'étude des sols gypseux du Sud tunisien INRST Tunis RS 33. Bulletin AFES (1960) tiré-à-part

BUSTARRET J., et al. (1964)
-L'eau et la production végétale. INRA Versailles 455 p.

BUSTARRET J., et al. (1970)
-Techniques d'étude des facteurs de la biosphère - INRA Versailles - 543 p.

CAUTANY G., et al. (1961)
-Carte géologique de la Tunisie au 1/500 000 Service géologique de Tunisie - 1 carte, 1 notice

CLAUDE J., PONTANIER R., PRITCH J.M. (1971)
-Documentation des résultats des premières mesures sur la citerne de ruissellement n°I - Plaine de la RULPG. - INRST Tunis 21 p. ronéo -carte et croquis

COLOMBANI J. (1973) -Etude des contributions respectives au total annuel de pluie des averses journalières de différentes classes. ORSTOM-INRST Tunisie (en préparation)

COUREAU A. (1971) -Techniques de laboratoire utilisées au laboratoire de physique des sols du SCC - ORSTOM - Bondy et au laboratoire de physique des sols du CRDAT -Tunis

../.

DAGET Ph., et POISSONET J. (1972)
-Une méthode d'analyse phytologique des prairies
Ann. agron. 22 (I) 5-41

DURNEUIL P., et COLOMENI J. (1970)
-Mesures d'humidité et de perméabilité des sols dans les bassins représentatifs et expérimentaux
ORSTOM Paris - Service hydrologique - Note techn. n°21 - 21 p. ronéo

FLORET Ch., GOUNOT M., ROSSETTI C., SCHWAAR D. (1968)
-Conception générale des travaux de cartographie phyto-écologique réalisée par le C.N.R.S. en Tunisie septentrionale. Ann. Inst. Nat. Rech. Agr. Tunisie t 41, 1, 142 p.

FLORET Ch., PONTANIER R. (1973)
-Etude des trois formations végétales naturelles du Sud tunisien. Production, Bilan hydrique des sols - Premiers résultats (saison 1971-1972)
ENRAT - Doc. Techn. ENRAT (en préparation)

FLORET Ch., PONTANIER R. (1973-1974)
-Etude de trois formations végétales naturelles du Sud tunisien. Bilan hydrique des sols - 2 vol. ronéo (saisons 1972-73, 1973-74) Doc. ENRAT Tunis-Gabès

FLORET Ch., LE FLOC'H E., PONTANIER R., ROMANE F. (1974)
-Proposition pour l'élaboration de modèles en vue de la planification et de l'aménagement des parcours en zones arides, steppiques et subdésertiques de la région méditerranéenne. Séminaire sur les processus d'élaboration des données brutes sur les herbages et les terrains de parcours - CEPE - Montpellier, 12 p. ronéo.

FLORET Ch., LE FLOC'H E., PONTANIER R., ROMANE F. (1975)
-Elaboration d'un modèle écologique régional en vue de la planification et de l'aménagement des parcours des régions arides - Réunion MAB-ENRAT du 3-12 avril 1975 -Sfax - ENRAT-ORSTOM -Gabès
English abstract 55 p. ronéo

../.

FOURNIER P. (1960) -Climat et érosion -Paris -P.U.F. 201 p.15 graph.

GODRON M. et al. (1968)
-Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu C.N.R.S. Paris, 292 p.

GOODALL D.W. (1969) -Simulating the grazing situation. Biomathematics, I, ed. P. Heimarts. Marcel Dekker, New-York pp.211-236

GOUNOT M. (1969) -Méthodes d'étude de la végétation. Lie. Masson, Paris 314 p.

GUINOCHET M. (1951) -Contribution à l'étude phytosociologique du Sud tunisien. Bull. Soc. Hist.Nat.Afr. du Nord 42 : 131-153

HEIM B. (1969) -Le profil cultural - 2ème édition - Paris-Masson 322 p.

IQUERCO T. (1968) -Remarques méthodologiques concernant l'étude des ressources pastorales du Maroc Al. Annale,29,35-67

LAMOTTE M., et BOURLIERE F. (1967)
-Problèmes de productivité biologique -Lie. Masson, Paris , 243 p.

LE FLOC'H, E., et FLORET Ch. (1972)
-Désertisation et ressources pastorales dans la Tunisie préméditerranéenne. Rapport journées d'étude sur la lutte contre la désertisation, Gabès - décembre 1972 - Min. Agriculture, Tunisie - 12 p. ronéo

LE HOUEROU H.N.(1959)-Recherches phyto-écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale. Inst. Rech. Sahar. Univ. Alger - Mém. h.s. 510 p. 56 tabl. 4 cartes à fasc. 1 pochette

LE HOUEROU H.N.(1969)-La végétation de la Tunisie steppique (avec références au Maroc, à l'Algérie et à la Lybie). Ann. Inst.Nat. Rech. Agr. Tun. Vol. 42, 5, 620 p. avec tableaux 2 cartes couleur h.t.

LE HOUEROU H.N.(1972)-An assessment of the primary and secondary production of arid grazing land ecosystems of North Africa. Proceedings of Intern. Symposium on "Ecophysiological foundation of Ecosystems Productivity in "Arid Zone" Leningrad, URSS 7-19 juin 1972, pp. 168-172

../.

FOURNIER F. (1960) -Climat et érosion -Paris -P.U.F. 201 p.15 graph.

GUINOCHET M. et al. (1968)

-Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu C.N.R.S. Paris, 292 p.

ROUDAIL D.W. (1969) -Simulating the grazing situation. Biomathematics, I. ed. P. Bommata. Marcel Dekker, New-York pp.211-236

GUINOCHET M. (1969) -Méthodes d'étude de la végétation. Lie. Masson, Paris 314 p.

GUINOCHET M. (1951) -Contribution à l'étude phytosociologique du Sud tunisien. Bull. Soc. Hist.Nat.Afr. du Nord 42 : 131-153

HERIN B. (1969) -Le profil cultural - 2ème édition - Paris-Masson 322 p.

IONESCO T. (1968) -Remarques méthodologiques concernant l'étude des ressources pastorales du Maroc Al. Awamia,29,35-67

LAMOTTE M., et BOURLIERE F. (1967)

-Problèmes de productivité biologique -Lie. Masson, Paris , 243 p.

LE FLOC'H, E., et FLORET Ch. (1972)

-Désertification et ressources pastorales dans la Tunisie préméharienne. Rapport journées d'étude sur la lutte contre la désertification, Gabès - décembre 1972 - Min. Agriculture, Tunisie - 12 p. ronéo

LE HOUEROU H.N.(1959)-Recherches phyto-écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale. Inst. Rech. Sahar. Univ. Alger - Mém. h.s. 510 p. 54 tabl. 4 cartes & fosc. 1 pochette

LE HOUEROU H.N.(1969)-La végétation de la Tunisie steppique (avec références au Maroc, à l'Algérie et à la Lybie). Ann. Inst.Nat. Rech. Agr. Tun. Vol. 42, 5, 620 p. avec tableaux 2 cartes couleur h.t.

LE HOUEROU H.N.(1972)-An assessment of the primary and secondary production of arid grazing land ecosystems of North Africa. Proceedings of Intern. Symposium on "Biophysiological foundation of Ecosystems Productivity in "Arid Zone" Leningrad, URSS 7-19 juin 1972, pp. 168-172

../.

LE HOUEROU H.N., et PROMPT M.D. (1969)
-Principes, Méthodes et Techniques d'Amélioration Pastorale et Fourragère en Tunisie, F.A.O. Rome, 291 p.

LONG G. (1974) -La diagnostic phyto-écologique et l'aménagement du territoire - Lic. Masson -Paris (à paraître)

MUTIN P. (1969) -Etude des mouvements de l'eau dans un sol argileux (abssin versant représentatif du Molon). Bull. BRGM Section III n°4 1969. Les mouvements d'eau dans les sols non saturés

ORSTOM (1969) -Glossaire de pédologie. Description des horizons en vue du traitement informatique. Initiations - documentations techniques - N°13 - ORSTOM - Paris

ORSTOM (1972) -Bulletin du groupe de travail sur la dynamique actuelle des sols - n°1 ORSTOM - Bondy

ORSTOM (1972) -Méthodes d'analyses utilisées au laboratoire de physique des sols - SSC ORSTOM - Bondy

POINTNIER R. (1972) -Etude pédologique d'El Hamma Nord - DRES, TUNIS n°460 - 2 cartes couleur

POINTNIER R. (1973) -Etude pédologique du Bou Hedma -DRES -TUNIS n°474

POUGET M. (1966) -Mesures d'humidité sur les échantillons de sols gypseux DRES - Tunis - Pédologie ES 63 - 10 p. ronéo

POUSSUT P., ZEBROWSKI C. (1970)
-Détermination de certaines caractéristiques intrinsèques et hydrodynamiques des sols, par utilisation de méthodes neutroniques. ORSTOM - Centre Tananarive - Section hydrologie - 30 p. ronéo

ROCHE M. (1963) -Hydrologie de surface ORSTOM - Gauthier -Villars Paris, 429 p.

../.

SAUVAGE Ch. (1963) -Le quotient pluviothermique d'Emberger, son utilisation et la représentation géographique de ses variations au Maroc - Ann. Serv. Géo. et Météo. Inst. Scient. Chérifien T. XX, II 23 p.

SCHOENENBERGER A. (1961)-Cours de Phytosociologie, Station de Recherches Forestières, ORSTOM - 113 p. ronéo

SOURDAT M. (1960) - Etude pédologique de Bir Chenchou Djebel Disma - DRES Tunis n° 178 et 178 bis - 2 rapp. ron. (32 et 12 p.) 2 cartes - ann.

DJEBEL DIRSA

PLUVIOMETRIE 1973-1974

Date	Parcelle n°I							Parcelle n°II			Parc. n°III
	PI1	PI2	TD	TS	PS	PG	∑ I	PII1	PII2	∑ II	P III
19.10.73	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-	0,2	0,2
20.10.73	-	-	-	-	-	0,4	0,4	-	-	0,4	0,4
26.10.73	1,0	x	↓	↓	-	2,8	2,0	1,5	1,0	1,3	0,6
8.11.73	T	x	0,9	2,7	-	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
9.11.73	4,2	3,6	4,2	3,6	-	5,1	4,5	4,2	4,1	4,2	4,3
19.11.73	8,7	7,2	7,3	7,4	8,6	9,5	8,5	9,1	8,7	8,9	9,2
21. 11.73	0,3	x	0,3	0,2	0,2	0,6	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2
22.11.73	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-	0,2	0,2
3.12.73	-	-	-	-	-	0,4	0,4	-	-	0,4	0,4
4.12.73	41,9	x	42,1	38,4	40,6	46,5	41,3	40,2	42,6	41,4	36,8
10.12.73	-	-	-	-	-	0,4	0,4	-	-	0,4	0,4
11.12.73	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-	0,2	0,2
12.12.73	124,1	130,2	126,8	125,2	130,4	133,0	129,1	116,3	115,4	115,9	112,4
14.12.73	3,9	2,5	3,8	2,0	4,6	4,2	3,5	3,8	4.0	3,9	3,5
18.12.73	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-	0,2	0,2
27.12.73	1,5	1,3	0,4	0,6	2,2	1,9	1,6	1,8	1,5	1,7	1,5
27. 1.74	1,5	1,2	1,2	0,6	2,0	1,9	1,5	1,6	1,6	1,6	1,4
31. 1.74	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-	0,2	0,2
1. 2.74	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-	0,2	0,2
2. 2.74	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-	0,2	0,2
22-23.2.74	1,5	0,5	0,8	0,4	2,0	1,7	1,2	1,4	1,4	1,4	1,3
25. 2.74	2,3	1,9	2,2	1,5	2,2	3,0	2,2	2,5	2,6	2,6	2,2
26. 2.74	24,8	22,6	26,2	23,7	24,8	24,2	24,5	24,5	25,0	24,8	22,8
4. 3.74	9,3	8,7	8,5	7,0	10,0	9,7	9,2	8,4	8,4	8,4	7,8
11. 3.74	6,4	6,8	7,2	7,0	8,4	↓	7,5	6,8	6,5	6,6	6,7
12. 3.74	17,6	x	17,7	17,8	18,8	22,4	18,0	17,7	17,5	17,6	17,2
14. 3.74	1,9	x	2,1	1,7	2,0	2,3	2,0	2,1	2,0	2,0	1,8
15. 3.74	0,3	x	0,6	0,7	0,8	1,1	0,7	0,6	0,5	0,6	0,4
Entre 17.3 et 1.4	-	-	-	-	-	0,4	0,4	-	-	0,4	0,4
1. 4.74	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-	0,2	0,2
2. 4.74	1,2	x	0,6	0,6	1,6	1,2	1,2	1,1	1,0	1,1	1,0
11.4. 74						0,2	0,2			0,2	0,2
24. 4.74	4,6	3,4	3,6	3,3	4,8	5,3	4,1	4,1	3,8	4,0	3,9
26. 4.74	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-	0,2	0,2
28. 4.74	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-	0,2	0,2
13. 6.74	-	-	-	-	-	0,2	0,2	-	-	0,2	0,2
21. 6.74	4,5	4,6	3,7	3,5	4,8	5,1	4,3	4,6	4,7	4,6	4,7
Total	261,5	Incomplet	260,2	247,0	272,2	292,9	271,7	252,9	252,9	257,2	242,6

T : traces x : porqé - pas d'observations ↓ : cumul

ANNEXE N° 2

DJEBEL DISSA - Etude de la fréquence spécifique (F_s) et de la contribution spécifique (Cs)

Lignes 13 et 14 : Unité phyto-écologique n° 1

Espèces	17.10.72		27.4.73		30.9.73		25.4.74		10.10.74	
	F_s%	Cs %	F_s%	Cs %	F_s%	Cs %	F_s%	Cs %	F_s%	Cs %
Atractylis serratuloides	2,3	34,0	2,7	35,7	2,8	32,7	3,4	31,6	1,3	16,8
Helianthemum lippii var. intricatum	4,1	59,0	3,6	52,2	4,[illegible]	47,3	4,4	41,1	4,2	54,5
Anarrhinum brevifolium	0,2	2,4	0,2	2,3	0,3	3,6	0,8	7,4	0,2	2,6
Thymelaea microphylla	0,2	2,3	0,3	4,5	0,5	5,5			0,5	6,4
Zygophyllum album	0,2	2,3	0,2	2,3			0,8	7,4	0,5	6,4
Pituranthos tortuosus					0,6	7,3	0,3	2,8		
Helianthemum kahiricum					0,3	3,6	-		0,2	2,6
Litière					0,3		0,2	1,8		
Herniaria fontanesii							0,6	5,6	0,3	3,9
Argyrolobium uniflorum							0,2	1,8	0,2	2,6
Helianthemum crassifolium									0,3	3,9
Total	7,0	100,0	7,0	100,0	8,9	100,0	10,7	100,0	7,7	99,7
Total moins litière	6,88		6,88		8,59		10,5		7,7	

ANNEXE N° 3

DJEBEL D I S S A - Etude de la fréquence spécifique (F_s) et de la contribution spécifique (Cs)

Lignes 11 et 12 : unité phyto-écologique n°3

Espèces	17.12.72		26.4.73		28.9.73		25.4.74		11.10.74	
	F_s %	Cs %	F_s %	Cs %	F_s %	Cs %	F_s %	Cs %	F_s %	Cs %
Helianthemum lippii var. pennilliflorum	1,6	17,8	1,2	6,6	0,9	6,7	1,2	4,6	0,6	4,2
Plantago albicans	3,0	24,3	6,9	36,4	2,0	18,8	5,5	21,0	0,8	5,5
Rhantherium suaveolens	3,0	24,3	3,7	19,8	4,4	40,6	5,0	19,0	4,7	32,8
Linaria aegyptiaca	0,2	1,3	1,1	5,7	0,5	4,3	0,6	2,3	0,2	1,4
Echiochilon fruticosum	1,7	14,1	3,6	19,0	1,9	17,4	3,2	12,2	2,3	16,5
Argyrolobium uniflorum	0,2	1,3	-	-	0,2	1,5	0,6	2,3	0,3	2,1
Thymelaea microphylla	1,9	15,4	1,2	6,6	0,8	7,2	2,8	10,7	1,7	11,8
Pituranthos tortuosus	0,8	6,4	0,9	5,0	0,2	1,5	3,1	11,8	1,10	7,6
Artemisia campestris	-	-	0,2	0,8	-	-	-		0,2	1,4
Litière	0,3	-	2,5	-	3,6	-	2,5	9,5	2,2	15,3
Atractylis serratuloides							0,2	0,8		
Medicago truncatula							0,2	0,8		
Medycorum spinosissimum							1,1	4,2		
Koeleria pubescens							0,2	0,8		
Filago germanica										
Heliamthemum kahiricum									0,2	1,4
Total	12,7	100,0	21,2	100,0	14,5	100,0	26,4	100,0	14,3	100,0
Total moins litière	12,4		18,7		10,9		23,9		14,3	

ANNEXE N° 3

DJEBEL D I S S A - Etude de la fréquence spécifique (F_s) et de la contribution spécifique (Cs)

Lignes 11 et 12 : unité phyto-écologique n°3

Espèces	17.10.72		26.4.73		28.9.73		25.4.74		11.10.74	
	F_s %	Cs %	F_s %	Cs %	F_s %	Cs %	F_s %	Cs %	F_s %	Cs %
Helianthemum lipii var. sessiliflorum	1,6	12,8	1,2	6,6	0,9	8,7	1,2	4,6	0,6	4,2
Plantago albicans	3,0	24,3	6,9	36,4	2,0	18,8	5,5	21,0	0,8	5,5
Rhantherium suaveolens	3,0	24,3	3,7	19,8	4,4	40,6	5,0	19,0	4,7	32,8
Linaria aegyptiaca	0,2	1,3	1,1	5,7	0,5	4,3	0,6	2,3	0,2	1,4
Dehicchilon fruticosum	1,7	14,1	3,6	19,0	1,9	17,4	3,2	12,2	2,3	16,5
Argyrolobium uniflorum	0,2	1,3	-	-	0,2	1,5	0,6	2,3	0,3	2,1
Thymelaea microphylla	1,9	15,4	1,2	6,6	0,8	7,2	2,8	10,7	1,7	11,8
Pituranthos tortuosus	0,8	6,4	0,9	5,0	0,2	1,5	3,1	11,8	1,10	7,6
Artemisia campestris	-	-	0,2	0,8	-	-	-		0,2	1,4
Litière	0,3	-	2,5	-	3,6	-	2,5	9,5	2,2	15,3
Atractylis serrutuloïdes							0,2	0,8		
Medicago truncatula							0,2	0,8		
Hedysarum spinosissimum							1,1	4,2		
Koeleria pubescens							0,2	0,8		
Filago germanica										
Helianthemum kahiricum									0,2	1,4
Total	12,7	100,0	21,2	100,0	14,5	100,0	26,4	100,0	14,3	100,0
Total moins litière	12,4		18,7		10,9		23,9		11,3	

ANNEXE N° 4

NUMIDISSA - Etude de la fréquence spécifique (Fs) et de la contribution spécifique (Cs)

Lignes 7 et 8 : Unité phyto-écologique n°5

Espèces	5.10.72		24.4.73		27.9.73		25.4.74		10.10.74	
	Fs %	Cs %	Fs %	Cs %	Fs %	Cs %	Fs %	Cs %	Fs %	Cs %
Helianthemum lippii var. sessiliflorum	0,5	3,7	2,3	6,5	1,6	7,8	1,2	7,5	2,0	11,1
Plantago albicans	5,2	41,2	19,8	55,4	8,7	43,7	13,3	31,4	4,8	26,8
Echiochilon fruticosum	2,8	22,4	3,0	8,3	3,4	17,2	2,3	5,5	1,6	8,9
Atractylis flava	0,2	1,3	-	-	-	-	-			
Argyrolobium uniflorum	0,6	5,0	2,3	6,5	0,5	2,3	1,5	3,5	0,5	2,7
Thymelaea microphylla	0,2	1,4	0,8	2,2	0,5	2,4	0,9	2,2		
Linaria aegyptiaca	-	-	0,6	1,8	0,8	3,90	1,5	3,5		
Astragalus armatus sep. tragacanthoides	0,5	3,7	0,8	2,2	0,9	4,70	0,9	2,1	0,2	1,7
Fituranthos tortuosus	0,5	3,7	1,2	3,5	1,5	7,80	5,0	11,7	0,5	2,7
Thantherium suaveolens	0,8	5,2	1,9	5,2	1,7	8,60	2,7	6,4	2,0	11,1
Teucrium polium	0,2	1,4	0,6	1,8	0,3	1,6	0,3	0,7		
Litière	3,0	-	5,6	-	6,7	-	2,5	5,9	5,8	32,4
Artemisia campestris							0,2	0,5		
Plantules	1,2	10,0	-	-	-	-	-			
Hippocrepis bicontarta	-	-	0,5	1,3	-	-	0,3	0,7	-	
Paronychia arabica	-	-	0,6	1,8	-	-	-			
Anacyclus cyrtolepidioides							0,3	0,7		
Daucus syrticus							0,8	1,9		
Brachypodium distachyum	-	-	0,5	1,3	-	-	2,0	4,7		
Koeleria pubescens	-	-	0,2	0,4	-	-	2,2	5,2		
Lotus pusillus	-	-	0,3	0,9	-	-	0,5	1,2		
Medicago truncatula	-	-	0,3	0,9	-	-	0,3	0,7		
Launaea resedifolia							0,3	0,7	0,5	2,7
Astragalus crucintus							0,6	1,4		
Catandia dichotoma							0,3	0,7		
Echinaria barbatus							0,2	0,5		
Hedysarum spinosissimum							0,3	0,7		
Fituranthos chlorantus ssp. coronatus										
Total	15,7	100,0	41,3	100,0	26,7	100,0	42,4	100,0	17,9	99,5
Total moins litière	12,7		35,7		20,0			100	12,1	

ANNEXE N° 5

DAIRET D I S C A -Etude de la fréquence spécifique (Fs) et de la contribution spécifique (Cs)

Lignes 9 et 10 : unité phyto-écologique n° 6

Espèces	5.10.72		25.4.73		28.9.73		3.5.74		10.10.74	
	Fs %	Cs %	Fs %	Cs %	Fs %	Cs %	Fs %	Cs %	Fs %	Cs %
Plantago albicans	4,1	36,6	23,1	41,1	13,1	22,7	13,6	19,4	7,0	20,0
Cynodon dactylon	3,4	31,0	9,1	16,1	8,6	24,8	5,8	8,2	7,7	22,0
Helianthemum lippii var. sericiflorum	0,2	1,4	2,5	4,4	2,0	7,7	2,3	3,2		
Argyrolobium uniflorum	0,8	7,0	3,7	6,7	1,2	4,7	0,2	0,3	0,4	1,1
Pituranthos tortuosus			1,4	2,5	1,6	5,9	2,6	3,7	1,7	4,8
Echiochilon fruticosum			0,3	0,5	0,2	0,6	0,3	0,4	0,5	1,4
Astragalus armatus ssp. tragacantholdes			0,9	1,7		–	–			
Linaria aegyptiaca			0,2	0,3	0,6	2,4				
Litière	2,2		12,7		9,8		0,6	0,8	14,4	41,1
Helianth. lippii intricatum							0,8	1,2		
Pteria coronopifolia			0,2	0,3			0,3	0,4		
Aegialodes tenuifolius			0,2	0,3			–			
Launaea resedifolia							1,1	1,6	2,0	5,7
Plantulae	2,7	24,0							1,1	3,1
Hippocrepis bicontarta			0,3	0,5			2,9	4,1		
Farenychia arabica			4,7	8,3			1,4	2,0		
Brachypodium distachyum			0,5	0,8			7,1	10,4		
Koeleria pubescens			2,5	4,4	1,1	4,1	10,8	15,4	10,2 (sec)	0,5
Schismus barbatus			2,3	4,2			0,8	1,3		
Filago germanica			0,2	0,3			2,3	3,3		
Lotus pusillus			0,9	1,7			1,8	2,5		
Daucus syriacus			1,1	1,9			2,2	3,1		
Anacyclus cyrtolepidioides			0,3	0,5			0,9	1,3		
Medicago truncatula			1,9	3,3			7,5	10,7		
Astragalus cruciatus							2,6	3,7		
Dactylorum monocompositum							0,1	0,1		
Cutandia dichotoma							2,5	3,5		
Total	13,4	100,0	69,0	100,0	36,1	100,0	70,0	100,0	35,0	99,7
Total moins litière	11,2		56,3		26,3		69,4		20,6	

ANNEXE N° 4

NIVEL D I S S A – Etude de la fréquence spécifique (Fs) et de la contribution spécifique (Cs)

Lignes 7 et 8 : Unité phyto-écologique n°5

Espèces	5.10.72		24.4.73		27.9.73		25.4.74		10.10.74	
	Fs %	Cs %	Fs %	Cs %	Fs %	Cs %	Fs %	Cs %	Fs %	Cs %
Helianthemum lippii var. semiliflorum	0,5	3,7	2,3	6,5	1,6	7,8	1,2	7,5	2,0	11,1
Plantago albicans	5,2	41,2	19,8	55,4	8,7	43,7	13,3	31,4	4,8	26,8
Echiochilon fruticosum	2,8	22,4	3,0	8,3	3,4	17,2	2,3	5,5	1,6	8,9
Atractylis flava	0,2	1,3	–	–	–	–	–			
Argyrolobium uniflorum	0,6	5,0	2,3	6,5	0,5	2,3	1,5	3,5	0,5	2,7
Thymelaea microphylla	0,2	1,4	0,8	2,2	0,5	2,4	0,9	2,2		
Linaria aegyptiaca	–	–	0,6	1,8	0,8	3,90	1,5	3,5		
Astragalus armatus ssp. trognoanthoides	0,5	3,7	0,8	2,2	0,9	4,70	0,9	2,1	0,2	1,7
Fituranthos tortuosus	0,5	3,7	1,2	3,5	1,5	7,80	5,0	11,7	0,5	2,7
Haantherium suaveolens	0,8	5,2	1,9	5,2	1,7	8,60	2,7	6,4	2,0	11,1
Teucrium polium	0,2	1,4	0,6	1,8	0,3	1,6	0,3	0,7		
Litière	3,0	–	5,6	–	6,7	–	2,5	5,9	5,8	32,4
Artemisia campestris							0,2	0,5		
Plantules	1,2	10,0	–	–	–	–	–			
Hippocrepis bicontorta	–	–	0,5	1,3	–	–	0,3	0,7	–	
Paronychia arabica	–	–	0,6	1,8	–	–	–			
Anacyclus cyrtolepidioides							0,3	0,7		
Daucus syrticus							0,8	1,9		
Brachypodium distachyum	–	–	0,5	1,3	–	–	2,0	4,7		
Koeleria pubescens	–	–	0,2	0,4	–	–	2,2	5,2		
Lotus pusillus	–	–	0,3	0,9	–	–	0,5	1,2		
Medicago truncatula	–	–	0,3	0,9	–	–	0,3	0,7		
Launaea resedifolia							0,3	0,7	0,5	2,7
Astragalus cruciatus							0,6	1,4		
Cutandia dichotoma							0,3	0,7		
Schismus barbatus							0,2	0,5		
Medicago spinosissimum							0,3	0,7		
Fituranthos chlorantus ssp. coronatus										
Total	15,7	100,0	41,3	100,0	26,7	100,0	42,4	100,0	17,9	99,5
Total sans litière	12,7		35,7		20,0			100	12,1	

ANNEXE N° 5

DJEBEL D I S S A -Etude de la fréquence spécifique (F_s) et de la contribution spécifique (Cs)

Lignes 9 et 10 : unité phyto-écologique n°6

Espèces	5.10.72		25.4.73		28.9.73		3.5.74		10.10.74	
	F_s %	Cs %	F_s %	Cs %	F_s %	Cs %	F_s %	Cs %	F_s %	Cs %
Plantago albicans	4,1	36,6	23,1	41,1	13,1	49,7	13,6	19,4	7,0	20,0
Cynodon dactylon	3,4	31,0	9,1	16,1	6,6	24,8	5,8	8,2	7,7	22,0
H. lianthemum lippii var. sericiflorum	0,2	1,4	2,5	4,4	2,0	7,7	2,3	3,2		
Argyrolobium uniflorum	0,8	7,0	3,7	6,7	1,2	4,7	0,2	0,3	0,4	1,1
Pituranthos tortuosus			1,4	2,5	1,6	5,9	2,6	3,7	1,7	4,8
Echiochilon fruticosum			0,3	0,5	0,2	0,6	0,3	0,4	0,5	1,4
Astragulus armatus ssp. tragacanthoides			0,9	1,7		–	–			
Linaria aegyptiaca			0,2	0,3	0,6	2,4				
Litière	2,2		12,7		9,8		0,6	0,8	14,4	41,1
Helianth. lippii intricatum							0,8	1,2		
Picris coronopifolia			0,2	0,3			0,3	0,4		
Asphodelus tenuifolius			0,2	0,3			–			
Launaea resedifolia							1,1	1,6	2,0	5,7
Plantulce	2,7	24,0							1,1	3,1
Hippocrepis bicontarta			0,3	0,5			2,9	4,1		
Parenychia arabica			4,7	8,3			1,4	2,0		
Drachypodium distachyum			0,5	0,8			7,3	10,4		
Koeleria pubescens			2,5	4,4	1,1	4,1	10,8	15,4	10,2 (sec)	0,5
Schismus barbatus			2,3	4,2			0,8	1,1		
Filago germanica			0,2	0,3			2,3	3,3		
Lotus pusillus			0,9	1,7			1,8	2,5		
Daucus syrticus			1,1	1,9			2,2	3,1		
Anacyclus cyrtolepidioides			0,2	0,5			0,9	1,3		
Medicago truncatula			1,9	3,3			7,5	10,7		
Astragulus cruciatus							2,6	3,7		
Dupleurum semicompositum							0,1	0,1		
Cutandia dichotoma							2,5	3,5		
Total	13,4	100,0	69,0	100,0	36,1	100,0	70,0	100,0	35,0	99,7
Total moins litière	11,2		56,3		26,3		69,4		20,6	

FIN

77

VUES