

**ETUDE DES RELATIONS EAU-SOL-VEGETATION
EN ZONE ARIDE DU NORD DU MEXIQUE**

J.P. DELHOUME

ORSTOM, Instituto de Ecologia, Apto 263, 35070 GOMEZ PALACIO-Mexique

Fonds documentaire IRD
Cote: A * 56707 Ex:



I. SITUATION DU PROJET DANS LE CADRE DE LA PROBLEMATIQUE SCIENTIFIQUE DES ZONES ARIDES DU MEXIQUE.

Le désert de Chihuahua, avec 357000 km² de superficie est l'une des zones arides les plus étendues d'Amérique du nord. La majeure partie de ce désert est située dans le nord du Mexique où il s'étend sur 260000 km², constituant 13% du territoire mexicain.

Cette zone aride est exploitée essentiellement par l'élevage bovin extensif. Il s'agit d'une activité traditionnelle qui constitue l'une des principales ressources économiques pour la population.

Les animaux consomment la végétation naturelle, dont la production est très largement conditionnée par la disponibilité en eau. Comme dans les autres régions arides du monde, ce paramètre eau, en particulier sa redistribution dans le paysage et son stockage dans le sol, apparaît comme le facteur primordial pour le maintien de l'activité agricole et de l'occupation humaine de cette zone aride du nord du Mexique.

Il s'agit cependant d'une région fragile dans ses équilibres écologiques qui pourtant, sous l'effet de pressions socio-économiques de plus en plus fortes, subit une intensification de l'exploitation des ressources naturelles renouvelables, qui se fait de manière irrationnelle. A terme, cela comporte des risques irréversibles de dégradation du milieu, ce qui doit être prévenu car il s'agit d'une région occupant une superficie notable du territoire utilisable.

Par suite de l'insuffisance de données scientifiques de base concernant ce milieu aride nord-mexicain, divers programmes de recherches interdisciplinaires visant à étudier les mécanismes de fonctionnement et la dynamique de cet écosystème sont apparus comme indispensables et préalables à toutes propositions de scénarios d'aménagement et d'utilisation rationnels de cette région.

L'un de ces programmes de recherches est celui entrepris en 1982 conjointement par l'INSTITUT D'ÉCOLOGIE DU MEXIQUE et l'ORSTOM, et qui est réalisé dans une zone test du sud du désert de Chihuahua, la RESERVE DE LA BIOSPHERE DE MAPIMI, choisie pour sa représentativité et où différentes stations expérimentales ont été mises en place.

Ce programme de recherches est orienté d'une part, sur l'étude des modalités de production des principales espèces végétales d'intérêt fourrager, en fonction des conditions hydriques et en relation avec les caractéristiques des couvertures pédologiques et leur variabilité spatiale, d'autre part, sur l'étude du cycle de l'eau dans les sols et dans le paysage. Le but principal de ces travaux étant de parvenir à une meilleure connaissance des mécanismes de fonctionnement de cet écosystème aride.

II. OBJECTIFS DU PROJET ATP-MEXIQUE.

Les travaux réalisés dans le cadre du présent projet ATP s'intègrent dans le programme général de recherches Institut d'Écologie - ORSTOM défini ci-dessus et étaient orientés à l'origine sur l'étude du fonctionnement au niveau stationnel des principales unités élémentaires de base du milieu présentant un intérêt fourrager, selon deux axes de recherches :

- étude du cycle de l'eau dans le sol.
- étude du comportement de la végétation face aux contraintes d'aridité.

Pour chacun de ces deux axes de recherches, les différents thèmes suivants ont été abordés :

II.1. L'eau et le sol :

- détermination du bilan hydrique du sol par mesures périodiques de l'humidité (méthodologie : humidimètre à neutrons).
- caractérisation du fonctionnement hydrodynamique des sols (méthodologie : simulation de pluies).

II.2. La végétation :

- mesures de la production primaire des principales espèces végétales d'intérêt fourrager (méthodologie : coupes saisonnières).
- comportement écophysiological de ces mêmes espèces (méthodologie : bombe de Scholander).

Cependant, afin de prendre en compte les résultats obtenus lors de la première phase du projet, il est apparu indispensable d'ajouter de nouveaux thèmes de recherches aux objectifs initiaux définis ci-dessus :

- étude de la variabilité spatiale des propriétés de la couverture pédologique.
- étude de la variation de la masse volumique apparente du sol en fonction de l'état d'humectation.

III. CONDITIONS DE REALISATION DU PROJET.

Plusieurs contraintes sont venues influencer la réalisation et le déroulement du programme, dont la plus importante est climatique. En effet, la "saison des pluies" est concentrée de juin à septembre, époque durant laquelle a lieu la croissance et la production des espèces végétales.

C'est donc durant cette période que doivent être effectuées les mesures "in situ". Si 1987 a bénéficié d'une pluviométrie "normale", 1988 fut déficitaire (198,7 mm. au lieu de 291,9) et l'année 1989 correspond à une exceptionnelle sécheresse : pour les huit premiers mois de l'année, le total pluviométrique atteint 75,6 mm. (avec 15 pluies), au lieu de 208,9 mm. en moyenne interannuelle.

L'obtention de résultats sous conditions naturelles a ainsi été très fortement conditionnée par cette contrainte climatique.

De plus, en 1987, l'absence du personnel devant effectuer les études sur la végétation n'a pas permis la réalisation complète du programme prévu pour ce thème.

IV. PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS.

Nous présentons ci-dessous les principaux résultats obtenus dans le cadre de ce projet ATP, en insistant surtout sur la problématique des recherches ainsi que sur la réorientation de celles-ci au fur et à mesure du déroulement des travaux. Un document, disponible sur demande, présente de manière détaillée les résultats obtenus.

IV.1. L'EAU ET LE SOL.

IV.1.1. Bilan hydrique du sol au niveau stationnel.

Les mesures d'humidité du sol dans cinq stations (40x70m.), différenciées par la végétation, la topographie et le sol, ont été réalisées par humidimétrie neutronique depuis 1987, en continuation de mesures antérieures qui avaient débuté en 1983 pour trois stations.

Le traitement de cette information est effectué de manière classique sous forme de variations du stock d'eau du sol en fonction des alternances humectation - dessiccation, mais aussi en fonction du mode de distribution de la couverture végétale et de l'état de la surface du sol.

Cependant, les résultats obtenus par ailleurs (variabilité spatiale, masse volumique) montrent que ce mode de calcul du bilan hydrique est erroné dès l'origine. En effet, il est indispensable de prendre en compte certains paramètres, le plus important étant la variation de la masse volumique du sol en fonction de l'humidité. Si l'on n'effectue pas cette correction, le stock hydrique varie dans des proportions notables pouvant atteindre 20 à 25% selon la masse volumique utilisée et, en n'utilisant pour ce calcul que la masse volumique à l'état sec, on surestime systématiquement le stock hydrique.

De plus, par suite de la distribution discontinue ou contractée de la végétation et de l'existence d'une microtopographie de surface, le bilan hydrique au niveau d'une parcelle doit prendre en compte toute l'hétérogénéité spatiale de celle-ci. En effet, la végétation se distribue en touffes de quelques décimètres de diamètre en léger relief sur le sol, qui alternent avec des espaces dénudés sans aucune végétation et en dépression par rapport aux touffes végétales. Le module de base ou élémentaire de ce système, dont la taille est de l'ordre du m², inclue la touffe végétale et l'espace inter-touffe adjacent.

Ainsi, il est impératif, avant d'établir un bilan hydrique au niveau d'une station de quelques milliers de m², de caractériser les mécanismes de fonctionnement au niveau élémentaire défini ci-dessus, d'où une réduction de la taille du modèle expérimental, ce qui pose le problème du transfert d'échelle pour repasser ensuite du niveau élémentaire au niveau stationnel.

Ce sont ces premiers résultats qui ont réorienté le programme initial par la prise en compte de nouveaux thèmes de recherches :

- caractérisation du fonctionnement hydrodynamique du sol au niveau élémentaire, le m², à l'aide de la simulation de pluies.
- prise en compte de l'hétérogénéité de la couverture pédologique par une étude de la variabilité spatiale des caractéristiques de celle-ci, au moyen d'un échantillonnage systématique au niveau de la station.

IV.12. Caractérisation hydrodynamique des sols.

Pour caractériser le fonctionnement hydrodynamique des différents sols, nous avons utilisé la technique de simulation de pluies à l'aide d'un infiltromètre à aspersion (modèle ORSTOM) sur des sites de 1m². Cette méthodologie permet ainsi de s'affranchir des contraintes climatiques de la zone d'étude.

Deux protocoles expérimentaux ont été utilisés :

- protocole 1 : réalisation d'une pluie d'intensité constante, avec deux états d'humectation initiale du sol, état très sec et état humide voisin de la saturation. Gamme d'intensité utilisée : 12 à 100 mm/h, de durée variable : 30 à 120mn. jusqu'à obtention du régime permanent d'écoulement.

- protocole 2 : réalisation d'une pluie d'intensité et de durée variables, calculée et reconstituée à partir de pluies naturelles ayant effectivement eu lieu dans la zone d'étude et pour lesquelles nous disposons de mesures de ruissellement sur des parcelles de 500m².

Avec le protocole 1, cinq mini-parcelles ont été testées dans la station "Hilaria". Pour ces cinq sites, la seule variable était le taux de recouvrement végétal qui varie de 0 à 90% , les autres paramètres, sol et pente (0,5%) étant identiques. Ces essais étaient couplés à des mesures d'humidité du sol et à des mesures tensiométriques pour deux des sites étudiés.

Les résultats obtenus nous ont permis de caractériser de manière précise le fonctionnement hydrodynamique du sol de cette station "Hilaria", et de mettre en évidence le rôle primordial du taux de couverture végétale et de l'état d'humectation initiale du sol sur les processus de ruissellement et d'infiltration. En particulier, ces paramètres conditionnent fortement la durée de la phase d'imbibition, avant que le ruissellement ne s'installe.

C'est uniquement dans les 50 à 80 centimètres supérieurs du sol que l'eau se redistribue et s'emmagasine, quelle que soit la hauteur de pluie. Il y a en effet refus à l'infiltration plus en profondeur par suite de la texture lourde et de la nature gonflante des argiles. Du fait de ce stockage peu profond de l'eau, la majeure partie de celle-ci est perdue par évaporation directe.

Grâce à cette technique de simulation de pluies, nous avons pu ainsi déterminer et quantifier les entrées d'eau au système sol en fonction de l'intensité et de la durée de la pluie, de la végétation, de la topographie, de la surface du sol et de son état hydrique initial. Trois stations ont été étudiées de cette manière : "Hilaria", "Mogote" et "parcelles d'érosion", l'ensemble représentant 16 sites ponctuels de mesures et 256 pluies simulées.

Avec le protocole 2, six mini-parcelles de 1m² ont été installées à proximité de trois parcelles de 500 m², pour lesquelles nous possédons des valeurs mesurées de ruissellement sous pluies naturelles. Par simulation de pluies, nous reconstituons ces dernières dans leur forme (hauteur, intensité et durée), ce qui nous permet d'étudier le transfert d'échelle du niveau ponctuel au niveau de la parcelle.

Les résultats obtenus jusqu'à présent avec ce protocole 2 ne sont que fragmentaires par suite du faible nombre d'événements pluvieux observés, mais ces mesures se poursuivent actuellement.

IV.13. Variabilité spatiale de la couverture pédologique.

Afin d'extrapoler au niveau de la station les résultats obtenus au niveau élémentaire, il était indispensable de vérifier la validité des sites de mesure de l'humidité et de caractériser la variabilité spatiale du stock hydrique du sol. Pour cela, des déterminations systématiques d'humidité du sol (tarière) ont été réalisées dans chacune des stations étudiées, pour des états hydriques différents.

Pour la station "Hilaria", les résultats obtenus montrent qu'il existe, malgré la très faible pente (0,5%), un classement du stock hydrique qui est ordonné selon la ligne de plus grande pente : d'amont vers l'aval, la quantité d'eau emmagasinée dans le sol augmente progressivement, tandis que transversalement, il n'y a pas de variation ordonnée du stock hydrique.

Ces résultats montrent de plus que les cinq sites de mesures de l'humidité, bien qu'installés et utilisés antérieurement à cette étude de variabilité spatiale, sont correctement choisis et permettent de caractériser de manière représentative toute la variabilité spatiale du stock hydrique au niveau de cette station.

A côté de cette variabilité spatiale du stock hydrique ordonnée selon la pente, il existe une autre variabilité de ce stock induite par la distribution contractée de la végétation et par la microtopographie de surface. Trois sites permettent à eux seuls de caractériser cette variabilité :

- la touffe végétale de "Hilaria".
- l'espace dénudé inter-touffe.
- le sol nu des zones sans végétation.

Les profils hydriques correspondant aux trois sites ci-dessus, mesurés avant et après deux pluies distinctes, mettent en évidence une accumulation différentielle de l'eau dans le sol (fig. 1), qui concerne à la fois la quantité stockée et la profondeur humectée, et qui s'explique par la microtopographie, par l'état de surface du sol, par la distribution de la végétation et par les propriétés physiques du sol.

Le bilan (tableau 1), établi pour ces mêmes pluies, montre que la touffe végétale accumule au moins deux fois la hauteur précipitée. A l'inverse, l'espace inter-touffe ne stocke que 80% de la pluie, tandis que les zones dénudées sans végétation n'emmagasine que le tiers seulement de celle-ci.

Il apparait ainsi indispensable de prendre en compte la variation de la masse volumique du sol en fonction du degré d'humidité. Cependant, l'emploi d'une telle relation reste difficile à utiliser car l'humidité volumique du sol se calcule elle-même à partir de la masse volumique. Dans ces conditions, il serait souhaitable d'établir une méthode simple pour intégrer ces paramètres dans le calcul du bilan hydrique, de façon à ce que celui-ci soit plus précis.

IV.2. LA VEGETATION.

Une fois connue la quantité d'eau stockée par le sol, il est indispensable de déterminer comment les espèces végétales utilisent cette eau et comment ces mêmes espèces s'adaptent aux contraintes imposées par le milieu.

IV.21. Production primaire des principales espèces d'intérêt fourrager.

Cette étude, prévue initialement, n'a pu être réalisée en 1987 et 1988 par manque de personnel spécialisé.

En liaison avec les études de comportement écophysiological, une campagne de mesures de la production primaire des principales espèces végétales d'intérêt fourrager a eu lieu de juin à septembre 1989.

La méthodologie consiste à effectuer des coupes de la partie aérienne de la végétation, sur une surface connue, avec pesées des biomasses sèche et verte et avec des répétitions dans le temps, en fonction des épisodes pluvieux.

Avec les conditions pluviométriques très déficitaires de l'été 1989, les résultats obtenus sont peu significatifs. Nous souhaitons réaliser une autre campagne de mesures durant 1990 de manière à établir des relations entre la production des espèces végétales et le bilan hydrique du sol.

IV.22. Comportement écophysiological de la végétation "fourragère".

Une étude du comportement écophysiological de deux graminées pérennes, "*Hilaria mutica*" et "*Sporobolus airoides*", a été réalisée en 1988 et 1989, durant la période de production de ces espèces (mai à octobre). Ce travail a consisté en un suivi des potentiels hydriques des plantes afin de déterminer les possibilités pour celles-ci de maintenir l'eau dans leurs tissus, ainsi que leurs possibilités de survie lors des sécheresses. Cela débouche sur une caractérisation de l'adaptation de ces espèces végétales face aux contraintes d'aridité (stress hydrique, forte demande évaporative de l'air, sécheresse prolongée) et édaphiques (salinité, gypse, texture)..

Cette étude, réalisée à l'aide d'une bombe de Scholander, en liaison avec des mesures d'humidité du sol (humidimètre à neutrons), a été menée dans cinq stations qui se différenciaient par la localisation géomorphologique (glacis, plaine) et par le sol (texture moyenne à lourde, gradient de salinité, présence de gypse).

Les deux espèces étudiées montrent une grande capacité pour extraire l'eau du sol jusqu'à épuisement de l'eau "utilisable", même lors de sécheresses prolongées. Durant celles-ci, il n'y a plus de croissance observable, les feuilles et les tiges entrent en "dormance" jusqu'à la pluie suivante, qui leur permettra alors de reprendre leurs activités physiologiques. Ces périodes de "dormance" peuvent durer deux à trois mois, même au cours de l'été s'il n'y a pas de pluies suffisantes pour reconstituer une partie de la réserve hydrique du sol.

Par contre, l'économie de l'eau est très différente pour les deux espèces. "Sporobolus" épuise rapidement l'eau disponible du sol. Ses potentiels atteignent très vite des valeurs très basses, car sa croissance est rapide : il y a utilisation rapide de l'eau de manière à ce qu'il y ait une forte production de biomasse en quelques jours. Au contraire, pour "Hilaria", il ne s'observe pas de croissance aussi rapide. Les potentiels de cette espèce restent élevés durant quelques semaines, ce qui lui permet de mieux conserver l'eau dans ses cellules, du fait de leur grande rigidité.

Cette évolution des potentiels a pu être modélisée en fonction du stock d'eau présent dans le sol. Pour ces modèles, il est indispensable de prendre en compte l'eau effectivement stockée dans le sol et non la hauteur précipitée. En effet, une pluie n'est utilisable pour la végétation, c'est-à-dire suffisamment importante pour être stockée, qu'à partir d'une hauteur de 10 à 20 mm. en moyenne, car ce type de pluie est générateur de ruissellements superficiels qui provoquent des apports d'eau complémentaires aux zones de végétation, en fonction de la topographie et de l'état de surface du sol. Il en résulte ainsi un stockage d'eau dans le sol bien supérieur à la hauteur précipitée. Cela confirme les résultats présentés ci-dessus concernant l'hydrodynamique des sols.

Les courbes pression-volume montrent la tendance de "Sporobolus" d'avoir des potentiels osmotiques différents suivant sa localisation géomorphologique et le type de substrat édaphique (influences de la salinité et du gypse), ce qui n'est pas le cas pour "Hilaria".

D'une manière générale, ces études de comportement écophysologique permettent de mieux comprendre l'adaptation des principales espèces d'intérêt fourrager aux contraintes imposées. Si chacune de ces espèces réagit différemment, en définitive elles s'adaptent parfaitement au milieu aride, ce qui leur permet de survivre, même durant les années "sèches".

V. BILAN ET PERSPECTIVES.

Notre participation à cette ATP nous a permis d'être en contact avec d'autres équipes de recherches, dont la plupart ont une problématique scientifique semblable à la nôtre. Dans le contexte d'isolement dans lequel nous nous trouvons dans le nord du Mexique, cela représente un bilan largement positif et bénéfique pour notre équipe.

Les réunions annuelles de l'ATP, en particulier, en élargissant notre champ de connaissances à d'autres programmes de recherches variés et à de nouvelles méthodologies, furent l'occasion d'échanges d'idées et de discussions qui, en contribuant à améliorer notre expérience, ne peuvent que renforcer et améliorer les recherches futures.

Dans cette perspective, il nous apparaît comme très souhaitable de pouvoir continuer les travaux entrepris dans le nord du Mexique, et cela d'autant plus, car d'une part, il s'agit d'un milieu, qui par sa caractéristique d'extrême irrégularité climatique, nécessite plusieurs années d'étude, et d'autre part, ce milieu aride est très peu connu scientifiquement.

Les thèmes suivants de recherches nous paraissent importants à développer :

- caractériser la variabilité spatiale des propriétés de la couverture pédologique de l'ensemble des stations étudiées.
- prendre en compte la variation de la masse volumique du sol en fonction de son état hydrique, de manière à établir un bilan hydrique précis.
- continuer les mesures couplées de ruissellement sur micro-parcelles et sur parcelles de taille croissante, de manière à caractériser le transfert d'échelle dans les processus d'écoulement superficiel.
- déterminer les inter-relations entre la production primaire des principales espèces végétales et le bilan hydrique du sol au niveau stationnel, de manière à établir des modèles de prédiction des possibilités de production "fourragère" de cette zone aride, en fonction des conditions climatiques stationnelles.

BIBLIOGRAPHIE

ASSELIN (J.) - 1988.

El simulador de lluvia : una herramienta para la caracterización hidrodinámica de los suelos. Communication au XXIème Congrès National de la Société mexicaine de Science du Sol, Ciudad Juarez, Chih., Mex., 8-11 novembre 1988, 22 p.

BESNARD (G.) - 1989.

Physiologie de deux graminées pérennes de la zone aride du nord du Mexique. Instituto de Ecología de Mexico, ORSTOM Mexique, 1 vol., 66p.

CORNET (A.), DELHOUME (J.P.), MONTANA (C.) - 1988.

Dynamics of striped vegetation patterns and water balance in the Chihuahuan desert. In "Diversity and Pattern in plant Communities", edited by H.J. During, M.J.A. Werger and H.J. Willens, SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands, p.221-231.

CORNET (A.), DELHOUME (J.P.) - A paraître.

Water flows and the dynamics of desert vegetation stripes. Communication au séminaire "SCOPE-ICSU (Scientific Committee on Problems of the Environment, International Council of Scientific Unions)", Paris, 12-16 décembre 1988. En cours de publication.

DELHOUME (J.P.) - 1988.

Distribution spatiale des sols le long d'une toposéquence représentative de la Réserve de Mapimi. In "Estudio integrado de los recursos vegetación, suelo y agua en la Reserva de la Biosfera de Mapimi. I. Ambiente natural", Instituto de Ecología, México, D.F., 1 vol., p.135-165.

DELHOUME (J.P.) - 1989.

ATP CNRS-PIREN-ORSTOM-INRA-CIRAD "Influence à l'échelle régionale des couvertures pédologiques et végétales sur les bilans hydriques et minéraux du sol. Rapport scientifique final de synthèse du projet "Contribution à l'étude des relations eau - sol - végétation en zone aride du nord du Mexique". Instituto de Ecología de Mexico, ORSTOM Mexique, 1 vol., 104p.

DELHOUME (J.P.) - A paraître.

Dynamique de l'eau du sol dans un écosystème aride du nord du Mexique. In "L'Aridité : une contrainte au développement. Caractérisation. Réponses biologiques. Stratégies des sociétés". Ouvrage collectif en cours de publication (ORSTOM, réseau zones arides, éditeurs Grouzis M., Le Floch E., Bille J.C., Cornet A.).

DELHOUME (J.P.) - 1988.

Dinamica y disponibilidad del agua del suelo en zona de temporal del norte arido de Mexico. Communication au XXI^e Congrès National de la Société Mexicaine de Science du Sol, Ciudad Juarez, Chih., 8-11 novembre 1988, 20p.

DELHOUME (J.P.), ASSELINE (J.), RUIZ VALDEZ (J.), VIRAMONTES (D.) - 1989.

Caractérisation hydrodynamique au moyen d'un infiltromètre à aspersion de sols représentatifs du nord aride du Mexique (Réserve de la Biosphère de Mapimi). Instituto de Ecologia de Mexico, ORSTOM Mexique. A paraître.

VIRAMONTES (D.), RUIZ-VALDEZ (J.) - 1988.

Esgurrimiento y erosion hidrica en el desierto chihuahuense (Reserva de la Biosfera de Mapimi). Communication au XXI^e Congrès National de la Société mexicaine de Science du Sol, Ciudad Juarez, Chih., Mex., 8-11 novembre 1988, 15p.

VIRAMONTES (D.), RUIZ-VALDEZ (J.) - 1988.

Dinamica superficial y erosion hidrica en la Reserva de la Biosfera de Mapimi. Vè semaine Zones Arides, Université autonome de Chapingo, Unité régionale des zones arides, Bermejillo, Dur., 26 au 28 septembre 1988, p. 30-38.

LISTE DES FIGURES

Fig. 1 : Profils hydriques, avant et après la pluie, et stockage de l'eau dans le sol pour les trois sites caractéristiques de la station "Hilaria mutica", pour deux pluies distinctes.

Fig. 2 : Variation de la densité apparente du sol en fonction de l'humidité pour la station "Hilaria mutica".

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Accumulation de l'eau dans le sol, par tranches, pour les trois sites caractéristiques de la station "Hilaria mutica", pour deux pluies distinctes et bilan par rapport à la hauteur d'eau précipitée.

Tableau 2 : Stock hydrique du sol de la station "Hilaria mutica" calculé avec la densité apparente sèche et humide.

Tableau 1 - Accumulation de l'eau dans le sol, par tranches, pour les trois sites caractéristiques de la station *Hilaria mutica*, pour deux pluies distinctes et bilan par rapport à la hauteur d'eau précipitée.

		PLUIE DE 29,7 mm			PLUIE DE 44,7 mm		
	Tranches de sol (cm)	Stock d'eau du sol (mm)			Stock d'eau du sol (mm)		
		Avant pluie	Après pluie	Accumulé	Avant pluie	Après pluie	Accumulé
Site 104	0 - 20	27,6	54,0	26,4	22,8	72,5	49,7
	20 - 40	36,8	65,0	28,2	34,5	72,6	38,1
	40 - 60	37,2	40,5	3,3	42,6	52,6	10,0
	60 - 80	33,0	33,0	0	31,8	33,4	1,6
	Total			57,9			99,4
	Bilan	Excès 95%			Excès 122 %		
Site 103	0 - 20	14,0	35,7	21,7	18,1	48,9	30,8
	20 - 40	27,3	28,8	1,5	34,2	39,5	5,3
	40 - 60	34,8	34,8	0	37,7	37,7	0
	Total			23,2			36,1
	Bilan	Déficit 22%			Déficit 19 %		
Site 105	0 - 20	9,4	17,8	8,4	18,4	31,7	13,3
	20 - 40	16,7	18,7	2,0	24,3	27,2	2,9
	40 - 60	25,0	25,0	0	26,4	26,4	0
	Total			10,4			16,2
	Bilan	Déficit 65%			Déficit 64%		

Site 104 = touffe végétale

Site 103 = espace inter-touffe végétale

Site 105 = sol nu à croûte superficielle

$$\text{Excès (\%)} = \frac{\text{total accumulé} - \text{pluie}}{\text{pluie}} \times 100$$

$$\text{Déficit (\%)} = \frac{\text{pluie} - \text{total accumulé}}{\text{pluie}} \times 100$$

Tableau 2. Stock hydrique du sol de la station *Hilaria mutica* calculé avec la densité apparente sèche et humide.

Z (cm)	Avec Da état humide						Avec Da état sec		
	Hp(%)		Av.Infil.		Ap. Infil.		Hv(%)		
	Av. Inf.	Ap. Infil.	Da	Hv(%)	Da	Hv(%)	Da	Av. Infil.	Ap. Infil.
10	10,0	30,5	1,62	16,2	1,38	42,1	1,51	15,1	46,1
20	12,0	29,5	1,60	19,2	1,38	40,7	1,62	19,4	47,8
30	14,0	27,8	1,58	22,1	1,40	38,9	1,63	22,8	45,3
40	16,0	25,6	1,55	24,8	1,44	36,7	1,63	26,1	41,7
50	18,0	23,8	1,54	27,7	1,46	34,7	1,63	29,3	38,8
60	18,0	18,8	1,54	27,7	1,54	28,9	1,58	28,4	29,7

Stock hydrique (mm) par tranche	Avec Da état humide			Avec Da état sec		
	Av. Infil.	Ap. Infil.	Diff.	Av. Infil.	Ap. Infil.	Diff.
0 - 20 cm	33,9	83,5	49,6	32,4	93,1	60,7
20 - 40 cm	44,1	77,6	33,5	45,6	90,1	44,5
40 - 60 cm	54,0	67,5	13,5	56,6	74,5	17,9
Total	132,0	228,6	96,6	134,6	257,7	123,1

Z = profondeur (cm)
 Hp = humidité pondérale (%)
 Hv = humidité volumique (%)
 Da = densité apparente (g/cm³)
 Av. Infil. = avant infiltration
 Ap. Infil. = après infiltration

Fig. 2 - VARIATION DE LA DENSITE APPARENTE DU SOL EN FONCTION DE L' HUMIDITE. STATION HILARIA 1.

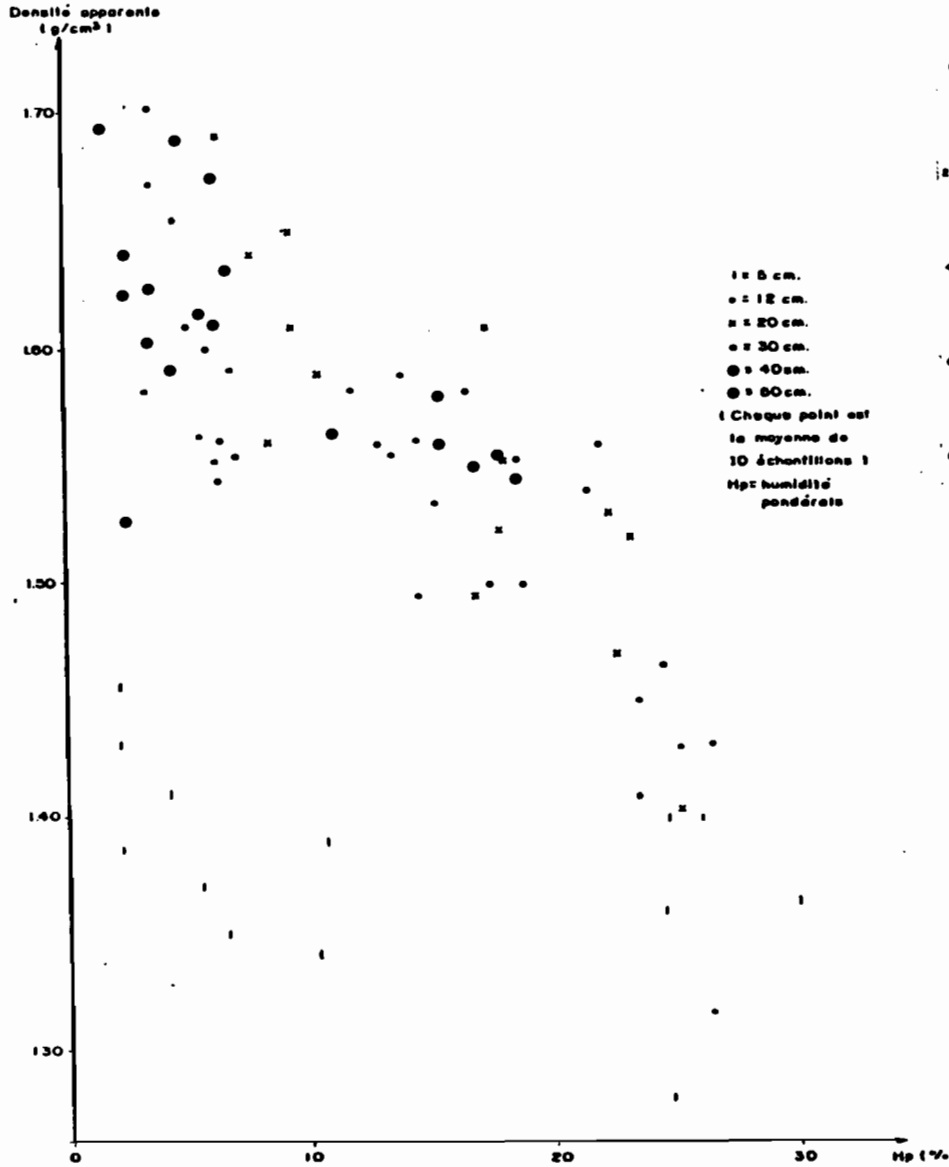
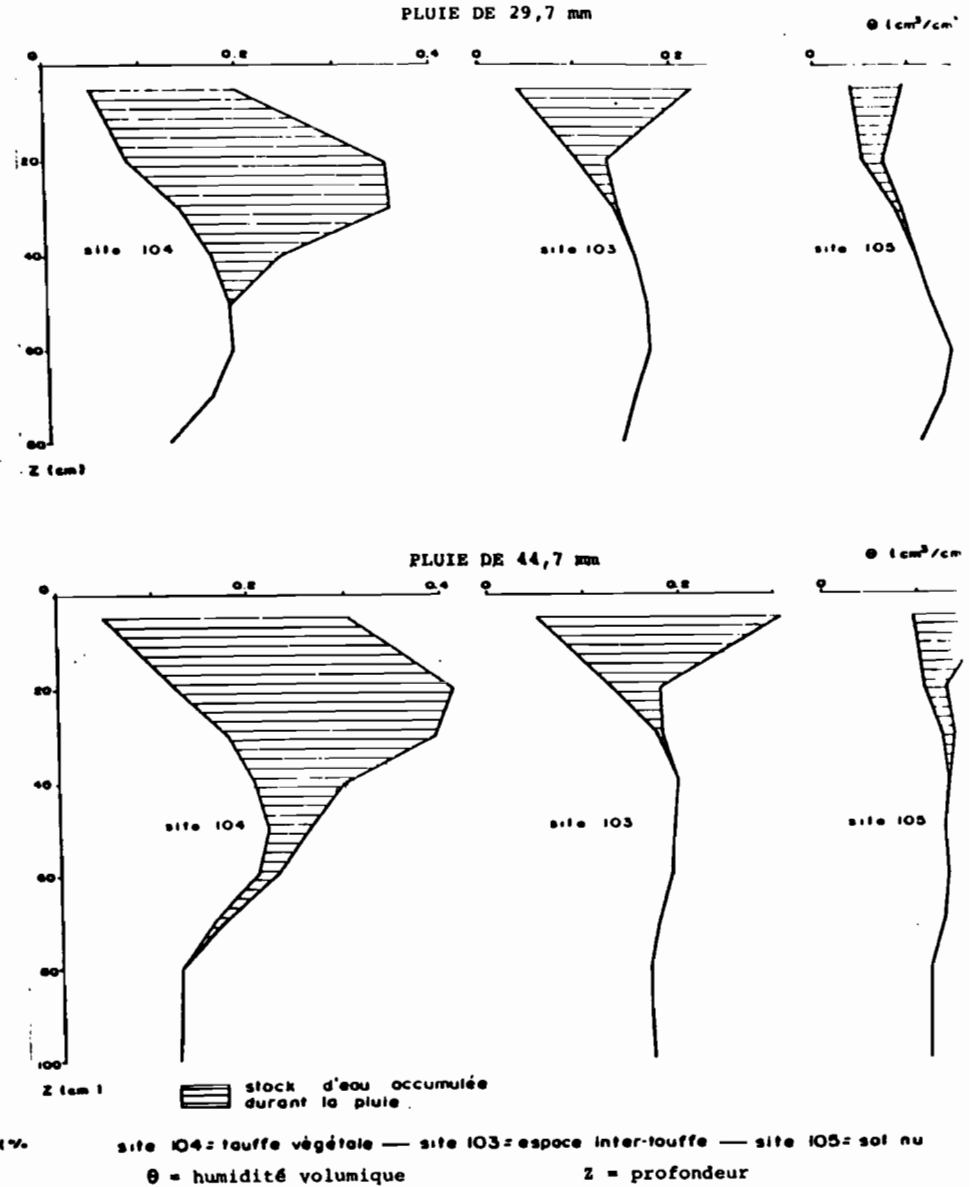


Fig. 1 Profils hydriques, avant et après la pluie, et stockage de l'eau dans le sol pour les trois sites caractéristiques de la station Hilaria mutica, pour deux pluies distinctes





PIREN



CRSTOM



ACTION THEMATIQUE PROGRAMMEE

**INFLUENCE A L'ECHELLE REGIONALE DES COUVERTURES
PEDOLOGIQUES ET VEGETALES SUR LES BILANS
HYDRIQUES ET MINERAUX DES SOLS**

JUIN 1986 - JUIN 1989

RAPPORT FINAL

Edité par G. VACHAUD
Institut de Mécanique de Grenoble
Unité Mixte 101 (CNRS - Université Joseph
Fourier, Institut National Polytechnique de
Grenoble)
BP 53 X - 38041 GRENOBLE CX